

# אסטרונומיה

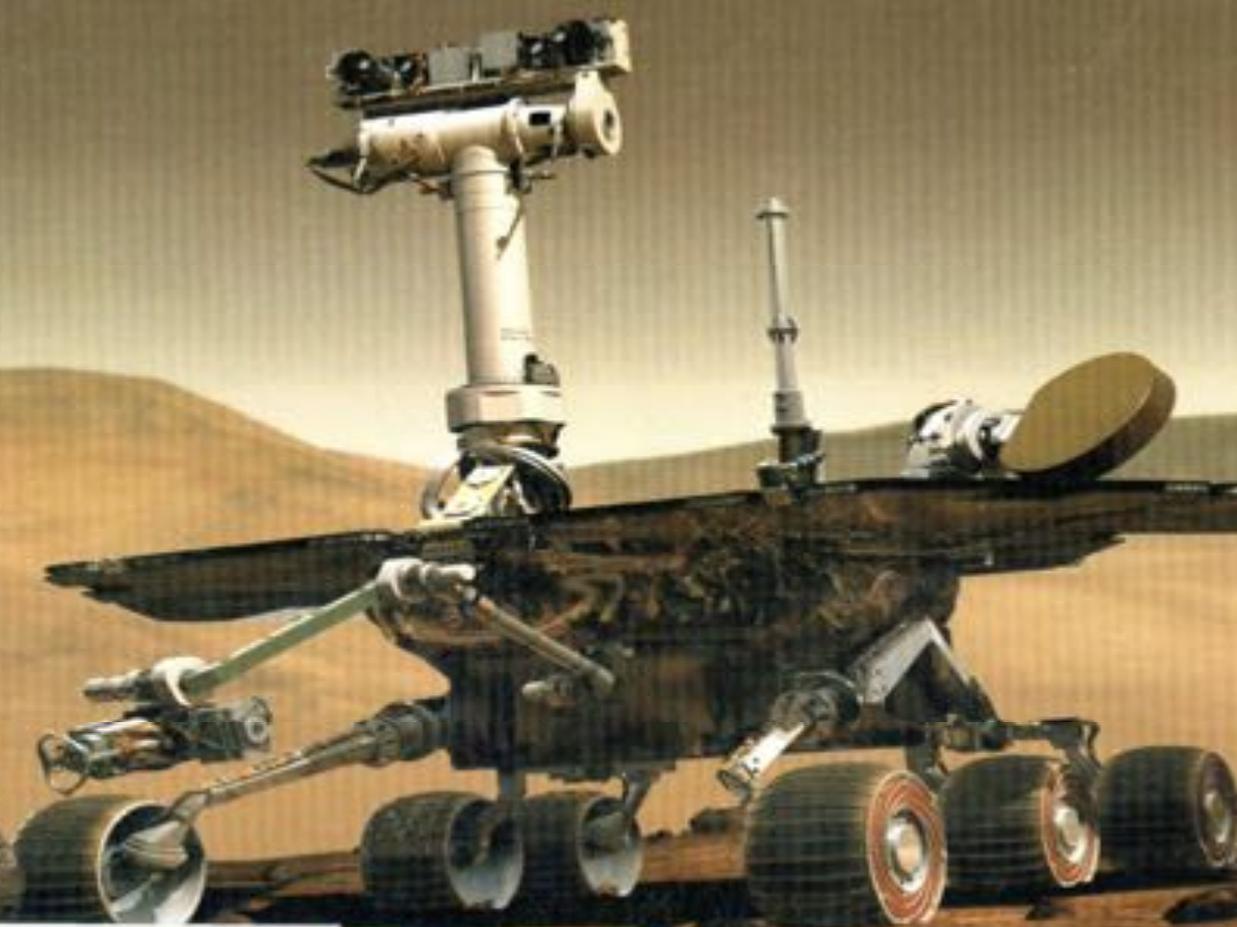
ביטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה

חורף 2003

גליון 4

כרך 29

גליון מיוחד  
מאדים



\*111\*

# אסטרונומיה

בטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה

כרך 29 • גליון 4 • חורף 2003 • מחיר: 40 ₪

האגודה הישראלית לאסטרונומיה - עמותה מספר 58-004-867-6

מנחה הסוככים גבעתיים  
ת.ד. 149 גבעתיים 53101  
גן הצליה השנייה  
טל. 03-5731152

[www.Astronomy.org.il](http://www.Astronomy.org.il)

Email: [Astronomy@Astronomy.org.il](mailto:Astronomy@Astronomy.org.il)

Forums: <http://forums.astronomy.org.il>

Israeli Astronomical Association

The Givatayim Observatory

Second Aliya Park P.O.B 149, Givatayim, 53101

האגודה: 03-7314345  
עורך: אלברט כליפא  
עורך מדעי: ז'נאל פה-אל  
עמוד גרפי: נדב רוטנברג

מחיר ממז' שנתי: 150 ₪ מחיר חוברת: 40 ₪

## תוכן עניינים

3	חדשות אסטרונומיה וחלל	כליפא, עופר
5	פעילויות באגודה	
6	כנס שנתי	
7	פניו המפתיעים של מאדים	ד"ר דיאנה לאופר
10	האקלים של מאדים	מיכל גנות
14	תצפית בעוז	נדב רוטנברג
15	הפלישה למאדים	טל ענבר
17	חיפושי חיים במאדים	כליפא אלברט
19	מהסערה למאדים	חיים מזר
23	מאה שנות טייס	עופר אור
24	נפטון	מרים אוריאל
27	מהירות האור	יהודה סכודרמיש
29	מאדים במערכת השמש	כליפא אלברט
30	ביקורת ספרים	ד"ר ורדה בר
31	ספרים רבתי, ספרים	כליפא אלברט
33	מפת השמים	
34	גלריה	נדב רוטנברג

## דבר העורך

בעוד כחודש תגיע ארבע חלליות למאדים, שתיים אמריקאיות, אחת אירופאית ואחת יפנית. לרגל הפעילות הזאת הוחלט להקדיש את החוברת הזו רובה ככולה למאדים.

בחוברת מתפרסמים מאמרים מקוריים על הגאולוגיה של מאדים מאת ד"ר דיאנה לאופר, על האקלים שלו מאת מיכל גנות, על המים מאת חיים מזר, על החלליות המגיעות לשם מאת טל ענבר, על חיפושי חיים ומקומו של מאדים במערכת השמש מאת החתום מטה.

כמעט שכחנו שהשנה ימלאו מאה שנה לטיסה הראשונה של האחים רייט בשנת 1903, ועופר אור מביא לנו את סיפורה של הטיסה ההיסטורית הזו. מפליא לראות כמה הספיקה האנושות לעשות במאה שנים מהמטוס הזעיר של האחים רייט ועד החלליות של נאס"א למאדים.

גבי מרים אוריאל מסיימת את סקירתה המיתולוגית על מערכת השמש במאמר מקורי על נפטון, והיא בטח תצא בעתיד במאמרים מיתולוגיים נוספים אל מרחבי הגלקסיה והיקום.

בחוברת נמצאים גם המדורים הקבועים: מה חדש באסטרונומיה, מפת השמיים, רשימה וביקורת על ספרים חדשים, וכן גלריה ממיטב התמונות שצולמו בטלסקופים שלנו במצפה בגבעתיים ע"י אנדריאס היידנרייך ונדב רוטנברג.

החוברת משמשת במה למאמרים מקוריים של אסטרונומים, חובבים ואנשי מקצוע, והיא עומדת לביקורת.

פה אני חייב לחזור ולהדגיש שכל העבודה על הוצאת החוברת מהכתיבה ועד לדפוס נעשית בהתנדבות מלאה, ותודתי נתונה לכל המתנדבים מרצון על עבודתם הנפלאה.

## אלברט כליפא עורך

שער קדמי - איור של הרכב למאדים SPIRIT שנשלח על ידי נאס"א ואמור להגיע למאדים בסוף דצמבר השנה.

שער אחורי - שטח במאדים בו נחתה החללית Pathfinder של נאס"א שנשלחה לשם בשנת 1997.

# האגודה הישראלית לאסטרונומיה

## THE ISRAELI ASTRONOMICAL ASSOCIATION

אם שילוב של עניין ופעילות איכותית קוסמים לכם

- מפגש חודשי על קפה ועוגה בנושאי אסטרונומיה
- ערבי עיון והרצאות בנושאי אסטרונומיה, אסטרופיזיקה וטלסקופים
- סופי שבוע באווירה אמרת
- השתתפות בפעילויות שחקר ואילוס במצפה הכוכבים בגבעתיים
- ימי עיון וכנסים
- כתב עת אסטרונומי, חיילת במידע בנושאי הכרית

כל שעליכם לעשות הוא למלא את הטופס מעבר לדף

להצטרף לאגודה הישראלית לאסטרונומיה  
וליהנות ממגוון מבצעים והנחות

- ★ קבלת כתבי העת אסטרונומיה ומגיד הרקיע
- ★ 25% הנחה במנוי שנתי על החוברת Sky and Telescope
- ★ עד 15% הנחה ברכישת מגוון מוצרי אסטרונומיה בקוסמוס-טלסקופים
- ★ הנחות בפעילויות והשתתפות בחוגים במצפה הכוכבים בגבעתיים.



# האגודה הישראלית לאסטרונומיה

ISRAELI ASTRONOMICAL ASSOCIATION

על יד מצפה הכוכבים גבעתיים, גן העלייה השנייה

ת.ד. 149, גבעתיים 53101 טלפקס: 7314345-03 (ניתן להשאיר הודעה)

## טופס הרשמה

נא לסמן

- 1 - ברצוני להרשם כחבר האגודה. ולקבל את כל ההסבות המוענקות לחברי האגודה.
- 2 - ברצוני להרשם רק לקבלת דף הרצאות וסיוולים, ללא קבלת חוברות ה"אסטרונומיה".
- ללא קבלת אילנות השמיים, ללא הנהגה בהרצאות ובתצפיות וללא הנחות בכנסים, בקורסים ובסיוולים.

שם פרטי	אבקש רק דף הרצאות
שם משפחה	
רחוב ומספר בית	
ישוב ומיקוד	
טלפון בית	( )
טלפון נייד	( )

כתובת דואר אלקטרוני: ( נא לרשום באותיות דפוס )

### אבקש להרשם כחבר האגודה :

דמי חבר : 150 נ"ה לשנה. (או 200 ש"ח עד סוף 2004, כולל כל חוברות 2003)

- מזומן.
- צ"ק ל "האגודה הישראלית לאסטרונומיה".
- שובר תשלום בכל סניפי הדואר.
- כרטיס אשראי מסוג : ..... ת.ז. מספר .....

מספר כרטיס האשראי	תיקף עד
— — —	

ניתן לשלוח בדואר, לשלם בדואר או להשאיר פרטים בטלפקס. קבלה תישלח

## חדשות אסטרונומיה וחלל

עיבוד ועריכה: אלברט כליפא ועופר אור

החלל הסיני. הסינים מתימרים להנחית צוות על הירח ובתקציבים הרבה יותר קטנים מהמקובל בארה"ב.

### סופת שמש

במהלך חודשי אוקטובר-נובמבר 2003 התרחשה התפרצות סולארית על פני השמש, שגרמה ל"זריקת" ענני גז אדירים משכבת הקורונה השמשית לעבר החלל. כתוצאה מכך נגרמו הפרעות אלקטרומגנטיות על פני כדור הארץ. התפרצות שמש זו הפתיעה את המדענים, שכן ידוע על מחזוריות של 11 שנים בתופעת התפרצויות השמש, והסופה הנוכחית התרחשה רק שלוש שנים לאחר השיא הקודם. חלקיקי רוח השמש הגיעו לכדור הארץ במהירות של 8 מיליון קמ"ש ויותר, וגרמו ליצירת זוהר הקוטב ולאי יציבות בשדה המגנטי של כדור הארץ. התפרצויות סולאריות מסוג זה גורמות לעיתים להפרעות בקשר הרדיו והפרעות לרשתות החשמל ולתקשורת עם לווינים ומטוסים. סוכנות החלל היפאנית הודיעה כי לווין תקשורת שלה נפגע ויצא מכלל שימוש.

### כנס NEO

כנס מדעי עולמי על NEOs (עצמים קרובי ארץ) יערך בפברואר 2004 ובו ידונו בשאלה מה ניתן לעשות באם יתגלה גוף העומד לפגוע בכדור הארץ.

בכנס יוצעו פתרונות מדעיים טכנולוגיים וכספיים לשלוש אפשרויות היפותטיות מוצעות: א - אסטרואיד בגודל 6 ק"מ שיפגע במרכז ארה"ב בעוד 6 שנים ב - אסטרואיד בגודל 0.2 ק"מ שיפגע באוקיינוס השקט בעוד 12 שנה ג - אסטרואיד בגודל 5 ק"מ שיפגע באוקיינוס ההודי בעוד 30 שנה המשתתפים ינסו לבש פתרונות תאורטיים שיעמדו במגבלות הטכנולוגיה וההעלויות הכספית החזויות.

### מטאוריט באילת

לפני כשנתיים נמצא בערבה מצפון לאילת מטאוריט קטן ע"י צוות ממכללת עבר הירדן, המטאוריט נשלח לבדיקה לאוניברסיטת קליפורניה, ולאחרונה נתקבלה תשובה חיובית, וכך הוא הפך למטאוריט הראשון בארץ שהוכר באופן רשמי ע"י מוסד מדעי.

### פרופסור טלר נפטר

פרופסור אדוארד טלר, פיזיקאי יהודי יליד הונגריה, נפטר לאחרונה בגיל 95. הוא היה אבי פצצת המימן ששיחררה אנרגיה בתהליך של היתוך גרעיני הדומה לתהליך המתרחש בשמש

### טלסקופ ישראלי לחלל ב-2005

בגיליון 4 כרך 28 (סתיו 2002) של ביטאון התאגודה הישראלית לאסטרונומיה, דיווחנו על פרויקט טלסקופ החלל טאווקס, למחקר אסטרונומי בתחום העל סגול UV, שמתוכנן לבצע סקירה רחבה של גרמי השמים הקורנים בתחום זה. על פי התכנון המקורי, אמור היה משגר הלווינים הרוסי **פוזטון** להציב את הטלסקופ הישראלי בחלל. אולם, עקב בעיות כלכליות ברוסיה, בד בבד עם התרחבות קשרי המדע עם הודו, הוחלט שהלוויין הישראלי ישוגר בשנת 2005 באמצעות טיל הודי.

טלסקופ החלל טאווקס, ראשי תיבות של Tel Aviv University UV Explorer, הינו חלק מתוכנית החלל הישראלית, והוא מפותח כמיזם משותף בין אוניברסיטת תל אביב לחברת אל-אופ רחובות, המתמחה בייצור מצלמות חלל מחשורה הראשונה בעולם. משימתו העיקרית של הטלסקופ היא ליצור קטלוגים של קוואזארים, גלקסיות, צבירי גלקסיות וערפיליות, ואיתור חורים שחורים. בנוסף, תסייע המצלמה באיתור אובייקטים אסטרונומיים עבור טלסקופ החלל האמריקאי **האבל** תודות לשדה הראייה הרחב שלה. נציין כי אי אפשר לבצע תצפיות על כוכבים בתחום העל סגול מכדור הארץ עקב היבלעות קרניים אלה באטמוספירת כדור הארץ.

הודו פעילה מאוד בתחום החלל, ובחודש אוקטובר 2003 שיגרה ממרכז החלל שלה לווין חישה מרחוק למטרות חקלאיות ואיתור מקורות מים.

### המסע למאדים

ארבעה חלליות עושות עכשיו את דרכן למאדים, כולן תגענה לשם לקראת ינואר הבא שהוא חלוץ זמן מתאים הקורה פעם בשנתיים. שתי חלליות הן אמריקאיות - "אפורטיוניטי" ו"ספיריטי" - ששוגרו ביוני השנה והנושאות רכב המסוגל לנוע למרחק 100 מטר ביום ומסוגל לפעול למשך 3 חודשים. השלישית היא "בינגלי" האירופאית המיועדת לבדוק בין השאר נוכחות מים מתחת לשטח של מאדים. והאחרונה היא יפנית בשם "נוזומי". החללית נוזומי שוהה בחלל כבר חמש שנים, ובשל תקלה הופנתה בחזרה לכדור הארץ, והשנה הועפה בחזרה לכוון מאדים לשם תגיע בינואר הקרוב באם ישאר לה מספיק דלק.

### טייקונאוט סיני

סין נהפכה השנה למעצמה השלישית ששיגרה אדם לחלל, הטייקונאוט הסיני הראשון - כמו חבריו הקוסמונאוט הרוסי והאסטרונאוט האמריקאי לפני ארבעים שנה - שהה בחלל בפעם הראשונה קרוב ליום בתוך החללית "שנוי" - הספינה השמימית- ופתח בזה את עידן

ובשאר הכוכבים. הוא ביקר בארץ כבר לפני 30 שנה ופעל רבות לעידוד תחום הפיזיקה בארץ.

## מים על המאדים

על אף שפע התמונות המעידות על זרימות חזקות של מים שהיו בעבר על המאדים, טוענים היום כמה מדענים אמריקאים שחוסר משקע של אבן גיר מטיל ספק באפשרות קיום אוקיינוסים על המאדים בעבר. כידוע מים, דו-תמוצת הפחמן ואטמוספירה בעלת טמפרטורה נוחה הם הגורמים לסלעי משקע של אבני גיר על כדור הארץ, ואבני גיר בכמות משמעותית לא נתגלו עדיין על המאדים, דבר זה מעמיד בספק את האפשרות של התפתחות ראשונית של חיים על המאדים וזאת בגלל חוסר של חלק מהמרכיבים הנייל. התקוה היא שהחלליות שיגיעו בקרוב למאדים יטילו אור על אמיתות ההשערות הפסימיות האלה.

## נחיתה חדשה על הירח

החללית האירופאית סמארט-1 נחתה לפני חודש על הירח שלנו. היא מיועדת לבדוק נוכחות מים קפואים שנמצאים בעומק מכתש מוצל וקריר בקוטב הדרומי שלו. המים הובאו לשם כנראה ע"י שביט שנפל ישר לעומק המכתש ונשארו במצב קרח-עד בגלל חוסר קרני שמש, חוסר אטמוספירה ובידוד טוב של סלעי הירח. יש לציין שמאז אפריל 17 לא נחתו חלליות על הירח זה 30 שנה.

## קסיני ממשיכה בדרכה

החללית האמריקאית 'קסיני' העושה דרכה אל שבתאי ואל הירח שלו יטיטאן מתוכננת להגיע לשם בעוד שלוש שנים. בדרכה לשם היא עברה ע"י צדק וגילתה ענן גז, במסלולו של הירח אירופה סביב צדק, המורכב כנראה מטיפות מים. בהגיעה לטיטאן תבדוק החללית קסיני את נכונות ההשערה החדשה שיש כנראה גם קרח מים על טיטאן בנוסף לאטמוספירה המסיבית העוטפת אותו.

## קוסמונאוט יהודי מבקר בארץ

בחודש אוקטובר ביקר בארץ הקולונל הרוסי בוריס ווליוב, הקוסמונאוט היהודי היחיד עד כה, ומראשוני הקוסמונאוטים הרוסיים. ווליוב השתתף במבצעי **סויוז**, היה מפקד החללית **סויוז-5** והיה מפקדה של תחנת החלל הרוסית. ווליוב הוא גיבור ברית המועצות, וזכה בעיטור הנבורה על טיסותיו בחלל. ביקורו של ווליוב בישראל נמשך שבוע, ובמהלכו נפגש עם שר המדע אליעזר זנדברג, עם פרופי יובל טאמן, סויוז במפעלי התעשייה האווירית והיה אורחה של עמותת חיל האוויר.

## המלצה לספר – התרסקות קולומביה

העיתונאים אבי בליזובסקי ויפה שיר-רז חברו יחדיו לכתיבת ספר המתאר בפירוט רב את סיפורה של משימה STS-107 ואת סיפורו של האסטרונאוט הישראלי הראשון אלימ אילן רמון ז"ל. דרך סיפורים אלה מתודע הקורא

להכנות לטיסת המעבורת קולומביה, להתרסקות ולחקר הסיבות שגרמו לכך.

## נאס"א למאדים

הסיכוי להגיע למאדים בעוד עשר שנים ע"י חללית אמריקאית מאויישת נדחה בעשור נוסף עקב אסון קולומביה, והוא יצא לפועל בסביבות שנת 2025, אם בכלל. הרעיון שתוכנן היה שיגור חללית לא מאויישת למאדים עם ציוד מים ודלק בתוך תא שיוכל אחר כך לחזור משם. ורק לאחר הצלחת המבצע הזה ישוגרו אסטרונאוטים לתקופה של לא פחות משנתיים, חצי שנה הלוך, שנה על המאדים, וחצי שנה חזרה, וזאת בגלל הסיבה הפשוטה שרק פעם בשנתיים ימצא המאדים בקירבה מינימלית לכדור הארץ.

## טלסקופ ענק בצ'ילה

במרכז צ'ילה, בגובה 2600 מטר, בין מדבר אטקאמה השחון לבין חוף הים הפסיפי הוקם טלסקופ ענק בשם (very large VLT). (telescope הטלסקופ מורכב ממערכת של ארבעה טלסקופים מסונכרנים עם עדשות בקוטר 8 מטר האחת, והם פועלים כטלסקופ ענק אחד בקוטר עדשה של 16 מטר. מערכת הטלסקופים הזאת מפיקה תמונות בעלות חדות הכי גבוהה האפשרית היום על פני כדור הארץ.

## שירת הברבור של גלילאו

חללית המחקר גלילאו קיבלה לפני חודשיים, ב 22.9.03, הוראה לפול ולהתרסק לתוך האטמוספירה של צדק לאחר פעילות מוצלחת באופן מדהים במשך 14 שנים. היא תוכננה לפעול כשמונה שנים אך הצליחה לשרוד עוד שש שנים נוספות הודות לליווי של צוות טאמן שכלל כ 800 מהנדסים. החללית נקראה על שם האסטרונום האיטלקי המפורסם, גלילאו, שגילה כבר בשנת 1610 את ארבעת ירחיו הגדולים של צדק, היא שוגרה ב 1989 ממעבורת החלל אטלנטיס ועשתה את הדרך לצדק במשך כארבע שנים. על אף שהאנטנה הראשית שלה התקלקלה כבר בתחילת הדרך, היא הצליחה לשרוד בהצלחה במשך כל השנים עם אנטנה רזרבית קטנה וזאת ממרחק שבין 630 ל 930 מליון ק"מ.

בדרכה לצדק היא הצליחה לצלם את פגיעת 21 חלקי המתפרקים של השביט שומכר-לוי בצדק, וזאת מזווית שלא היתה אפשרית מכדור הארץ. היא שלחה גישושים לצדק, צילמה את ירחיו, ובייחוד את הירח יאנוס עם עשרות הרי הנגש שלו, ואת הירח אירופה בעל הסיכוי הגדול ביותר להתפתחות אורגניזמים חיים במימיו. היא שלחה עשרות אלפי תמונות וחלקי אינפורמציה שלא יסולו בפו.

לאחר גמר מלאי הדלק הגרעיני שלה ובכדי שלא תזהם את ירחי צדק בהתפוררות איטית, הוחלט על "המתה בכבוד" ע"י ריסוקה. היא קיבלה הוראה ליפול, תוך נפילה חופשית, לאטמוספירה של צדק ולהשרף שם. **כל הכבוד גלילאו!**



# האגודה הישראלית לאסטרונומיה

## ISRAELI ASTRONOMY ASSOCIATION

מצפה הכוכבים בגבעתיים, גן העלייה השניה, ת.ד. 149 גבעתיים

[www.astronomy.org.il](http://www.astronomy.org.il) 53101

**טלפקס: 7314345-03**, לברורים בדבר רישום לאגודה ניתן להשאיר הודעה במשיבון

### חוזר פעילות עד סוף ינואר - 2004

#### הרצאות וערבי עיון במצפה הכוכבים בגבעתיים:

להלן רשימת ההרצאות וימי עיון שיתקיימו במצפה הכוכבים בגבעתיים. תחילת הפעילות בשעה 21:20 (למבקשים להשתתף בפעילות הרגילה של מצפה הכוכבים - להסבר ולתצפיות - רצוי להגיע כבר בשעה 20:00 עלויות (כולל פעילות רגילה): 20 ₪ למבוגר, 15 ₪ לילד, 10 ₪ לחברי האגודה ובני משפחותיהם (ערבי העיון במצפה גבעתיים חינם לחברי האגודה).

