

כרך 24 גליון 4 מחיר - 23 ש"ח  
נובמבר 1997 - פברואר 1998

בטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה

# כל כוכבי אור



כוכבי הלכת הענקיים  
פאת'פיינדר במאדים  
מסעות בזמן  
חיים - סדר מתוך כאוס



\*93\*

כרך 24 גליון 4 מחיר - 23 ש"ח  
נובמבר 1997 - פברואר 1998

בטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה

# כל כוכבי אור



כוכבי הלכת הענקיים  
פאת'פיינדר במאדים  
מסעות בזמן  
חיים - סדר מתוך כאוס

החברות הנוכחיות, הסוגרת את כרך 24 ואת שנת 1997 ופותחת את השנה העברית התשנ"ז, מופיעה בצורה מעט שונה: על מנת להגדיל את כמות המאמרים בחוברת, ללא גידול בגוף הנייר, נוצל שטח הנייר טוב יותר, מספר הטורים בכל עמוד שונה והמרווחים שבין הטורים קטנו.

כמו כן, שונתה גם המתכונת של מגיד הרקיע - מספר הטבלאות צומצם וזאת מבלי למנוע ברמת המידע המגיעה לחברים. לדוגמה: אין מועדי זריחה ושקיעה של השמש מדי יום ביומו, אלא במרווחים של מספר ימים. הטבלאות המלאות יופיעו באתר האגודה באינטרנט. המטרה - צמצום משמעותי בגוף החוברת המוקדש למידע. לעומת זאת, הורחב יומן השמיים עד לתקופה של חצי שנה, וזאת על מנת למנוע פגיעה בחברים במקרה של איחור בהוצאת החוברת.

בחברות הנוכחיות התחלנו ביוזמה חדשה - ישנה, שאנו מקווים שתצבור תאוצה: קוראים כותבים. קוראים המבקשים להגיב על מאמרים שראו אור בחוברת, או קוראים המבקשים להביע את דעתם בנושאים הקשורים לאגודה הישראלית לאסטרונומיה, מוזמנים לשלוח את מכתביהם מודפסים בצירוף דיסקט. אנו מקווים כי בכך ייפתח פורום של קוראים.

בגליון הנוכחי מוקדשים שלושה מאמרים למערכת השמש: מאמרו של **חיים מזר** - תומר געשי ברצועת האסטרואידים - פותח את המסכת. מאמרה של **אסנת יסקי** - כוכבי הלכת הענקיים - הוא הראשון מבין שני מאמרים, כאשר המאמר השני יעסוק בכוכב הלכת צדק והוא יופיע בחוברת הבאה. המאמר השלישי, פרי עטו של הח"מ, יעסוק במבצע הנחיתה של חללית הפאית'פינדר על המאדים.

מאמרו של **אמיר מרון**, בנושא החיים - סדר מתוך כאוס, יהווה המשך למאמרים שפורסמו בנושא החיים בחוברות קודמות.

את מסכת המאמרים יחתום המאמר של **יצחק אוריון** שנושאו - הפיסיקה של מסעות בזמן.

בחוברת זו אנו פותחים בסדרה חדשה שנושאה: הארת דמויות מפתח בתולדות החשיבה האסטרונומית והמדעית. את הפינה כותב **מנחם בן עזרא**. הפינה בגליון הנוכחי תעסוק בפילוסוף תלס ממילטוס.

המגוון הגדול של המאמרים מתאפשר בעיקר הודות לכתיבת חומר על ידי חברים. הנכם מתבקשים לשלוח חומר למערכת. אנו מבטיחים להגיב על כל מאמר שנשלח. על מנת להקל עלינו, הכותבים מתבקשים לשלוח את המאמרים מודפסים, בצירוף דיסקט.

קריאה נעימה!

*יגאל פת-אל*

עורך

☆ ☆  
**כל כוכבי אור**

כרך 24  
אוקטובר 1997 - פברואר 1998 תשרי - אדר התשנ"ז  
גליון מספר 4

160	באגודה
163	חדשות אסטרונומיה וחלל
169	תומר געשי ברצועת האסטרואידים
170	תלס
171	כוכבי הלכת הענקיים
176	חיים - סדר מתוך כאוס
178	פאת'פינדר במאדים
182	הפיסיקה של מסעות בזמן
184	מה במערכת השמש
188	מגיד הרקיע
195	קוראים כותבים

**כל כוכבי אור**

ביטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה, עמותה מס' 6-867-004-58  
מצפה הכוכבים גבעתיים, גן העלייה השנייה גבעתיים  
ת.ד. 149 גבעתיים 53101 טל. 03-5731152  
<http://www.cet.ac.il/~science/space/givatayim/well.htm>

שירותי משרד - קוסמוס, רחוב הרוא"ה 41 רמת גן  
ת.ד. 10834 רמת גן 52008, טל. 03-6724303 פקס. 03-5799230

Starlight, Israeli Astronomical Association  
The Givatayim Observatory,  
Second Aliya Park, P.O.B 149, Givatayim 53101

מערכת ועריכה גרפית: יגאל פת-אל

כל כוכבי אור יוצאת בממוצע אחת לרבעון

מחיר מנוי שנתי 80 ש"ח  
מחיר חוברת בודדת 23 ש"ח

שער קדמי: ערפיליות פלנטרית, MC 18 בקבוצת זבוב, המכונה גם "עדשת השעון", היא אחת היפות ביותר בשמיים. התמונה צולמה על ידי טלסקופ החלל ע"ש האבל. ראה גם שתי ידיעות במדור חדשות אסטרונומיה עמודים 164 ו-166.

שער אחורי: שתי פניו של כוכב הלכת מאדים, ראה כתבה עמ' 178.

# מה באגודה

## דמי המנוי

עקב עליית מחירי הנייר בשנתיים האחרונות ועליית התשומות הנוספות, אנו נאלצים להעלות את דמי המנוי השנתיים ל- 80 ש"ח. זוהי ההעלאה הראשונה מזה מספר שנים ואנו מקווים כי תקבלו זאת בהבנה.

## הכנס השנתי וחגיגות ה- 30 למצפה הכוכבים בגבעתיים.

הכנס השנתי של האגודה הישראלית לאסטרונומיה, יתקיים ב- 24 לדצמבר, יום רביעי בבית אלון בגבעתיים (בית אלון ממוקם בגבעת רמב"ם בגבעתיים). תחילת הכנס תהיה בשעה 14:30 אחה"צ ובמהלכו תנתנה הרצאות וכן תתקיים הישיבה השנתית של האגודה הישראלית לאסטרונומיה. חברים המעוניינים לשאת דברים באסיפה מוזמנים לכתוב אל ת.ד. 149 גבעתיים, 53101 ולציין את הנושא המבוקש.

לאחר הכנס, מוזמנים החברים אל מצפה הכוכבים שם נחוג את שנת ה- 30 לחיזורו. תחילת הארוז תהיה בשעה 20:00 ובמהלכה ישאו דברי ברכה מר אפי שטנצלר, ראש עיריית גבעתיים, יגאל פרי-אל, יו"ר האגודה הישראלית לאסטרונומיה וכן נציג מהאקדמיה. לאחר מכן, יוסר הלט מעל חדר העיון לזכרו של ד"ר זוד זייציק, מייסד האגודה הישראלית לאסטרונומיה וכן אולם ההרצאות המחודש על שמו של אינג' יוסף פרקס, מייסד מצפה הכוכבים. במהלך הערב תוקם מצגת שנתאה - מצפה הכוכבים וכן ייתן כיבוד.

## סדרת ימי עיון

האגודה הישראלית לאסטרונומיה ומצפה הכוכבים בגבעתיים פותחים

המסובב א, הכיפה ימינה ושמאלה. כמו כן הוחלפו כל המיסבים עליהם נעה הכיפה.

עקב התיקון, הושבת חדש הטלסקופ אך עם סיום העבודה, ניתן להתחיל ולגבש שוב את הקבוצות, שחלקם קיבלו כבר הנחיות ראשוניות.



## אתר האינטרנט

אתר האינטרנט של מצפה הכוכבים בגבעתיים מזמין אתכם להכנס אליו ולדלות מידע. באתר יהיו גם טבלאות מגיד הרקיע וכן מידע על פעילות המצפה והאגודה. כתובת האתר:

אנו מודים שוב לאוניברסיטה הפתוחה, על התמיכה שהיא מעניקה לנו בתחזוקת האתר ובהקצאת מקום על השרת.



## קורסים במצפה הכוכבים

במהלך החודשים אוקטובר ונובמבר נפתחו במצפה הכוכבים בגבעתיים הקורסים הבאים:

קורס אסטרונומיה למתחילים  
קורס להכרת השמיים.

שני הקורסים מקנים זכאות לגמול השתלמות.

כמו כן, נפתחו ארבעה קורסים המיועדים לילדים ובני נוער. המחזור הבא של הקורסים ייפתח בחודשי מרץ. המעוניינים מוזמנים לפנות אל שוני, טל. 03-5731152 בשעות הבוקר.

סדרת ימי עיון חדשה בת חמשה מפגשים, שתתקיים במוצאי שבת, החל ממוצאי חודש ינואר, בתדירות של כשלושה שבועות בין מפגש למפגש. בכל מפגש תתקיימנה בין שתיים לשלוש הרצאות בנושאי אסטרונומיה ואסטרופיסיקה. על נושאי ההרצאות ומועדיהן תשלח הודעה לחברים. חברים יוכלו להירשם לכל הרצאה, במחיר של 25 ש"ח להרצאה או לרכוש מנוי לכל הסדרה במחיר של 100 ש"ח.

התוכנית של נושאי ההרצאות ותאריכיהן מפורסמת בעמוד הבא.



## מצלמת CCD חדשה למצפה

במזל טוב, נרכשה מצלמת CCD חדשה למצפה הכוכבים בגבעתיים. המצלמה, מדגם Pictor 1616 היא בעלת חתך של 1534x1020 פיקסלים וכישר הפרדה של כחצי שניית קשת לפיקסל, בשימוש עם הטלסקופ בקוטר 12 אינטש המוצב במצפה.

ביצועיה של המצלמה החדשה משופרים מאוד יחסית למצלמה הקודמת המוצבת במצפה והיא תשמש למחקר ולחטיבת ה- NEO's.



## חטיבת NEO's

פעילות חטיבת ה- NEO's במצפה הופסקה, זמן מה לאחר שהחלה, וזאת בשל בעיות טכניות שהתעוררו במצפה הכוכבים בגבעתיים. במהלך חודש אוקטובר שופצו המנועים שאחראים לפתיחתה וסגירתה של הכיפה, המגינה על הטלסקופ וכן המנוע

## פעילויות האגודה

ימי עיון מוצ"ש בבית ראשונים בגבעתיים.

תאריך	נושא
17.1.1998	מודלים להיווצרות היקום
14.2.1998	משמעות החיים לאור המהפכות המדעיות במאה ה-20
14.3.1998	פרדוקסים וחורים שחורים
4.4.1998	אסטרונומיה מול אסטרוטלוגיה
9.5.98	אסטרונומיה - לאן פנינו בעתיד?

רשימת מרצים (חלקית) - פרופ' עמנואל גרינגרד, פרופ' צבי מוא"ה, דר' יצחק בן ישראל, דר' ענת בילצקי, אילן מנוליס, נועם קרן, עודד אברהם, יגאל פת-אל.

ייתכנו שינויים בנושאי ההרצאות וברשימת המרצים! הזמנה מעודכנת תשלח במהלך חודש דצמבר.  
דמי כניסה:

חברים: 25 ש"ח לכל הרצאה בנפרד  
מנוי לכל ההרצאות ב- 100 ש"ח  
לא חברים: 35 ש"ח לכל הרצאה בנפרד  
מנוי לכל ההרצאות ב- 140 ש"ח

## הרצאות במצפה הכוכבים בגבעתיים

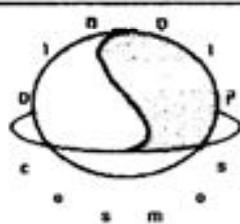
הפרוס המדעי במצפה הכוכבים בגבעתיים ממשיך בפעילותו. הרצאות בנושא אסטרונומיה ומדע ניתנות מדי יום חמישי בשעה 21:30 לאחר התצפית. להלן פירוט ההרצאות במצפה הכוכבים בחודשים הקרובים:

תאריך	שם ההרצאה	המרצה
4.12.1997	אין סוף ותורת הקבוצות	ארז אלוני
11.12.1997	ההיסטוריה של האסטרונומיה	מנחם בן עזרא
18.12.1997	אסטרוטלוגיה - מדע או אשלייה?	יגאל פת-אל
25.12.1997	כוכבים כמולים	מיכל גנות
1.1.1998	פרדוקסים בכרונולוגיה של Star trek	עודד אברהם
8.1.1998	עדשות גרוויטציה	ערן אופק
15.1.1998	על ממדים	יואב מרחב
22.1.1998	היווצרות מערכת השמש	יגאל פת-אל
29.1.1998	פסיכומטלוגיה	מנחם בן עזרא

## ימי שלישי וחמישי במצפה הכוכבים בגבעתיים

תצפיות לקהל הרחב מדי יום שלישי וחמישי תתקיימנה החל מהשעה 20:15. במצפה טלסקופים בקוטרים 20 ס"מ, 30 ס"מ ו-40 ס"מ. כל ערב יינתן הסבר שמים כללי ולאחריו יינתנו הסברים כמפורט להלן:  
דמי כניסה - 15 ש"ח  
לחברי האגודה 8 ש"ח  
לפרטים נוספים, טל. 03-5722227 בשעות הבוקר

כל כוכבי אור, כרך 24 גליון 4



# קוסמוס

המרכז הגדול בארץ לצורכי אסטרונומיה ומדע

רחוב הרו"ה 41, ת.ד. 10834 רמת גן 52008

טלפון: 03-6724303 פקס 03-5799230 E:MAIL: cosmos@goldnet.net.il

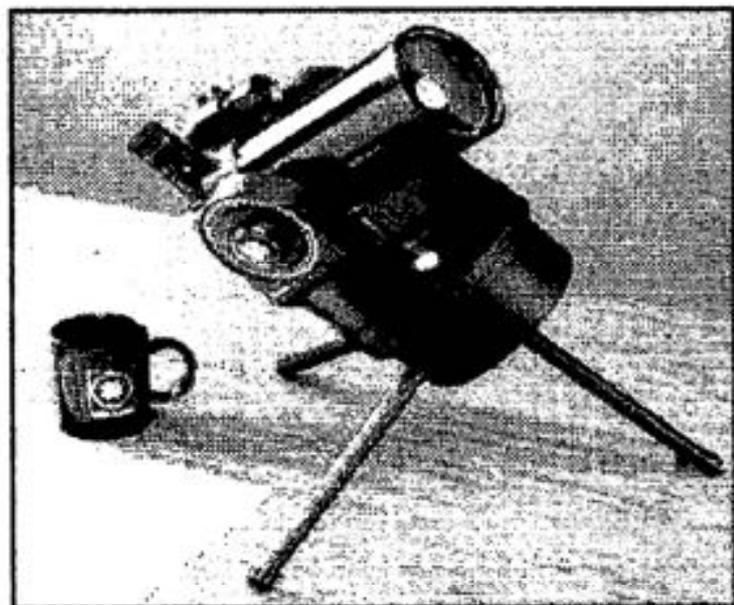
## מבחר טלסקופים אסטרונומיים:

### מבצע לחברי האגודה

מפות מסתובבות מפלסטיק ב-45 ש"ח בלבד! ניתן להזמין דרך הטלפון - 03-6724303 או לשלוח המחאה באמצעות הדואר והמספר תשלח לביתכם.