מאת: אלברט כליפא	- הרצאה: חיים מחוץ לכדה"א	20.11.03
מאת: יבגני גולדברג	- הרצאה: מעברי נוגה - פיסיקה, היסטוריה ותגליות	27.11.03
מאת: דר' ללוש	- הרצאה: הפלנטות הגזיות	4.12.03
מאת: דויד פולישוק	- ערב עיון: כיצד לחיות לנצח, תכנית חיפוש אסטרואידיים באוני' ת"א	11.12.03
מאת: חיים מזר	- הרצאה: גילוי מבנים על המאדים	18.12.03
מאת: יגאל פתאל	- ערב עיון: הסבר על מפות כוכבים	1.01.04
מאת: רוני מועלם	- הרצאה: תרומת היוונים הקדמונים להתפתחות האסטרונומיה	8.01.04
מאת: אוהד שמר	- הרצאה: העצמים הרחוקים ביותר ביקום	15.01.04
מאת: טל ענבר	- הרצאה: ג'מיני, החללית שנשכחה	22.01.04
מאת: עופר גבז	- ערב עיון: קואורדינטות שמימיות	29.01.04

באתר של האגודה: [www.astronomy.org.il](http://www.astronomy.org.il) פעילויות נוספות וכן עדכונים והודעות על שינויים בפעילויות.

רצוי להירשם לרשימת התפוצה בדואר אלקטרוני, כולל כתובת, לקבלת הודעות שוטפות.

הודעות על ביטול הרצאות ינתנו גם במענה הקולי של האגודה בטלפון 7314345-03.

#### מכון ויצמן - אולם צמד (16:30)

מאת: דר' דניאל לאלוש -הרצאה: ערפיליות 20.01.04

#### אוניברסיטת תל-אביב - אולם לב (19:00)

מאת: דובי פוזננסקי -הרצאה: סופר נובה 17.12.03  
מאת: דר' קולין פרייס -הרצאה: ברקים ושדונים 04.01.04  
מאת: פרופ' יוסף יהויכין -הרצאה: פרויקט MEIDEX 29.01.04

#### חמד"ע - הפרדס 7 תל אביב (20:00)

מאת: פרופ' פרילניק ד. -הרצאה: מאדים 17.12.03



# האגודה הישראלית לאסטרונומיה

## ISRAELI ASTRONOMY ASSOCIATION

ע"י מצפה הכוכבים בגבעתיים, גן העלייה השנייה, ת.ד. 149 גבעתיים 53101

טלפקס: 7314345-03, [www.astronomy.org.il](http://www.astronomy.org.il)

## הכנס השנתי ה-51 של האגודה

בבכל סוף שנה עורכת האגודה כנס שנתי מיוחד !  
הכנס יתקיים בחנוכה יום שישי 26.12.03 בין השעות 08:00 - 13:45  
באוניברסיטת תל אביב, בניין נפתלי - אולם 101, בפקולטה למדעי החברה.

### תכנית הכנס:

כינוס ורישום	08:00 – 08:30
דברי פתיחה: יו"ר האגודה - מר יגאל פתאל.	08:30 – 08:45
פלנטות מחוץ למערכת השמש: דר' שי צוקר, אוניברסיטת ת"א.	08:45 – 09:30
סופות רעמים, ברקים ושדונים (Sprites) - הבזקי אור באטמוספירה שנצפו ממעבורת החלל: דר' יואב יאיר, האוניברסיטה הפתוחה ומתאם פרוייקט האסטרונואוט הישראלי.	09:30 – 10:15
הפסקה + כיבוד קל.	10:15 – 10:45
אטומים ומולקולות – מהמעבדה לחלל: פרופ' דניאל זיפמן, מכון וייצמן למדע.	10:45 – 11:30
שיטות גרעיניות בחקר האסטרופיסיקה והמאדים: ד"ר איציק אוריון, אוניברסיטת בן גוריון.	11:30 – 12:15
הפסקה + כיבוד קל.	12:15 – 12:30
המושב השנתי של האגודה הישראלית לאסטרונומיה ובחירת מוסדות האגודה לשנה הבאה.	12:30 – 13:00
חומר אפל, אנרגיה אפלה וגורל היקום: פרופ' אבישי דקל, האוניברסיטה העברית בירושלים.	13:00 – 13:45
תצפית שמש (ע"י טלסקופים עם מסנני קרינה מתאימים, במידה ולא יהיו עננים).	13:45

### דמי כניסה לכנס:

לחברי האגודה הישראלית לאסטרונומיה	- 30 ₪,
לחיילים, סטודנטים, גמלאים וילדים	- 40 ₪.
לאנשים שאינם חברי האגודה	- 50 ₪ (כניסה + רישום לאגודה - 200 ₪)
לחברי אגודת הסטודנטים של אוניברסיטת ת"א - חינם..	

עדכונים בדבר הכנס יפורסמו באתר האגודה:

[www.astronomy.org.il](http://www.astronomy.org.il)

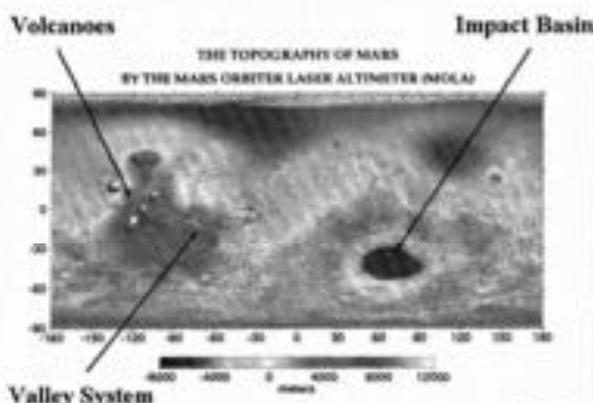
הכנס בשיתוף עם אגודת הסטודנטים של אוניברסיטת תל אביב.

## פניו המפתיעים של מאדים

הגיאולוגיה של הפלנטה  
מאת: דר' דיאנה לאופר

מאדים הוא נמצא במרחק של 228 מיליון ק"מ מהשמש, פי 1.5 יותר רחוק בהשוואה לכדור הארץ. קוטרו 6,794 ק"מ, כמחצית מקוטרו כדור הארץ. שטח הפנים שלו הוא כשטח כלל היבשות שלנו, מאסתו היחסית 0.1 משלנו, וצפיפותו נמוכה, 3.9 לשומת 5.5 אצ'לנו. האטמוספירה דלילה מאוד, עם לחץ 1/100 מהלחץ באטמוספירת הארץ. למאדים 2 ירחים קטנים – פובוס (מחז) 27 ק"מ קוטר, ודימוס (אימה) עם 12 ק"מ קוטר, שניהם נתגלו בשנת 1877 והם קרוב לדאי אסטרואידיים שנלכדו במסלול סביב מאדים ע"י כוח המשיכה שלו.

מאדים הוא כוכב הלכת הנחקר ביותר במערכת השמש. הוא היחיד שאפשר לזהות בו בעזרת טלסקופ מכדור הארץ צורות נוף של פני השטח שלו, ומכאן העניין הרב שהוא משרר הן בקהילת המדענים והן בקרב חובבי האסטרונומיה. כשמאדים נמצא בהתקרבות (כל 26 חודשים) כפי שזה היה בחודשים אוגוסט-ספטמבר השנה (כאשר המרחק בין כדור הארץ למאדים הצטמצם ל 55 מיליון ק"מ בלבד), ניתן לראות מבעד לטלסקופ בינוני עצמים ברזולוציה של כ- 100 ק"מ, וכך אפשר להבחין באזורים שונים, בשינויים בכימות הקרח ובסנונות חל.



טופוגרפיה של מאדים

בסוף המאה ה-19, כמה אסטרונומים ראו קווים על מאדים שהתפרשו מאוחר יותר כ"תעלות" שנבנו על ידי ציביליזציה מתקדמת לשם העברת מים מהקטבים לשטחי קו המשווה. מפלנטה דומה לכדור הארץ שיש בה מים וצמחים כפי שחשבו האסטרונומים לפני עידן החלל, מתברר היום שמאדים הוא מדבר צחיח מכוסה מכתשים, הרי געש כבויים, עמקים אדירים, ערוצי נחל יבשים וכיפות קרח יבש. אין מים על פני השטח של מאדים אך מדידת פליטת מימן מהקרקע מראה שקרח מים נמצא קרוב לפני השטח.

מאדים הוא מטרת מחקר עיקרית בחקר החלל וצמיחה נחיתה אדם על פניו בעתיד הלא רחוק. חללית ראשונה הגיעה למאדים בשנת 1965 (מריוט 4), ומאז סבלו 26 חלליות ששוגרו, 11 נכשלו בופן השיגור ו 5 לא הגיעו ליעדן. עיקר המידע על הרכב מאדים בא מארבע חלליות: מהחלליות וויקינג 1 ו 2 שהגישו למאדים בשנת 1976, מהחללית Pathfinder בשנת 1997, ומהחללית Mars Global Surveior בשנת 2001, וכן ממחקר 29 המטאוריטים שמקורם ממאדים (לפי תכולת הגזים הלכודים בהם) (McSween, 1994).

**פני השטח**  
בגלל חוסר אוקיאנוסים במאדים, גובה 0 של פני השטח נקבע כמקום בו הלחץ האטמוספרי הממוצע הוא 6.1 מיליבר. בפני השטח של מאדים יש חוסר סימטריה מבנית וטופוגרפית

מאדים הוא כוכב הלכת הנחקר ביותר במערכת השמש. הוא היחיד שאפשר לזהות בו בעזרת טלסקופ מכדור הארץ צורות נוף של פני השטח שלו, ומכאן העניין הרב שהוא משרר הן בקהילת המדענים והן בקרב חובבי האסטרונומיה. כשמאדים נמצא בהתקרבות (כל 26 חודשים) כפי שזה היה בחודשים אוגוסט-ספטמבר השנה (כאשר המרחק בין כדור הארץ למאדים הצטמצם ל 55 מיליון ק"מ בלבד), ניתן לראות מבעד לטלסקופ בינוני עצמים ברזולוציה של כ- 100 ק"מ, וכך אפשר להבחין באזורים שונים, בשינויים בכימות הקרח ובסנונות חל.

מאדים הוא כוכב הלכת הנחקר ביותר במערכת השמש. הוא היחיד שאפשר לזהות בו בעזרת טלסקופ מכדור הארץ צורות נוף של פני השטח שלו, ומכאן העניין הרב שהוא משרר הן בקהילת המדענים והן בקרב חובבי האסטרונומיה. כשמאדים נמצא בהתקרבות (כל 26 חודשים) כפי שזה היה בחודשים אוגוסט-ספטמבר השנה (כאשר המרחק בין כדור הארץ למאדים הצטמצם ל 55 מיליון ק"מ בלבד), ניתן לראות מבעד לטלסקופ בינוני עצמים ברזולוציה של כ- 100 ק"מ, וכך אפשר להבחין באזורים שונים, בשינויים בכימות הקרח ובסנונות חל.

בסוף המאה ה-19, כמה אסטרונומים ראו קווים על מאדים שהתפרשו מאוחר יותר כ"תעלות" שנבנו על ידי ציביליזציה מתקדמת לשם העברת מים מהקטבים לשטחי קו המשווה. מפלנטה דומה לכדור הארץ שיש בה מים וצמחים כפי שחשבו האסטרונומים לפני עידן החלל, מתברר היום שמאדים הוא מדבר צחיח מכוסה מכתשים, הרי געש כבויים, עמקים אדירים, ערוצי נחל יבשים וכיפות קרח יבש. אין מים על פני השטח של מאדים אך מדידת פליטת מימן מהקרקע מראה שקרח מים נמצא קרוב לפני השטח.

מאדים הוא מטרת מחקר עיקרית בחקר החלל וצמיחה נחיתה אדם על פניו בעתיד הלא רחוק. חללית ראשונה הגיעה למאדים בשנת 1965 (מריוט 4), ומאז סבלו 26 חלליות ששוגרו, 11 נכשלו בופן השיגור ו 5 לא הגיעו ליעדן. עיקר המידע על הרכב מאדים בא מארבע חלליות: מהחלליות וויקינג 1 ו 2 שהגישו למאדים בשנת 1976, מהחללית Pathfinder בשנת 1997, ומהחללית Mars Global Surveior בשנת 2001, וכן ממחקר 29 המטאוריטים שמקורם ממאדים (לפי תכולת הגזים הלכודים בהם) (McSween, 1994).

**פני השטח**  
בגלל חוסר אוקיאנוסים במאדים, גובה 0 של פני השטח נקבע כמקום בו הלחץ האטמוספרי הממוצע הוא 6.1 מיליבר. בפני השטח של מאדים יש חוסר סימטריה מבנית וטופוגרפית

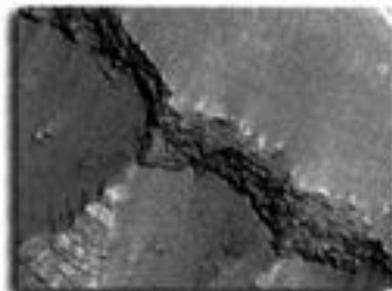
לכאמור אין טקטוניקת לוחות במאדים בדומה לכדור הארץ).  
לפי תהליכי הבלייה במכתשים, הוולקניזם האחרון היה עד לפני 1-10 מיליון שנה (Hartmann et al. 1999).

### מכתשים

המכתשים נוצרו ממגיעת מטאורים ואסטרואידים במשך שלוש תקופות עיקריות בדומה למכתשים בירח. התפלגות המכתשים לא אחידה, רוב המכתשים נמצאים בחלק הדרומי. קוטרם נע בין 5 ל 50 ק"מ. העדר מכתשים קטנים מראה שמטאורים קטנים נשרפו בכניסתם לאטמוספירה ולא הגיעו לקרקע. מבנה המכתשים ייחודי למאדים, סביב המגיעה יש גלישות של קרקע ובוך "fluidized ejecta" בגלל התכת הקרח בקרקע של מאדים.  
בחלקו הדרומי של המאדים נמצא מכתש Hellas שעומקו 8 ק"מ וקוטרו 2100 ק"מ, סביב המכתש טבעת בגובה של 2 ק"מ. מכתש זה נוצר כנראה מפגיעת אסטרואיד שקוטרו היה כ- 3.5 ק"מ.

### מים

מחקר המים במאדים הוא המטרה העיקרית והבעייתית ביותר של כל החלליות ששוגרו



שכבות בעמק מרינריס

### למאדים

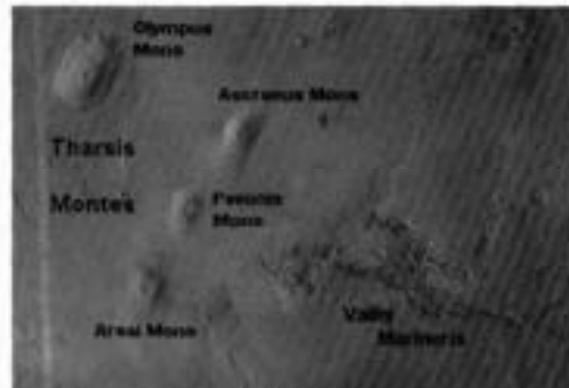
הוכחות לקיום מים על המאדים באות ממדידות ספקטראליות של מימן (ע"י החללית Mars Odyssey), אך בעיקר בצורה עקיפה, מצילומים של ערוצים המתנקזים לעמקים, המבנה המיוחד של המכתשים, מצילומי עקבות של הצמח שטחים נרחבים והצמח מכתשים. הערוצים המתנקזים לעמקים נמצאו בעיקר בחלק הצפוני של מאדים וכיוונם הוא ממזרח למערב.  
העמקים במאדים הם בעלי צורת V, באורך של עד 2000 ק"מ ועומק של 100-150 מ'. הם נוצרו כתוצאה מזרימת מים, מסחף וממפולות. חלק מהערוצים נוצרו על ידי זרימת לבה בדומה לירח שלנו.

באזור הנחיתה של החללית Pathfinder בשנת 1997 נתגלו אזורים בהם נמצא סחף סלעים.

מצילומים שפורסמו לאחרונה (Malin and 2003 Mars Global Surveyor (Edgett, Science Express מחללית Mars לאגמים, אזורי דלתא ומגיפות סחף שהיו על המאדים.

זו ההוכחה העיקרית שבעבר של מאדים היו מים

הרכב הקרקע נקבע הן מתצפיות ספקטראליות בעזרת טלסקופים מכדור הארץ והן ממדידות ישירות של החלליות. מאדים מחולק לאזורים



אזור Tarsis

בחורים, אזורים כחים וכימות קרח בקטבים. הסלעים הם סלעים וולקניים בסיסיים (מגמאטיים) כאשר פני השטח מכוסים בשברי סלעים ודיונות אבק עשירים בתחמוצות ברזל. החלק הדרומי מכוסה בולות שהן סלעי פרוץ כחים עשירים בברזל. בחלק הצפוני יש סלעי פרוץ עשירים ב Si מסוג אנדזיט (Bibring and Erard, 2001).

במאדים נמדד שדה מגנטי חלש ומשתנה בדומה לשדה המגנטי של הקרום האוקיאני בכדור הארץ.

שינויי טמפרטורה קיצוניים בין יום ללילה ובין חורף לקיץ גרמו לתהליכי בליית סלעים ויצרו אבק ודיונות חול. המקור העיקרי של האבק הוא מעמק Valles Marineris.

הרכב סלעי מאדים משרר מספר שאלות על סיבת הרכבם השונה של שני חלקי הפלנטה, ועל תהליכי הוולקניזם.

### הרי הגעש

במאדים הרי הגעש הגבוהים והמרשימים ביותר בכל מערכת השמש. עד כה נחקרו כ- 20 הרי געש.

הרי הגעש הם מסוגים שונים ונמצאים מרוכזים ב 3 אזורים עיקריים. הרי הגעש הגדולים ביותר הם מסוג "שטוח" (Shield) בדומה להרי הגעש בהוואי ונמצאים במישורים של תרסיס ואליסיום Tharsis ו Elysium. אזור תרסיס גבוה בכ-10 קילומטרים מהסביבה שלו והרי הגעש הנמצאים בו הם Ascraeus : Pavonis ו Arsia מצפון לדרום, עם גובה של 10 ק"מ, ומאחוריהם ההר הגבוה ביותר, אולימפוס מונס Olympus Mons עם גובה של 25 ק"מ. גבהים כאילו נוצרו בגלל כוח משיכה נמוך יחסית ובגלל קרום עבה. הלוע של הרי הגעש רחב בגלל העדר תנועת פלטות חסונרת על מקור הלבה ובגלל צפיפות נמוכה של הלבה ביחס לסלעים שעל פני השטח. עלייתם של הרי הגעש גרמה ליצירת הסבר של Valles Marineris שנוצר על ידי פעילות טקטונית. העמק התרחב לאחר מכן כתוצאה ממפולות סלעים ומתהליכי בליה

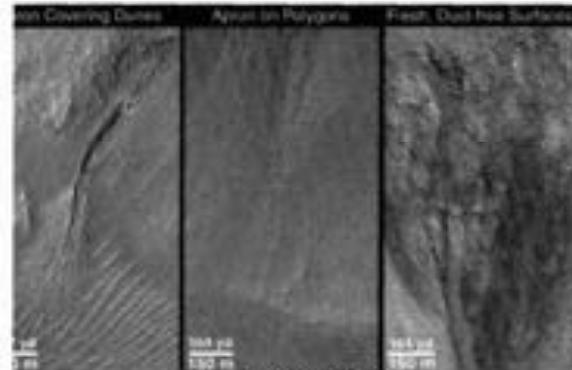
טוליס, דבר שחייב טמפרטורות גבוהות יותר מאלה הקיימות היום.

מדידות ספקטראליות שערכה החללית Mars

במדידות ספקטראליות נמצאו בין 2% ל 5% של גיר בלבד על פני השטח של מאדים, הרבה פחות מאשר על כדור הארץ. שלמים אלו נוצרו כנראה מהתרכבות בין הקרקע של מאדים לבין CO<sub>2</sub> ישירות מהאטמוספירה ( Bandfield et al. 2003 ). לא כפי שזה קרה על כדור הארץ.

#### כימות הקרח

כימות קרח מכסות את הקטבים עם שינויים עונתיים. בחורף הקרח מגיע כמעט עד קו רוחב 65 החללית (Mars Orbiter Laser Altimeter) MOLA מצאה שרוחב כיפת הקרח הדרומית היא כ 1,200 ק"מ והגובה שלה 3 ק"מ. בכיפה תריצים עד עומק של 1 ק"מ. עיקר הקרח בקטבים הוא קרח יבש של CO<sub>2</sub> המכיל כ-10% אבק. הכיפה הצפונית גדולה יותר מהדרומית וכנראה שהיא מכילה גם מים מתחת לשכבות ה CO<sub>2</sub>. הקרח בקוטב הצפוני מגיע לגובה של 2 ק"מ ומכסה שטח השווה ל 4% של שטח הקוטב הדרומי של כדור הארץ. שינוי הגובה של הכימות בין חורף לקיץ עקב שינויי טמפרטורה גורם לעליה בלחץ האטמוספרי מ-7 ל-9 מיליבר. שינויים עונתיים בשטח הכימות מלמדים על השינויים באקלים ועל זווית הנטייה של מאדים. לסיכום מאדים היום קר ויבש. לחלליות שינתו בתחילת השנה הבאה על מאדים נותרה עבודה רבה לקביעת הרכב מדויק של פני השטח ותרומת המים, וזאת בנוסף לשאלה המרכזית תאם קיימת או היתה קיימת צורת חיים כל שהיא על מאדים.



תחיליכי זרימת מים

Odyssey בשנת 2001 (דרך 3 מכשירים) הראתה פליטה מוגברת של מימן הנפלט מהקרקע עקב מגיעת קרינה קוסמית. עודף המימן מקורו כנראה בקרח מים הלכוד בסלעים מתחת לפני השטח בעומק של כ-1 מטר ( Feldman et al. 2002 ). פליטת מימן נמדדה ב UV גם באטמוספירה של מאדים על ידי החללית FUSE (Krasnopolsky and Feldman, 2001)

ממדידות של החללית MOLA עולה שקרח מים נמצא גם בקטבים, וכמותו שם מגיעה עד פי 1.5 מחקר שמכסה את גרינלנד.

יערן גיאולוגי – דר' ענת ילין דרור

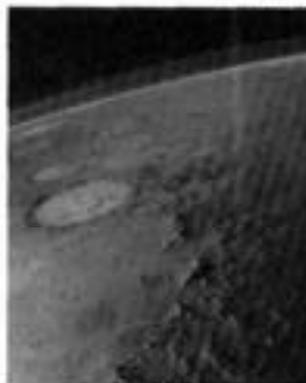
- McSween H.Y., *Meteoritics* 29 757-779, (1994).  
Smith D.E., et al., *Science* 294, 2141-2146, (2001).  
Bibrig J. and S. Erard, *Space Sci. Rev.* 96, 293-316, (2001).  
Bandfield J. et al., *Science* 301, 1084-1087, (2003).  
Malin M. C. and K. S. Edgett, *Science* 0: 1090544, (2003).  
Feldman W.C. et al. *Science*, 297, 75-78 (2002).  
Krasnopolsky V.A.1 and P.D. Feldman, *Science*, 294, 1914-1917, (2001).  
Hartmann K. et al., *Nature*, 397, 586-589, (1999).  
<http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/tharsis/mola.top10.html>  
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>  
<http://astrogeology.usgs.gov/Projects/BrowseTheGeologicSolarSystem>  
<http://cmex.arc.nasa.gov/CMEX/index.html>

# האקלים של המאדים

מאת: מיכל גנות

גובה 40 ק"מ מגיעות לטמפרטורת הקיפאון של  $CO_2$  (בין 120 ל 140 מעלות ולוציוס מתחת לאפס). כלילה הקונבקציה מתמטטת ובמקומה נוצרת אינברסיה (עלייה בטמפרטורות עם הגובה) חזקה בק"מ התחתונים. מאדים נמצא במריהליון (הנקודה הקרובה ביותר במסלולו לשמש) במפנה החורפי שלו. בתקופה זו פני השטח במאדים מתחממים מאוד והקונבקציה החזקה שנוצרת מעלה אבק רב לאטמוספירה (שמש אופטי-1). האבק סומג את קרינת השמש ומעלה את הטמפרטורה מעל פני השטח בשד שטוח הטמפרטורות במני השטח עצמו קטן, ולכן הקונבקציה נעלמת.