- ☆ טלסקופים שוברי אור, ניוטוניים, החל מקוטר 60 מ"מ ועד חצי מטר
- ☆ טלסקופים נשלטי מחשב
- ☆ טלסקופים קרקעיים לתצפית ולצילום מצלמות CCD לצילום אסטרונומי
- ☆ פלנטריומים מקצועיים תוצרת GOTO יפן
- ☆ פוסטרים, שקופיות, תוכנות, מסות, אטלסים ומיטב ספרי האסטרונומיה
- ☆ אמצעי המחשה - דגמים, גלובוסים, אביזרי ניסוי

הנחות לחברי האגודה  
אפשרות למשלוח בדואר



בקרו באתר Meade באינטרנט - [www.meade.com](http://www.meade.com)

דגמי חלליות:

מלחמת הכוכבים

מסע בין כוכבים

## למבקשים לטייל בארץ, בחו"ל ולבעלי משפחות

☆ מצלמות תלת מימדיות - חדש בישראל ובעולם

קוסמוס גאה להציג את אחת המהפכות הגדולות של עולם הצילום - מצלמה המאפשרת צילום תלת מימדי על גבי סרט צילום רגיל והליך פיתוח סטנדרטי.

התחושה התלת מימדית שבה חסרה כשאנו מביטים בתמונות הנוף שצילמנו בצילום והוידאו, גם המשוכללים ביותר. אין כל תחליף לראיזם שמוסיפה התלת מימדיות לתמונות של יקירינו.

לחברי האגודה במחיר מבצע מיוחד!

# חדשות אסטרונומיה וחלל

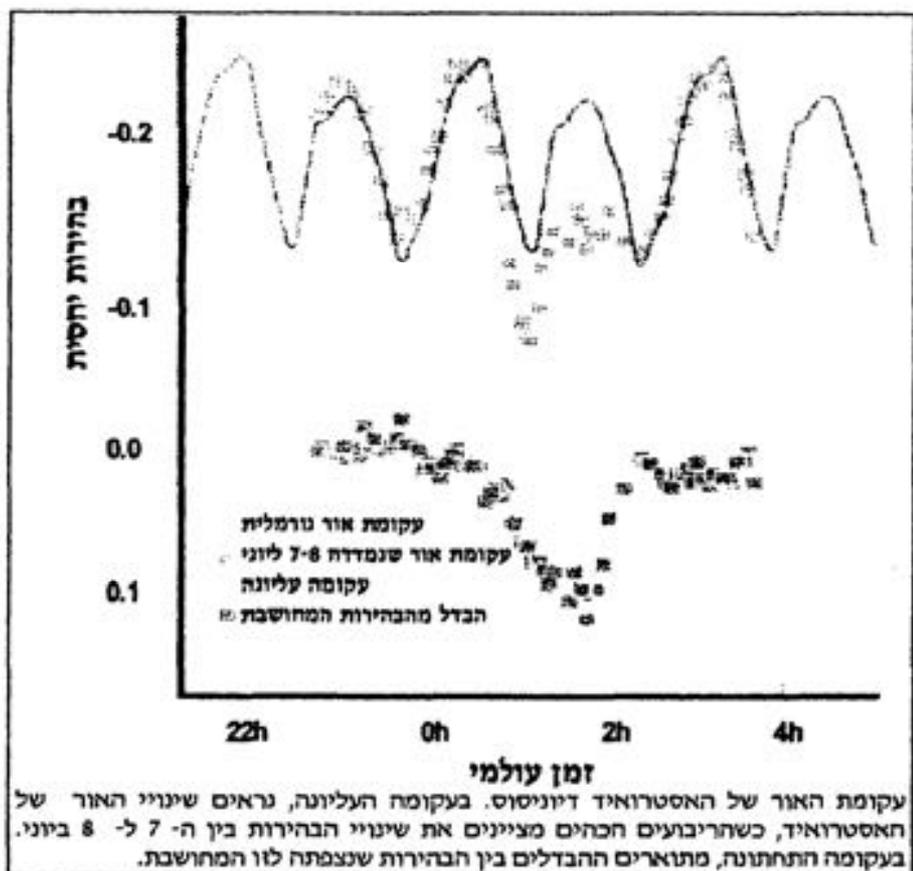
## גילוי אסטרואיד בישראל

האסטרואיד החדש, שסימנו 1997 NE<sub>15</sub>, נתגלה על ידי ערן אופק, סגן יריד האגודה הישראלית לאסטרונומיה. ערן, חבר סגל מצפה הכוכבים ובעתיים ונמנה על המחלקה לאסטרונומיה ואסטרופיסיקה באוניברסיטת תל-אביב, גילה את האסטרואיד החדש בשבוע הראשון של פרויקט ה- NEO's בישראל (ראו כל כוכבי אור, כרך 24, גליון 3, עמ' 115).

האסטרואיד החדש, נתגלה על ידי סריקה מקרית של השמים באמצעות הטלסקופ בקוטר מטר במצפה הכוכבים על שם וויז, של אוניברסיטת תל-אביב, במצפה רמון. זמן המחזור המשוער של האסטרואיד הוא כ- 3 שנים.

מערכת השמש המכילה את השמש, תשעת כוכבים חלכת ועשרות ירחים, משמשת גם אכסניה של גופים קטנים יותר - מאבק ופלסמה, המצויה במרחב הבינפלנטרי וכלה בכוכבי שביט אקזוטיים ואסטרואידים. מרביתם של האחרונים, שהראשון שבהם נתגלה על ידי האסטרונום הסיציליאני פיאצי בראשון לינואר 1801, מצויים במרחב שבין כוכבי חלכת מאדים וצדק.

מלבד האסטרואידים הירגילים, נתגלו מספר אסטרואידים שמסלולם סביב השמש מזכיר את מסלולו סביב כדור הארץ. לאסטרואידים אלו, שזמן הקפתם סביב השמש הוא כשנה, קיבלו גם שם מיוחד - אסטרואידים קרובי ארץ - NEO's (Near earth objects). על קבוצה זו נמנים קבוצות אסטרואידים של ארוס, אמור, אפולו ואתנה. בשנים האחרונות, עברו מספר אסטרואידים בקרבה נאימת לכדור הארץ במרחקים של כמעט פגיעה. תופעה זו העלתה את הנושא למדענות הציבורית והביאה לתחילתו של מאמץ כלל עולמי לגילוי וניטור עצמים אלו, שמרביתם אינם מוכרים. האגודה הישראלית לאסטרונומיה



עקומת האור של האסטרואיד דיוניסוס. בעקומה העליונה, נראים שינויי האור של האסטרואיד, כשתריבוטים חכים מציינים את שינויי הבהירות בין ה- 7 ל- 8 ביוני. בעקומה התחתונה, מתארים ההבדלים בין הבהירות שנצפתה לזו המחושבת.

<http://www.skypub.com/banson/prize.html>

וכן באתר מצפה הכוכבים נבעתיים.

## עוד ירחים של אסטרואידים

מאז הגילוי של ירח קטנטן, המקיף את האסטרואיד אידה (אסטרואיד מספר 243), על ידי החללית גילאו בשנת 1993, מתרבים האסטרואידים סביבם תגים ירחים קטנים.

בעוד האסטרואיד אידה מתגלה באמצעות צילום ישיר שנעשה מחללית, הרי שגילוי הירחים הנטפים נעשה בשיטה אחרת, האסטרואידים הם גופים קטנים, מרביתם אינם גדולים יותר מכמה ק"מ או עשרות ק"מ, וגילוי ירח סביבם, שקוטרו,

הקימה חטיבה לצורך הנושא המרוכזת במצפה הכוכבים נבעתיים. באמצעות הטלסקופ Meade LX200 בן 30 ס"מ המצוי במצפה ומצלמת CCD נסקרים השמים במטרה לגלות אסטרואידים בכלל ואסטרואידים קרובי ארץ בפרט.

האגודה הישראלית לאסטרונומיה שותפה למאמץ כלל עולמי שכבר הניב פרות - בשלחי יוני גילת האסטרונום החובב, רוי טאקר מטוקסון, אריזונה, אסטרואיד קרוב ארץ ממשפת האסטרואידים של אתנה, שרק 25 מהם ידועים. טאקר זכה בפרס של \$500 מקרן בנסון שחוקמה לצורך זה על ידי האגודה האסטרונומית האמריקאית. טאקר השתמש בטלסקופ בקוטר 35 ס"מ ומצלמת CCD ביתית.

למעוניינים לקבל פרטים על קרן בנסון, ניתנת כתובת האתר:

כל כוכבי אור, כרך 24 גליון 4

בהכרת, קטן יותר, היא משימה קשה ביותר.

בשנת 1994, נצפה האסטרואיד 1994 AW1 כשהוא חולף סמוך לכדור-הארץ. קוטרו של האסטרואיד הוא קילומטר אחד בלבד. בתצפיות רצופות שנעשו על האסטרואיד נתגלה זמן מחזור של 2.5 שעות. זמן המחזור נתגלה על ידי שינוי מחזורי של עוצמת האור של האסטרואיד. והנה, נתגלה, כי קיימת ירידה מסוימת בעוצמת האור של האסטרואיד אחת לכל 11.2 שעות. הירידה הקלה בעוצמת האור של האסטרואיד הוסברה כליקוי הנגרם כל אימת שירח קטן, הסובב סביב האסטרואיד, מסתיר אותו מעינינו.

בשלהי 1996 נצפה האסטרואיד 1991 VH כשהוא חולף קרוב לכדור-הארץ. גם אסטרואיד זה, שממדיו דומים לאלה של 1994 AW1, נתגלה שינוי מחזורי בעקומת האור, כל 2.6 שעות. גם לשינוי המחזורי, המוסבר כסיבוב האסטרואיד סביב צירו, נתוסף ליקוי מזערי של עוצמת האור כל 33 שעות. הליקוי נגרם, כנראה, על ידי גוף שקוטרו כשליש מקוטר האסטרואיד.

הגילוי השלישי והאחרון, שנעשה בשיטה זו, הייתה של האסטרואיד מספר 3671 - דיוניסוס. אסטרואיד זה, שגם הוא בעל קוטר של קילומטר אחד בלבד, מתקרב לכדור-הארץ תוך כדי תנועתו סביב השמש. גם דיוניסוס, שמשלים הקפה אחת סביב צירו אחת ל-2.7 שעות, עובדה המשתקפת בשינויים מחזוריים בעוצמת האור שלו, לוקה באורו. הליקויים הם במחזוריות של 28 שעות ומוסברים על ידי לוויין קטן, הסובב סביב האסטרואיד.

ייתן, ומקורם של הירחים החגים סביב האסטרואידים הוא בהתנגשויות שעוברים האסטרואידים. במקרים מסוימים, כאשר ההתנגשויות אינם במהירות גבוהה, עשויים השברים שנוצרו בהתנגשות להמשיך ולחוג סביב האסטרואיד ממנו הם נוצרו.

## שקילה של גלקסיה ננסית

אחת התעלומות הגדולות ביותר בתחום האסטרופיזיקה והקוסמולוגיה היא תעלומת המסה החסרה. חקורים מנסים למצוא עדויות לקיומו של חומר אפל, חומר שאיננו ניתן לגילוי באמצעים המוכרים לנו אך הוא בעל מסה. קיומו של חומר כזה עשוי להסביר לנו, טוב יותר, את צורתו וטבעו של היקום בו אנו חיים.

הואיל ולא ניתן לצפות בחומר אפל, קיומו של החומר האפל ניתן לגילוי רק באופן עקיף; ניתן למדוד את השפעת המסה שלו על גופים גדולים כגון גלקסיות. לעומת זאת, מדידת המסה היאמיתית של גלקסיות היא בעייתית, כיוון שעל פי התנהגותן הדינמית, ניתן לשער שקיים חומר נוסף, 'אפל' מעבר לחומר הנראה בהן, לפיו אנו מחשבים את מסת הגלקסיה. מכאן, שיש למדוד במדויק המסה של גלקסיה כלשהי ולאחר מכן לחשוות את התוצאה עם המסה המשוערת של כלל החומר הנראה בגלקסיה. את החפץ, ניתן יהיה לייחס לחומר האפל.