**משטר הרוחות:** מדידות של רוחות במני השטח היו רק במקומות בהן נחתו חלליות. מדידות בפרופיל אנכי נעשו ע"י שתי חלליות וייקינג שנחתו ב-1976. מסקנות ניספות לגבי הרוחות מתקבלות מתצורות עננים ומניתוח קריאות של פרופיל טמפי אנכי. נתונים רבים לגבי משטר הרוחות התאפשרו גם הודות לתצפיות מחללית Mars Global



המפנה מס' 1:  
האטמוספירה של מאדים (NASA)

Surveyor בשנת 1997. בדומה למשטר הרוחות בכדה"א נמצא כי בקוי הרוחב הנמוכים של המאדים (האזור הטרופי והסוב-טרופי) ישנן רוחות מזרחיות ואילו בקוי הרוחב הבינוניים רוחות מערביות המתגברות עם הגובה למקסימום (רוחות סילון) בערך בגובה 30 ק"מ בכל העונות, למעט אמצע הקיץ. אמנם הסירקולציה בכדה"א ובמאדים דומה, אך בכדה"א הרוחות טיפות בשצמות קטנות יותר ורוחות הסילון המערביות מתקבלות בגובה נמוך יותר ובקוי רוחב נמוכים יותר.

בקוי הרוחב הבינוניים בכדה"א רוחות מערביות מתגברות בקיץ, אך במאדים רוחות אלה הן בדיכ מזרחיות. הבדלים אלה נחוו שד לפני שהגיעו חלליות למאדים ומקורם בקיום אוקיינוסים בכדה"א המשנים את מאון האנרגיה ואשר אינם קיימים במאדים.

**תא הדלי:** בכדה"א תא הדלי מתואר ע"י עליית אוויר באזור קו המשווה ושקיעתו בקוי הרוחב הסובטרופיים ( $30^\circ$ ) הן בחצי הכדור הצפוני והן בדרומי. הסימטריה סביב קו המשווה של כדה"א קיימת למעשה רק בימי השיוויון. בחורף צפוני תא הדלי הוא דומיננטי ובו אוויר עולה דרומית לקו המשווה, שוקע באזור הסובטרופי והטון בחורף דרומי - וזאת בגלל שינוי מיקום וניט השמש. תא אוויר דומה קיים במאדים, אך עצמת הרוחות בו חזקה יותר ושקיעת האוויר

## האטמוספירה והאקלים הנוכחיים של מאדים:

**תרכיב:** כיום האטמוספירה של מאדים מורכבת מ: 95% פחמן דו חמצני, 3% חנקן, 1.5% ארגון ואחוזים זניחים של מים וחמצן. (לעומת כדה"א: 78% חנקן, 21% חמצן, 1% ארגון ו-0.03% פחמן דו חמצני).

**לחץ:** לחץ האטמוספירה על פני השטח הוא בממוצע כ-6 mb, שהם כ-0.64% מהלחץ בגובה פני הים בכדה"א (כ-1,013 mb). ישנם אדי מים באטמוספירה של מאדים אך בכמות הקטנה פי עשרת אלפים מו שבכדה"א. הלחץ החלקי של אדי המים באטמוספירה של מאדים הוא  $10^{-3}$  mb, כך שלו היו דוחסים את כל אדי המים לשכבה אחת היא היתה בשבי של מאית מ"מ מעל פני מאדים. כמות אדי המים משתנה בהתאם לעונות, הסעה ע"י רוחות וכו'. כאשר במאדים קיץ צפוני משתחררים אדי מים מהקוטב הצפוני ואלה נעים לכיוון הקוטב הדרומי שם (חורף דרומי) הם קופאים שוב (וחפץ כשהעונות מתחלפות).

שינויים בכמות ה-

$CO_2$  באטמוספירה יכולים לשנות את הלחץ הכללי בכ-20% כתוצאה משחרור/קפיאת  $CO_2$  בקטבים בעונות שונות. אמנם האטמוספירה במאדים מכילה רק אלפית מכמות אדי המים שנמצאים באטמוספירה של כדה"א, אך כמות זו מספיקה כדי ליצור עננים מעטים (תמונה מס' 2). בנוסף ניתן למצוא ערפילי בוקר בעמקים.

**טמפרטורות:** הטמפרטורה הגלובלית הממוצעת במאדים היא כ- $-53^\circ C$  ( $220K$ ). ליד קו המשווה יכולה הטמפרטורה להגיע ל- $0^\circ C$  ואף יותר, בעיקר בקיץ (עד כ- $20^\circ C$  מקסימום בקיץ בקו המשווה). בטמפרטורות אלה מים יכולים להיות במצב נוזלי, אך מים נוזלים לא ישארו יציבים במאדים והם יתאדו מיד לאטמוספירה היבשה יחסית ובסופו של דבר יקפאו שוב בקוי רוחב גבוהים יותר. הפרש הטמפרטורות היומי (בין יום ולילה) ליד הקרקע יכול להגיע ל- $60^\circ$  (בכדה"א ל- $30^\circ$ ). הפרש הטמפרטורות העונתי (בין חורף וקיץ) יכול להגיע לכ- $90^\circ$  (בכדה"א ל- $50^\circ$  באקלים הקיצוני של סיביר).

**קונבקציה:** כשהאטמוספירה "נקייה" (עומק אופטי גדול מ 1 מטר) פני השטח מתחממים מאוד ונוצרת קונבקציה (עלייה של אוויר) שמגיעה עד גובה של כ-10 ק"מ. בשכבה זו ומעליה הטמפרטורות יורדות בהדרגה עד שמעל

החרטה והסעה של החול והאבק יוצרים ארוזיה והשקעה לא אחידים על פני הפלנטה, וכך פני השטח השתנו במשך מיליוני שנים. העוצמה של תא הדלי משתנה במשך השנים בגלל שינויים במסלול מאדים סביב השמש ושינויים אלה גורמים לשינויים בעוצמות סופת האבק. גם הטופוגרפיה של המאדים אינה סימטרית סביב קו המשווה וביחד עם גורמים מטאורולוגיים, העברת חומר מרום גבוה לרום נמוך גורמים לטשטוש עדויות גיאולוגיות על פני השטח ומסבכות את ניתוח תצורות הנוף. לולא החפרות של סופת האבק הגלובליות במאדים היתה הסירקולציה הכללית במאדים (יומית ושנתית) מובנת יותר וניתנת לניבוי.

בכדה"א נצפו ברקים בזמני סופת חול והתופעה נבדקה גם בסופת האבק במאדים. האפשרות נשללה בגלל הצפיפות הנמוכה של גרגרי האבק ומחירות הנפילה הקטנה של חלקיקי האבק במאדים (בעקבות כח המשיכה הקטן של המאדים, שהוא כשליש מזה של כדה"א) המקשים על הפרדת מטענים והוצרות ברקים. יתכן כי הפרדת מטענים מתרחשת בזמני סופת האבק הגדולות במאדים ע"י חיכוך החלקיקים ביניהם ועם פני השטח, אך עדיין לא נצפו ברקים במאדים.

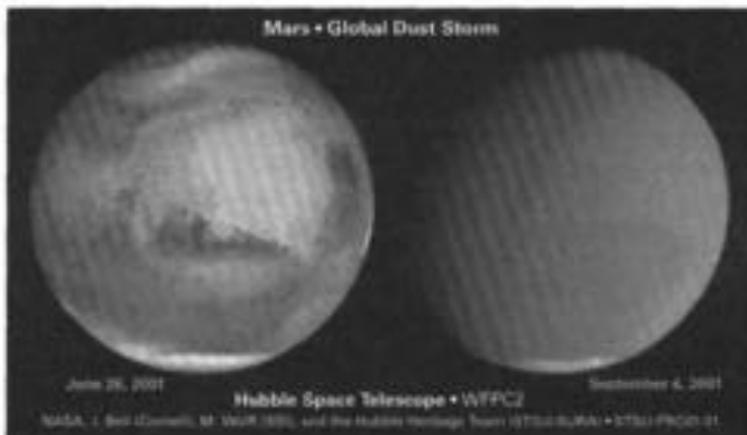
**האטמוספירה הקדומה של המאדים**

בפני השטח הקדומים של המאדים ניתן למצוא תצורות נוף שמזכירות תצורות נוף בכדה"א שנגרמות ע"י נהרות גדולים, מערות נחלים וארוזיה רבה. אך המאדים של היום הוא קר ויבש והתנאים הנוכחיים אינם מאפשרים משקעים רבים ונגר עילי שיכול ליצור תצורות אלה ולכן החוקרים מסיקים כי מקור התצורות הוא באקלים קדום חם יותר. המערכת האקלימית של מאדים מורכבת ביותר ומשלבת תהליכים פיסיקליים וכימיים בפנים הפלנטה, במעטפת, בפני השטח, באטמוספירה ומגע עם רוח השמש באטמוספירה העליונה. בניסיון להבין את התהליכים שעיצבו את המאדים חילקו החוקרים את ההיסטוריה של המאדים לשלוש תקופות עיקריות: הקדומה ביותר נקראת ה-Noachian, אחריה ה-Hesperian והתקופה הנוכחית נקראת ה-Amazonian. נסתכל כעת על התהליכים העיקריים שחתרשו בכל תקופה והשפעותיהם על האטמוספירה של המאדים:

**תחילת תקופת ה-Noachian (לפני 3.92-4.6 מיליארד שנה):**

מתרחשת רחוק יותר – בקווי רוחב  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . גם במאדים קיימת סימטריה בין תאי הדלי בסביבות קו המשווה, אך בגלל האליפטיות הגדולה יחסית של מסלול מאדים סביב השמש (0.09 לעומת 0.03 בכדה"א) והדלי הטמפי הגדולים בין העונות, תא הדלי במאדים חוק יותר ורחב יותר בחורף הצפוני מאשר בחורף דרומי.

**סופת אבק**, השמיים במאדים נראים אמורים-אדומים, שלא כמו השמיים הכחולים הנראים אצלנו בכדה"א. צבע זה נגרם כתוצאה מרוחות חזקות הנושבות על פני שטחים חשופים וגורמות



תמונה מס' 2: בצד ימין ניתן לראות את מאדים בעת סופת חול ואבק גלובלית, בהשוואה לתמונה בצד שמאל שנלקחה בזמן "רגיעה" מאבק. (NASA)

להעלאת אבק רב לאטמוספירה (תמונה מס' 3). סופת אבק במאדים (כנראה חלקיקי חרסית) יכולות להתחיל מסופות מקומיות, להתפתח לסופות בקנה מידה רחב יותר ואף להקיף את כל הפלנטה (תמונה מס' 4) גם בזמני רגיעה מסופות אבק גדולות האטמוספירה מאובקת במידה מסויימת כך שהעומק האופטי הוא כ-0.5 בזמני סופת חול העומק האופטי עשוי להגיע לכדי 10 והאבק עשוי להגיע לגובה של כ-50 ק"מ. מהירות הסף להתחלת הקפצת חלקיקים מפני השטח ולהתהוות סופת אבק תלויה בחימום פני השטח, תפרוסת החלקיקים, טמפרטורה ולחץ בפני השטח. באתרי הנחיתה של חלליות הויקינג סף זה היה כ-100 קמ"ש לרוחות בגובה 2 מ'. למרות שרוחות אלה נדירות, ברוב המקומות נוצרות סופות אבק וחול מקומיות רבות במשך השנה כתוצאה מאפקטים אחרים הגורמים להעלאת אבק לאטמוספירה, דוגמת הקונבקציה. קונבקציה יומית יכולה ליצור עלעולים (dust devils), מעין מיני-טורנדו של אבק, שיכולים להתמשך לאורך כל שכת הקונבקציה. כאשר מאדים במקומו הקרוב ביותר לשמש (חורף-צפוני) הקונבקציה מתחזקת וכך גם תא הדלי, שמפזר את האבק באופן ניכר. האבק הרב באטמוספירה גורם לתהליך משוב: הרוחות בקוי הרוחב הנמוכים מעלים אבק, האבק גורר חימום של האטמוספירה, תא הדלי מתעצם, הרוחות בקוי הרוחב הנמוכים מתעצמות, יותר אבק מועלה לאטמוספירה וכו'.

מאדים נוצר ביחד עם שאר מערכת השמש לפני כ-4.6 מיליארד שנה. גופים סלעיים קטנים שנשארו בסביבת השמש לאחר היווצרות הפלנטות התנגשו בפלנטות עד שהועפו החוצה ממערכת השמש. עדויות למגיעות אלה ניתן לראות בצורת מכתשים בכל הפלנטות הארציות (חמה, נוגה, כד"א, מאדים) וכן בירחים ואסטרואידים בכל רחבי מערכת השמש. מגיעות חוזרות ונשנות במאדים גרמו לוריקת אטמוספירת הפלנטה לחלל. את מספר המגיעות אפשר לחסוק ע"פ מספר המכתשים הגדולים בסלעים הקדומים במאדים ואגני המכתשים. סך המגיעות כנראה שגרים לפליטה של האטמוספירה שהיתה בתחילת היווצרות הפלנטה. לעומת זאת, מגיעות של גופים עשירי גזים יכלו גם לתרום גזים לאטמוספירה של מאדים. בדיקות של יחסי איזוטופים של גזים אצילים כבדים באטמוספירה של מאדים (וגם בכד"א) מרמזות על כך שכנראה לא מעט גזים נתרמו לאטמוספירות ע"י שביטים. התפקידים היחסיים של העפת גזים ותרומת גזים עדיין אינם ברורים במלואם.

רוח השמש היתה באותה תקופה אמנם רק 70% מערכה הנוכחי אך הפלנטה התחממה מקרינת איזוטופים רדיואקטיביים בתוכה. אך רדיוס המאדים הוא רק כחצי מזה של כד"א ולכן המאדים התקרר מהר יותר מכד"א. זרימת מאגמה מסדקים בקרקע והתפרצויות געשיות שיחררו חום וגזים וכך האטמוספירה נהייתה עבה יותר.

**אמצע תקופת ה-*Noachian* (לפני 3.85-3.92 מיליארד שנה):**

החוקרים מעריכים כי בתקופה זו פסק השדה המגנטי של הפלנטה להתקיים, דבר שאפשר לרוח השמש של אותה תקופה להסיר גזים ישירות מרום האטמוספירה, כולל מים, אך מודלים לאפקט זה עדיין לא ברורים. רוח השמש תגרום להסרה בעיקר של האיזוטופים הקלים של היסודות, כך שהאטמוספירה תישאר עשירה יותר באיזוטופים הכבדים. אכן נמצא כי האטמוספירה העליונה של מאדים עשירה יותר באיזוטופים כבדים (למשל היחס  $^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ). מיחסי איזוטופים אלו מסיקים כי כנראה 90%-50 מהאטמוספירה הועפה לחלל. קרינת השמש המוגעת בג האטמוספירה משנה את יחסי האיזוטופים, אך מגיעת מטאוריטים מעיפה גזים לחלל מכל עמודת האטמוספירה ולכן לא תשפיע על יחס האיזוטופים. קצב איבוד הגזים לחלל אינו ידוע כיום ויכול להיות שהשתנה בתקופות שונות. החוקרים מעריכים כי כ-99% מהאטמוספירה אבד באותם תהליכים של מגיעת גזים והסרה ע"י קרינת השמש.

בתקופת זו גם **קצב הארוזיה** היה גדול בהרבה (פי 1,000 יותר גדול מבתקופות אחרות ודומה לאזורים מידברים בכד"א). במכתשים שנוצרו באותה תקופה ניתן לראות ששולי המכתשים והגבעות במרכזם נעלמו כמעט כליל. מחסור במכתשים קטנים, בעלי קוטר של מות מ-15 ק"מ, גם כן מרמז על כך שנמחקו באותה ארוזיה חזקה. בחלק מהמכתשים נמצאים חריצים ותלמים שאופייניים לארוזיה של זרימת מים.

בתקופה זו החלה היווצרות **הרי הגעש באזור Tharsis** ונמשכה לאורך רוב ההיסטוריה של מאדים. נמצא כי הרבה ממערכת הוואדיות הקדומים נוצרו מהשימועים של האדמה שנוצרו מעליית הרי הגעש של אזור ה-Tharsis. הסגמה שהתפרצה מהרי הגעש הכילה כנראה כמויות רבות של מים ופחמן דו-חמצני שהשתחררו ונוספו לאטמוספירה.

**סוף תקופת ה-*Noachian* (לפני 3.7-3.85 מיליארד שנה):**

בכל תקופת ה-*Noachian* ניתן להבחין במערכות של וואדיות דומות לאלה שנוצרו בכד"א ע"י נגר עילי. קיים ויכוח בין החוקרים בנושא תפקידו היחסי של נגר עילי לשמת יציאת מי תחום בעיצוב תצורות נוף אלו, אך קיימת הסכמה כללית שמים היו צריכים לזרום על פני השטח כדי ליצור תצורות אלו וכן שצורת ה-V של אותן וואדיות דורשת התפתחות הדרגתית שלהן. בסוף ה-*Noachian* החלו להופיע בקצה הורימה בוואדיות צורת U שאופיינית למג אוויר קר ויבש יותר (כמו עמקי הפיורד בטרבגיה). יצירת הוואדיות באופן כללי (גם צורת V וגם צורת U) הסתיימה בצורה מהירה מאוד בסוף ה-*Noachian* ותחילת ה-*Hesperian*.

קצב מגיעת הגופים בפלנטה ירד בצורה משמעותית בסוף תקופת ה-*Noachian* וכן גם קצב הוולקניזם, ואז התייצבה האטמוספירה. צורת הוואדיות וסימני הארוזיה הגבוהה הם עדויות לכך שמים נוזליים זרמו על פני השטח בתקופת ה-*Noachian* והאקלים היה חיובי להיות כזה בו מים יהיו יציבים יותר או שיאפשר מים בשפע בפני השטח. אקלים כזה נחשב לבעל טמפרטורות פני שטח גבוהות יותר מאשר היום וכנראה נוצר ע"י אפקט חממה. יתכן ותוספת הגזים מההתפרצויות הגעשיות תרמו לאטמוספירה עבה יותר ומכאן אקלים חם יותר. בתחילת תקופת ה-*Noachian* היתה פליטת השמש נמוכה בכ- 30% מאשר היום, דבר שחקשה על שמירת אקלים חם, וזרימה של מים עדיין אין הסכמה לגבי הטמפרטורות שהיו באקלים החם, מה היה אפקט החממה וכמה מים היו באטמוספירה ועל פני השטח.

החוקרים מעריכים כי בעקבות שחרור מים ופחמן דו חמצני מהרי הגעש התעבתה האטמוספירה של המאדים עד כשליש מזו של כד"א היום (כאמור כיום הלחץ בפני השטח של המאדים הוא רק כאחוז אחד מזה של כד"א).

לסיכום תקופת ה-*Noachian* ניתן לאמר כי רוב האטמוספירה הקדומה של המאדים אבדה ע"י מגיעת מטאוריטים וארוזיה גדולה כבר בתחילת דרכה של הפלנטה. אטמוספירה שניה התעבתה סביב הפלנטה כאשר החל שחרור רב של מים ופחמן דו-חמצני מההתפרצויות הוולקניות, בעיקר של הרי הגעש באזור Tharsis. לאחר מכן המים אבדו מפני השטח ומהאטמוספירה לחלל, לקטבים ולמשקעים בתת הקרקע.

### תקופות מאוחרות יותר:

**תקופת ה-Hesperian** (לפני 3.0-3.7 ביליון שנה): עדויות לזרימות של נגר עילי רואים גם בהיווצרות עמק מרינר ("יואליס מרינריס") הגדול וגם בוואדיות נוספים בתקופה זו.

**תקופת ה-Amazonian** (לפני 0.4-3 ביליון שנה): בתקופה זו נוצר הר אולימפוס. כמו כן ניתן לתבחין בארוזיה גדולה בעמק מרינר וברמות בחצי הכדור הצפוני. בנוסף נפסקו ההתפרצויות הגעשיות מהרי ה-Tharsis ונוצרו וואדיות נוספים. כ-25%-35% מהערצים על פני המאדים נוצרו כנראה בשתי התקופות האחרונות - Hesperian ו-Amazonian. מעבר לכך כנראה שבחלק מהערצים שנוצרו בתקופה הקדומה של המאדים התחדשה הזרימה בתקופות המאוחרות.

במכתשים ניתן לתבחין בערוצים חותרים הנכנסים/יוצאים מהמכתשים. מטאוריטים מהמאדים שהתגלו בכדה"א מסוף התקופה מצביעים על השתנות מינרלים בנוכחות מים (כדוגמת המטאוריט המפורסם ALH84001 שהתגלה באנטארקטיקה ב-1984). ידוע כי מים מתת הקרקע כנראה השתחררו וזרמו על פני השטח ונוספו לאטמוספירה בזמנים שונים. לא ידוע כמה מים נמצאים כיום בתת הקרקע, אך סביר להניח שיש תפרוסת גלובלית לא אחידה בפלנטה.

### תגודות ושינויי אקלים:

אחד הנורמים החשובים ביותר שהשפיעו על הסביבה האקלימית בהיסטוריה של המאדים היה אפקט החממה של  $CO_2$ . הן כיפות הקרח בקטבים והן הקרקע במאדים נחשבים למאגרים גדולים של  $CO_2$  שיכולים להתחלף עם האטמוספירה. ידוע כי שינויי אקלים פתאומיים ("climate jump") יכולים להתרחש כתוצאה משינויים בקרינת השמש ו/או בכמות  $CO_2$  אטמוספירי.

כמו כדה"א, גם מאדים נתון לשינויים מחזוריים במאפייני המסלול (אקסצנטריות המסלול, נטייה ונקיפה- שינוי כוון הציר). בכדה"א מחזוריות שינויים אלה תואמות לתגודות האקלימיות העיקריות - עידני הקרח (תיאורית מילנקוביץ'). במאדים המערכת הרבה יותר מורכבת ומסובכת ומשתנה בכמה תדירויות. השינויים במאפייני המסלול של מאדים גדולים מאוד (יותר משל כדה"א) וזאת כתוצאה מקרבת מאדים לפלנטות הענקיות והשפעת הגרביטציוניות שלהן ושל השמש. גורם נוסף להבדלים הגדולים הוא חוסר ירח גדול שימתן את תנועת הנטייה של הציר. שני הירחים הקטנים של מאדים (בקוטר 12 ו-28 ק"מ) אינם משפיעים על נטיית הציר כמו ההשפעה הממתנת של הירח של כדה"א (שקוטרו כ-3,500 ק"מ) לכדי שינוי של כ-3° בלבד. לעומת זאת, נטיית הציר של מאדים (כיום 25.2°) משתנה במשך הזמן בטווח גדול יחסית של 10°-45 במחזוריות של מאה-אלף עד מיליוני שנים (בסקלות זמנים גדולות יותר המערכת נעשית כאוטית והנטייה יכולה להשתנות אף ב-0°-60). כאשר אחד הקטבים נוטה יותר לכיוון השמש, תוספת

האנרגיה שהוא מקבל גורמת לשחרור קרח ופחמן דו-חמצני מהקרקע וכמות אדי המים באטמוספירה יכולה לעלות עד כדי התעבות והשקעת שלגים בעונת החורף. הכיוון של רוב התעלות במאדים כלפי הקטבים מרמזת אולי על כך שהם נוצרו ע"י קרח מומס במדרונות הפונים לקוטב, המקבלים קרינת שמש במשך כל היממה בנטייה הגדולה של הפלנטה. במודלים טמריים נמצא כי כיפת קרח אינה יכולה לשרוד בתנאים של נטיית ציר מעל 45° (בתנאי קרינת השמש הנוכחיים) והיא תוסר לגמרי תוך 10,000 שנה). גורם השפעה נוסף על האקלים הוא אפקט האלבדו (החזרת קרינת השמש) של קרח  $H_2O$  ו- $CO_2$ . אם מים נוזליים היו אכן נמצאים הרבה יותר על פני השטח של המאדים כמו שרמזו מתצורות הנוף, הם היו קופאים עם התקררות האקלים וגורמים לתהליך משוב חיובי להתקררות, שכן הקרח היה מעלה את האלבדו של פני השטח ובכך גורם להתקררות נוספת. אך מצד שני קרח  $CO_2$  רגיש מאוד ללחץ אטמוספירי ולכן ירידה באלבדו של כיפת הקרח תגרום לאידוי של  $CO_2$  לאטמוספירה ולאפקט חממה, ששוב ישנה את האלבדו וכך. במודלים ניסויים נמצא כי כיפות הקרח לא יגדלו כאשר האלבדו הקוטבי נמוך מ-0.5.

לא רק האקסצנטריות של המסלול גדולה אלא גם השינויים באקסצנטריות המסלול של מאדים גדולים יותר מבכדה"א: שינוי של עד 0.13 במאדים לעומת מקסימום שינוי של 0.05 בכדה"א, דבר שמשנה את עצמת החשיפה לשמש. באקסצנטריות הנוכחית מאדים מגיע למרחק הקרוב ביותר לכדה"א כל 15-17 שנה. השינויים באקסצנטריות המסלול יכולים לגרום לשינויים של עד 30° C בין הפריהליון והאפהליון (המרחק הקרוב לשמש והמרחק הרחוק מהשמש, בהתאמה).

סביר להניח כי בעבר היה המאדים הרבה יותר חם מאשר היום, עם תפרוסת גלובלית של מים נוזליים במהלך תקופת ה-Noachian וה-Hesperian, אך התקררות הדרגתית נבעה מבריחת גזים לחלל. יתכן וכתוצאה מההתקררות כוסו פני השטח בקרח  $H_2O$ , האלבדו גדל וההתקררות המשיכה, עד אשר  $CO_2$  התעבה. בתנאי אקלים קרים כיסוי הקרח הגלובלי ייסוג בהדרגה לכיוון הקטבים בעקבות משבי אוויר שיסיעו עמן אדי מים לאזורים הקרים. ככל שכיסוי הקרח נסוג פני השטח נחשפו בשנית להשמעת רוחות ואבק החל לעלות לאטמוספירה. אבק זה נע עם הרוחות גם כן לאזורי הקטבים והושקע שם ובכך הופחת האלבדו של הקטבים. אם האלבדו פחת במידה מספקת  $CO_2$  היה מתאדה שוב לאטמוספירה וגורם שוב להתחממות. רמת ההתחממות תלויה בכמות ה- $CO_2$  במערכת האטמוספירה-קטבים, שפחתה לאורך ההיסטוריה המאדימית כתוצאה מבריחת גזים לחלל. שינויים אלה גרמו כנראה להופעתן של שכבות כהות ובהירות לסירוגין בקטבים (בדומה ל"יוררות" בכדה"א שנובעת משינויים בקצבי השקעה).

## תצפית החודש בעזוז

מאת: נדב רוטנברג

כשהטלסקופים הורכבו והכל היה מוכן התחלנו לצפות, שבתאי נתן הופעה יפה מאוד, אין אחד שלא אהב לצפות שוב ושוב בשבתאי, אין מה להגיד, הוא הוכתר כחביב הקהל!  
לאחר מכן, צפינו על אובייקטים רבים, צבירים m37, m36, m35, m2 ועוד, ערפילית אוריון נראתה במלוא הדרה, כמו תמיד, m1, ועוד הרבה.  
אני חייב להגיד שבתצפית הזו לא הייתי 100% מחוזמן בתצפיות. היו כמה דברים (ואנשים ממין מסויים) הרבה הרבה יותר חשובים... ככה שבקשר לרשימת אובייקטים אני ממש לא האדם לשאול.  
צדק כבר עלה, ראינו את איו יוצא מצידו השני של צדק, ואת שאר שלושת הירחים הגדולים שלו, העגלה הגדולה ואריה כבר גבוהים מספיק ואנחנו התחלנו בסיבוב גלקסיות m81, m51 m82, ועוד הרבה.

באמצע הלילה, קיבלתי שיחה לפלאפון שלי, שדי הופתעתי לקבל. סיוון התקשרה מארצות הברית! היא מסרה לכווולוכס ד"ש חם, ומסרה שהיא חוזרת ביום שני... יש למה לחכות.

במהלך התצפית גם בחנו את המצלמה החדשה של Meade Lunar Planet Imager, ה Meade, או בקיצור LPI - דו"ח על המצלמה יפורסם בקרוב.

בהזדמנות זו, רציתי להודות לכולכם על התצפית הנהדרת, נהנתי מאוד, במיוחד מכמה דברים מיוחדים.

נראה בתצפית הבאה ☺  
forums.astronomy.org.il

בצחרי היום הגעתי למצפה הכוכבים בגבעתיים, היום אנו יוצאים לתצפית בעוז קרוב לגבול מצרים. מזג האוויר נראה מבטיח מאוד.  
כמו תמיד, הפעלתי את המחשב, וניגנתי את השיר החביב עלי (כמובן שלא הייתי סלחני על הווליום). התחלתי להתכוון. יש הרבה דברים להכין והרבה ציוד לקחת מהמצפה, ועד שעה שלוש עסקתי רק בהכנות לקראת התצפית. בשלוש הגיעו כל החברים, ועזרו להעמיס את הציוד על האוטובוס.  
עשרים דקות, בהם הרבה הרבה עצבים עברו וכל הציוד נכנס לתא המטען, יחד עם טלסקופ גדול (אולי גדול מידי, אם יש כזה דבר) שנקשר באופן הדוק למדי לתא המטען: טלסקופ ה-16 אינצי של המצפה בכבודו ובעצמו. מאוחר יותר גילינו שהוא היה שווה את כל המאמץ.

נסענו עם האוטובוס לנקודת המפגש ברכבת צפון, ת"א. כולם עלו על האוטובוס שהיה כמעט מלא ויצאנו לדרך. מצפה הכוכבים בעוז נמצא במרחק של שעתיים וחצי נסיעה, אותם העבירו רוב החברים בשינה, בסיפורי סבתא, ובכלל זה דיונים בנושאים שונים ומגוונים (מגבינות מעופשות ועד נושאי חיזורים)

לאחר שעתיים וחצי עברו להם נחת... הגענו למקום... כולם ירדו מהאוטובוס, התחילו להרכיב את הציוד.  
נועם וויסמן, בעל מצפה עוזו פתח את הגג, הפעיל את הטלסקופ ואת הרדיאטור שלו... אני חייב לציין שבחלקים מסויימים של הלילה אנשים היו דבוקים אליו, מכשיר חובה בכל תצפית!!! תוסיפו לרשימה.

יגאל פתח בהסבר שמייים על קבוצות הסתיו, הרצאה פשוט מאלפת שאסור להפסיד! בעזרת הפנס הכיר לכולנו את השמיים, את קבוצות הכוכבים ואת הקשרים ביניהם.

## ליקוי חמה מלא בדרום אפריקה – 4.12.03

מאת: עופר אור

למעשה, ליקוי החמה נהפך להפנינג לאומי, כשאלפי צופים עומדים ברחובות החומים כשחם צופים בליקוי מבעד משקפיים מיוחדים שחולקו חינם עם עיתוני הבוקר.  
הליקוי החל בבוקר בשעה 0715 ונמשך כשעתיים. באזור הקרוגר פארק, החשיכה נמשכה 68 שניות.  
למחרת הליקוי דיווחו כותרות העיתונים בדרום אפריקה על "חתונת השמש עם בחיר ליבה הירח".

בחודש דצמבר האחרון, בעת ביקור בדרום אפריקה, חוויתי חוויה נדירה.  
ב 4 באותו חודש זכיתי לראות את השמש בעת ליקוי כמעט מלא. אמנם מהמקום בו צפיתי, ביוהנסבורג, היה הליקוי "רק" של כ-90%, אבל החוויה - הייתה מושלמת. באזור הפארק הלאומי ע"ש קרוגר במזרח המדינה (השווה בשטחו לשטחה של מדינת ישראל), נראה ליקוי חמה מלא, והיות והתקופה הייתה תקופת קיץ, לא ניתן היה לחשיג מקום במלונות האזור.

## הפלישה למאדים

מאת : טל ענבר

קיימת מחלוקת בנוגע לתוצאות הניסויים שבוצעו על ידי חלליות "ויקינג", והוכחו על סוגיית החיים על המאדים עדיין לוחט.

לאחר משימות "ויקינג", לא נחתה חללית אמריקנית על מאדים עד שנת 1997, עת נחתה החללית **MARS PATHFINDER** על פני השטח, ושחררה רובוט לסוירים ממונעים באזור הנחתה.

ככלל, ניתן לחלק את מחקר מאדים באמצעות חלליות לשני סוגי משימות עיקריים:

- משימות של חלליות המקיפות את מאדים;
- משימות של חלליות הנחתות על פני השטח של מאדים.

לכל אחד מסוגי המשימות ייתוד משלו, והמדענים מנסים לשלב בין מגוון המשימות לבין אילוצי תקציב, וסדר קדימויות למחקר של מאדים. משימה הנמצאת במסלול הקפה סביב מאדים מסוגלת לצלם את שטחי מאדים בחזות רבה, לחקור את סוג האוויר ולאפשר תקשורת עם חלליות הנמצאות על פני השטח – כעין לוויין תקשורת של מאדים.

משימות הנחתות על פני מאדים מאפשרות מגע עם הקרקע, ניתוח גיאולוגי ומחקר ביולוגי של מאדים, וכמו כן מאפשרות תצלומי תקריב מפורטים במיוחד של פני הקרקע. בעתיד, משימות כאלה יוכלו להחזיר אל כדור הארץ דגימות מקרקע מאדים.

החללית **MARS PATHFINDER** (1997) הסבה לאחת החלליות המפורסמות בהיסטוריה, לאור הייחוד שבה – הנחתת רובוט סויר על מאדים, וכן, לראשונה, יכול היה הציבור הרחב לעקוב אחר המשימה באמצעות האינטרנט. חללית זו, כשמה, פרצה דרכים חדשות בבנייה של חלליות מחקר קטנות וזולות (יחסית...), החל מנחיתה באמצעות כריות אוויר, דרך שימוש ברכיבים אלקטרוניים שונים מן המדף, ללא צורך בפיתוח יקר ומסורבל, ועד לחידוש בתחום יחסי הציבור – העברת התמונות ממאדים למחשב האישי בשידור (כמעט) חי.

תקלות ליוו את שתי המשימות של שנת 1999 – ותוצאתן הייתה קשה למחקר של מאדים – שתי המשימות נחשבות אבודות. החלליות הללו התרסקו על מאדים בגלל רצף תקלות – שחלקן לא ידוע עד היום. הן הצטרפו לחללית האמריקנית של שנת 1992 – **MARS OBSERVER** – חללית שעלתה למעלה ממיליארד דולר, ושחשד עמה אבד ימים ספורים לפני הגיעה למאדים.

מאדים, שכנו הקרוב של כדור הארץ סיקרן את בני האדם מאז ראוהו לראשונה. בעידן התצפיות הטלסקופיות התווספה לסקרנות הישנה תקווה חדשה לגילוי חיים על פניו. עם תחילתו של עידן חקר החלל באמצעות חלליות מחקר, פקדו את מאדים עשרות רבות של חלליות – אולם רק חלק קטן מהחלליות שנשלחו אכן הגיעו ליעדן והשלימו את משימתיהן המדעיות.

בעשור האחרון של המאה העשרים, התקבלה בסוכנות החלל האמריקנית NASA החלטה עקרונית, ולפיה ישוגרו כל שנתיים צמד חלליות מחקר אל עבר מאדים. מדי שנתיים, מצויים מסלוליהם של כדור הארץ ומאדים במערך מתאים לשיגור חללית שתגיע ליעדה בזמן קצר יחסית – כשישה חודשים – תוך חיסכון ניכר בדלק לתמרון החללית. עובדה זו מאפשרת שימוש בטילי שיגור בינוניים, ולא בטילים גדולים, חזקים ויקרים המצויים כיום בשימוש.

במאמר זה אסקור בקצרה את המשימות המתקיימות כעת בקשר למחקר מאדים, וכמו כן אציג בקצרה את המשימות העתידיות המתוכננות לשגור הקרוב. בסוף המאמר מצויים אתרי אינטרנט של המשימות השונות הנידונות כאן – מומלץ מאוד להיכנס לאתרים אלה, על מנת להרחיב את היריעה בנושא, ועל מנת ליהנות משפע אדיר של תמונות ממאדים, ומידע טכני רב שבמאמר זה קצרה היריעה מלתת אותו.

צמדי החלליות ששוגרו בהפרישי זמן של שנתיים במסגרת חוזה של ראש נאס"א הקודם, דן גולדין, היו:

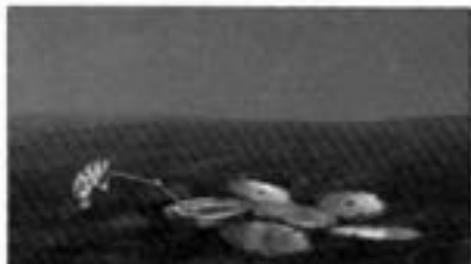
- 1997: החללית **MARS GLOBE SURVEYOR** (שיגרה בנובמבר 1996) והחללית **MARS PATHFINDER**
- 1999: החללית **MARS POLAR LANDER** והחללית **MARS CLIMATE ORBITER** (שתיהן אבדו בשל תקלות)
- 2001: החללית **MARS ODYSSEY**
- 2003: שתי החלליות **SPIRIT** ו **OPORTUNITY** (של ארה"ב) והחללית **MARS EXPRESS** (של סוכנות החלל האירופית ESA)

מחקר מאדים באמצעות חלליות-מחקר החל בשנות הששים, עם שיגורן של חלליות רוסיות ואמריקניות שחלמו לידו, ומאוחר יותר החלו לחוג סביבו במסלול קבוע לאורך זמן. החלליות האמריקניות **VIKING** היו הראשונות שהצליחו לנחות על מאדים נחיתה רכה – בשנת 1976. מטרתן הייתה לברר האם קיימים על פני השטח של מאדים מיקרואורגניזמים שונים. עד היום,

שרידי חיים מתחת לשכבות של סלע וקרח;

- **משימות החזרת דגימות קרקע** – שילוב של נחיתה קרקעית, רובוט סיור וחללית שיבה – יביאו לראשונה בהיסטוריה דגימות מקרקע מאדים לבחינה מדוקדקת בכדור הארץ.

שנת 2003 כוללת את הצי הגדול ביותר עד כה של חלליות מחקר למאדים. אולם, זה אינו אלא



איור המציג את חללית הנחיתה על מאדים "בינגל 2"

שלב בתהליך מחקר ארוך טווח של הפלנטה האדומה והמסקרת. כבר כיום עובדים המדענים והמהנדסים על הדורות הבאים של חלליות מחקר, רובוטים חדישים, טכנולוגיות מרצות דרך ואמצעי שיגור – על מנת לשלוח עוד ועוד חלליות אל שכנו – ועל מנת להשיב על השאלות הרות הגדול בדבר קיום חיים על מאדים בעבר, או אפילו – בהווה.

על מנת להרחיב את ההבנה בנושאי מחקר מאדים, מומלץ מאוד להיכנס לאתרי האינטרנט הבאים:

אתר החללית MARS GLOBAL SURVEYOR

<http://mars.jpl.nasa.gov/mgs/>

אתרי החללית MARS EXPRESS

<http://mars.jpl.nasa.gov/express/>

<http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=9>

אתר החללית MARS ODYSSEY

<http://mars.jpl.nasa.gov/odyssey/index.htm>

אתר החלליות הרובוטיות למאדים SPIRIT ו- OPPORTUNITY

<http://mars.jpl.nasa.gov/mer/>

אתר המוקדש לכל החלליות האמריקניות שטסו – ויטסו למאדים:

<http://mars.jpl.nasa.gov/missions/>

שנת 2001 הייתה מוצלחת יותר בחקר מאדים, והחללית MARS ODYSSEY שוגרה בהצלחה באפריל 2001, והגיעה למאדים באוקטובר 2001. זוהי חללית מחקר המקיפה את מאדים מאז ועד היום, ותפקידה העיקרי הוא מחקר מקיף של הגיאולוגיה במאדים, הבנת מזג האוויר שלו (חלק מהניסויים בחללית היו חזרה על הניסויים של החללית שאבדה MARS CLIMATE ORBITER), ואיתור מקומות לחים על מאדים – חיפש מים על פני השטח או מעט מתחתיו. החללית תשמש כתחנת ממסר לחלליות האמריקניות ששוגרו כבר למאדים ב-2003, וכן לחלליות בינאיות שיגיעו למאדים במהלך 2004.

גם אירופה אינה מדירה את חלליותיה ממאדים. החללית האירופית MARS EXPRESS שוגרה לעבר מאדים ביוני 2003, והגיעה ליעדה בדצמבר השנה. בחללית זו כלולה גם חללית נחיתה בשם BEAGLE, כשמה של ספינתו של החוקר הנודע צ'ארלס דארווין. חללית נחיתה זו, טועה למחקרים ביולוגיים של אדמת מאדים, ואולי ממנה תבוא הבשורה על קיום חיים מחוץ לכדור הארץ...

חלק מהקוראים ודאי זוכר כי לפני שנה ויותר, ניתן היה לשלוח לאס"א את שמכם, ולקוות כי יום יבוא ושמכם יטוס – יחד עם שמות מכל העולם – על חללית למאדים. היום הנה מתקרב והולך! שתי החלליות הוהות SPIRIT ו- OPPORTUNITY יגיעו בינואר 2004 אל מאדים יחד עם כל השמות. חלליות אלה ינחתו על מאדים, וכל אחת מהן מצוידת ברובוט משובלל היכול למעול במשך חודשים על פני השטח של מאדים. רובוטים אלה יסיירו למרחק של מספר קילומטרים ממקום נחיתתם, ויעסקו בצילום, מדידות מטאורולוגיות ומחקר גיאולוגי מעמיק ויסודי של פני מאדים.

המשימות העתידיות המתוכננות למאדים הן עדיין לא מאוישות – וכוללות ארבעה סוגים:

- **מחקר באמצעות בלונים** – בלונים מרחים שיזחררו באטמוספירה מאדים ויספקו מידע הן על הרוחות, הן על הרכב האטמוספירה והן על הרכב הקרקע במקומות שונים בהם ינחתו הבלונים ותאי המכשירים המחוברים אליהם;
- **מחקר באמצעות כלי טיס** – מטוסים ללא טייס באטמוספירה הדלילה של מאדים יאפשרו תצלומי תקריב מעולים של שטחים שונים בהם גילו החוקרים סימונים מעניינים המצריכים מחקר נוסף – ובאיכות גבוהה מזו המושגת מגובה מסלול סביב מאדים;
- **מחקר תת קרקעי** – חלליות אשר יקדחו אל מתחת לפני הקרקע של מאדים, על מנת לבחון האם קיימים

## חיפוש חיים במאדים

מאת: אלברט כליפא

חיל האויר האמריקאי ליעד בלתי ידוע. במשך עשרות שנים נעשה אמריקה, ובעקבותיה העולם כולו, מרוב פירסומים על צלחות מעופפות מתוך אמונה בקיום חייוורים המבקרים אותנו לעתים תכופות.

שיא הפסיכוזה ההמונית הזאת היה בתחילת שנות החמישים כששחקן הקולנוע אורסון ווילס שידר הצגה בשידור רדיו חי כאילו חייוורים ממאדים נחתו בארה"ב במטרה לכבוש את העולם. השידור היה כל כך משכנע שעשרות אלפי אמריקאים ברחו לרחובות לחפש מקלט מפני הפלישה ממאדים המתקיימת 'ברגעים אלה'. המקרה הזה מוכיח שמאדים הוחזק בתור המקום הכי מקובל בדעת הקהל של אז להימצאות חיים מפותחים אחרים מחוץ לכדור הארץ. הרבה מאוד ספרים, מחקרים ומדע בדיוני פורסמו מאז וקבעו את מאדים בתור הפלנטה עם אפשרות חיים מפותחים.

### תקופת המימצא הדו משמעי

מאתיים שנה למצמאות ארה"ב, ב 4 ביולי 1976, נחתו שתי חלליות אמריקאיות על המאדים, וויקינג 1,2.

הן ערכו ארבע בדיקות שוטות לגילוי מיקרואורגניזמים חיים בתוך הקרקע של מאדים. הבדיקות האלה כללו:

1- גילוי מולקולות אורגניות: קרינה מוחזרת מקרקע מאדים הועברה דרך כרומוגרף וספקרומטר שהיו בחללית לגילוי נוכחות מולקולות אורגניות כהוכחה להימצאות אורגניזם חי בקרקע.

2- חילוף חומרים: חומן קרקע ממאדים הוכנס לתא סגור, שורבב עם אבני בניין רדיואקטיביים הנחוצים לבניית מולקולות אורגניות, ובמשך כשבוע ימים נבדק האם נפלט גז רדיואקטיבי כמו CO<sub>2</sub> מחומן הקרקע.

3- מטוסניתות: חומן קרקע הוכנס לתא סגור, לתוך התא הוזרם גז CO<sub>2</sub> רדיואקטיבי, ולאחר כשבוע נבדק האם חלק מהגז הוטמע באורגניזם חי שאולי נמצא בקרקע, לבניית חומר אורגני חדש.

4- חילוף גזים: חומן קרקע הוכנס לתא סגור, לתוכו הוכנסה תערובת גזים מדוייקת שחכילה גם CO<sub>2</sub> בכמות מדוייקת. לאחר כשבוע נבדק האם חל שינוי בכמות ה CO<sub>2</sub>, שינוי היכול להגרם מפעילות של מיקרואורגניזם חי.

כל הבדיקות הני"ל נתנו תוצאות דו משמעיות, בקרקע המאדים לא נתגלתה באופן חד משמעי נוכחות של אורגניזם חי. תוצאות הבדיקות הני"ל הן עדיין נושא לויכוח.

### תקופת הספקולציה המפתיעה

לאחר שתוצאות הבדיקות של ויקינג לא היו חד משמעיות, יצאה טא"א ב 1996 בהכרזה מרעישת על מציאת עקבות של חיים שהגישו ממאדים. היא הציגה מטאוריט בגודל של כ 10 ס"מ בשם ALH84001, זה היה המטאוריט

מאז ומתמיד נחשב מאדים כתאום של כדור הארץ, גודלו בערך חצי מגודל כדור הארץ והוא קצת יותר רחוק מהשמש, אורך יומו 24 שעות וזווית נטיית ציר הסיבוב שלו זהה לזווית שלנו, כך שיש גם לו עונות שנה כמו אצלנו. אורך שנתו קצת פחות מכפול מאורך השנה שלנו, וגם צפיפות והרכב הסלעים שלו דומים מאוד לשלנו. (ראה טבלא 'מאדים במערכת השמש' בסוף גליון זה).

אם התפתחו חיים על כדור הארץ, היה מאוד סביר שיתפתחו גם על המאדים. אלא שישנם שני תנאים חשובים לקיום חיים החסרים על המאדים: הוא היום כמעט ללא אטמוספירה וכמעט ללא מים.

ישנם סימנים רבים לכך שפעם זרמו על פניו מים רבים עם אטמוספירה סמיכה וטמפרטורה חמה, אך משום מה האטמוספירה התנדללה, הטמפרטורה ירדה והמים התאדו או ירדו מתחת לפני השטח, וחלקם נמצאים היום בקטבים.

ולכן, מחוסר מז"ל ( פים זורמים לעולם ), תרתי משמע, אין עליו היום חיים מפותחים, אך לעומת זאת יתכן שיש עליו היום אורגניזמים של חיים פשוטים ( תאומי ארץ - כליפא אלברט - אסטרונומיה כרך 28 גליון 3 ).