שני חוקרים קנדיים, כריס פרטון, מהמועצה הלאומית הקנדית למחקר וקלוד קרינגן מאוניברסיטת מונטריאול, התמקדו בגלקסיה הננסית DDO154 בקבוצת שיערות ברניקה. קוטרה של DDO154 מוערך בכ-8000 שנות אור בלבד, פחות מעשירית מקוטר הלש שביל החלב. פרטון וקרינגן גילו כי סביב הגלקסיה מצויה הילה של גז מימן, שקוטרה 50000 שנות אור, פי 6 מקוטרה של הגלקסיה. מדידות של תנועת הגז סביב הגלקסיה הראו כי הוא נע לאט יותר, ככל שהוא מרוחק מגרעין הגלקסיה. על סמך מהירות התנועה של הגז סביב הגלקסיה ניתן לחשב את מסת הגלקסיה כולה. חישוב הראה שהגלקסיה מכילה, לפחות, 3 מיליארד

מסות שמש של חומר נראה. סכום זה נחשב גדול במונחים של גלקסיות ננסיות, אם כי יחסית לגלקסיות שביל החלב, שמסתה נאמדת ב-500 מיליארד מסות שמש, מסה זו היא זניחה. מסה כזו דרושה על מנת להחזיק את המימן סביב הגלקסיה כיוון שלא ניתן להסביר את תנועת הגז על סמך החומר הנראה בלבד.

## כיצד נוצרת ערפילית פלנטרית?

סילונות גז הנזרקים מוכוכבים הם עניין שכיח; סילונות גז נצפו כשהם נזרקים מוכוכבים גזועים כגון כוכבי נייטרונים או ממערכות שכנראה מכילות חורים שחורים. כמו כן, נראים סילונות של גז הנזרקים מוכוכבים צעירים מאוד ועוד.

אחד מהוכוכבים הגזועים, He 3 - 1475, אחד בקבוצת קשת הוא כוכב גזע - זהו כוכב בעל ליבה חמה וכחולה, שסביבו ניתן לצפות בבוהה קטנה של חומר - גז ואבק מולקולרי. כנראה שהוכוכב הוא בשלב הראשון של יצירת ערפילית פלנטרית סביבו.

ערפיליות פלנטריות הן השלה האחרון בחייהם של כוכבים קלים, כדוגמת השמש שלנו. בשלב זה משיל הכוכב מעצמו בוהה של גז ואבק, ההולכת ומתפשטת ומותירה אחריה ליבה חשופה. הליבה עתידה לסיים את חייה כגנם לבן קומפקטי וחם. כיוון ששלב הערפילית הפלנטרית נמשך כ-30 אלף שנים לכל היותר, 'הרף עין' בחיי כוכב,



He 3 - 1475 כפי שצולם ע"י טלסקופ החלל ע"ש האבל.

אסטרונומים העוסקים בהיווצרות מערכת השמש מבינים כיצד נוצרו כוכבי הלכת הענקיים, צדק ושבתאי. המודלים המקובלים מראים כי כוכבי הלכת הענקיים נוצרו באזור קר דיו, בו התגבשות המים לרסיסי קרח יצרה גופים גדולים דיים שהיו מסוגלים לספוח אליהם את המימן וההליום, הגזים המהווים את חלק הארי בהרכב של כוכבי-הלכת הענקיים (ראה מאמר בחוברת זו). תהליך זה היה אפשרי באזור מערכת השמש, שהיה מרוחק מהשמש הנוצרת במידה כזו, שכמות המימן וההליום הספיקה ליצור כוכבי-לכת ענקיים.

תהליך יצירת כוכבי-הלכת הענקיים חייב להיות מהיר, יחסית - השמש החדשה, הנוצרת במרכז המערכת, מתחילה לבעור והיא מעיפה את כל מה שנשאר מהענן השמשי המקיף אותה. כוכבי-הלכת הענקיים חייבים לסיים את תהליך ספיחת הגז בטרם השמש תעיף את כל הגז מסביבתה על ידי הקרינה שלה.

הדמיות מחשב שנעשו על ידי אלן בוס, ממכון קרני בושינגטון, הראו כי פרק הזמן הנדרש לכוכב לכת ענק, כדוגמת צדק או שבתאי, לאסוף את מסת הגז ממנה הוא מורכב, היא כמיליון שנים. אולם, גילוי של כוכבי לכת ענקיים, מחוץ למערכת השמש, שמתם גדולה פי עשר ממסת צדק, חייבת להיות מהירה יותר.

בהדמיית המחשב החדשה, מראה בוס כי תהליך יצירת כוכבי הלכת הענקיים נעשה בתהליך אחיד: במקום שני צעדים - יצירת גוש סלע-קרח בשלב ראשון, שספח אליו את הגז בשלב השני, מציע בוס שכוכב הלכת נוצר בשלב אחד של התגבשות הגז מענת הגז ממנה נוצרה מערכת השמש. תוך מספר מאות שנים נוצרים כיסים ענקיים של גז ואבק ובתוך 100,000 שנים, נוצר גרעין מוצק, קטן, במרכזם של אבות כוכבי הלכת, הממשיכים לגדול ולספוח גז ואבק.

אם מודל זה נכון, פירושו של דבר, שגרעיניהם של כוכבי הלכת הענקיים:

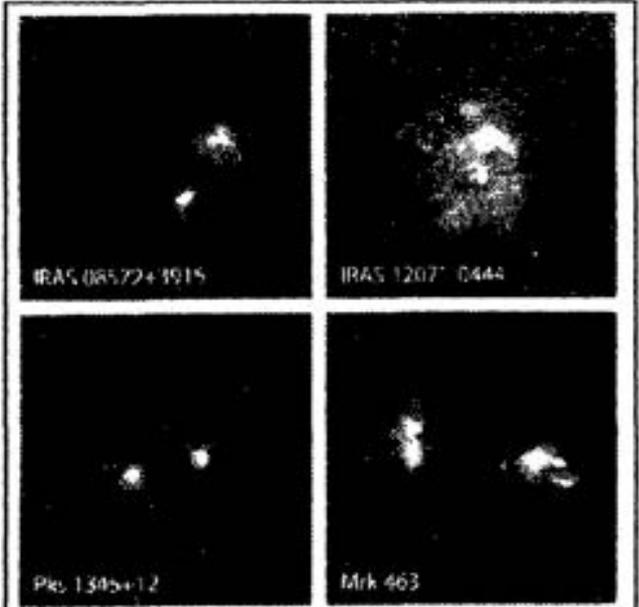
החומר נאסף והלחץ של החומר הממשיך להגיע מהכוכב, מעיף את החומר הנצבר בקצוות את החלל הבינכוכבי בצורה של סילון. התיאור המפורט מופיע ב-Astrophysical Journal של ה-10 ביוני.

### וכיצד נוצרים קוואזרים?

קוואזרים, אותם יצורים קוסמולוגיים המצויים במרחקים של מיליארדי שנות אור ופולטים קרינה בעוצמה השווה לקרינה של מאות ואפילו אלפי גלקסיות רגילות, עדיין מהווים מסתורין. מחקרים אחרונים מראים כי הקוואזרים הם ליבות פעילות של גלקסיות, המכילות חור שחור מסיבי. הספיחה של החומר הנופל אל החור השחור היא המנוע המספק את האנרגיה של הקוואזר. אולם, עדיין נותרת שאלה פתוחה: כיצד נוצרים הקוואזרים ומה מביא ליצירת אותם חורים שחורים ענקיים במרכזם?

צילומים באור נראה שנעשו באמצעות טלסקופ החלל עייש האבל עשויות לשפוך אור על התעלומה. טלסקופ החלל כוון לעברן של גלקסיות על-מאירות בתחום התת-אדום (ULIG's). מרביתן של הגלקסיות האלו, שבספקטרום שלהם נראים מאפיינים הדומים לאלו של קוואזרים, הן גלקסיות מתמזגות, קרי: שבמרכזן יש שני גרעינים של שתי גלקסיות שונות, העתידים להתמזג זה עם זה לגרעין אחד. יתכן והגלקסיות מסוג ULIG's הן שלב אחד לפני הפיכתן לקוואזרים.

### כיצד נוצרים כוכבי-הלכת הענקיים?

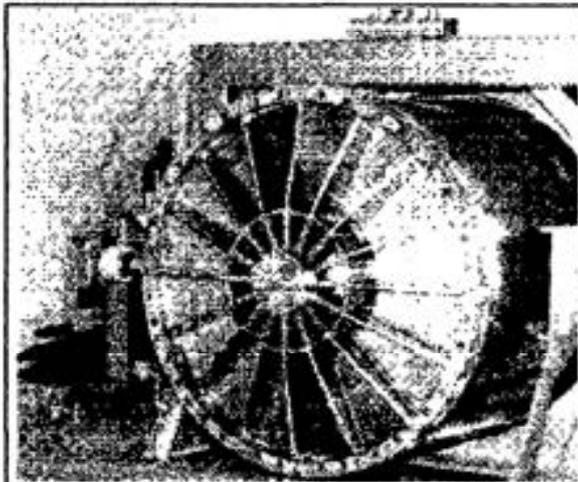


ארבע גלקסיות על בהירות תת-אדומות, כפי שצולמו ע"י טלסקופ החלל עייש האבל. במרכז כולן ניתן להבחין בצמד גלקסיות המצויות במצב אינטראקטיבי.

קשה מאוד לצפות בשלבים הראשונים של יצירת הערפילית.

לפיכך, צילומים שנבצעו באמצעות המצלמה רחבת הזווית והמצלמה הפלנטרית המוצבות על טלסקופ החלל עייש האבל, עשויים לשפוך אור חדש על היווצרות ערפיליות פלנטריות. הכוכב He 3 - 1475 החל לחמם וליינן את כועת הגז המתפשטת סביבו רק במשך 15 השנים האחרונות. התצפיות נעשו באמצעות המערך הגדול מאוד של טלסקופי רדיו. אולם, בעיון בצילומים שנעשו באמצעות טלסקופ החלל עייש האבל, נראים שני סילונות גז המפשטים לשני כיוונים נגדיים מהכוכב. ברם, החוקרים שהזמינו את התצפית: קזימירץ בורקובסקי, מאוניברסיטת צפון קרלינה ועמיתיו, הבחינו כי לסילונות צורה של קונס, שבסיסו, הקרוב לכוכב, הוא רחב ואילו קצהו צר. אורכם של סילונות הגז הוא כ-70 יחידות אסטרונומיות לכל כיוון.

על פי בורקובסקי, הכוכב משיל ומעיף חומר לכל הכיוונים, אלא שפעולת הגומלין עם התנוך הבינכוכבי מתעלת את החומר הנזרק אל תוך תעלות שצורתן קונית. בקצה של כל קונות



המקפת Mars Global Surveyor בשלב בדיקה אחרונים לפני שיגורה לעבר המאדים.

אין להן פתרון מספק, פתרון שיתאפשר רק באמצעות תצפיות ממושכות. קסיני תיסוב סביב שבתאי במשך 4 שנים ותשלים, תוך כדי כך, 23 הקפות מלאות סביבו.

על גבי הקסיני מורכבת טרמפיסטית - זוהי הגישושת הויגנס. הויגנס מכונה על שמו של האסטרונום, כריסטיאן הויגנס, בן המאה ה-17 אף הוא, שגילה את טיטאן, ירחו הגדול של שבתאי, בשנת 1655. הויגנס עתידה לחזור אל תוך האטמוספירה הסמיכה של טיטאן וללמוד על הרכבה. קסיני תצנח אל קרקעית טיטאן במשך 3 שעות. מדענים רבים מאמינים כי הרכבה של אטמוספירת טיטאן עשוי לאפשר יצירת תרכובות אורגניות פשוטות ואולי אף תצורות חיים פרימיטיביות.

### כוכבי לכת בערפיליות פלנטריות?

ערפיליות פלנטריות, המוכרות למרבית חובבי האסטרונומיה, נקראו בשם זה (פלנטה - כוכב לכת בלועזית) על ידי וויליאם הרשל, האסטרונום האנגלי בן המאה ה-18 שגילה אותן,

הבודדים בשמיים שניתן להבחין בו כדיסקה גם מכדור-הארץ. את הכוכב ניתן לראות בחודשי החורף בתחילת הערב בכיוון דרום.

ביתאלג'וז הוא 'כוכב נמלטי'. הוא מתרחק במהירות של 60 ק"מ לשנייה מאזור החגורה של אוריון, אזור המאכלס כוכבים מסיביים צעירים, לצד ענני אבק וגז, שם נוצר ביתאלג'וז. בתנועתו בחלל אמור הכוכב ליצור גל הלם, כתוצאה מהמפגש בין הכוכב לחומר המצוי בתווך הבינכוכבי.

תמונות ארכיב שצולמו על ידי הלויין בחקר התת-אדום (IRAS), גילו אכן שבכיוון התנועה של הכוכב אכן נוצר גל הלם, שקוטרו כ-5 שנות אור. גל ההלם נוצר כתוצאה ממפגש של חומר הנזרק בכמויות גדולות מהכוכב עם החומר הבינכוכבי.

את התמונות גילה צוות מאוניברסיטת קלטק ברשותו של אלברטו נוריגה קרספו.

### קסיני לשבתאי

ב-14 לאוקטובר, שוגרה המקפת קסיני לעברו של כוכב הלכת שבתאי. המסע אל שבתאי יארך 7 שנים ויסתיים, עם הגעתה של קסיני לשבתאי, בחודש יולי 2004.

קסיני, הנקראת על קסיני, בן המאה ה-17, שעל שמו נקרא הרווח הגדול בין טבעות שבתאי, עתידה להקיף את כוכב הלכת וללמוד על מבנה האטמוספירה שלו, הטבעות, המגנטוספירה ומבנהו הכללי בפרט רב. אמנם, שבתאי זכה לביקורן של שתי חלליות הוויג'ר לפני כשני עשורים, אך המידע, רב הערך, טאסף תוך כדי יעף של שתי החלליות המוצלחות סמוך לשבתאי. לעומתן, קסיני תכנס למסלול סביב שבתאי, שיאפשר לימוד של תופעות שעד כה

צדק ושבתאי, קטנים בכדי עשירית עד שליש מגודלם המוערך כיום.

### מקפת סביב המאדים

בעוד הדי המבצע של הפאת'פינדר, שנתת על המאדים ב-4 ביולי שנה זו (ראה מאמר בחוברת זו), דועכים, הגיעה אל המאדים המקפת למיפוי ומחקר כולל של המאדים (Mars Global Surveyor) ב-11 לספטמבר שנה זו.

המקפת נכנסה למסלול מוארך מאוד סביב המאדים, שבנקודה הקרובה ביותר שלו למאדים, יביא אותה למעבר מבעד לאטמוספירה העליונה של המאדים. החיכוך עם האטמוספירה יוריד את המקפת למסלול כמעט מעגלי בגובה של 400 ק"מ מהמאדים.

התמונות שתשדר המקפת יחיו בכושר הפרדה מדהים של 1.4 מטר ק"מ בלבד והיא תמפה את פני המאדים במשך שנת מאדים שלמה (687 יום).

### גלי הלם מביתאלג'וז

הכוכב האדום הענק בקבוצת אוריון, ביתאלג'וז (α באוריון), הוא על ענק



גל ההלם שיוצר ביתאלג'וז. הפס הישר מימין אינו קשור לכוכב.

אדום, אחד הכוכבים הבהירים ביותר הנראים בשמיים. מפאת קוטרו העצום, ביתאלג'וז הוא אחד הכוכבים

כל כוכבי אור, כך 24 גליון 4

כיוון שחן חזכירו לו, בצורתן וגודלן, כוכבי לכת.

כיום אנו יודעים כי הערפיליות חן שלב אחרון בחייו של כוכב קל, בטרם הוא חופך לעגס לבן. אולם, נעם סוקר, אסטרונום מאוניברסיטת חיפה ומכללת אורנים בטיבעון, מציע לחזיר את כוכבי הלכת אל הערפיליות הפלנטריות.

במאמר שחתרסם בגליון אוקטובר של יחזנסמות לזירנל האסטרופיסיקלי, מציע נעם סוקר כי מגוון הצורות המוארכות ומבנים קטנים שנצפים בקצותיהן של הערפיליות מקורם בגופים קטנים, הסובבים באיטיות סביב הכוכב הנוע.

גופים אלו עשויים להיות כוכבי לכת ענקיים, בסדר גודל של שבתאי או צדק, או ננסים חומים, שכוחות הכבידה שלהם גורמים למעטפת הכוכב, המועפת בשלב הערפילית הפלנטרית, לחיורק בכיוון מועדף, חגור מכיוון הסיבוב של כוכבי הלכת סביב הכוכב. כוכבי הלכת צריכים להימצא במרחק של כעשר יחידות אסטרונומיות לפחות מהכוכב, אחרת הם יבלעו על ידו בשלב התנפחונו לענק אדום.

לצורך המחקר, חקר נעם סוקר את צורתן של 458 ערפיליות פלנטריות. רק 10% מכך הן בעלות צורה כדורית. כשליש מהן הן זו קוטביות. האחרונות, לטענתו של סוקר, הן ערפיליות פלנטריות שבמרכזן מצוי, בנוסף לכוכב הנוע, גם כוכב נוסף הסובב אותו. היתרה, כמתצית מכלל הערפיליות הפלנטריות, הן בעלות מבנה שניתן להסבירו בעזרתות של כוכבי לכת ענקיים או ננסים חומים.

### NGC 5084 - גלקסיה קניבלית?

הגלקסיה בעלת צורת העדשה, NGC 5084 בקבוצת בתולה, לא נחשדה, ממבט ראשון, כגלקסיה חריגה בגוף הגלקסיות בקבוצת בתולה. גלקסיות



NGC 5084 במרכז התמונה, כאשר סביבה, מסומנות בעיגולים, מצויות תגלקסיות חנגסיות חמקיפות אותה.

ננסיות וקטנות, שאתרע מזלן וכן נקלעו לשדה הכבידה שלה. גם שביל החלב שלנו אינה חפה מקניבלים מעין זה, ולפני כשנתיים נתגלה שחיא מכלה, בתאבון רב, גלקסיה ננסית המצויה בתחומי קבוצת קשת.

### יוג'ין שומאקר 1928-1997

יוג'ין שומאקר, אחד האסטרונומים הידועים בעולם, בעיקר הודות לפעולתו הברוכה בתחום כוכבי הלכת הזעירים וכוכבי השביט, נהרג בתאונת דרכים באוסטרליה, ב-18 ליולי השנה. אשתו ושותפתו לעבודה, קרולין, נפצעה באותה תאונת. יוג'ין שומאקר היה פעיל בתחום גילוי כוכבי

עדשה הן גלקסיות שמצויות, מבחינת מורפולוגית, בין גלקסיות ספירליות לגלקסיות אליפטיות; אין בהן ענני גז ואבק, בדומה לגלקסיות האליפטיות.

ממדידה של תנועתן של שמונה גלקסיות ננסיות, חמקיפות את הגלקסיה בתנועה אחורית (בכיוון המנוגד לכיוון הסיבוב של הגלקסיה עצמה סביב צירח), ניתן לאמוד את מסת הגלקסיה בכ-6 עד 10 טריליון מסות שמש (לשם השוואה, מסת שביל החלב היא כמתצית הטריליון מסות שמש 'בלבד'). מסה כזו, חופכת את NGC 5084 לגלקסיה חכבדה ביותר מבין גלקסיות העדשה והגלקסיות הספירליות.

ייתכן, והמסה הגדולה של NGC 5084 נובעת מיזלילתי יתר של גלקסיות

## כוכב לכת זעיר מעבר למסלולו של פלוטו?

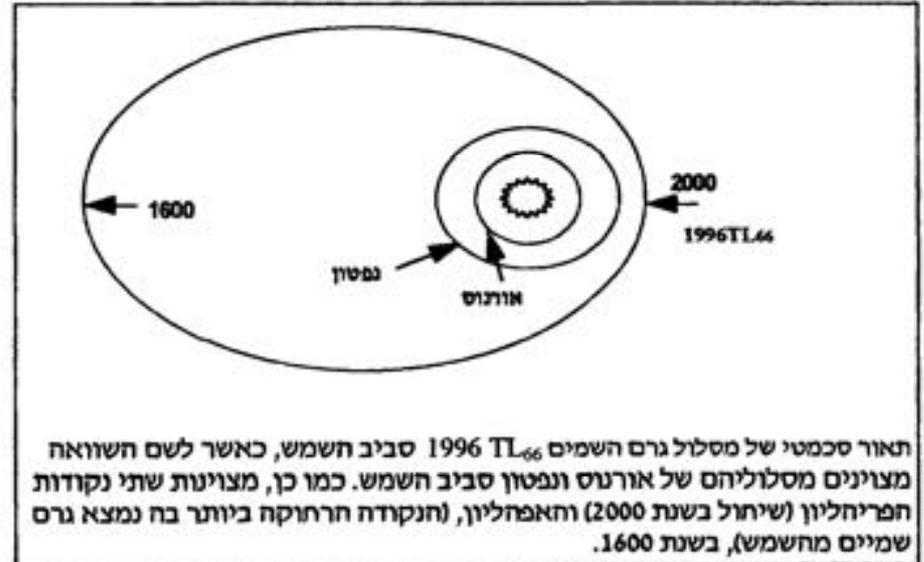
גוף גדול, בקוטר של כ- 500 ק"מ, נתגלה ב- 9 לאוקטובר 1996 על ידי גיין לו (אוניברסיטת הרוורד) מעמיתיה ושלושה מעמיתיה. הגוף נתגלה כשהוא משייט במרחק של 35.2 יחידות אסטרונומיות מחשמש - במקום בו נתגלו כמה עשרות גופים, קטנים יותר, החברים במה שמכונה - תגורת קויפר (ראה מאמרה של מיה בוסטן בנושא שביטים, חוברת כל כוכבי אור, כרך 24 גליון 3).

קוטרו של הגוף, שמכונה 1996 TL<sub>66</sub> הוא הגדול בין כל הגופים - כנראה שביטים ענקיים, המשייטים לחם באזור המצוי בין מסלוליהם של נפטון ופלוטו, למעט פלוטו עצמו וירחו כארון, הגדולים יותר.

לאחר כמה חודשים של תצפיות, התברר כי צורת מסלולו של התושב החדש של תגורת קויפר שונה מאוד ממסלוליהם המעוגלים של יתר השוכנים בתגורת קויפר. מסלולו של 1996 TL<sub>66</sub> מוארך ביותר, והוא מתווה אליפסה מוארכת מאוד, שמחצית צירה הארוך היא באורך של 84 יחידות אסטרונומיות. פרק הזמן המוערך, הנדרש ל- 1996 TL<sub>66</sub> להשלים הקפה אחת סביב השמש הוא למעלה מ- 500 שנים. ישנו רק גוף אחד, 1996 RQ<sub>20</sub> שמקיף את השמש במסלול מוארך (מרחק ממוצע של 47 יחידות אסטרונומיות). לפיכך, סבורים החוקרים כי מעבר למסלולו של פלוטו מצויה עננה גדולה של גופים שקוטרם הוא מאות ק"מ כל אחד, המקיפים את השמש במסלולים אליפטיים

מכדור הארץ. שני הכוכבים הם כוכבים דמויי שמש, המקיפים זה את זה במסלול מוארך. המרחק הקצר ביותר בין שני הכוכבים הוא 11 יחידות אסטרונומיות (בערך כמרחקו של שבתאי מחשמש) ואילו המרחק

שביט. כוכב השביט המפורסם ביותר שנקרא על שמו הוא כוכב השביט שומאקר-לוי 9, שחורסק על פני כוכב הלכת הענק צדק בחודש יולי 1994. חתריסקותו של שומקר-לוי 9 איששה את אזחרתו של שומקר בדבר גופים



הגדול ביותר ביניהם הוא 36 יחידות אסטרונומיות, כמעט כמו מרחקו של פלוטו מחשמש. במאמר שפורסם בגליון אפריל של Astronomical Journal הראו שני החוקרים את מרחב המחיה של כוכב לכת אפשרי במערכת.

ויגרט והולמן הראו כי כוכב לכת עשוי לשרוד במערכת הכפולה, אם הוא יקיף אחד מהם במרחק שאינו עולה על 3 עד 4 יחידות אסטרונומיות. שני החוקרים גם הראו כי כוכב לכת עשוי לחקיף את שני הכוכבים יחדיו אם הוא ימצא לפחות במרחק של 70 יחידות אסטרונומיות ממרכז המערכת. כמוכך, שבכל מקרה - האפשרות הקרובה או האפשרות הרחוקה, מוציאה את כוכב הלכת מהתחום שבו עשויים להתאפשר תנאים ליצירת חיים.

עד כה, לא נתגלה כל כוכב לכת במערכת של  $\alpha$  קנטאורי, אך ויגרט והולמן מקווים שמחקרם יאפשר לאסטרונומים תצפיתנים למקד את חיפשיהם בחצר השכנה.

קטנים המשוטטים בחלל הבינפלנטרי וחלקם מהווה איום אף על כדור הארץ. פעילותו הנמרצת של שומקר בתחום כוכבי הלכת הזעירים הביאה לפריחה של נושא ה- NEO's בעולם וגם בישראל.

## האם נתגלה כוכב לכת סביב $\alpha$ קנטאורי?

גילוי כוכבי לכת סביב כוכבים אחרים הפך לספורט מצליח למדי בעשור האחרון. רשימת מערכות השמש המצויות מחוץ למערכת השמש שלנו חולכת וגדלה. אולם, מסתבר שהחוקרים מתפשים בשדות רחוקים. שני אסטרונומים, פול ויגרט, מאוניברסיטת יורק ומאט הולמן מאוניברסיטת טורונטו טוענים שגילוי כוכב לכת סביב הכוכב הכפול  $\alpha$  קנטאורי, המערכת הקרובה ביותר לשמש (למעט הכוכב פרוקסימה קנטאורי, שכנראה מקיף במסלול מרוחק את הצמד).

המערכת של  $\alpha$  קנטאורי מצויה במרחק של 4.4 יחידות אסטרונומיות

( החדשות והאיוזים לקטו מתוך: גליונות Sky & Telescope, גליונות אונטו - דצמבר, Nature וכן אוסף ידיעות היוזים מאתרי אינטרנט.)

## חומר געשי ברצועת האסטרואידים

חיים נוזר



מתוך חישובים שונים התברר שתומר געשי יכול להגיע לבתים כאלה במהירות שבין 3600 - 108 קמ"ש. אלה התפרצויות רבות עוצמה ואלימות במיוחד שלא נצפו על כדור הארץ.

גם אם גובה ההתפרצויות הגעשיות של האסטרואידים הגדולים הוא קילומטרים ספורים, יכול להיות, שבשל כוח המשיכה הנמוך שלהם תלק מתחומר הנפלט יתגבר על כוח המשיכה שלהם. חומר זה ילכד על ידי כוח המשיכה של השמש ויכנס למסלול סביבה בתוך רצועות האסטרואידים. באם הנחות אלה נכונות, הרי שבנוסף למגוון האסטרואידים וגדליהם השונים, מקיפים את השמש בתוך תוך זה גם גושי בזלת.