בקשר למאמץ לחיפושי צורות חיים כל שהם על המאדים אפשר לאבחן ארבע תקופות ב 120 השנים האחרונות עם איפיונים שונים לחיפושי חיים.

### תקופת ההשערה הראשונית

האסטרונום האיטלקי ממילאנו גובאני סקיפרלי פירסם ב 1877 תרשים של מאדים עם קווים סזורים וטען שהוא הבחין בקווים אלה על פני המאדים בעזרת טלסקופ וקרא להם באיטלקית "ערוצים". היום ידוע שאלה הם ערוצי ניקוז של מים שכנראה זרמו פעם על המאדים. "הערוצים" האלה תורגמו אחר כך לאנגלית בטעות כ "תעלות", ומכאן צמחה ההשערה שאלה הם תעלות מים שנחפרו ע"י ייצורים מפותחים שחיו על המאדים במטרה להעביר מים מחקטבים לאזורי קו המשווה הצחיחים לצורכי השקיה.

הגדיל לעשות האסטרונום האמריקאי "לוואלי" מארוזונה, שהיה בן תקופתו של סקיפרלי, שחאמין בקיום חיים מפותחים מאוד על המאדים. הוא ניסה, בתחילת המאה העשרים, לשכנע את הקהילה המדעית ואת הציבור הרחב באמיתות ההשערה בדבר קיום חיים על המאדים.

אמונה זו באה לידי ביטוי גם בדעת הקהל וגם בתקשורת ביחוד בתקופה של העב"מים.

עידן העב"מים התחיל כידוע בשנת 1947 בארה"ב עם הפירסום על הצלחת המשפפת שהתרסקה כביכול בעירה "רוזוול", על פי הסיפור בהתרסקות נמצאו גופות של חייוורים שהיו בהן, הן הועברו לטיפול ונלקחו כביכול ע"י

גם לאמריקאים היו לא מעט כשלונות, והצורב מכולם היה בשנת 1994 עם החללית המשוכללת "צופה מאדים" שעלתה חצי מיליארד דולר. החללית הגיעה עד מאדים, אך השידור שלה נדם בעת הפעלת המנוע שצריך היה להכניס אותה למסלול סביב מאדים, ולא ידוע מה עלה בגורלה עד היום.

הצלחה גדולה נחלו האמריקאים עם שילוח מפלסת מאדים בשנת 1997 עם רכב סיור אוטומטי באורך 63 ס"מ שנסע על מערכת של 6 גלגלים, פעל בחללחה מספר חודשים עד שקפא. הוא בדק טמפרטורה, רוחות, הרכב אטמוספירה וסלעים.

שנתיים אחר כך נשלחה החללית אודיסאה, ובסוף דצמבר 2003 יגיעו לשם שתי חלליות אמריקאיות ספיריט ואופרטוניטי עם רכב סיור משוכלל וחללית אירופאית עם רכב סיור בשם "בייגל" בעיקר לבדיקת הימצאות מים או גילוי עקבות חיים שאולי התפתחו שם.

### התוכניות לעתיד

קיימות היום תוכניות לחקר מאדים ע"י שילוח חלליות לא מאוישות, בתוך חלון זמן הנפתח כל

הראשון שנמצא בשנת 1984 בקוטב הדרומי באיזור 'אול הילס'. הוא נפל שם לפני 13 אלף שנים, לאחר שהועף ממאדים לפני 16 מיליון שנה ע"י פגיעת אסטרואיד. לפי הגוים הכלואים בתוך האסטרואיד נקבע באופן ברור שהוא הגיע ממאדים. נאס"א הצהירה שחקר המטאוריט הזה מעלה אפשרות של התפתחות מיקרואורגניזמים חיים במאדים בעבר הרחוק, היות ובתוך המטאוריט נמצאו שלושה מימצאים מפתיעים:

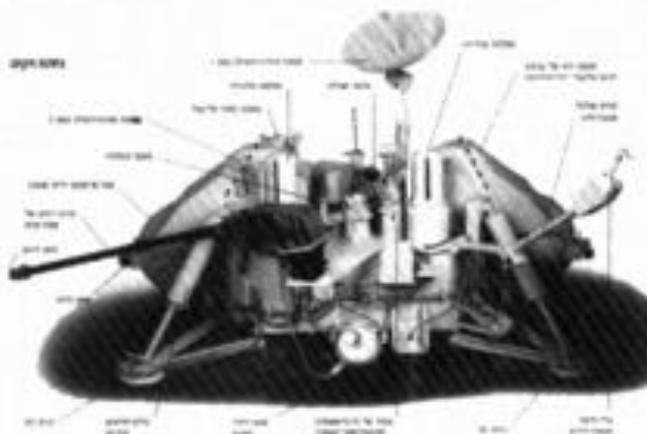
א. ברזל גבישי שיכול להיווצר גם ע"י אורגניזם חי.

ב. קרבונטים שהם תוצר של תאים חיים.

ג. דגמים בתוך המטאוריט הנראים כמו מאובנים של חיידקים או ייצורים זעירים.

כל אחד מהממצאים האלה לתוד אין בו הוכחה להתפתחות חיים. אך שלושתם יחד בתוך מטאוריט אחד מעלה אפשרות סבירה של התפתחות תאים חיים על המאדים בעבר.

המתנגדים להצהרה הזאת טוענים שנאס"א יצאה בהצהרה הנ"ל מתוך צורך ליצירת דעת קהל להגדלת חסיוע הכספי המדרלי המקוצץ לתוכניות.



החללית ויקינג עם זרוע חפירה (שמאל)

שנתיים, כשמאדים ימצא הכי קרוב אלינו. אך אין היום בטאס"א תכנית מבצעית לשילוח אדם למאדים מחוסר תקציבים. גם אם יקבלו תקציבים ותתקבל החלטה חיובית בעשור הזה, השילוח לא יוכל לתבצע לפני אמצע שנות העשרים, קרי שנת 2025, אומנם הסינים הצהירו על רצונם לשלוח אדם למאדים, אך אין להם היום לא הטכנולוגיה ולא המשאבים הדרושים לכך, ונראה שהשילוח המאוויש למאדים יתבצע תוך מאמץ בינלאומי משותף כהמשך לתחנת החלל הבינלאומית "אלפא".

### תקופת המחקר האינטנסיבי

בעשור האחרון הושקע מאמץ מיוחד בחקר מאדים ובעיקר בחיפוש מים וחיים על פניו. אומנם עיקר המאמץ נעשה ע"י האמריקאים מסיבות תקציב, אך הרוסים היו הראשונים שהגישו למאדים עוד בשנת 1962 עם החללית מרס-1 שהתרסקה עליו. נסיון רציני ואחרון של הרוסים נכשל בשנת 1996 עת ניסו לשלוח את מרס-96 למאדים במטרה לתקוע יתד בקרקע מאדים לעומק מטר אחד, משם להעלות דוגמיות קרקע לבדיקה, אך בזמן השיגור לא פעל השלב האחרון של מנוע החללית, והיא נפלה בבוליביה.

## מהסרה למאדים

עדויות למים שהיו ואינם?

מאת: מזר חיים

והקלהרי בדרום אפריקה. אם זה מה שהתרחש סביר להניח שבעבר הגיאולוגי גם הם היו אזורים פוריים. כדאי על כן לבצע מחקרים השוואתיים בין כלל המדבריות על כדור הארץ כדי לבדוק תהליכים פליאוקלימטולוגיים. יכול להיות שחקר תהליכים אלה ישפכו ולו מעט אור על מה שהתרחש בעבר גם על המאדים.

עדויות למים זורמים על המאדים

את העדויות לקיומם של מים זורמים על המאדים בעבר אפשר לחלק ל-5 סוגים שונים והם:

**1 - תצורת נהרות:** זאת תצורה שמוצאים רבות כמותה על פני מאדים. למשל Nanedi Vallis. הנמצא באזור שבין  $47^{\circ}51' W$   $09^{\circ} N$ . תצורה זו יורדת מגובה 4 ק"מ לגובה של 3 ק"מ. אורכה מאות קילומטרים ובדפנותיה אפשר להבחין בשכבות ברוחב של 1.6 ק"מ כל אחת. בתחתית התצורה נמצא ערוץ צר ללא סימני בלייה מה שמעיד כי נוצר לאחרונה (Hartman V.K.1998:23-24). החתך הסטרטיגרפי של התצורה מראה את הגיל היחסי של כל שכבה ושכבה. באם אכן מדובר בנהר אפשר להניח שהיבנות הנהר החלה לאחר היבנותה של השכבה העליונה. המים החלו לחזור בסלע ממקור הנביעה שלהם ובתהליך ארוך מאוד שנמשך אלפי שנים בנו את התצורה והתוו את צורתה כפי שהיא מוכרת כיום. עם המידבור של הכוכב גובה פני המים המים שזרמה בתוך תצורת הנהר ירדה אט אט עד להתייבשותו. לקראת סיומו של תהליך זה או קצת לאחר מכן הנהר חידש את פעולתו, אלא שבשל נפח מים מצומצם יותר, הזרימה היתה רק בקרקעית הנהר תוך כדי חתירה בסלע ויצירת הקניון הצר שרואים היום.

**2 - ערוצי זרימה בדפנות עמקים ובמכתשים -** תצורות דמויות ערוצים מוצאים בדפנות של עמקים ומכתשים, תופעה שמוכרת על כדור הארץ בשם Gully. מקורם של ערוצים אלה הוא בחריצי שטיפה שמטבעם הם קצרים ושטוחים המשמשים כמערכת ניקוז למים שנמצאים בסביבה. הזרימה איננה קבועה. היא פועלת על בסיס מזדמן לאחר רדת הגשמים או הפשרת שלגים. סחיפה זו בשל עוצמתה ופעילותה על רצף של זמן, הגם שהיא מקוטעת, מאריכה ומרחיבה את הערוצים והופכת אותם לרחבים ל-Gullies. מים אלה נשפכים בסוף לתוך ערוקי הניקוז שהם הנהרות.

לכל ערוץ כזה 3 חלקים והם: מקום הנביעה של המים - Alcove (הנמצא קצת מתחת לקו הרכס של המכתש או העמק), קו הזרימה, ותחתית הערוץ - Apron.

להסברת התופעה פותח מודל אשר על פיו המים הקשורים ליצירת הערוץ זורמים מאות מטרים מתחת לפני שטח לאורך שכבת סלע עד לדפנות

תצפיות שנעשו בחודש מרס 2000 באמצעות החללית Mars Global Surveyor הראו כי בחצי הכדור הצפוני באזור המישורים הגדולים נמצאו מתחת לקרקע תצורות של נהרות. מדובר ב-Chryse Valles, Vallies Marineris ו-Kasei Valles.

כל אחד מהם הוא ברוחב 200 ק"מ ובאורך 1600 ק"מ. אם תצורות אלה אכן היו נהרות, קל לדמיון שזרמו בהם כמויות אדירות של מים. על מנת להמחיש את מימדיהם של נהרות בסדרי גודל אלה נתאר לעצמנו כי אנו עומדים באחת מגדותיו של נהר כזה. נהיה עדים לזרימה חזקה של מים אולי גם מערבולתית ובמבט קדימה לצידו השני לא נוכל לראות את הגדה השנייה מאחר והיא נמצאת הרחק מעבר לקו האופק. בהקשר זה יש לזכור כי בשל העובדה שהמאדים קטן יותר מכדור הארץ, קו האופק על פניו משתרע למרחק קטן יותר מאשר על כדור הארץ. שאלות המפתח לגבי המאדים הן להיכן נעלמו המים? מה היתה צפיפות האטמוספירה בעבר מכיון שזרימת מים בלחץ האטמוספרי הנוכחי איננה אפשרית? מה גרם להידלדלותה של האטמוספירה? מתי התרחש תהליך זה והאם הוא היה איטי או פתאומי?

תופעה דומה של נהרות שיבשו והתמלאו בחול ואבק נצפתה בסהרה באפריקה. קיומם של נהרות אלה התברר באמצעות לוויינים בדומה לתצורות שזוהו על המאדים. גילוי מסוג זה מעלה את האפשרות לתהליכי מדבור דומים בשני הכוכבים. ולכן קיימת אפשרות ולו חלקית להקיש מהתהליך שקרה בסהרה על תהליך מדבורו של המאדים.

### הסרה

הסרה הוא המדבר הגדול ביותר על כדור הארץ. הוא משתרע לרוחב כל צפון אפריקה החל באוקיינוס האטלנטי וכלה בים סוף. ממחקרים שנעשו בו התברר כי עד לפני אלפי שנים הוא היה אזור פורה, מיושב ומשופע בצמחיה ובעלי חיים. תוך מאות שנים בודדות חל שינוי באזור כולו שהפך אותו לאזור שומם, חם ולוחט שיש בו מעט צמחיה וישובים ספורים. אחד ההסברים לכך הוא שלפני הרבה יותר מ-6000 שנה נטייתו של כדור הארץ היתה גדולה יותר וכתוצאה מהקטנתה לזווית של 23.5 מעלות כיום קרה ש: " הקיץ בחצי הכדור הצפוני הלך והתקרר, המונסון האפריקני נחלש...הסהרה איבדה צמחיה רבה, שטחי קרקע נחשפים וכתוצאה מכך ירדה כמות המשקעים באופן חד והמידבור התפשט כמו אש...ותוך מאות שנים ספרות האדמה הלחה והקיררה הפכה לחול " (קונויג-2000: 34). כנראה שזוהו הסבר חלקי בלבד וקרוב לוודאי שהיו סיבות נוספות שהביאו למהפך אקלימי כה קיצוני באזור זה. יתכן מאוד שתהליכים דומים התרחשו באזורים אחרים שמוכרים כיום כמדבריות כמו מדבר גובי בסין

המכתש ופורצים החוצה במלוא עוצמתם. השטף של המים מתחיל למוטט את שכבת הסלע וזורם כלפי מטה תוך כדי הרחבת הפריצים למימדים של ערוצים. תהליך זה מטבעו אינו חד פעמי והוא יכול להמשך תקופות ממושכות עד שהערוצים מקבלים את המימדים שבהם אנו צופים. המים בזרימתם כלפי מטה סוחפים גם את שברי הסלעים שאותם פרצו בזרימתם החוצה מתוך הנביעה התת קרקעית וגם את שברי הסלעים הנלווים עם הרחבתם של חריצי השטיפה. מכלול זה של מים מגיע לתחתית הערץ, ל-Apron ומצטבר שם.

מה שמעניין מבחינת מיקומם הגיאוגרפי של ה-Gullies הוא שהם נמצאים בתחום קווי הרוחב  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . אזור שמטבע הדברים קר יותר מקו המשווה. חלק מהם נמצאים באזורים שטמפרטורת החורף שלהם היא בתחום טמפרטורת הקיפאון של  $CO_2$  (שהיא מינוס 40 מעלות גם זלציוס וגם פהרינהייט), ואף אחד מהם לא נמצא בשום אזור בו הטמפרטורה עולה על  $18^{\circ}C$  - אפילו באמצע הקיץ (להוציא מספר Gullies הממוקמים ב-Dao Valley), ורובם לא ממוקמים באזורים שעל פי כל הסימנים היו חמים יותר בשל פעילות געשית בעידנים גיאולוגיים בעבר. הממצאים מורים שסיכוי המים לזרום מפסגות המכתשים או העמקים לכיוון המורדות הקרים הפונים לעבר הקטבים גדולים פי 2.5 מאשר לכיוון המורדות הפונים לעבר קו המשווה. הועלתה סברה שאם מים זורמים בעומק של 100 מטר מתחת לפני השטח באזורים אלה, המגמה שלהם תהיה להתאדות במהירות באזורים החשופים החמים הפונים לעבר קו המשווה אבל בכיוון הפונה לעבר הקטבים הם יצרו פקק של קרח שבמקרים רבים ייסדק, יתפקע ויתפרק בשל הלחץ המצטבר של המים הזורמים בתוך הסלע. בנקודה זו המים יפרצו החוצה לאורך המדרון בו נמצא הערוץ לאורך מאות מטרים עד לקפיאתם או להתאדותם.

גם אם אפשרות זו היא אכן נכונה עדיין נשאלת השאלה איך יכולים מים לזרום בלחץ אטמוספרי כה נמוך (כמו 7 מיליבר). יתכן שהקרח על פני הקרקע מעורב בכמויות גדולות של מלח המסוגל להוריד את נקודת הקיפאון. מגנזיום כלוריד ( $MgCl_2$ ) יכול להוריד את נקודת הקיפאון ל- $33^{\circ}C$  - . קלציום כלוריד ( $CaCl_2$ ) יכול להוריד את הטמפרטורה ל- $53^{\circ}C$  - . שילוב שלהם יכול להוריד את נקודת הקיפאון ל- $63^{\circ}C$  - . טמפרטורה נמוכה דיה כדי לאפשר לקרח מלוח ממין זה להפשר בקיץ ב-Gullies הנמצאים בקווי הרוחב הצפוניים (ראה Moomaw web:2001).

**3 - מקווי מים גדולים** - מקווה מים גדול על פי הגדרה הוא ריכוז מים גדול באזור גיאוגרפי שעומקו בין עשרות מטרים למספר קילומטרים. על פני כדור הארץ אפשר להבחין בשלושה טיפוסים של מקווי מים: אנמים הנמצאים בתוך היבשת כמו ים המלח, הים הכספי וימת ויקטוריה, ימים כדוגמת הים התיכון התחום על ידי שלוש יבשות והים הקריבי הנמצא בין

ארה"ב ודרום אמריקה, ואוקיינוסים כדוגמת האוקיינוס האטלנטי והאוקיינוס השקט. על פני המאדים יש סימנים כי בעבר היו מקווי מים גדולים. חצי הכדור הצפוני הוא מישורי בעיקרו והיו מי שטענו שהיה שם בעבר אוקיינוס גדול וש אפשר גם לזוהת בו קווי חוף. אך צילומיה של החללית Mars Global Surveyor המתאפיינים ברזולוציות גבוהות ביותר הפריכו השערה זו. לא נמצאו סימנים טופוגרפיים שיעידו על קווי חוף. הועלתה אפשרות שהמים התפרסו על שטח רחב ב-Chryse Planitia ומשם זרמו לשקע ב-Acidilia Planitia ונספגו בשטח נקובי או התאדו. היקוות זו לא נמשכה לאורך זמן רב מכיוון שהמים התאדו ולא הצליחו ליצור קווי חוף (LaPage web:1999).

בצילומים הבחינו במערכת גדולה של עמקים עתיקים מכוסה בזרמי לבת, אפר ואבק שנישא על ידי רוחות. מערכת זו (בשמה המקוצר - NSV - Northwestern Slope Valleys) המשתפלת מערבה לעבר הר הגעש ניקס אולימפיה גדולה יותר מ-Kasei Valles. גדולה מוסבר בזרמי מים בהיקפים כה גדולים שנפחם הכולל היה גדול יותר מזרם המים של נהר האמזונס שבדרום אמריקה. אם אכן אלה היו פני הדברים הרי שבצפון הכוכב היו בעבר אוקיינוס אחד או יותר. המים השוצפים שהיו יורדים לעמקים ממערכת זו היו מספיקים למלא אגמים בנפח של 96 מיליון מ"ק מים. תוחלת הקיום של אגמים אלה היתה כחודשיים. ההתפרצויות הגעשיות של אזור תרסיס שהביאו לאותם פרצי מים הם שיצרו את האגמים שהשפיעו על אקלימו של הכוכב (Scientist find web:2001).

אחד העמקים הגדולים ביותר הוא adim Ma'Vallis הנמצא ברמות הגבוהות של הכוכב בחצי הכדור הדרומי אורכו יותר מ-800 ק"מ ועומקו 2.28 ק"מ. עמק זה הוביל מים מאגם באורך 2240 ק"מ למכתש Gusev. בעמק זה כן נמצאו קווי חוף (Evidence found web: 2002).

מה שמחזק את ההערכה כי בעבר התקיימו על המאדים גופי מים גדולים הוא נוכחותם של קווי זרימה על הקרקע באזורים אלה וכי אותם קניונים ועמקים כיוונים הוא מחמקמות הגבוהים למקומות הנמוכים.

**4 - קטבים** - מחקרים באמצעות שתי החלליות Mars Global Surveyor (1997) והאודיסיאה (2001) הפריכו את ההנחה כי כפת הקרח הדרומית עשויה בעיקרה מ- $CO_2$ . התברר כי שתי כפות הקרח עשויות בעיקר מקרח מים וכי רק השכבה העליונה שלהן היא  $CO_2$ . שכבה הקרח בקוטב הדרומי עבה במקצת מזו המקבילה לה בקוטב הצפוני. עובייה של השכבה הדרומית 8 מטר והיא לא נעלמת לגמרי בקיץ. מדידות שנעשו באמצעות חללית האודיסיאה הראו שהשכבות התחתיות בקטבים מתחממות בקיץ וכי הקטבים חמים מדי מכדי לאפשר

Surveyor ניתן להבחין במאות שכבות דקות וזרות שאפשר לומר בסבירות גבוהה שנוצרו על ידי זרמי מים וזאת בניגוד להערכת כמה נאולוגים. (Sedimentary rocks web:4.12.2000).

ד. קרחונים - על המאדים נמצאו מקבצים של אפיונים המעידים על פעילות קרחונים בעת האחרונה: סדקים הדומים לבקיעים שקרחונים יוצרים, סדקים במורוות שנוקזו על ידי רשת של יובלים, ושברי סלעים של Aprons שהושקעו במיליוני השנים האחרונות. מציאתם של קרחונים היא בעלת משמעות מרחיקת לכת מכיון שלכך דרושים גשמים. אם אכן היו גשמים הם היו צריכים לנוע באטמוספירה בצורת עננים ולהגיע לקרקע כשלג. קרחונים לא נוצרים במקום הקר ביותר אלא באזורים קרים ולחים ולחות איננה יכולה להתקיים במקומות קרים במיוחד. יש צורך במזג אוויר חם בכדי לאפשר התאדות של מים, יצירת עננים ותנועה שלהם על פי כיווני הרוחות. המסקנה המתבקשת היא שהמאדים היה בעברו חם יותר. עצם קיומם של קרחונים מעיד גם כי בעבר היו על הכוכב גם מים עומדים בצורת מקווי מים גדולים.

#### דין

על סמך הממצאים הנ"ל יש לדון בשני הנושאים העיקריים: המצאות מים ובריחת האטמוספירה המצאות מים - הצילומים הרבים של אפיקי זרימה מעידים כי בעבר זרמו על פני המאדים מים בכמויות אדירות בנהרות רחבי מימדים, עדויות חלקיות שנמצאו מראות כי היו גם גופי מים גדולים בסדרי גודל של ימים ואוקיינוסים, המסקנות המתבקשות מקיומם של קרחונים ונהרות מחייבות כי על פני הכוכב ירדו בעבר גם גשמים. מכל הממצאים האלה מצטיירת תמונה של עולם דומה לכדור הארץ עם פוטנציאל יותר מסביר לכך כי בעבר התפתחו אולי גם חיים שאולי נמצאים שם גם כיום.

מבחינת הפריסה הטופוגרפית של מקווי מים גדולים, העדויות לכך נמצאות במקומות רבים. מוצאים אותם במקומות נמוכים בחצי הכדור הצפוני שעומקם 5 ק"מ שבהם נמצא קרח מים, וגם במקומות גבוהים כמו ה-Ma'adim Valley שנמצא באזור ההררי בחצי הכדור הדרומי בגובה 4.5 ק"מ מעל פני השטח. מדובר בהפרש גבהים של 9.5 ק"מ. יש אמנם ויכוחים רבים באם היו או לא היו בחצי הכדור הצפוני אוקיינוסים בשל אי מציאותם של קווי חוף, אך ברור מעצם נוכחותם של קרחונים שגופי מים נוזליים היו שם בעבר במתכונת של נהרות עם עדויות עקיפות לירידת גשמים. מבחינת האטמוספירה המשמעות היא שצפיפות האטמוספירה היתה גבוהה יותר מאשר כיום וזאת בכדי לאפשר מים זורמים גם באזורים ההרריים הגבוהים של הכוכב.