תופעה מוכרת מחתפרצויות געשיות, היא גזים שונים הנפליטים מחלבה הזורמת במהלך התקרשותה לתוך האסטמוספירה.

שלאסטרואידים אין אטמוספירות, הרי שגזים אלה נפליטים לחלל ותוצא נוסף על כן הרי הגעש האסטרואידים הוא ענני גז הבאים מ"בטן האדמה" של אסטרואידים אלה המקיפים את השמש גם כן בתוך המרחב האסטרואידי.

גושי בזלת אלה בחלקם ישארו במרחב האסטרואידי ובחלקם יחלפו ליד אסטרואידים שונים גם הקטנים שבהם ובשל כוח המשיכה שלהם, הגם שהוא קטן מאוד, ימשכו על ידיהם ו"ינחתי" על פניהם. לא יחיה זה מפליא אם על פני אסטרואידים אלה ימצאו בעתיד שכבות של בזלת או אבן בזלת שאינם שייכים לחם מבחינה כימית ואו מינרלוגית.

לסיכום, נוכחותו של מינחל הפירוקסן על פניו של ווסטה, מעלה אפשרות לתופעה אסטרונגיאולוגית שלא חיתנה מוכרת עד כה שכדאי לתת עליה את הדעת.

האסטרואידים הגדולים ווסטה הוא בעל הצפיפות הגבוהה ביותר - 2.9 גרם לסמ"ק - בחתשוב במימדים חקטנים - קוטר 538 ק"מ.

אפשר לקבל בהנחה סבירה שבגרעיניו של ווסטה יש ברזל<sup>2</sup>. מכיוון שפירוקסן נוצר על פני כדור הארץ גם במעמקי האדמה. אפשר לקבל בהנחה יותר מסבירה שתהליך זה אכן מתרחש גם בווסטה.

מימדיהם של שאר האסטרואידים הגדולים - קרס, יונו ופלס - מבחינת סדרי גודל וצפיפות, הם באותה קבוצה יחד עם ווסטה. מנתון זה אפשר לגזור מסקנה נוספת והיא כי קיימת סבירות שגם על פניהם התרחשו בעבר התפרצויות געשיות, ואולי גם כיום, וכי גם בהם קיימת נוכחות מסיבית של פירוקסן.

מתחצלומים ששודרו ארצה על ידי חלליות ה-Voyager מאיו, ירחו של צדק התברר שההתפרצויות הגעשיות מתנשאות לבתים שבין 280-70 ק"מ.

1 מור חיים - "האסטרואיד קרס מבט ראשוני חשואתי" כל כוכבי אור 31993, ע"מ 7

**ב** מסך 4 ימים בין התאריכים 1.12.1994 - 28.11.1994 כוון טלסקופ האבל לעבר האסטרואיד ווסטה ולראשונה הצליחו לצלם אותו בצורה סדירה. בתוצה סדרה של 24 צילומים שהראתה את פניו לכל אורך היממה שלו בת 5.34 שעות.

זאת למעשה פעם ראשונה שאסטרואיד מצולם באמצעות טלסקופ. הגם שחרוזולציה היא נמוכה - 80 ק"מ. אפשר לקבל מושג ראשוני לגבי פני השטח של אסטרואיד זה. שכללים עתידיים של טלסקופ חלל ואו פיתוח טלסקופים רבי עוצמה גדולה יותר יאפשרו הבחנה בפרטים קטנים יותר.

על פני השטח אובחנו זרמי לבח גדולים שנקרשו תצורת זרימתה של הלבה דומה לזו שנמצאת על כדור הארץ והירה. כן נמצאו אגני התנגשות מטאורית. בדיקות ספקטרוסקופיות אישרו ממצאים מלפני מספר שנים קודם לכן, כי על פני השטח נמצא מינרל הפירוקסן. זהו מינרל הנמצא בשכיחות גדולה בסלעים מגמתיים ובסלעים פלוטוניים. סלע פלוטוני הוא סלע הנתגבש עמוק באדמה. נוסחת הפירוקסן היא  $(Mg,Fe)_2[Si_2T_6]$ . מבין

# אסטרונומיה בימי קדם.

מנחם בן עזרא - מצפה הכוכבים גבעתיים



אנו בני המאה העשרים נוטים לזלזל בידע האסטרונומי של העת העתיקה, אנו נוטים לראות את המאה שלנו כמאה בעלת תזוון מדעי, מחשוב, טכנולוגיה מתקדמת ומכשור מדעי המתחדש חדשות לבקרים.

תפיסה זו גורמת לנו להתייחס בהתנשאות מה אל אסטרונומים בימי קדם ואל תגליותיהם בחפזרה: לא היה להם מחשב או ידע אסטרונומי מספיק, הם היו ברברים פרימיטיביים, איך הם יכלו לחשב חישובים מסובכים ועוד... אנו המאה שעומדת בסימן המפץ הגדול, קוואזרים, חורים שחורים ועוד...

נופתע לגלות עם כמה התרבויות העתיקות שלטו במדע האסטרונומיה. במדור זה אקדיש בכל פעם את המדור לאסטרונום אשר טבע את חותמו על המדע היווני ועל המדע בפרט וכמו בכל סיפור בלשי הפיתולים השונים שעבר הידע יסבירו רבות לאן נעלם ידע זה בימי חביניים ורק בתקופת הרנסנס התגלה מחדש.

נתחיל את מסענו במאה השישית לפנה"ס כאשר תאלס ממילטוס (נולד 640 לפנה"ס במילטוס באסיה הקטנה ונפטר במילטוס בשנת 560 לפנה"ס). תאלס היה היווני הראשון אשר הניח את חמשת ההנחות הגיאומטריות הנפרדות ובכך יצר את הקשר שיעבור כחוט השני בין האסטרונומיה היוונית ובין הגיאומטריה, באותה תקופה הגיאומטריה מוכרת במצריים אולם היא ללא חוקים ובעיקר חוקים

גיאומטריים המתבססים על כללי אצבע מאשר הנחות לגיות.

ראוי לציין כי באותה תקופה היה ידוע מתווך של 18 שנה של ליקויי ירח, אולם מחזור של ליקויי חמה לא היה ידוע באותה תקופה הואיל וליקויי חמה היו קשים יותר לצפייה משום שהתרחשותם היתה



תאלס מפילטוס

במקומות שונים ברחבי כדח"א.

תאלס ניבא את ליקוי החמה של 585 לפנה"ס בחתבסו על הידע שבאותה תקופה היה סיכוי טוב לליקוי חמה. כבר החיסטוריון הרודוטוס משאיר לדורות העתיד קטע בכתביו העוסק בניבוי של תאלס:

"...והיום הפך לפתע ללילה. האירוע שנבא ע"י תאלס ממילטוס, אשר הזחיר את האינדיאנס ממנו וסיפק

מידע זה לחם בשנה בה חתרהש חליקוי, המדאים והלידאים כאשר צפו בשינוי, נתקפו בחרדה והפסיקו לחלחם, ובמהרה חתמו על הסכם שלום".

תאלס ידוע בעיקר על חמשת ההנחות שלו בגיאומטריה הבסיסית והן:

I - מעגל נחצה ע"י קוטר כלשהוא.

II - זוויות תבסיס במשולש שווה שוקיים הן שוות.

III - הזוויות בין ישרים הנחתכים שוות.

IV - משולשים הינם חופפים אם שתי הזוויות וצלע אחת חופפות גם כן.

V - הזוויות שבין מרכז המעגל לבין קצותיו של מיתר, החוצה מיתר שאורכו רבע מקוטר המעגל, היא זווית ישרה.

אולם כמו בשאר הסיפורים לא הכל נכון....

תאלס האמין כי כדור-הארץ צף על פני המים וכל הדברים החיים מקורם מהים (כיום אנו יודעים כי מבחינה של הכרונולוגיה האבולוציונית התיאור הוא נכון...). בשבילו הארץ היתה דיסקה שטוחה הצפה על פני אוקיינוס אין סופי.

מקורות : קבוצות דיון באסטרונומיה וכן אתר חבית של WOLFGANG DICK

## כוכבי הלכת הגזיים



אסנת יסקי - רמת-השרון

מראה כיצד עקומת ההרכב השמשי משתנה כאשר נעשית הקצבה להתפשטות של רדיוס הרוחב בגלל סיבוב הכוכב.

נהוג לחשוב שכל שכוכבי הלכת הופכים להיות יותר מסיביים, הם אמורים לגדול באופן משמעותי. אבל, כמו שאיור 3 מראה, הגידול בגודל יחד עם המסה הוא למעשה איטי למדי בשביל עצמים עצומים כמו הכוכבים הענקיים. התנהגות זה נובעת מדחיסות גדולה הפועלת בתוך פנים כוכבי לכת אלו. לחצים בליבות שלהם, בעודף של 10

מיליון בר<sup>1</sup>, גורם למבנה האטומי והמולקולרי של החומר להישבר ולעקומת הדחיסות "להתרכך". כך, ככל שיותר חומר מתווסף לכוכב גדול, הפנים שלו מתחיל להתמוטט במקצת ברמה האטומית ורדיוסו גדל יותר ויותר לאט. בסופו של דבר הרדיוס קטן כשהמסה גדלה, כל כך שמתקיים רדיוס מקסימלי לגוף קר בעל הרכב נתון. לעצם בעל הרכב שמשי, מקסימום זה הוא בערך 80,000 ק"מ, ניתן להגיע אליו במסה הגדולה פי 3 מהמסה של צדק. השמש עוברת את מקסימום רדיוס זה פי 9 ומסתה פי 1,000 מהמסה של צדק. אבל

<sup>1</sup> בר - לחץ של האטמוספירה על פני כדור הארץ בגובה פני הים.

שבתוך ערפילית קרה הם נדחסים למצבם המוצק. כפי שאיור 2 מראה, כשחס נלקחים יחדיו חס שולטים על 2 אחוז מריכוז החומר ממנו הכוכבים הגזיים יכולים להיווצר בהתחלה. אפשרי שחלק ממולקולות אלו מתקיימות כמוצקים וחלק כגזים באזור הכוכב הקר. בהתחלה, מעט פחמן יכול להימצא בפחמן חד-חמצני (CO) ובפחמן דו-חמצני (CO<sub>2</sub>) מאשר במתן. רוב שארית החומר הבונה את הכוכב, ה"סלעי" המתכתי והסיליקוני ממנו נוצרו הכוכבים המוצקים, מייצג רק כרבע מריכוז החומר של הערפילית.

את השערות אלו על נפח ההרכב ניתן לאמת על ידי השוואת הרדיוסים של הכוכבים הענקיים עם המסה שלהם. שתי העקומות התחתונות באיור 3, של מגזיזים וברזל טהורים, דומות לעקומות שיישמו לכוכבי לכת בעלי הרכב דומה לזה של כדור-הארץ אבל בעלי מסה דומה לזה של כוכבי לכת גזיים.

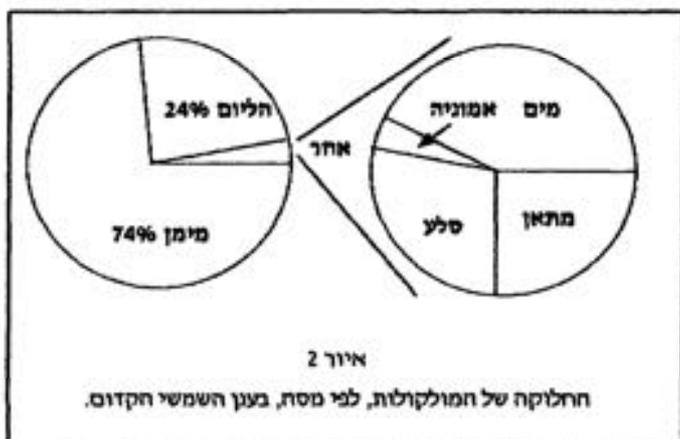
כוכבים ענקיים ומוצקים אלו יחיו יותר קטנים מהענקים הגזיים האמיתיים. החלק העליון של האיור

**ה** כוכבים הענקיים שונים מכדור-הארץ במבנה הכימי שלהם. לשם התחלה, נתחשב בהרכב הממוצע של מערכת השמש לא כמו שהוא היום, אלא כמו היה כשמערכת השמש התחילה להיווצר, לפני שהתגובה הגרעינית התחילה בגרעין השמש. כמו כן מערכת שמש זו תהיה בטמפרטורה בין 100 קלווין ל-200 קלווין, כמו הטמפרטורה הקרה ששררה בחלק החיצוני של מערכת השמש, היכן שנוצרו הכוכבים הענקיים.

### יחסים של סלע-קרח

בחתשוב בנסיבות אלו, זוגות אטומי מימן התחברו ליצור מולקולות של גז, בעוד אלקטרונים ופרוטונים מיוננים של מימן קיימים ברוב הפנים של השמש, בה שוררת טמפרטורה של מיליוני מעלות. אחרי מימן, המרכיב השופע השני הוא הליום, הנמצא במבנה אטומי כמו של גז אצילי. (כך גם גזים אצילים אחרים כמו ניאון וקריפטון, אבל בכמויות קטנות ביותר בכדי לתרום באופן משמעותי למסה הכוללת). מספרית, ערפילית הגז הקרה מכילה כשש מולקולות מימן עבור כל אטום הליום, על פי מסה, שני יסודות אלו תורמים 74 ו-24 אחוז, בהתאם. כך, מימן והליום מסתכמים יחדיו לקצת יותר מ-98 אחוז מהמסה של גז ראשיתי זה (איור 2).

יסודות אחרים קיימים, כגון פחמן, חנקן וחמצן. בגלל הטמפרטורה הנמוכה, שלושת אטומים אלו מתחברים ללא קושי יחד עם המימן הזמין ויוצרים מתן (CH<sub>4</sub>), אמוניה (NH<sub>3</sub>) ומים (H<sub>2</sub>O) בהתאם. אלו נקראים "קרח", בגלל



כל כוכבי אור, כך 24 גליון 3

היחסים הקובעים את הרדיוס אינם מתקיימים לגבי חשמש מכיוון שהוא גוף גזי חם הנפוח בעיקר בגלל חפנים החם ביותר שלו.

**מבנה אופייני**

יחסי רדיוס-מסה יכולים לתת רמזים חשובים על נפח החרב של הכוכבים הענקיים, אבל לא ניתן ללמוד מחם האם ליבות דחוסות קיימות וחם לא חושפים מידע מפורט על פנים הכוכבים. מידע זה מגיע מחדר בח עולמות אלו מאיצים ירחים טבעיים ומלאכותיים בסביבתם. מנקודת מבט כובדית, כוכב כדורי יפעל כאילו כל מסתו מتركזת בנקודה אחת, מרכזית. במקרה זה התנועה של ירחים או מעבורות חלל קרובים וצפיית לחוקי קפלר. אבל בכדי לחיות כדוריים לחלוטין (איור 4), כוכב מנע מלחטובב חפנים שלו חייב להיות במצב של שיווי משקל הידרוסטטי, כאשר כל הכוחות והלחצים נמצאים בשיוויון. ברע שחוכב מתחיל לחטובב, צורתו וצורת הפוטנציאל הכובדי הצינוני שלו, או שדה, מעוותים את צורתם ונחיים אליפטיים (איור 4). אסטרונומים מבטאים את גידול האליפטיות בעך, J2, הנקרא מקדם הרמוני.

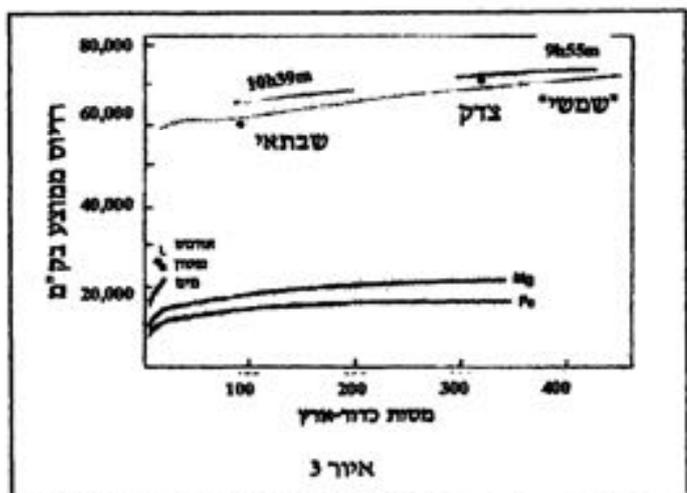
מכיוון שכל הכוכבים הענקיים מסתובבים במחירות רבה, יותר מחר מכדור-הארץ, חם אינם כדוריים באופן מוחלט. חפנים הנזלי שלהם מגיב לא קושי לכוח הצנטריפוגלי החזק המושפע על ידי הסיבוב, ויצר בליטות משוונות מבוססות וברורות למדי. גדל הבליטה, בחשוואח לגדל הסיבוב היוצר אותו, מעניק לנו חבנה מעמיקה לתוך החפנה של הציפיות בפנים הכוכב.

בתגובה בנוסף הבסיסית הסיבוב חפרות היצוניות בסדר גבוה יותר על צורת הכוכב והפוטנציאל הכובדי שלו, אשר קרוי J4, J6, וכך חלחה. עיוותי צורה אלו המתקדמים יותר בעדינות משקפים את החפנה של מסה וציפיות בשכבות הציפיות של

הכוכב, אבל חם יכולים רק לחתגלות ולחיימד על ידי "בדיקות כובדיות" קרוב מאוד לפני חשטה של הכוכב. הטיסות הקרובות שנעשו על ידי מעבורות החלל פיוניר וויאג'ר סיפקו מידע כזה.

ניתוח המרכיבים ההרמוניים של שדות הכבידה של הכוכבים הענקיים עזרו לנו לחבין את מערכות היחסים בין צפיפות ללחץ חפנים שלהם. אבל בכדי לפרש את מערכות יחסים אלו בצורה נאותה, צריכים לחבין את התנהגות של אחד מהמרכיבים-מימן, בצירופים שונים של טמפרטורה ולחץ (איור 5).

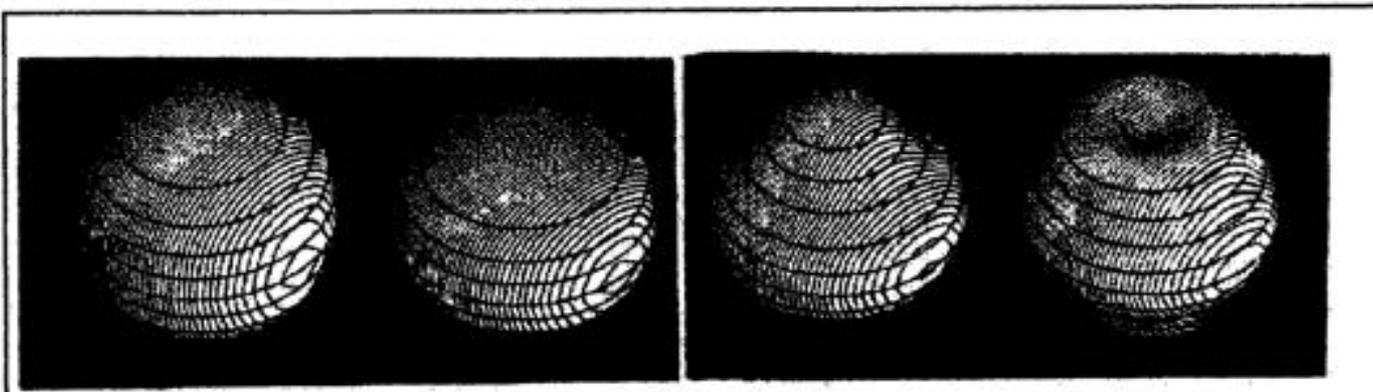
באזורים הנצפים של אטמוספירת הכוכב הענק, בלחץ של כ-1 בר, מימן מתחווה לנו מולקולרי בטמפרטורה בטווח של בין 76 קלווין (אורנס) ל-135 (שבתאי) ל-165 קלווין (צדק). תיאוריות ונצפיות מראות שעמוק יותר בפנים, היכן שחלחצים גבוהים, צפיפות וטמפרטורת הגז גדלים לפי החוק



איור 3

לדחיסות אדיאבטית (דחיסות של גז בלי הפסד או רווח של חום). עדיין עמוק, בלחצים העולים על 100,000 בר, הגז מתחיל להדמות לעזל חם. המעבר הדרגתי הוא בגלל שהטמפרטורות בכל מקום חם מעל הנקודה הקריטית של המימן ב-13 בר ו-33 קלווין. אם האטמוספירות של הכוכבים הענקיים היו קרים מ-33 קלווין, המעבר היה מובחן, עם שכבות עליונות גזיות מעל רמת לחץ של 13 בר ואלו שממתחת נוזליות.

בערך 20,000 ק"מ מתחת לחלק העליון של העננים של צדק, מימן נוזלי מגיע ללחץ בעודף של 4 מיליון בר ולטמפרטורה של כ-10,000 קלווין. בנקודה זו, לפי תחזיות תאורטיות, קשרים מולקולריים ואטומיים של מימן נעלמים בפתאומיות ויוצרים שלב חדש לגמרי: מימן מתכתי נוזלי. המימן המתכתי מורכב מפרוטונים ואלקטרונים מיוננים, כמו בפנים השמש, אבל טמפרטורת החומר עם



איור 4

עיוותים בצורה חסימית של כוכב לכת כתוצאה מחשפת גופים היצוניים חסובים סביבו

אטומי הליום נהיים כמעט בלתי מסיסים במימן מתכתי.

משערים, שחטמפרטורה להתחלת פירוד מימן-הליום זה קרובים לאלו בפנים שבתאי. אבל הישובים מדויקים קשים לזשגה, מפני שבעוד מימן מיון בפנים העמוק של צדק ושבטאי, הליום אינו כוח. מעלות גומלין בלחץ גבוה בין מימן מיון לחלוטין והליום גרעיני מובילות, על פי השערה, לשלב הפירוד. אבל ישנה עדיין חוסר ודאות האם אפשר ליישם מודל זה על פעולות גומלין אמיתיות בין מימן מיון והליום טבעי בפנים שבתאי. אם הפרדה אכן התרחשה בתוך שבתאי, החליום עלול היה להגר לליבת המימן המתכתי, שם יצר אזור פנימי עשיר בהליום.

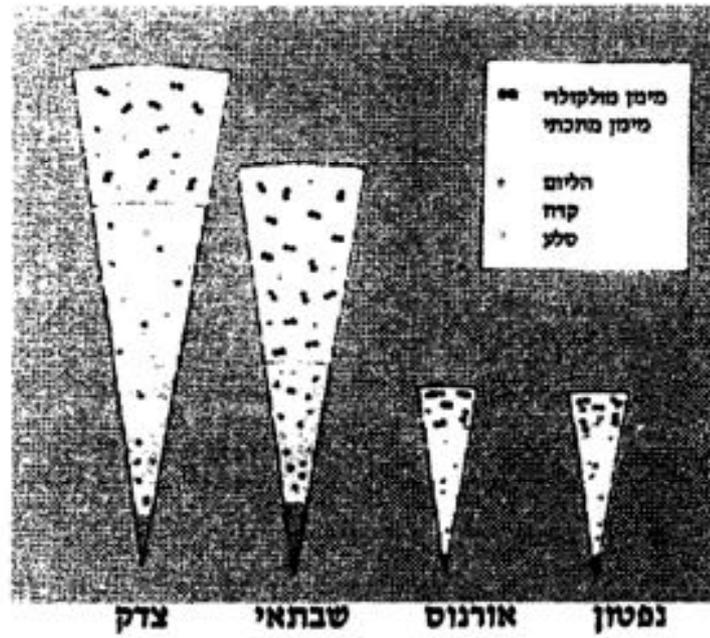


איור 5

אפשר ליצור חצלבת-מידע על ארבעת הכוכבים הענקיים (איור 6) מחידע שלט על עקומות דחיסות תאורטית (איור 3), ההרמוניה הכובדית של כוכבים אלו (איור 4) והשלב של מערכת היחסים של מימן (איור 5). נראה כי המעטפות העשירות במימן של צדק ושבטאי מכילות כמויות ניכרות של יסודות אחרים בנוסף להליום, יותר מאשר במקרה של הרכב שמשי בלבד. לצדק ליבה דחוסה פי 10 ל-15 יותר מחמסה של כדור-הארץ והיא בוודאי מורכבת מסלע ותערובות סלע-קרח. הטמפרטורה של החלק החיצוני של ליבת צדק היא 20,000 קלווין. הלחצים שם הם 42 מגה-בר ודחיסות מסת מימן-הליום היא  $4.3 \text{ g/cm}^3$ .

**תאוריית היווצרות**

הרבה היבטים של תהליך היווצרות כוכבים אינם ברורים אך תמונה נכחית החלה להיווצר. מכיוון שצדק ושבטאי מכילים כל כך הרבה מימן והליום, הם בוודאי נוצרו כשכל מערכת השמש הייתה עדין עטופה בגזים אלו. אסטרונומים אשר צופים במערכות כוכבים צעירות מעריכים כי מעטפת הגזים שלחם מתחילה להתפור לאתר כ-10 מיליון שנים. תמונה 10 מתארת את מערכת השמש הקדומה בנקודה זו. בגלל שמערכת השמש התנתקה מענן מסתובב התנע הזוויתי השטיח את המערכת המתכווצת ללוחית עגולה (דיסקה). בחלקים חקרים של חדיסקה, הרחק מהשמש הקדומה, החלקיקים

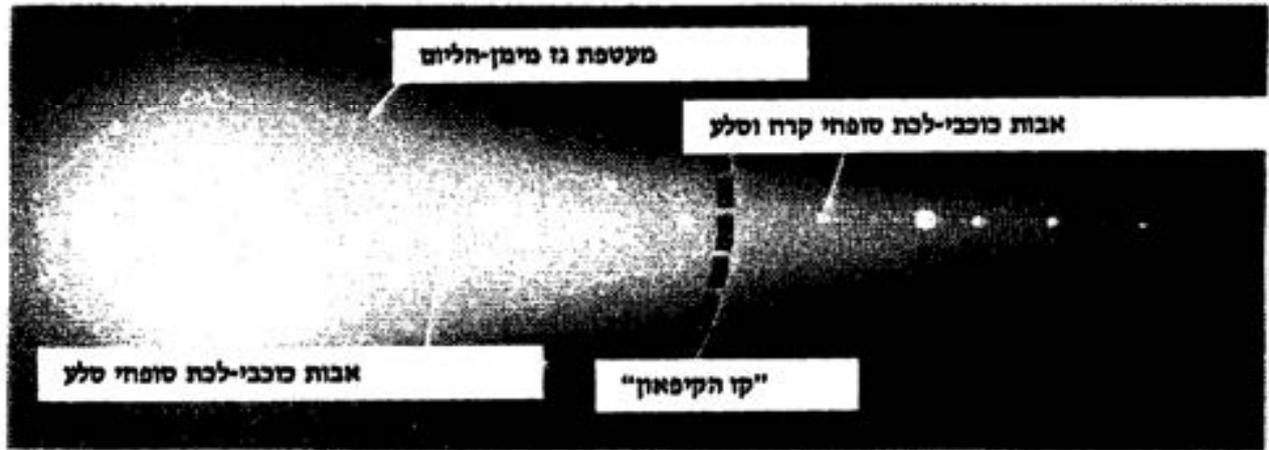


איור 6

חבדלים במבנה הפנימי של כוכבי הלכת הגזיים

נוכחות החליום מעידה על תהליכים פנימיים בכוכבים ענקיים, מכיוון שלא סביר שהוא נפרד מהמימן כשכוכבים אלו נוצרו. אף על פי כן, השפע של החליום באטמוספירות הכוכבים הענקיים אינו זהה ואינו שווה לערך השמשי. מעברות החלל וויאג'ר הישבה ששפע החליום באטמוספירת שבתאי קטן פי ארבע מחמצופה, בעוד החליום באטמוספירות צדק ואורנוס כמעט שווה לערך השמשי. לפני טיסות אלו, ניבאו שבטמפרטורות נמוכות מספיק

צפיפות נמוכה בצדק נמוכה פי 1,000 מהערך שחיה אמור להיות בתוך השמש. כך, המימן אינו מתנהג בכלל כמו גז, אלא יותר כמו מתכת מומסת. צורה יוצאת דופן זה של מימן, כמו מתכות אחרות, מוליכה חשמל ואטומה לאור. רוב הפנים של צדק נמצא במצב זה, אשר עד כה שוכן מעבר לגבולות הניסויים המעבדתיים בלחץ גבוה.