מוצאם של נהרות הוא בדרך כלל משני מקורות: מנביעה תת קרקעית הפורצת החוצה וממשיכה בדרכה על פני השטח תוך שינוי המבנה הטופוגרפי, וגם ממי נגר עילי של מי גשמים. מהעדות העקיפה לגשמים (גם בקטבים) מתקבלת תמונה שבעבר גשמים על המאדים היו

קיומו של קרח CO<sub>2</sub>. מה שרואים בקוטב הדרומי הוא קרח CO<sub>2</sub> שאריתי. עובייה של שכבת קרח זו בקוטב הצפוני הוא 1 מטר בלבד והיא נעלמת בקיץ. על פי ממצאים אלה כמות ה-CO<sub>2</sub> בקטבים קטנה מכדי לווסת את הלחץ האטמוספרי מכיון שלחץ זה נשאר כמעט ללא שינוי (מזר:2001 : 11-13). ממצא זה סותר ממצאים של מרינר 9 שקרח ה-CO<sub>2</sub> בקטבים מצמצם את משקל האטמוספירה ב-25% (Thomas et al 2000:161). הגובה המקסימלי של קרח המים בקוטב הצפוני הוא 3 ק"מ וממוקם בתוך שקע שעומקו 5 ק"מ היוצר קו רצף עם ערוצי זרימה ריקים. אפשר להבחין כי הטופוגרפיה של קוטב זה הושפעה מסחיפה, מזרימה ומרוחות. נפח הקרח בקוטב הוא כמחצית מזו של גרנלנד. כיפת הקרח נחתכת על ידי קניונים ושקעים מפותלים, תופעה שלא נמצאה לה שום מקבילה בקטבים של כדור הארץ. מבנים אלה חותכים את כל האזורים העליונים של השקעים המושוכבים עד לעומק של 1 ק"מ. חלקם מגיעים ממשקעים עד בסמיכות לקרקע עצמה. בקרקעיתם של מבנים אלה מוצאים אבק שהוסע והושקע בהם על ידי רוחות. (Exposed (water web:12.12.02).

5- תוצרים של פעילות מים - בתצפיות הממושכות הובחנו תופעות גיאולוגיות שונות שהן תוצרים מובהקים של פעילות מים והם: א. מינרלים - במכתש בקוטר 300 ק"מ סמוך לקו המשווה הובחן ריכוז גבוה של המיטט (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). מינרל זה נמצא במדידות קודמות במקומות נוספים על פני השטח. ריכוזו כה גבוה אופייני למים חמים שיש בהם ברזל מומס ומקורם של המים החמים הוא פעילות גיאותרמלית. המיטט יכול להיווצר גם במאגרים גדלים של מים עומדים. מינרל בעל תפוצה גבוהה על המאדים הוא האוליבין-(Mg,Fe)<sub>2</sub>(SiO<sub>4</sub>). זהו מינרל שעובר בקלות בליה במים ומסביב לניקס אולימפיה הבחינו בכתמים כהים הנגרמים כנראה על ידי מי מלח הזורמים למטה. מינרל זה נצפה בבולות המכסות שטח גדול מפני המאדים. ב. בליה של מים - אזור עם סימנים המעידים כי עבר בליה של מים הוא החלק המערבי של Arabia Terra, אזור ששטחו הוא כמו זה של אירופה כולה. אזור זה נמוך ב-1 ק"מ מהסביבה שלו. הוא שונה במידה רבה מהאזורים הגבוהים שסביבו בכך שיש בו מספר מועט של מכתשים ועקבות מועטים של רשתות עמקים. שטחו הגדול של האזור ושרידיים מועטים של רשתות עמקים מעידים על כך שהוא עבר בליה גדולה של מים (Massive water web 2001: 185).

ג. סדימנטציה - הסדימנטציה נגרמת בעקבות רוח, מים, פעילות געשית ולפעמים גם פגיעות קוסמיות. הסדימנטציה השכיחה בתוך תצורות דמויות אגנים מקורה כנראה במים בפרט במה שאמור באגנים ובבקיעים בקרקע המוכרים בשם Chasms. המשקעים הועברו לתוך המכתשים כנראה באמצעות פרצי מים מהירים על בסיס מחזורי תוך כדי בניית שכבות סדימנטריות צרות ששקעו לקרקעית במרווחי זמן גדולים. בתצלומים שנעשו על ידי ה-Mars Global

תופעה שכיחה בהיקף גלובלי והאטמוספירה היתה רוויה יותר באדי מים. על כדור הארץ ידוע שעננים ובפרט עננים מורדי גשמים נוצרים מעל הימים והאוקיינוסים. יכול להיות שזה מה שהיה על פני המאדים באותה תקופה בה אזורים נרחבים היו מכוסים במקווי מים גדולים בעלי תוחלת קיום ארוכה. יש בכך כדי לרמוז לא רק על משטר הרוחות בעבר, אלא גם על הדינמיקה של תנועת העננים באטמוספירה ואולי גם על האזורים שהיו מועדים לכמויות גשמים גדולות. שאלה נוספת שיכולה להתעורר ביחס למקווי המים הגדולים היא ניאות ושפל. למאדים אין ירח גדול כדוגמת זה של כדור הארץ. שני הירחים שלו הם לא יותר מאשר גושי סלעים קטנים (עם קוטר של 12 ק"מ ו 26 ק"מ בלבד). גם צפיפותם נמוכה מאוד, ולכן השפעתם על מקווי המים מבחינת כוח המשיכה היא חסרת משמעות. גם השפעת כוח המשיכה של השמש על הכוכב קטנה יותר מההשפעה על כדור הארץ מכיון שהמאדים מרוחק יותר מהשמש. ולכן מבחינה זו קרוב לוודאי שלניאות ולשפל שעל המאדים אפיונים שונים מאלה הפועלים על כדור הארץ.

לגבי הנתרות הארוכים והרחבים סביר להניח שהם הובילו טענות גדולה יותר, אותה השקיעו במרד שלהם. ולכן יתכן מאוד שבקרקעיתו של מכתש Gusev תימצא טענות זו (ואת אפשר יהיה לבדוק הלכה למעשה באמצעות החללית שאמורה לנחות שם בקרוב). ההערכה המקובלת לגבי מכתש זה שהוא היה מלא במים, מעין ימה קטנה בקוטר 170 ק"מ. ניתן גם לבחון את השפעתה של בליית מים על פסגתו כתוצאה של עונות גשומות שבעקבותיהם הימה בתוך המכתש עולה על גדותיה והמים נשפכים מפסגת המכתש למורדותיו החיצוניים וגורמים לבליה.

#### בריחת האטמוספירה

כל הסימנים והחשערות שהועלו כאן מחזקים את ההערכה כי המאדים עבר שינוי אקלימי חריף ביותר. אחת הסיבות האפשריות לכך היא שינוי בזווית הנטייה של הכוכב בדומה למה שמעריכים שקרה לכדור הארץ ואשר בעקבותיו חל המדבור של אזור הסהרה. שאלת היסוד החשובה ביותר היא מה הביא להזדללותה של אטמוספירת הכוכב בצורה כה דרסטית. מצב בו אטמוספירה יכולה להעלם ובעצם להיזרק לחלל היא מהירות צרירית גבוהה ביותר. מצב זה לא יתכן לגבי המאדים. היממה שלו זהה לזו של כדור הארץ מה שאומר שמהירותו הצרירית קטנה יותר מזו של כדור הארץ. גם אם מהירותו היתה נמוכה יותר בעבר הרחוק ומסיבה כל שהיא היא הוצאה למהירות הנכחית, מהירות זו עדיין

תהיה נמוכה מכדי לחבא לזריקת האטמוספירה לחלל.

אפשרות שניה היא פגיעת מטאוריט גדול במיוחד שכתוצאה מפגיעתו משתחררת אנרגיה גבוהה מאוד המביאה לאיידה של האטמוספירה. מכתש שיכול להעיד על אפשרות כזו הוא מכתש Hellas. זהו מכתש בקוטר 2400 ק"מ ובעומק 6 ק"מ. רק מטאוריט בקוטר עשרות קילומטרים וצפיפות גבוהה יכול ליצור אפקט כה דרסטי לרבות שינוי בנטיית הכוכב. מכיון שלמאדים היו כנראה כמויות אדירות של מים (בפגיעה מסדר גודל כזה חלק מהם היו מתאדים ובורחים לחלל) ואטמוספירה מסויימת (גם אם היא היתה יותר דלילה) נראה שלמטאוריט שיצר את מכתש Hellas היתה השפעה קטנה על האטמוספירה ועל נפח המים הכולל שלה.

אפשרות שלישית היא שינוי בגיאומטריה של מסלול המאדים. כפי שראינו פני השטח של המאדים היו בעבר חמים יותר מאשר כיום. יתכן שהמאדים הקיף בעבר את השמש במסלול קרוב יותר לשמש ממסלולו הנוכחי והמתזויות האקלימית דמתה לזו של כדור הארץ. בשל אירוע אסטרונומי אדיר הוסט המאדים למסלול מרוחק יותר מהשמש שהפך אותו למדבר קר. שינוי זה היה מלווה גם בפעילות טקטונית והתרחשות ריאקציות כימיות רחבות היקף שהיתה להן איזו שהיא אינטראקציה עם האטמוספירה שהביאה לדילולה. זאת אמנם השערה ספוקלטיבית ביותר אך כדאי לבדוק את התכונות באם לא תימצא סיבה אחרת.

#### סיכום

המאדים כאחד מכוכבי הלכת המסקרנים ביותר זכה וזוכה לביקורים רבים של חלליות בלתי מאויישות, ורבות עוד תבקרנה אותו בעשור זה. העדויות ההולכות ומצטברות בדבר קיומם של מים בכמויות גדולות ביותר נותנות פתח להנחה יותר מאשר סבירה כי בעבר ואולי גם כיום יש עליו חיים. יחד עם זאת הוא כוכב חידתי במיוחד. המסקנות שהגענו אליהם בעקבות ממצאיהם של החלליות המקיפות אותו מרמזות כי לחוקרים צפויות עוד הפתעות רבות הן מבחינת הגיאולוגיה שלו והן באשר לנוכחות המים על פניו.

לממצאים אלה תהיה קרוב לוודאי השפעה משמעותית על הידע הפלנטרי בכללותו. לכך יש להוסיף השוואה לסהרה ולמדבריות ארציים אחרים יכולה לתת תובנות גיאולוגיות חדשות גם ביחס לכדור הארץ.

#### מקורות

- מזר ת. "רוחות בכוכבי לכת וירחים" אסטרונומיה כרך 27 גיליון 3 2001 עמ. 14-8 קוטיגר. "יגן העדן האבוד" גליליאו גיליון 40 מאי-יוני 2000 עמ. 36-31  
"Scientist find largest flood channels in the solar system" 3.8.2001  
"Study shows how water may have flowed on ancient Mars" 12.2.03  
Hartman W.K. "A dry riverbed on Mars" Astronomy 6/1998 p. 23-24  
LaPage A.J. "Oceanus Borealis: New facts for a myth" 1999 p.3

## מאה שנות טייס

סיפור טיסתם ההיסטורית של האחים רייט  
מאת: עפר אור

כשדה הניסויים שלהם, בגלל תנאי הדיייה הטובים השוררים במקום זה.

בשנת 1900 הטיסו האחים רייט דאון במשקל 50 פאונד ובעל מוטת כנפיים של 17 רגל, תוך שהם משכללים את כן הנחיתה ואמצעי ההיגוי והשליטה. שנה לאחר מכן הם הטיסו דאון גדול יותר, במשקל כ-100 פאונד ובעל מוטת כנפיים של 22 רגל, אלא שבהטסתו התגלו קשיים – לא היה לו עילוי מספיק, ומנגנון פיתול הכנפיים הביא לסחרור כלי הטיס. הם לא אמרו נואש, בדקו שוב ושוב את חישוביהם, והחליטו לבנות מנהרת רוח בכדי לבדוק איך משמיעים צורות ומבנים שונים של כנפיים על העילוי, הם ערכו חישובים לכירור הכוחות המופעלים על הכנפיים בעת טיסה. כך תכננו ועיצבו האחים דאון בעל מוטת כנפיים של 32 רגל והוסיפו לו זנב לייצוב.

במרוצת שנת 1902 הטיסו האחים רייט את הדאון מספר פעמים, וטכחו לדעת שהזנב בעל יכולת התנועה, תורם רבות לייצוב כלי הטיס. לאחר בדיקת כלי הטיס במנהרת הרוח, פנו האחים לבניית כלי טייס ממונע.

לאחר מחקר מעמיק אודות אופי פעולת המדחף, בנו האחים רייט כלי טייס חדש, שיוכל לשאת מנוע ושני מדחפים. משקלו של כלי הטייס הגיע ל-350 ק"ג הם קראו לו Flyer - מעופף, או טיסן. האחים רייט בנו מסלול עץ לשיגור כלי הטייס, והציבו אותו במורד גבעה, בכדי לסייע לו לאסוף מהירות.

האחים הטילו מטבע מי יזכה להטיס ראשון את כלי הטייס, ווילבור רייט זכה. וכך, ביום **17 בדצמבר 1903**, הטיס ווילבור רייט את כלי הטייס שלהם למשך 12 שניות, וטיסה זאת הייתה הטיסה הממונעת הראשונה בהיסטוריה, טיסה שללא ספק שינתה את פני האנושות ועיצבה את העולם המודרני עם חילות אויר וחברות תעופה בעלות מאות ואלפי מטוסים משוכללים להדהים, והיא גם הביאה בכנפיה את הפריצה הגדולה לעבר החלל החיצון.

בחודש דצמבר השנה, מציינים ברחבי העולם ובעיקר בארצות הברית את יובל המאה לטיסתם ההיסטורית של האחים וילבור ואורביל רייט Orville and Wilbur Wright, האחים שבנו את כלי הטיס הממונע הראשון והטיסו אותו בהצלחה.

התאריך: 17 בדצמבר 1903. המקום: קיטי הוק, צפון קרוליינה. האחים רייט מצליחים להטיס את כלי הטיס שבנו למשך 12 שניות. שלושה ימים לאחר טיסה זו ביצעו האחים רייט עוד שלוש טיסות כשהשלישית נמשכה 59 שניות.

האחים רייט, שהיו יצרני אופניים מדייטון אהיו, השקיעו זמן ומאמצים רבים בצפייה בציפורים ובחקר טכניקת מעופן. הם הבחינו שבזמן מעוף הציפור, האוויר הזורם מעל פני השטח של הכנפיים, יוצר עילוי, והציפורים משנות את צורת הכנפיים לשם תמרון ופנייה. הם גם ראו כיצד שומרות הציפורים על איוונן בעת המעוף – אם משב הרוח מוריד כנף אחת מטה, הציפור מעלה אותה מעלה ומורידה את השנייה. תוך הבנת עיקרון זה, הצליחו האחים להעתיקו לכלי הטייס שתכננו, בהשתמשם בכנפיים שקצותיהן ניתנות לפיתול, כך שמול הרוח יופנו פני משטח שונים בכל פעם, ויאפשרו לכלי הטייס לבצע פניות. בכדי להניע את קצות הכנפיים, השתמשו האחים בכבלים.

במרוצת ארבע שנים לפני הטיסה הראשונה, עיצבו האחים רייט שורת דאונים, שניתן היה להטיסם כעפיפון או כדאון מאויש. הם קראו את עבודתם ולמדו מניסיונם של מגלים וממציאים של ראשוני התעופה כמו סיר ג'ורג' קיילי, אוטו ליליינפלד, לאנגלי ועוד – אך האחים רייט היו הראשונים שהטיסו את המטוס הממונע הראשון. בנוסף, הם התכתבו עם אוקטאב צ'יאניוט, מהנדס אמריקאי שבנה דאונים בעלי תומכות אלכסוניות (המצאה שהייתה בשימוש במטוסים משך עשרות שנים אחר כך). צ'יאניוט הצליח להטיס את הדאונים שלו למרחק של 100 מטרים ויותר, וסייע רבות לאחים רייט. לאחר הניסיון המוצלח בהטסת הדאון הראשון, האחים בנו דאון בגודל מלא, ובחרו בקיטי הוק

## השעון כמצפן

השמש נמצאת בדרום. אם נפנה באותו רגע את מחוג השעות לכיוון השמש, אזי הן מחוג השעות הן המספר 12 יצביעו לכיוון דרום. לפני השעה 12 השמש נמצאת כנגד כיוון השעון מהספרה 12, ולאחר השעה 12, השמש נמצאת עם כיוון השעון מהספרה 12. משך 24 השעות מחצות היום האחד לחצות היום למחרת, השמש עושה מעגל שלם וחוזרת לנקודת המוצא, אך באותו זמן משלים מחוג השעות שני מעגלים באותו כיוון, סביב לוח השעות. על-כן, יש לחלק לשניים את המרחק שעובר מחוג השעות והזווית שנוצרה מתנועה זו.

בחצי הכדור הדרומי יש להפנות את המספר 12 בקו ישר לכיוון השמש. הזווית שבין המספר 12 ומחוג השעות תצביע על הצפון.

הידעתם, כי השעון אותו אנו עונדים על פרק ידנו, יכול לשמש גם כמצפן אמין, בכל יום בו השמש אינה מוסתרת על ידי עננים!

כל שצריך לעשות הוא להחזיק את השעון במאוזן, ולסובב את השעון עד שמחוג השעות יפנה בקו ישר אל השמש.

דמיינו כעת קו העובר ממרכז השעון דרך נקודת אמצע שבין מחוג השעות והמספר שתיים עשרה. קו זה יצביע לעבר הדרום.

העיקרון שיש לזכור הנו פשוט: עד השעה 12 בצהרים, יש לחצות את הזווית הנוצרת כנגד סיבוב השעון, מהספרה 12 ועד למחוג השעות. לאחר השעה 12 בצהרים, יש לחצות את הזווית הנוצרת מתנועה בכיוון השעון, מהספרה 12 ועד למחוג השעות.

הסבר אסטרונומי קצר יסביר את עקרון הפעולה. בחצי הכדור הצפוני, בצוחרי היום,

## נפטון

### מציאות ומיתולוגיה

מאת : מרים אוריאל

כאשר ביקרה וויאג'ר 2 את נפטון היא צילמה סופת הוריקן עצומה שנראתה ככתם כהה בדומה לעין האדומה של צדק. גודלו של כתם זה היה בערך כגודל כדור הארץ שלנו. הרוחות שנשבו העיפו את הכתם הכהה הגדול מערבה במהירות של 1000 קמ"ש.

לעומת העין האדומה של צדק הקבועה במקומה זה מאות שנים, הרי שהכתם הכהה של נפטון אינו נשאר קבוע במקומו, הוא נעלם חוזר, מופיע במקומות שונים, או נעלם לחלוטין.

האטמוספירה של נפטון מורכבת ברובה ממימן והליום עם כמות קטנה של מתאן. המתאן בולע את האור האדום ובנוסף, יש באטמוספירה צבען (chromophore) שלא זוהה עדיין וביחד הם מעניקים לנפטון את צבעו הכחול העשיר.

בגלל מרחקו מהשמש הטמפרטורה בשכבות העננים החיצוניות שלו קרה מאוד ומגיעה למינוס 214 מעלות צלסיוס. אולם, כמו לצדק ולשבתאי, גם לו יש מקור חום פנימי המקרין אנרגיה שהיא יותר מכפליים ממה שהוא מקבל מהשמש.

לנפטון חמש טבעות כהות מאוד והרכבן אינו ידוע. החיצונית ביותר נקראת אדאמס (על שם הסטודנט שגילה אותה) והיא מכילה שלוש קשתות בולטות הנקראות חירות (Liberty), שוויון (Equality) ואחווה (Fraternity). האחרות קרויות בשמות אנשים הקשורים בנפטון וירחיו.

לנפטון 12 ירחים ידועים; טריטון הגדול והמיוחד שבהם, ועוד 7 קטנים אשר יש להם שם רשמי. לאחרונה התגלו עוד 4 ירחים שעדיין אין להם שמות.

### טריטון

טריטון הוא הירח הגדול ביותר של נפטון. הוא התגלה על ידי לאסל בשנת 1846, מספר שבועות לאחר גילויו של נפטון. לפי קוטרו (2700 ק"מ) הוא כמעט 78 אחוז מגודל הירח שלנו (3500 ק"מ).

נפטון משפיע על מסלולו של טריטון ומפחית בהדרגה מהאנרגיה שלו עד שבסופו של דבר יתקרב מסלולו של טריטון יותר ויותר לנפטון והוא עשוי ליפול על כוכב הלכת, או להתפרק וליצור טבעת נוספת סביבו.

החללית וויאג'ר 2 עברה על יד טריטון ב-25 באוגוסט שנת 1989. כמעט כל הידוע לנו עליו בא ממפגש זה.

מסלולו של טריטון הוא בכיוון הפוך לזה של סיבובו של נפטון סביב צירו. זה הירח הגדול היחיד של נפטון הנע לאחור. גם לצדק ולשבתאי יש ירחים הנעים בכיוון הפוך, אך אינם גדולים כמוהו. דבר זה יכול להצביע על כך שטריטון לא

נפטון הוא כוכב הלכת השמיני סביב השמש, והחיצוני מבין ארבעת הענקים הגזיים. למרות שנפטון קטן מעט בקוטרו מאורנוס (49.5 לעומת 51.1 אלף ק"מ) הרי שהצפיפות ומסה המאסה שלו גדולים יותר לעומת אלה של אורנוס. הוא מרוחק כ-30 יחידות אסטרונומיות מן השמש (כלומר, פי 30 מהמרחק של כדור הארץ מהשמש), זאת אומרת מרחק של 4500 מיליון ק"מ, ולכן מסע אליו באמצעים של היום יארך כ-10 שנים.

נפטון התגלה ב-23 לספטמבר 1846 לאחר שתצפיות באורנוס הראו שהמסלול שלו אינו כפי שצריך היה להיות לפי חוקי ניוטון. לכן הועלתה השערה ע"י אדאמס, סטודנט אנגלי צעיר בן 22, שיש עוד כוכב לכת רחוק יותר המשפיע על המסלול. לפי תצפיות וחישובים של מקומם ותנועתם של צדק, שבתאי ואורנוס, נקבע מיקומו החזוי של כוכב הלכת הנוסף בשמים, ואמנם הוא התגלה אחר כך בדיוק במקום שנקבע, דבר שהיה אחד החישובים הכבירים של האסטרונומיה המתמטית.

כמאתיים שנה קודם לכן, בשנת 1613, צפה גלילאו בנפטון שהיה אז קרוב מאוד לצדק, אבל הוא חשב שזה סתם כוכב. לילה אחר כך הוא שם לב שהכוכב זו מעט בהשוואה לכוכב אחר שהיה סמוך אליו. אולם כמה לילות אחר כך נעלם כוכב הלכת משדה ראייתו. אילו גלילאו היה צופה בנפטון במשך מספר לילות בקביעות הוא היה שם לב ללא ספק לתנועתו של נפטון. אולם, לילות מעוננים מנעו ממנו את הצפייה ובגלל זה לא נזקף גילויו של נפטון לזכותו, למרות שהוא ראה ראשון את כוכב הלכת מבלי לדעת מה הוא רואה. ב-25 באוגוסט 1989 זכה נפטון לביקורה של החללית וויאג'ר 2 (Voyager 2). היה זה הביקור היחיד שלנו ליד כוכב הלכת המרוחק. רוב המידע שלנו על נפטון בא ממפגש יחיד זה. מידע נוסף מגיע מתצפיות שנערכו מכדור הארץ ומטלסקופ החלל האבל.

אומנם פלוטו הוא כוכב הלכת המרוחק ביותר מהשמש, אבל הוא גם בעל מסלול אליפטי ומאורך מאוד ולכן כאשר הוא חוצה לפעמים את מסלולו של נפטון (כמו שזה קרה בשנת 1999) הוא הופך את נפטון לכוכב הלכת המרוחק ביותר מהשמש, למשך מספר שנים.

נפטון נע באיטיות רבה במסלולו סביב השמש והוא משלים הקפה אחת סביב השמש במשך 165 שנות ארץ. לכן, מיום שנתגלה ועד היום (כ-157 שנים) לא עברה שנת נפטון אחת.

לעומת זאת, נפטון הגדול בקוטרו כמעט פי 4 מקוטר כדור הארץ, סובב במהירות על צירו ומשלים יממה ב-16.1 שעות. שובדה זו גורמת לכך שנושבות על פניו רוחות מהירות ביותר, למעלה מ-2000 קמ"ש. הרוחות יוצרות סופות חזקות ומערבולות הוריקנים בגדלים שונים.

נוצר מהעריפולית הבראשיתית ממנה נוצרו נפטון ושאר מערכת השמש, אלא נוצר במקום אחר. יתכן שהוא נוצר בחגורת קוויפר והיה מעורב בהתנגשות עם גוף אחר ונתפס מאוחר יותר בכוח המשיכה של נפטון. אולי ההתנגשות היתה עם הירח הקטן "נראיד".

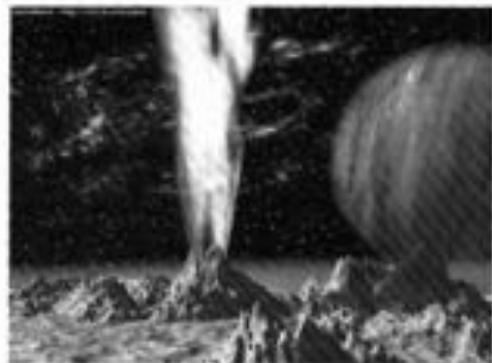
כמו אורנוס כך גם טריטון סובב כשהוא מראה לשמש את קטביו ולא את האיזור המשווני, והדבר משפיע על חילופי עונות קיצוניים.

לטריטון יש אטמוספירה קלושה המורכבת בעיקרה מחנקן וכמות קטנה של מתאן. טמפרטורת פני הירח היא מינימום 235 מעלות צלסיוס (המקום הקר ביותר במערכת השמש). וכמו בפלוטו, בטמפרטורה כזו קופאים החנקן, המתאן והמחמן הדו-חמצני.

בהיותו צעיר יחסית לא רואים עליו מכתשים רבים. רוב מחציות הדרומית של הירח מכוסה ב"כיפת קרח" של חנקן ומתאן קפואים.

הדבר המעניין ביותר בעולם קפוא זה הם הרי הגעש שעל פניו. החומר המתפרץ מהרי הגעש הללו הוא כנראה חנקן נוזלי, אבק, או תרכובות מתאן הנמצאים מתחת לאדמה. אחד הצילומים של וויאג'ר מראה התפרצות לגובה של 8 ק"מ שנגררה על ידי הרוחות למרחק של 140 ק"מ.

טריטון, אינלירחו של צדק) וכנראה גם נגה הם הגופים היחידים במערכת השמש פרט לכדור הארץ שידוע כי קיימת בהם פעילות וולקנית



בהווה. (למרות שבטוח שבמאדים היתה פעילות כזו בעבר). ראוי לציין כי במערכת השמש החיצונית התהליכים הוולקניים הם שונים לחלוטין. הפעילות הוולקנית על כדור הארץ, נגה ומאדים קשורה בהתפרצות חומר סלעי ונגרמת על ידי חום פנימי.

ההתפרצויות של איו הן של תרכובות נופרית ונובעות כתוצאה מגאות הנגרמת בגלל הקרבה לצדק הענק.

התפרצויותיו של טריטון הן מהרכבים נדיפים מאוד כמו חנקן או מתאן ונגרמות כתוצאה מהתחממות עונתית על ידי השמש.

במיתולוגיה היוונית טריטון הוא אל ים, בנו של פוסידון (נפטון). מתואר כדמות בעלת ראש וגוף של אדם אך במקום רגליים יש לו זנב דג

#### **נפטון במיתולוגיה**

נפטון, כפי שאנו מכירים אותו הוא צירוף של שני אלים: רומאן ויווני.

האל הרומאי נפטון הפרש, היה אל הסוסים ונתן את הסוהו למרוצי סוסים. מקדשו נבנה ברומא ליד מסלול המרוצים בשנה ה- 25 לפני הספירה. בכל 23 ביולי חגגו לכבודו במקדש את הנפטונלית.

פוסידון היווני שדמותו אוחדה עם נפטון הרומאי היה ידוע כאל הים, כבנם של ריאה וקרונוס ואחד משהו אחים ואחיות שחילקו ביניהם את השליטה על העולם ואלו הם: (השם הראשון- יוני וחשני - רומאן)

הסטיה = רוסטח - אלת אש הבית ומשגיחה על חיי המשפחה. האלה העדינה שכל אלו האולימפוס. (למרות חיזוריהם של פוסידון ואמלו נשאר בתולה).

דמטר = קרס - אלת האדמה.  
הרה = יוני - אלת הנישואין וחלידה.  
מלכת האלים האולימפיים, אשתו של זאוס.  
האדס = פלוטו - אל השאול, מושל העולם התחתון.

זאוס = יופיטר - שליט האלים ומושל השמים.  
למרות היותו הצעיר בבנים הפך לראש וראשון לאלים.  
פוסידון = נפטון - נעשה מושל הים.  
תכונות אלוהיות נוספות הקשורות לפוסידון הן של אל רעידות האדמה ואל הסוסים.  
הסמלים הקשורים לפוסידון הם: דולפין, קלשון דייג וחנית בעלת שלוש שיניים.

פוסידון, שהיה המקור לתכונותיו של נפטון, נר בארמון עשוי מאלמוגים ואבני חן על קרקעית האוקיינוס ונהג במרכבה שהיתה רתומה לסוסים. כדי לרצותו, נהגו המלחים להטביע לכבודו סוסים כקרבת והיו משוכנעים שידאג להם לנסיחה בטוחה בים.

אולם, פוסידון היה אל בעל תהפוכות ונתון למצבי רוח שונים ולא אחת הסתיים הדבר באסון.

כאשר היה במצב רוח טוב - שמר פוסידון על ים שקט ויצר איים ואדמות חדשות בים.  
אך כאשר היה במצב רוח רע היכה בקילשונו באדמה ומרצו ממנה מעיינות בלתי ניתנים לשליטה, נגרמו רעידות אדמה וספינות נשברו וטבעו.

פוסידון, כזאוס אחיו, הרבה להפגין את גברותו והפעיל את כוח השפעתו על נשים רבות.  
היו לו הרבה הרפתקאות אהבים שעשו אותו לאביהם של ילדים רבים. מעשרים ושלוש נשים שונות נולדו לו 26 ילדים.

הוא היה נשוי לאמפיטריט = סלאסיה, מלכת הים, שלא רצתה בהתחלה להנשא לו והתחבאה באוקיינוס. פוסידון שלח דולפין שיחפש אחריה וכאשר הדולפין גילה אותה קיבל פרס בצורת מקום בשמים (מערכת הכוכבים דולפין). מזיווג זה נולד טריטון (הירח של נפטון היום) שהיה חצי אדם וחצי דג.

הוא התאהב במדוזה עד כשהיתה נערה רגילה והם קיימו יחסים על רצפת מקדשה של אתנה. האלה הכועסת על חילול מקדשה הפכה את מדוזה לגורגונה, אך השאירה אותה בת תמותה. מדוזה הרהר ילדה, לאחר שראשה נערף על ידי פרסיאוס, את פנסוס הסוס המעופף ואת הענק קרייסאור ("תרב הזהב").



טירוס אביה של אירופה שאוס התאהב בה. בלוס אביו של אניפטוס מלך מצרים. פליאס מלך תסליה הדוד למחצה של יאסון שיצא לחפש את ניות הותב. באסיריס, מלך מצרים שהקריב כל מבקר במצרים לאלים בתקווה למנוע רעב בדרך זו. הרקולס שאף הוא נתפס על ידו הצליח להתנגד לו ולשבור את הכבלים ברע האחרון.

אחת מפרשיות האהבים הידועות ביותר לשמנה היתה הרומן שניהל עם אחותו דמטר. פוסידון רדף אחריה ללא ליאות וכדי להתחמק ממנו הפכה עצמה לסוסה. בתשוקתו אליה, הפך עצמו, פוסידון לסוס ולכד אותה. תוצר אהבתם היה אריון שהיה סוס מהיר ביותר וכן אלמות.

המילה פוסידון ביוונית פרושה "בעל" קרוב לוודאי של חיטה, לכן חשבו שהוא ודמטר אלת החיטה הם זיווג טוב כי הם מלכו כמלך ומלכת הפיריון.

סיפור נוסף הקשור בפוסידון מספר על תחרות בינו לבין אלת המלחמה, אתנה, על העיר אתונה, כדי לרכוש את לבם של תושבי העיר, ורק פוסידון את החנית שלו על הקרקע ויצר את המעין בגבעת האקרופוליס. אולם אתנה ניצחה בתחרות לאחר שאנשי אתונה העדיפו את עץ הזית שנתנה להם. בכעסו, גרם פוסידון להצפה בעיר. בסופו של דבר פעלו השניים יחד בצרפם את כוחותיהם. פוסידון היה אל הסוסים, ואילו אתנה בנתה את הכרכרה הראשונה. וכן בנתה את הספינה הראשונה ששטה על פני הים בו שלט פוסידון.

הוא השתמש לעיתים קרובות בכוחות של רעידות האדמה, מים וסוסים כדי לגרום פחד ולהעניש אנשים כנקמה. למרות שיכול היה להיות קשה ולכפות את כוחו על אלים ובני אדם, הוא ידע גם לשתף פעולה ועזר ליוונים בעת מלחמת טרויה.

הוא אנס את אתרה ונולד להם תואוס. שהרג את המיניטאור, השור שבמבון בכרתים והציל את צעירי אתונה מלהיות קורבן לחיה. נאב ממורסס אחר של תואוס, הוא אגניס מלך אתונה שחיים האגנאי נקרא על שמו.

הוא אנס גם את קאניוס (חדש) הנערה היפה והפך אותה לפי בקשתה לגבר ששום נשק לא יוכל לו.

נערה אחרת עמה היה פוסידון קשור היא אמיטונה (חמה מפשט), נכדתו של מלך מצרים, אשר נרדפה על ידי סאטיר ליד המעין ומסידון הציל אותה. היא התאהבה בפוסידון וילדה לו את נאופלוס מייסד נאופליה (נפליון) עיר נמל במפרץ ארגוליס.

בתו של הרוח הצפון מזרחית ילדה לו את יומולפוס שידע לשיר יפה ולנגן ואף לימד את הרקולס אומנות זו.

בן אחר היה סיניס הענק שנהג לצוד שבוי אורח תמימים ובקש אותם לנזור לו לקשור שני עצים יחד ואז קשר אותם לעצים ושחרר את הענבים וכך הניח לעצים לקרוע אותם לגורים. תזיאוס היה זה שהחזיר לו כמולו באתה מטבע.

בן ממורסס נוסף הוא הציקלופ (של הדור השני) פוליפמוס המוכר לנו מהאודיסיאה. אודיסיאוס ובני חבורתו הערימו עליו ועיוורו את עינו האחת ועל כך נמל להם האב פוסידון בשנים רבות של מרירות על הים.

בן ממורסס ביותר הוא אוריון הענק יפה התואר שנערות רבות כולל ארטמיס = דיאנה אלת הציד אהבו אותו והוא היה הגבר היחיד שהשתייך לחבורה שכללה רק בתולות (סמרו) מסופר במערכות הכוכבים אוריון, עקרב, נושא הנחש, אקילה הנשר והחץ).

בנים נוספים הם: המלך אמיקוס שהיה גם מתאגרף. פרוטאוס שהיה רועה כלבי הים של פוסידון ונחן בתכונת הנבואה. אגנור מלך

# מהירות האור ביקום מתפשט

מאת סבדרמיש יהודה

כלומר אם היינו במרכזו של כדור קוסמי שהרדיוס שלו מגה פרסק אחד אזי כעבור שנה הרדיוס יגדל ב- 65 ק"מ. כדי שנקבל מספרים משמעותיים נבדוק את השינויים למיליון שנה. נעשה זאת בהנחה שהערך של קבוע האבל לא ישתנה בצורה משמעותית במיליון השנים הקרובות, ובסיס החישוב הוא תמיד מגה פרסק אחד.

קודם כל נבדוק כמה קילומטר יש במגה פרסק אחד. מתוך ידיעה שבפרסק אחד יש 3.2616 שנות אור, ובשנת אור אחת יש 63240 יחידות אסטרונומיות, ובכל יחידה אסטרונומית יש 149.6 מיליון ק"מ, נקבל שבמגה פרסק אחד יש  $R = 3.2616 \cdot 10^6 \cdot 63240 \cdot 149.6 \cdot 10^6$   $= 3.09 \cdot 10^{19}$  km

כלומר 3.09 כפול עשר בחזקת תשע עשרה ק"מ.

נבדוק כעת בכמה ק"מ "יצמח" הרדיוס הנייל כתוצאה מקבוע האבל במשך מיליון שנה. מתוך ידיעה שקבוע האבל גדולו 65 ק"מ לשניה למגה פרסק ובשנה יש 31,557,600 שניות נקבל שבמשך מיליון שנה אותו רדיוס באורך של מגה פרסק אחד יגדל ב:

$$65 \cdot 10^6 \cdot 31557600 = 2.05 \cdot 10^{15} \text{ km/mpc}$$

כלומר הרדיוס גדל ב- 2.05 כפול עשר בחזקת חמש עשרה ק"מ במיליון שנה למגה פרסק

או שהוא גדל ב- 0.000205 כפול עשר בחזקת תשע עשרה ק"מ במיליון שנה למגה פרסק.

וזה אומר שהרדיוס גדל מ- 3.09 ל- 3.090205 (בשני המקרים כפול עשר בחזקת תשע עשרה) ק"מ למיליון שנה למגה פרסק.

מכאן שאותו מגה פרסק גדל פי:  $3.090205 / 3.09 = 1.0000665$

ב - בשיחה עם ערן אומק, חבר האגודה ובעל תואר שני באסטרופיסיקה, התברר שאורך הנל של קרינת הרקע, עובר אותה התפשטות כמו היקום המתפשט, ומכאן, טמפרטורת הרקע של היקום פרופורציונלית הפוך להתפשטות הקווית של היקום.

כלומר אחרי מיליון שנה הטמפרטורה תהיה  $0.9999337 = 1 / 1.0000665$  מטמפרטורת הרקע כיום.

ג - על פי תיאורית היקום הפשוט, מהירות האור תקטן פרופורציונלית לשורש של מספר זה

מהירות האור, הניצבת בבסיס תורת היחסות, נתפסת על-ידי רוב המדענים כגודל קבוע ויציב, אולי היחיד בטבע. אך יש המשערים, כולל החתום מטה, שמהירות האור אינה גודל קבוע והיא הולכת וקטנה ככל שהיקום מתפשט.

עם כל הבעייתיות שההשערה הזו גוררת, היא יכולה לפתור את בעיית ההתפשטות האינפלציונית של היקום בשניה הראשונה של המפץ הגדול. ומהירות אור גדולה מ-300,000 ק"מ לשניה הייתה פותרת סתירה זו בקלות.

לפני כשלוש שנים כתבתי מאמר בשם "תיאוריית היקום הפשוט" ("אסטרונומיה", כרך 26, גיליון 3, דצמבר 2000). המאמר עורר בזמנו תגובות רבות חלקן אוהדות וחלקן וועמות. להזכירכם, התיאוריה התייחסה אל היקום כאל גז אידיאלי אדיר ותגיעה בסוף למסקנות שונות, חלקן מקובלות וחלקן לא, בשטחי הפיזיקה והאסטרונומיה השונים.

אחת המסקנות להן הגיעה התיאוריה הייתה שמהירות האור אינה קבועה, והיא למעשה פרופורציונלית לשורש טמפרטורת הרקע של היקום, שהיא היום 2.73 מעלות קלווין.

כלומר כאשר טמפרטורת הרקע של היקום הייתה פי מאה מהיום כלומר 273 מעלות קלווין אזי מהירות האור הייתה פי עשר מהיום, כלומר שלושה מיליון ק"מ לשניה, וכאשר טמפרטורת הרקע של היקום תרד בעתיד ל 81% ממה שהיא כיום אזי מהירות האור תהיה 90% ממה שהיא כיום כלומר כ- 270,000 ק"מ לשניה (שורש 0.81 הוא 0.9), וכו'.

נשאלת השאלה: האם השינויים הזעירים לאורך זמן בגודלה של טמפרטורת הרקע של היקום יכולים לגרום לשינוי משמעותי במהירות האור כפי שאמור לנבוע מ"תיאוריית היקום הפשוט", שינוי אותו נוכל למדוד? ואז נוכל אחת ולתמיד לבדוק את נכונות התיאוריה האלטרנטיבית הנ"ל.

## החישובים המספריים

החישובים המספריים אינם מסובכים. דרך התוכחה תהיה בשלבים הבאים:

- א. בדיקת מידת התפשטות היקום
- ב. בדיקת ירידת טמפרטורת הרקע הנובעת מכך.
- ג. בדיקת השינוי הצפוי במהירות האור הנובע מ"תיאוריית היקום הפשוט"

א - נתון לנו קבוע האבל האומר שהיקום מתפשט בקצב של 65 ק"מ לשניה למגה פרסק,

$C2-C1=(1.533 \cdot 10^{-7}) \cdot H$   
 (לדוגמא, קבוע האבל של 65 ק"מ לשניה למגה פרסק ייתן שינוי של כס"מ לשניה לשנה במהירות האור)

האם סדר גודל של שינוי כזה ניתן למדידה? נדמה לי שהתשובה היא חיובית, כי כבר עכשיו ניתן לקבל את גודלה של מהירות האור בדיוק של מטר אחד כפי שמסתבר מספרו של ג'ון גריבין: "מדריך לקוסמוס" שמהירות האור המדויקת היא: 299,792,458 מטר לשניה.

**לסיכום**

במאמר זה כותב המאמר הראה אפשרות שמהירות האור תאיט את עצמה בכ-1 ס"מ לשניה, לשנה, בשנים הקרובות (!). ניסוי שיבדוק זאת עשוי לתת תשובה נחרצת באם קביעתו של איינשטיין על כך ש'מהירות האור היא בלתי משתנה' הייתה נכונה או גורפת מידי.

תגובות: sevdermish@astronomy.org.il

(שהוא 0.9999337), כלומר פרופורציונלית ל- 0.9999668.  
 כלומר מהירות האור תקטן בחלק:  $1 - 0.9999668 = 0.0000332$

ומכיוון שמהירות האור בס"מ היא כ-  $3 \cdot 10^{10}$  אזי ההקטנה של מהירות האור בס"מ לשניה למיליון שנה תהיה:

$$3 \cdot 10^{10} \cdot 0.0000332 = 996000 \text{ cm}$$

או 0.996 ס"מ לשנה אחת.

**המסקנה מ"תיאורית היקום המשוט" היא: מהירות האור תקטן בערך כ- ס"מ אחד לשנה לשנה!**

בנוסף למסקנה הני"ל, מדידה מדויקת של שינוי מהירות האור, תאפשר לקבוע בצורה מדויקת את קבוע האבל. הדבר נובע מכך שגודל השינוי בטמפרטורת היקום נובע מקבוע האבל, והנסיחה שמקשרת את שינוי מהירות האור במשך שנה עם קבוע האבל (מוגשת בלי הפתוח שלה) היא:

**הכוכבים הבולטים בשמים – נספח למפת השמיים בעמוד 33**

מרחק ש"א	קבוצה	כוכב	מגירות
9	* כלב גדול	סריוס	- 1.5
196	שדרית	קטופוס	- 0.8
46	* רכב	קפלה	0.2
815	אוריון	ריגל	0.2
11	* כלב קטן	פרוקיון	0.4
390	אוריון	בסלנו	0.6
68	שור	אלדבראן	1.0
33	תאומים	פולוקס	1.2
85	אריה	רגולוס	1.3
1359	אוריון	אלנילם	1.6
652	כלב גדול	אדהרה	1.6
46	* תאומים	קאסור	1.6
456	אוריון	בלטריקס	1.7
82	דובה גדולה	אליוס	1.7
260	שור	אלטא	1.8
490	פרסאוס	פירפאק	1.8
228	דובה גדולה	אלקאיד	1.9
98	דובה גדולה	דובה	1.9
650	דובה קטנה	סיכב צפון	2.1

\* = סיכב כפול או משולש



## ביקורת ספרים

בחברת האחרונה של "אסטרונומיה" התפרסמה בקורת של מר ניר שוחט על הספר 'עולמות מתנגשים' של ע. וילקובסקי שיצא במהדורה חדשה. להלן תגובתה של דר' בר ורדה מהמרכז להוראת המדעים באוניברסיטה העברית ירושלים:

### תגובה

#### מאת: דר' בר ורדה

בספר של וילקובסקי מתואר הסיפור הבא: נוגה (ונוס) הוא שביט לשעבר שיצא מכוכב הלכת צדק, נוגה הגיע לקרבת כדור הארץ וגרם שם למחומה רכה, אך לבסוף התיישב במסלול מעגלי, כמעט מושלם, ככוכב לכת בין ארץ לבין כוכב הלכת חמה.

צדק מורכב ממימן והליום ונוגה מאדמה וממתכות, כך שקשה לראות כיצד המוצא של נוגה הוא מצדק.

טיעון זה גם תקף כדי לומר שנוגה אינו שביט. נוגה מורכב כאמור מאדמה וממתכות, כמו ארץ, לעומת זאת שביטים מורכבים מקרח ופחם וצפיפותם נמוכה הרבה יותר מאשר זו של נוגה. הצפיפות בנוגה קרובה לזו של ארץ שהוא הצפוף בין כוכבי הלכת, כך ששוב מאוד לא מתקבל על הדעת כי נוגה הוא שביט לשעבר.

וילקובסקי טוען שכוחות אלקטרומגנטיים הם שפעלו בין ארץ ונוגה. לא ברור למה הוא מתכוון, ובלי גיבוי כמותי מתמטי קשה מאוד לבחון את טענותיו בהתאם לעקרון ההפרכה. וילקובסקי מתנגד לטענה כי גופים קרים (יחסית) כמו ארץ או נוגה אינם טעונים מטען אלקרוסטטי. את הטענה כי ייטון דורש אנרגיה ולכן אינו סביר בארץ וגם בנוגה, דוחה וילקובסקי, למה? אין הוא טותן שום נימוק.

הטמפרטורה הגבוהה יחסית של נוגה אינה מספקת לייטון, אם כי היא כן מספיקה להיתוך שופרת. טמפרטורה זו מוסברת על ידי אפקט החממה ואין צורך בשביט או בצדק כדי להסבירה. האסונות שגרם נוגה אירעו לפי וילקובסקי כשהוא פגע בנו בוגבו המחושמל, אבל בכל פעם ששביט הלי היה בנקודתו הקרובה ביותר לשמש, בין ארץ לשמש, היינו בהשפעת זנבו ולא קרה לנו כלום. הזנב עם כל מראהו המרהיב הוא דליל מאוד ואינו מזיק. גם הכרומוספירה של השמש, המיוננת בחלקה, היא דלילה מאוד והשפעתה ממרחק קטנה מאוד, כנייל לגבי ההילה (העטרה, הקורונה של השמש) שהיא אמנם בטמפרטורה גבוהה (1-2 מיליון מעלות) אבל בצפיפות נמוכה עד מאוד. דווקא בליטות השמש (הפרוטוברנצים) הן בטמפרטורה נמוכה יחסית וכמעט שאינן מיוננות, בניגוד להתלהמות של וילקובסקי.

גם גולד וגם סגן הקדישו מאמרים שלמים לוילקובסקי וביקרו את טענותיו, כדאי לפרסם מאמרי ביקורת אלה פשוט לצורך בקרה ולצורך הבהרת השיטה המדעית ודרכי הביקורת שלה. ולסיכום, נוגה הוא עתיק מאוד, יש בו מכתשים בני מיליונים ועשרות מיליונים של שנים, שתוארכו באותה שיטה כמו מכתשי הירח, כך שכל הסיפור של וילקובסקי מופרך על פניו.