איור 7

השוני בין סוגי הלכת הפנימיים (הסלעיים) והחיצוניים (גזיים), מוסבר באופי ההתגבשות של כוכבי הלכת. באזור הקרוב לשמש, התגבשו רק גרעינים סלעיים, עקב התנדפות הגז. באזור החיצוני, הטמפרטורה הנמוכה אפשרה למים לקפוא וגושי הקרח גדלו במידה כזו, שיכלו לספוח גז. בגבול שבין שני האזורים מצויה תגורת האסטרואידים.

לוודאי, תהליך מוגדר היטב של שני שלבים. גופי קרח גדולים המשיכו לאט ספק להתנגש במעטפות גז של אב כוכב הלכת (protoplanet) אחרי שהם נמשכו יחד וכמות מסוימת של ערפיליות גז המשיכו, קרוב לוודאי, להסתובב במשך היווצרות גרעיני החיווצרות.

קיים גם קושי בהבנת התגובות הכימיות אשר התרחשו עמוק בפנים. תגובות אלו, אשר פעלו במשך תקופת מערכת השמש, היו יכולות לשנות את התרכובת האטמוספירית. לדוגמה עודף של הגז מתן אשר נצפה באטמוספירות של כוכבים עדיין אינו מוסבר באופן משביע רצון. מולקולות כמו של פחמן חד-חמצני ופחמן דו-חמצני נצפו בשכבות העליונות של אטמוספירת צדק אבל הם מאוד בלתי יציבות שם. לפי דגמים שפותחו על-ידי רון פריין ושותפיו (Beatty and Chaikin 1990), מולקולות אלו כפי הנראה נוצרו בשכבות עמוקות בהשפעה של טמפרטורות גבוהות ולחצים גבוהים ואז הם צפו למעלה בתהליך של הולכת חום לשכבות הנצפות. פרנסיס רי ומרווין רוסמשטרייס שגז מתן הוזנה באטמוספירות של כל ארבעת הכוכבים הענקיים, התפרק בטמפרטורות ובלחצים הנבונים הקיימים עמוק יותר והפיק גרעיני יחסים. אבל אם גרעינים אלו שקעו למרכז הכוכב צריך להיות איזשחו תהליך אשר ממלא מחדש את המתן במשך חיי הכוכב.

הארץ, הגז בסביבתו לא יכול היה להישאר יותר בתפוזות בערפיליות הקדומות של הדיסקה. במקום זאת, הגז נכנע לכוח הכבידה של הגרעין המסיבי והוא נשאב לתוכו (איור 11). מעטפות גזיות אלו היו צריכות להיות חמות בגלל התמוטטותן הפתאומית פנימה וכך יצרו מקור קירור (בשיטת המנגנון של קלווין-הלמהולץ) לצדק ושבתאי כפי שהם נצפים היום. שארית הסלעית של גרעיני החיווצרות יכולים היו ליצור את הליבה הצפופה של מרכזי כוכבים אלו.

רחוק יותר מוחשמש הצעירה, במסלול של אורטס ונפטון, המצב הפך להיות למרוץ בין הצטברות של גרעיני החיווצרות לבין התפזרות של ערפיליות גזיות. חלקיקים מוצקים היו יותר מפוזרים שם, פרק הזמן של המסלול יותר ארוך ולכן לקח יותר זמן להצטברות של גרעין בגודל משמעותי. כנראה הגרעינים הפסידו את המרוץ ומעט גז נשאר בזמן שאורטס ונפטון נוצרו.

עד כמה שתמונה זו נשמעת משכנעת יש פרטים רבים אשר עדין לא נלקחו בחשבון. חיווצרות כוכב ענק אינו, קרוב

המוצקים הסתדרו והתיישבו על משורר הדיסקה ויצרו חלקי כוכבי לכת ראשוניים (planetesimals). בתחום הקיפאון בטמפרטורה של 170 קלווין, לא הרחק מהמסלול העכשווי של צדק, החלקיקים המוצקים יכלו להיות יותר מסיביים בגלל שהם היו קרים מספיק לאחד את שפע מי הקרח בסביבתם. כמו-כן, בטמפרטורות נמוכות, מרכיבי קרח נוספים יכולים היו להתמוגג במוצקים.

על-פי הדגם של הירשי (Beatty and Chaikin 1990) מצינו על החיווצרות כוכבים גזיים, חלקי כוכבי לכת מחקר הצטברו לגרעינים שגרמו לחיווצרות כוכבים גזיים. ברצף שהגרעין גדל למסה שהיא פי 10 עד פי 20 מהמסה של כדור-



איור 8

תהליך ספיחת גז לליבת קרח

כמו מהמורכבויות של היחסים בין הכימיה של המולקולות אשר נצפו באטמוספירות של כוכבי ענק לבין הרכב הצפוי שלחם מתוארים באיור 9. כיום מאמינים שההרכב של כוכב ענק אינו אחיד בכל החלק הפנימי שלו, האטמוספירה, המעטפת והליבה הם באופן כללי דומים לקרום, למעט ולליבה של הכוכבים המוצקים והם שנו באופן דומה על-ידי תהליכים כימיים במשך הזמן הגיאולוגי.

לכוכבים.

כמו-כן קיים מקסימום רדיוס של עצמי מימן-הליום קרים, כתוצאה של ריכוך דחיסות המימן-הליום. איור 10 מתאר את ההתכווצות המחושבת ההיסטורית של סדרת ננסים חומים. עצמים בעלי מסה נמוכה בהתחלה מתכווצים במהירות ואז באיטיות מתקררים ומתכווצים במשך ביליוני שנים, בסופו של דבר מגיעים לרדיוסים

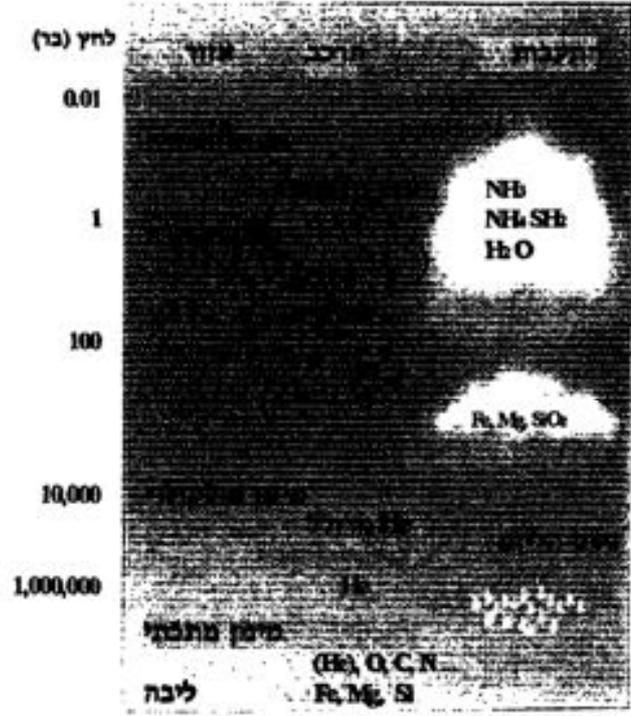
הקרובים מאוד לזו של צדק. ננסים חומים עצומים, אלו הקרובים לגבול התכת המימן, מתכווצים הרבה יותר לאט, אך בסופו של דבר מגיעים לרדיוסים הקטנים מזה של צדק.

ננסים חומים אינם קיימים במערכת השמש, אף על פי שצדק ושבתאי עלולים להיחשב כמשתייכים קטנים לקבוצה זו. כך אסטרונומים מחפשים באינטנסיביות באזור הגלקסיה שלנו בתוך של מספר שנות אור מהשמש בכדי לגלות את הקרובים הרחוקים והחמקמים של הכוכבים הענקיים של מערכת השמש על-ידי קרניים אינפרא-אדומות קלושות חנובעות מחוס המשתחרר בתהליך ההתכווצות האיטית, או מההשפעה הכובדית בין זוגות כוכבים. עד כה נגלו שמונה ננסים חומים כאלו, הראשון בשנת 1987 על ידי פרופ' צבי (אוניברסיטת תל-אביב) ודוד לניס (ארצות-הברית) וחיתר בשנתיים האחרונות. ננסים חומים מקיימים בערה מוגבלת של דאוטריום בליבתם וזהו מקור החום שלהם. תוצאות מחקרים אלו יספקו רמזים חשובים לגילוי התנאים הפיזיקליים הדרושים להיווצרות הכוכבים הענקיים.

(המאמר נכתב במסגרת עבודת בגרות שהגישה אוסנת יסקי, תלמידת בית הספר התיכון ע"ש יגאל אלון ברמת-השרון, בהנחיית יגאל סת-אל. חלקו השני של המאמר, שידון בכוכב הלכת צדק, יופיע בחוברת הבאה איורים עובדו מתוך The Cambridge atlas of New solar system astronomy וכן Cambridge university press גיבולוגיה מלאה תובא במאמר בחוברת הבאה).

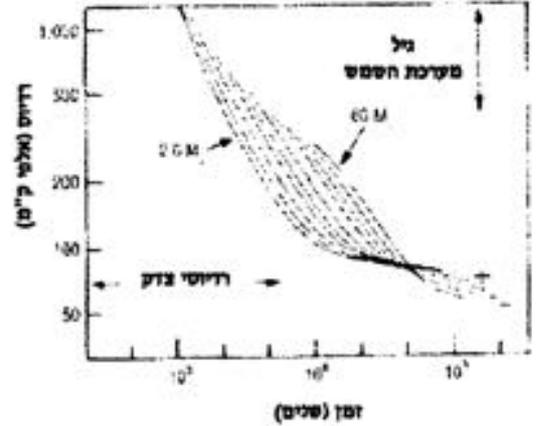
הרבה מתוסר הודאות הנוכחית צריך להעלם בעשור ובמאה הבאה. מעברות חלל הנמצאות עתה בתכנון או בניה ישוגרו ישירות לשכבות האטמוספירה החיצונית ויספקו פרטי הרכב ומאפיינים פיזיקליים אשר כרוג רק נוכל לנחש. מידע זה יהיה מפתח לחבנת ההיווצרות של פנים הכוכבים חללו. בינתיים, נערכים ניסויים בלחצים גבוהים בכדור-הארץ ויתכן ובסופו של דבר יצלחו ליצור מימן מתכתי ולספק מידע נוסף על חומרים קלים. כל זה יעזור לנו לקבוע כיצד הכוכבים הענקיים נוצרו ואיך הם השתנו במשך מיליארדי שנים מאז היווצרותם.

לבסוף, הרבה מעבר למערכת השמש נגלו בשש השנים האחרונות שמונה נציגים של עצמים תת כוכביים או "על כוכביים" הנקראים ננסים חומים, בעלי היסטוריה אבולוציונית דומה לזו של צדק ושבתאי. כמו שהוסבר קודם לכן, בזמן שענן קורס המורכב מתרכבות גז שמשיות נחיה דחוס מספיק בכדי להתנהג כמו נוזל במקום כמו גז, הטמפרטורה במרכז מפסיקה לעלות ובמקום יורדת כאשר ההתכווצות ממשיכה. כך ישנה טמפרטורה מקסימלית במרכז לקריסת עננים אשר מתכווצים ללא כל מקור אנרגיה אחר מלבד כוח הכבידה. עננים אשר במסה של פחות מ-80 ממסת צדק לעולם לא מתחממים מספיק במרכז בכדי להתחיל חתכה תרמו-גרעינית של מימן וכך לעולם לא הופכים



איור 9

הרכב הכימי של כוכבי הלכת הגזיים



איור 10

התפתחות של על-כוכבי לכת גזיים או ננסים חומים

# החיים - סדר מתוך כאוס

אמיר מרון - גבעתיים



העולם המערבי שאף ועדנו שואף ליצור סדר, ליצור שליטה, ליצור מצב שבו השתדל יקבע על פי פעולות החוזה. תוצאות הניסויים המדעיים הפכו אם כן לתוצאות ודאיות ואבסולוטיות, עלינו רק לחשבם. החתמה היתה כי הבנת החוקים המדעיים ויישומם כחלק מחתרבות האנושית תיצור תרמוניה חברתית ואיזון כלכלי.

כך יוכל האדם לשלוט בטבע בצורה אופטימלית לכבוש אותו ולדלות את סודותיו.

חוקי הטבע המכניים והמתמטיים יצרו טבע מכני, יקום מכני יקום שני עפ"י משוואות מתמטיות פתירות. באמצעות הסדר שאף האדם ליצור יציבות, יציבות של חוקים מדעיים ודאיים, יציבות בתנועתו של הטבע בהתנהגותו ובתופעות שבו.