#### ספר חדש !!!

"חיתוך הזהב" מאת: מריו ליביו

אומנם בעולם ישנם מדענים מוכשרים רבים אך אפשר לספור על אצבעות יד אחת את המדענים המוכשרים שהם גם מסבירים גדולים של המדע. אחד המדענים הנחשב לכוכב עולמי בתחום זה הוא דווקא ישראלי שרכש לו עשרות אלפי מעריצים בעולם ובארצות הברית בהרצאותיו המרתקות ובפרסומים המדעיים המקצועיים והפופולריים: פרופ' מריו ליביו קוסמולוג ואסטרופיזיקאי - מראשי המכון המדעי האמריקאי של טלסקופ החלל האבל. ליביו נחשב לאחד המומחים העולמיים לנושאי הגלקסיות המתפוצצות, לחורים שחורים, התפשטות היקום, התהליכים הפיזיקליים המתחוללים בקרבת חורים שחורים והופעתם של חיים תבוניים. בין השאר חקר עם עמיתיו בארצות הברית את תופעת "האנרגיה השחורה", כינוי לאותה תופעה מוזרה שהתגלתה לפני כחמש שנים ולפיה הגלקסיות המתרחקות בקצוות היקום, דווקא מאיצות את מהירותן במקום להאט.

ספרו החדש של ליביו "חיתוך הזהב" הוא הספר הראשון שנכתב לקהל הרחב על אחת התעלומות המתמטיות המדהימות ביותר. המספר - 1.6180339887- הוא מספר לא רציונלי שמבטא יחס מיוחד במינו הידוע ברבים כ "חיתוך הזהב" או "יחס הזהב". למספר הזה יש נטייה מסתורית להופיע במקומות שונים: בקונכייות, בתפרחות של חמניות, בגבישים, בצורתיהן של גלקסיות שיש בהן מילארדי כוכבים, ביצירות, אמנות, באדריכלות, ובמוסיקה.... יש הטוענים שהוא קשור גם בהתנהגות הבורסות בעולם. מאז ימי יוון העתיקה יחס הזהב מעסיק את דעתם של מתמטיקאים, פילוסופים, מדענים, אמנים ומלחינים. היו שייחסו לו תכונות קסם ויש שכינו אותו "המספר האלוהי" המצוי בכל. ליביו מספר את סיפורם של "המכורים" לחיתוך הזהב מאוקלידס ועד סלבדור דאלי, מליאונרדו דה וינצ'י ועד דביסי וברטוק. הוא מפיח חיים תוססים במספר המופלא ומתאר את העולם כמקום של סדר, יופי ותעלומה נצחית. הוא מדגים את הקשר בין יחס מתמטי לבין העולם כפי שהוא משתקף בטבע, במדע, ביצירה התרבותית והאמנותית.

ניתן להזמין את הספר בהנחה במחיר 58 ₪ (במקום 84 ₪). בטלפון: 03-6482424

## ספרים רבותיי... ספרים (בעברית)

ליקט: כליפא אלברט

בהמשך לחוברות הקודמות, ממשיכה להתפרסם בזה רשימת ספרי האסטרונומיה שיצאו לאור בעשור האחרון, ספרי מקור או תרגום לפי שנת הוצאה. הרשימה המעודכנת תפורסם פעם בשנה. החברים מתבקשים להציע ספרים נוספים לרשימה שלדעתם יש בהם עניין בשטח האסטרונומיה נא לא להציע ספרי אסטרונומיה או מדע בדיוני.  
אנא התקשרו לכליפא אלברט 03-6511738

שם	מהות	מחבר	הוצאה	שנה
1. התרסקות	התרסקות קולומביה-2003	בליזובסקי-שיר רז	כנרת	2003
2. היקום בקליפת אגוז	הסבר פשוט ליקום מסובך	+ סטיבן הוקינג	מעריב	2003
3. אל קצה היקום	כוכבים ערפיליות ונלקסיות	נצר, מידב, סתוי	רמות	2002
4. המדריך לקוסמוס	לקסיקון לאסטרונומיה	+ ג'ון גריבין	דביר	2002 \$
5. ביליונים ובייליונים	מאמרים על חיים ויקום	+ קרל סאנאן	מעריב	2002
6. E = MC <sup>2</sup>	האנרגיה שמפצילה כוכבים	+ הייז'וד בודאניס	כתר	2002
7. החיים בחלל	איך להתקיים בחלל	מאיר כהן	מודן	2001 -
8. יקומו של הוקינג	משר הקוסמוס	+ פילקין	הד ארצי	2000
9. היקום וכל אשר בו	חדושים בעשור האחרון	+ פריס	הד ארצי	2000
10. אל הכוכבים	מאמרים ועד חור שחור	פליקס דותן	מאגנס	2000
11. המצאות מן החלל	תרומת החלל ליומיום	+ בייקר	מעריב	2000 -
12. היקום	יסודות אסטרופיזיקה	מידב כרוש נצר	האוניברסיטה	1999 \$
13. סקצה השמיים	מבוא לאסטרונומיה	ליבוז'ין רגב	האוניברסיטה	1999 \$
14. שלוש הדקות האחרונות	גורלו הסופי של היקום	+ פיל דייז	הד ארצי	1999
15. היקום האלגנטי	תיאורית המיתרים	+ גריין	מטר	1999
16. המסע אל התבונה	חי פוס חיים ביקום	נצר, בן כסס	פרוזה	1999 \$
17. על מרחב	זמן חור שחור וחור תולעת	+ מציזי קאקו	הד ארצי	1998
18. על-מרחב	יקומים מקבילים	+ קאקו	הד ארצי	1998
19. הלבבות הבודדים	על אסטרונומים וחוקרים	+ אוברבי	זמורה	1998
20. אסטרונומיה	מדריך הברת השמיים	יבאל פת-אל	קוסמוס	1998 \$
21. בראי השמיים	על הקוסמוס	הראל, יאיר, מ	רמות	1998
22. בעקבות הזמן	התפתחות היקום בזמן	אלי גבאי	אקדמון	1997
23. עולם רדוף שדים	סבע היקום	+ סאנאן	מעריב	1997
24. היקום	פילון אלבוסי מתמצת	+	ידיעות אחרונות	1996 -
25. תורת המפץ הגדול	קוסמולוגיה	צבי פירן	משרד הביטחון	1996 !
26. היקום האינפלציוני	הקוסמולוגיה והזמן	יובל נאמן	סכון וייצמן	1995 !
27. עלמות חדשים	יצירת כוכבים	עקיבא ברטן	מעריב	1995
28. התפתחות כוכבים	שלבים בחיי כוכב	עמוס הרפו	ספרית פועלים	1995
29. חורים שחורים	וגרי היקומים	+ הוקינג	מעריב	1994
30. תולדות היקום	היקום במבט חדש	+ רינאן	ידיעות אחרונות	1993 -\$
31. היקום	מערבת השמש והחלל	+ גלנט	מעריב	1993 -
32. בעקבות השמש	טכנולוגיות חקר היקום	דגני, שניר	רמות	1993
33. החלל	100 השנים הבאות	+	מעריב	1992 -
34. מסע אל הכוכבים	הסיסה בחלל ומשמעותה	+ גאסטרו	מעריב	1991
35. מילדות לכגרות בשביל	האדם והיקום	+ פריס	מעריב	1991
36. קיצור תולדות הזמן	מהפץ לתורים השחורים	+ הוקינג	מעריב	1990 \$
37. היקום	אינפלציה מצויירת	+ קלרק ג'ון	מסדה	1990 -\$

\$ = ספר חיבה      - = ספר אלבוסי      + = ספר תרגום      ! = ספר קטן



ק | ו | ס | נ | / | ו | ס

www.cosmos.co.il

**המרכז לציוד אסטרונומי ומדעי**

טלסקופים, פוסטרים, ספרים, גלובוסים, אטלסים,

תוכנות, שקופיות, מפות, מודלים, יעוץ בקניית ציוד, הרצאות...



Meade LPI camera mounted on LX200GPS telescope

**קוסמוס, המרכז לציוד אסטרונומי**, גאה להציג את החדוש המהמבי מביד Meade: מצלמה צבעונית עם זמני חשיפה משתנים לצילום ועיבוד תמונה אוטומטי של כוכבי לכת, ירח וגרמי שמים עמוקים בהדורים ביותר (כוכבים כפולים, צבירים). המצלמה ניתנת להפעול בכל טלסקופ אך בשילוב עם שלט Autostar (סדרות ETX, LX200GPS, LX200) היא הופכת את הטלסקופ למצפה רובוטי מושלם.

**תכונות המצלמה:**

- ★ חיישן CMOS צבעוני בהפרדה 640x480 (גודל פיסקל כ- 5.7 מיקרון בלבד).
- ★ הפרדה אפקטיבית הנהה לעינית 6 מ"מ (הגדלה x165 באורך מוקד 1000 מ"מ).
- ★ זמני חשיפה בין 0.001 ל-16 שניות.
- ★ גיפוי אוטומטי של תמונת באיכות גרועה.
- ★ הדבקה אוטומטית של תמונת לקבלת תמונת אב איכותית.
- ★ צילום Dark Frame לקבלת תמונת באיכות מקצועית.
- ★ מצג "חי" המראה את התמונה המתקבלת בזמן אמת.
- ★ שליטה על מצבי Gain and Offset
- ★ תצוגת היסטוגרמת תמונה בזמן אמת
- ★ שליטה על גוני אפור בזמן אמת
- ★ תצוגת היסטוגרמה עבור איזור נבחר בתמונה.
- ★ תצוגה גרפית של מצב המיקוד לקבלת מיקוד אוטומטי - Magic
- ★ Eye Focus
- ★ מיוצע - סמנצות 5 מצבי מיקוד אחרונים להקמת הרצף.
- ★ שימוש אוטומטי במסנן קרנל (Kernel).

**תכונות התוכנה:**

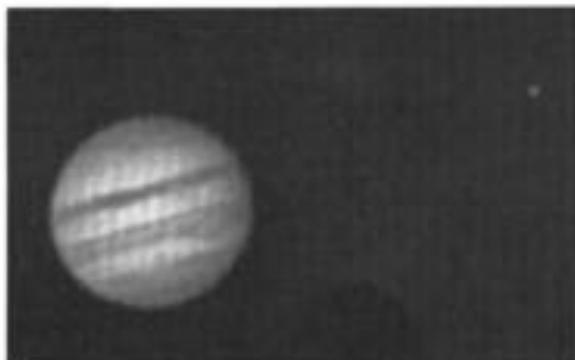
- ★ 19 מיליון אובייקטים ועשרות קטלוגים נבחרים.
- ★ יצירת מפות שמים מפורטות.
- ★ איסוף אוטומטי של הטלסקופ לכל גרם שמים בלחיצת עכבר (לטכנולוגיית Autostar בלבד).
- ★ שליטה על כל תכונות ה-Autostar מה-PC.
- ★ אפשרות לשליטה קולית של מאפיני ה-Autostar באמצעות תוכנה המצבירה טקסט של Autostar לרמקולים של מחשב ה-PC.
- ★ שליטה מרחוק על הטלסקופ באמצעות האינטרנט (לטכנולוגיית Autostar בלבד).
- ★ יצירת רשומות הטללות "סידורים מאורגנים" בטמייס באמצעות הטלסקופ (לטכנולוגיית Autostar בלבד).
- ★ אפשרות לשליטה על כיוון המצפה.

**תכונות מצלמה בשילוב עם טלסקופים המצוידים בטכנולוגיית Autostar:**

- ★ חיקוני עקיבה אוטומטיים (Autoguiding)
- ★ מאפשרת עקיבה עבור זמני LX200GPS בעזרת כוכבים עד בהירות 10
- ★ מירכז איזור נבחר, מאפשר שמירת האובייקט במרכז השדה

**החבילה כוללת:**

תוכנה על גבי CD, מצלמת LPI, כבל USB, חיבור Serial עבור LX200, חיבור Serial עבור Autostar #497, מתאם DB-9 ל-RJ-11 (עבור כניסה סריאלית ל-PC), טבעת פראפקולית למיקוד סדר.

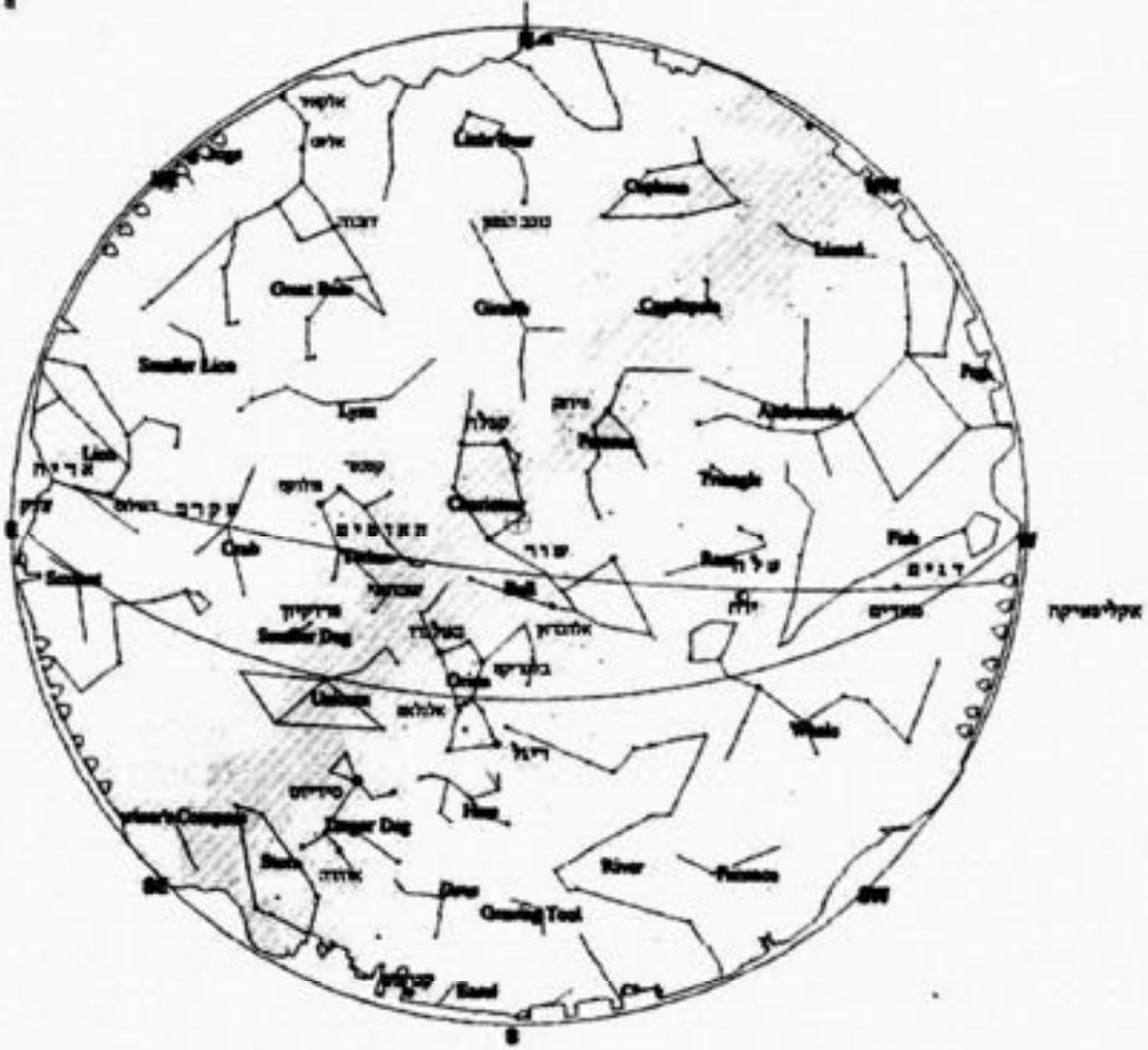


התמונת סמל: צדק עם התאם האדום וירח אירופה (הדבקה של 10 תמונות) צילום Meade LX50 10" אורך מוקד 6000 מ"מ בקרוב. צילום: דר' אמריאס היינצ'יך.

לרכישת התוכנה + המצלמה נא לשלוח המחאה בסך 990. ש"ח לפקודת "קוסמוס טלסקופים" (ניתן גם באמצעות כרטיס אשראי בטלפון או בפקס).

03-6722577

**השמיים**  
 ב - 1 לינואר 2004  
 שעה 10 בערב ( 22.00 )  
 ערך: כליפא אלברט



**חוראות תצפית**

לעמוד עם חפנים לכיוון דרום. לשים את חדף מעל לראש ולכוון את SOUTH (S) לכיוון דרום. חוכבים תבולטים מודגשים בעברית. המולות על האקליפטיקה. כוכבי הלכת: מאדים, שבתאי וצדק על האקליפטיקה.

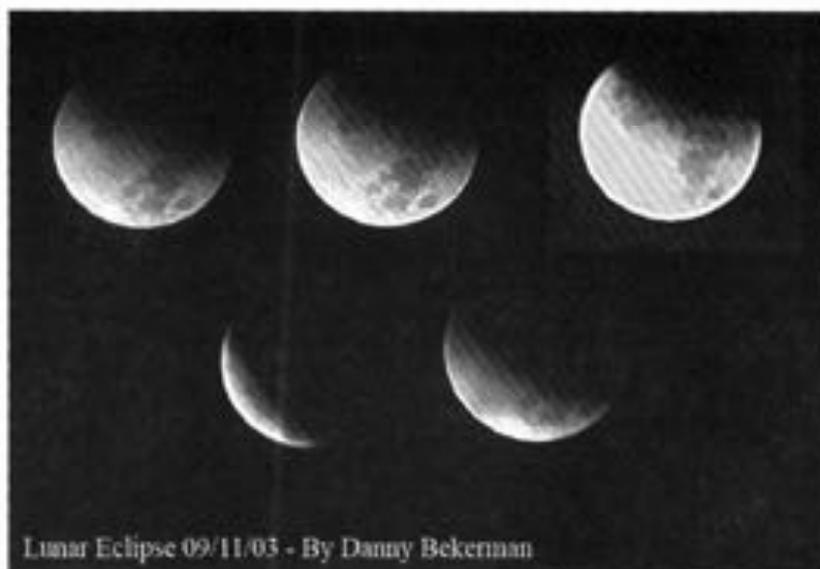
**ההערה**

המפה מתאימה גם לימים סמוכים, אך בחפוש של 4 דקות ליום. למשל המפה מתאימה ל 10 בינואר אך לשעה 21.20 במקום 22.00 (דקות 4 = 10 \* 4) (לא כולל כוכבי לכת)

## גלריה

ליקוי הירח - 09/11/03  
צולם במהלך הליקוי על ידי דני בקרמן  
חבר פורום האגודה הישראלית לאסטרונומיה  
ממתח-תקוה  
ציד:

**Canon PowerShot S50**  
**Binocular TENTO 10x50**  
לא נעשה שימוש בחצובה



פרטי הלווין:

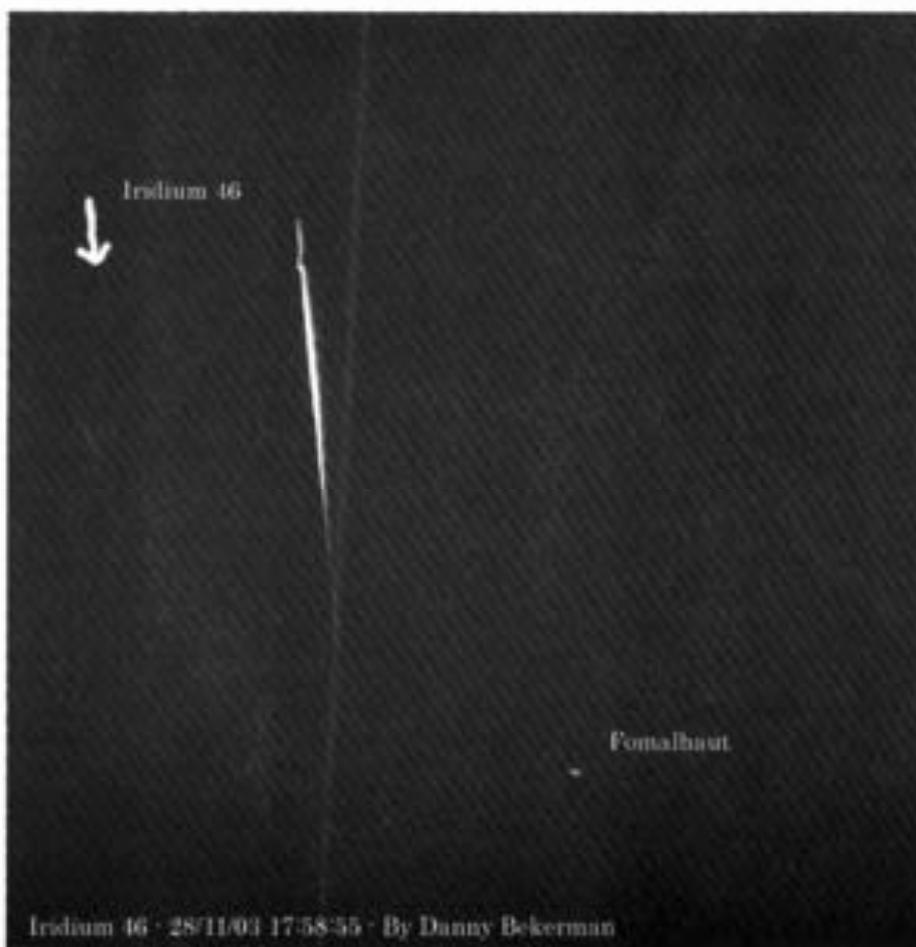
**Iridium 46**  
**Nov 28**  
**17:58:55 Local Time**  
**Magnitude = -7**  
**Alt. 31°**

צילום

**Canon PowerShot S50**  
**Shutter - 15 Sec**  
**F/4.9**  
**x3 Optical**

צולם על ידי דני בקרמן, חבר פורום האגודה  
הישראלית לאסטרונומיה.

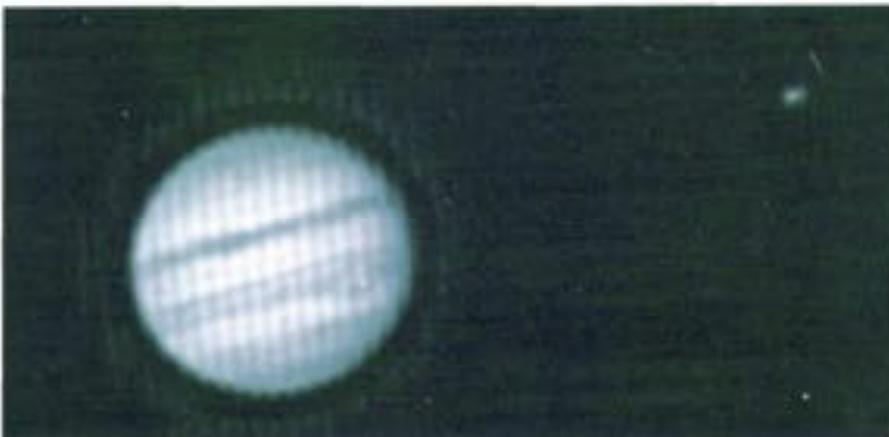
צולם ממתח-תקוה





#### שבתאי

צולם ממצפה הסוככים בגבעתיים  
 27.11.03  
 טלסקופ: Meade LX50 10"  
 עזרים: מכפיל 2.5X  
 מצלמה: Meade LPI  
 השיטה: 0.357 X 20 שניות  
 חיבור אוטומטי על ידי התוכנה של המצלמה  
 ואיזון צבעים על ידי APEX  
 צולם על ידי אנדריאס היידנרייך



#### צדק

צולם ממצפה הסוככים בגבעתיים  
 27.11.03  
 Meade LX50 10" טלסקופ:  
 עזרים: מכפיל 2.5X  
 מצלמה: Meade LPI  
 צולם על ידי אנדריאס היידנרייך  
  
 ניתן לראות בתמונה את העין האדומה  
 הגדולה של צדק, ואת הורח  
 אירוספה(כדיסקה) מצד ימין.



#### M77

גלקסיה ספירלית בקבוצת Cetus  
 Meade LX200 16" טלסקופ:  
 מצלמה: Meade Pictor 1616  
 צולם במצפה הסוככים בגבעתיים  
 1-2.11.03  
 צולם על ידי אנדריאס היידנרייך



P-1  
00 510 / U  
1044700  
L1111