ההשלכות החברתיות היו אם כן דומות. האדם כאינדוידואל נתפש כבורג במכונת ענק המבצע תפקיד מכני מסוים כדי שמכונת הענק הזו תפעל כראוי. במהפכה הצרפתית למשל היה חונק חברתי בשם קונדורסה שטען לימדע חברתי וזאת באמצעות חוקים מתמטיים. החברה לדעתו פשוטה, ניתן לכמת את פעולותיה באמצעות חוקים בסיסיים וכך ליצור סדר חברתי חדש ומאורגן לחפליא בתוכה.

עפ"י אמונה זו חוקרבו עשרות אלפי בני אדם בעיקר בתרבויות דרום אמריקאיות כדוגמת תרבות המאיה והאינקה. בדתות אחרות "חסתפקי" בשחיטת בעלי חיים וקיום מצוות האל.

במאות ה-14-16 החלה התפתחות טכנולוגית עניפה שהגיעה לשיאה במהפכה התעשייתית. מהפכה זו שינתה את חלכי מחשבה והובילה למהפכה חברתית שלא פסחה על המדע ועל ניסיונות האדם החוקר לחבוך את העולם והתופעות שבו. המהפכה המדעית דאו יצרה סדר, יצרה ארגון, העולם אינו נע עפ"י חוקי טבע הנקבעים עפ"י רצון האל אלא קיימים חוקי טבע מכניים בייסודם

## פעולה כלשהי בהווה תשפיע ותוביל בצורה דטרמיניסטית לשאר הפעולות בעתיד. מכאן שכל פעולה היא גם תוצאה ישירה של הפעולה שקדמה לה.

שחקר בניחם הוא קשר לינארי. כלומר, פעולה כלשהי בהווה תשפיע ותוביל בצורה דטרמיניסטית לשאר הפעולות בעתיד. מכאן שכל פעולה היא גם תוצאה ישירה של הפעולה שקדמה לה.

**ה**תפישת הרוחות במאות הקודמות היתה כי המדע כבלל והפיסיקה בפרט היון מערכות מסודרות ומדויקות שניתן לתאר אותן עפ"י חוקים קבועים. השאיפה האנושית לתאר עולם מאורגן ומסודר כל כך הייתה חלק משינוי תרבותי כולל שהיו לו השלכות חברתיות דתיות ומדעיות.

עד למאה ה-17 הניחו כי קיימת תרמוניה בעולם (בעיקר בחשפתת חתקופה הקלאסית והרנסאנס) כך שבין האדם והטבע הסובב אותו היה קיים קשר הדוק חדדי ותלתי. חתיאוריה שרווחה בזמנו תניחה כי כדור הארץ הינו מרכז היקום וכי כל החוכבים כולל השמש מסתובבים מסביבו כחלק מאותה תרמוניה.

גם לקשר בין האדם לשאר בעלי החיים היה כיוון מגדר וברור. האדם הוא הנעלה שבבעלי החיים וכי הוא נברא עפ"י רצון האל כדי לקיים ייעוד אלוהי נשגב מבינתו. אלוהים נתפש כמניע את היקום את החוכבים את הקומפלקס המורכב של הטבע, יוצר, בורא, חורס, משמיד, חכל במסגרת יחסיו וקשריו עם בני האדם. כדי לרצות את אלוהיו נדרש האדם לשם כך לעבוד אותו בדרכים רבות ושונות בדתות פגאניות למשל היה צורך מתמיד בחנקות מנחות וקורבנות כדי לרצות את האל.

יש לציין כי קונדורסה סיים את חייו בחתאבות לפני שהוצא לחורג כך שהוא לא הבין לפחות אז מספר חיבטים חברתיים בסיסיים. גם קרל מרקס (כנראה בהשפעת אפלטון) תאר בתיאוריה שפיתח את התברה כאוטופית שבה הסדר והאחידות הם מאפייניה המהותיים. בחברה כזו בני האדם הן מכוונות אחידות המבצעים פעולות סטנדרטיות שונות בתוך מערכת אחידה ללא מהפכות וללא שינוי. אם יהיו שינויים ותחפוכות הרי הם תריגים ויש לבער אותם במחרה כדי להמשיך בודאות הנראית. קרל מרקס דגל אם כן ב"מחפכה שתשים קץ לכל המחפכות".

גם לחקירה המדעית באותה התקופה חיו מאפיינים דומים. חוקי קפלר שתארו כיצד נעים גופים בחלל, חוקי ניוטון וחוקים פיסיקאליים ומכניים אפשרו למדענים לתאר את התופעות בטבע בצורה מדויקת.

מדע האסטרונומיה התפתח אז במהרה מסלולי כוכבים חושבו בצורה מדויקת, תנועת כדור הארץ הירה וחשמל קיבלו ביטוי מתמטי.

המדע גילה כי ניתן ע"י משוואות מתמטיות לתאר נפילת כדור בצורה מדויקת לחפליא. אם ידוע לנו מסת הכדור, גודלו, החיכוך של עם האוויר הרי בחישובים מתמטיים פשוטים אפשר לקבוע היכן יהיה הכדור בכל זמן נתון ומה תהיה עוצמת פגיעתו בקרקע.

אם ידועים לנו גם מאפייניו החומריים נוכל לדעת במדויק האם הוא יקפץ חזרה למעלה או לחילופין ישבר. גם את תנועת השברים של הכדור המנופץ נוכל לחשב במדויק לו רק נדע את הגדלים הפיסיקליים הרלוונטיים למערכת. יכולתו של האדם לתאר את תופעות הטבע בצורה כל כך מדויקת עפ"י נוסחות מתמטיות סילקה את אט את הצורך בבורא עלם שיפעיל את העולם כרצונו. הטבע הוא טבע מכני שנשמע לחוקי הפיסיקה והוא פועל בצורה דטרמיניסטית מאז ועד עולם.

חבנת החוקים המתמטיים המפעילים את העולם נתפשה אם כן כידענה אלוהית, כידענה מוחלטת. זו ידענה

איכותית במידה כזו שתאפשר לנו לדעת ולחזות במדויק כיצד יתנהג העולם בכל זמן נתון.

כיצד אם כן נוכל לתאר את התופעות השונות שבטבע?

התשובה המכניסטית היא פשוטה מאוד. עלינו לבדוק בכל מערכת נתונה את סדר הפעולות שבה, כלומר, לחקור את כל אחד מהמרכיבים הבסיסיים במערכת, לבדוק כיצד הוא פועל, מהו תפקידו המדויק וכיצד הוא משפיע על שאר המרכיבים. מודל זה נקרא מודל השעון המכני מאחר והוא מניח כי ניתן לתאר פעולה/תופעה או אורגניזם חי עפ"י הבנת פעולת כל אחד מהחלקים המרכיבים אותו כפי שהדבר נעשה בשעון המורכב מקפיצים וברגים.

גישה זו מכונה הגישה הרדוקציוניסטית (גישה צימצומית) על פיה האורגניזם הוא אמנם שלם, אולם שלם שצריך לחסבירו אך ורק ע"י התכונות של חלקיו, לכן יש להתעניין באיבר, ברקמת, בתא ובמולקולות. החסבר לתפקוד הוא עפ"י המבנה בלבד, ולכן ביצועיו של האורגניזם הן ביטוי לריקאציות הכימיות שבו.

גישה הפוכה (הגישה הויטאלית) מסרבת להאמין שניתן לחסביר את כל תכונותיו התנהגותו וביצועיו של

## ניתן לתאר פעולה/תופעה או אורגניזם חי עפ"י הבנת פעולת כל אחד מהחלקים המרכיבים אותו כפי שהדבר נעשה בשעון המורכב מקפיצים וברגים.

יצור חי אך ורק ע"י המבנים המולקולריים שבו. גישה זו טוענת כי אין לצמצם את הביולוגיה לחוקים פיסיקליים וכימיים בלבד ולא כדי ליצור כוח ויטאלי באופן מיסטי אלא משום ששילוב כל חרמות באורגניזם חי מעניק למערכת כולה תכונות נוספות שאין המרכיבים שלה מכילים,

כלומר השלם אינו אך ורק סכום חלקיו.

לאחר שנשמעה הפיסיקה כמדע בתחילת המאה ה-17 חקר היצורים החיים ניצב בפני סתירה. נוצר ניגוד בין הפירוש המכניסטי של האורגניזם לבין מושג התכליתיות הברורה של תופעות מסוימות (טלאולוגיה) כדוגמת התפתחות הביצית לבוגר או התפתחות מערכת החי ככלל. (ראה מאמר III בסדרה, כל כוכבי אור כרך 23 גיליון 3).

רנה דקארט, פילוסוף צרפתי שחי במאה ה-17 היה הראשון שגיבש ופיתח את הגישה הרדוקציוניסטית באמצעות תיאורית הרוח במכונה. דקארט תמך בגישה הדואלית זו שרואה בתופעת החיים גיבושן של 2 מהויות: החומר והרוח. לדעתו הגוף הביולוגי בני כמו מכונה המורכבת מאיברים שונים שלחם יחוד עצמאי וחשילוב הפונקציונלי ביניהם עפ"י סדר הפעולות מדורג כפי שנעשה במכונה משוכללת מאפשר לנו לבצע את כל התהליכים הביולוגיים.

דימוי זה מקביל לדימוי של רובוט משוכלל שבו מערכות מכניות לחלוטין הפועלות בינן לבין עצמן ברמה הפיסית ומערכות אלו מופעלות ע"י מערכת נפרדת לגמרי, וזו מערכת נפשית הכוללת את המחשבות, הרצונות, התחושות, הרגשות וכו'. המערכת הנפשית היא לכן הנהג המפעיל את הרכב בו הוא נהג.

עולם מכני, אדם מכני, חברה מכנית השפיעו רבות על הוגים רומנטיים במאה ה-19. הם טענו כי הסדר המכני של החברה ושל חוקי העולם הינו גלישה לכיוון ברברי לכיוון של שקיעה תרבותית. העולם לטענתם אינו מכני מיסודו מאחר ויש בו מהויות חשובות שאל לנו להתעלם מהן כמו רותניות כוונה תכליתיות והתפתחות.

הוגים אלה זרעו את זרעי השינוי העוסף שהביא לפריצת דרך כה חשובה ביסודות החשיבה המדעית לאחר מכן.

(מאמר מספר VI)

**מ**אדים, כוכב הלכת האדום, משך מאז ומתמיד את תשומת לב האנושות, יותר מכל שמונת כוכבי הלכת הסובבים את השמש בנוסף לכדור הארץ.

ייתכן והסיבה לכך היתה צבעו האדום, יוצא הדופן ויתכן שחיתה זו תנועתו המזורזת, בינות לכוכבי השבת. לעיתים, היה זוהרו מעיב על זוהרם של כל כוכבי השבת ומאידך, מקץ חודשים ספורים,

היה זוהרו מתעמעם פי חמישה ויותר. תנועתו הפתלתלה, שנובעת ממרחקו הקרוב יחסית לשמש ולכדור הארץ מחד, וכן ממסלולו האליפטי האקסנטריות הנבוחה יחסית מאידך, הביאו את יוהנס קפלר, בתחילת המאה ה-16, לנסח את שלושת חוקיו המפורסמים, שחתו את הדרך לפיסיקה החדשה של אייזיק ניוטון כמה עשרות שנים מאוחר יותר.

צבעו האדום של המאדים קישר אותו עם מוות. מאדים זוחח על ידי הקדמונים עם האלים שעיסוקם היה במוות ומלחמות. שמו הלטיני של מאדים, מרס, הינו שמו של אל המלחמה הרומי. אירוני הדבר, שדווקא מאדים, המזוהה יותר מכל כוכבי הלכת עם המוות, הוא אחד המועמדים הטובים ביותר במערכת השמש לכלכל צורות חיים על פניו. במחצית המאה הקודמת, עת הגישו

הטלסקופים לאיכויות אופטיות טובות, ניתן היה לחבין בראשונה בצורות חנוף המיוחדות של המאדים - כיפת הקרח שעל קטביו ומדבריותי הכחים. לפיכך, הצופים במאדים היו משוכנעים כי המאדים, שכנו הקרוב ביותר לאחר הירח ונוגה, נושא על פניו

כל כוכבי אור, כוך 24 גליון 4

צורות חיים. הגדילו לעשות האסטרונומים האיטלקים בני המאה ה-19, אנג'לו סצ'י וג'ובאני שקיפארלי, שראו 'תעלות' על פני המאדים. תגליתם 'אושרה' על ידי האסטרונום האמריקאי בן זמנם, פרסיוול לורל. חמדבריות הכחים על פני המאדים, ששינו את גונם וצורתם בהתאם לעונות השנה, חיזקו את האמונה שעל המאדים חי לו גזע בעל יכולת הנדסית מופלאה, שחצב תעלות אינספור

הרומנטיקנים לא היה כלום למעט חמדבריות - מאדים כולו הינו מדבר גדול וצחיח, מכותש במכתשים אינספור ועטור מאות חרי געש כבויים. כיפות הקרח של המאדים עשויות מקרח יבש, CO<sub>2</sub> כמו גם האטמוספירה הדלילה שלו. בתחילת שנות ה-70, הקיפה המקפת מארינר 9 את המאדים ושיגרה אלפי תמונות מאיכות מדהימה. על המאדים נראו בעליל עקבות של ואדיות חרבים, דרדרת ואינספור עקבות נוספים המעידים על כך שבמאדים זרמו, בעבר הרחוק, מים. לאור ממצאיה של מארינר 9 נשאלו שתי שאלות חדשות-ישנות בדבר טיבו של המאדים:

היכן כל המים שזרמו על פניו של כוכב הלכת בעבר הרחוק? ואם היו מים, אזי האפשרות שהיו בעבר, או ישנם בחווה, חיים על פני המאדים חיים חייבת היתה להבדק שוב בשימת לב.

את התשובה לשאלות אלו היו אמורות לתת שתי החלליות - נתות מסוג וויקינג - וויקינג 1 וויקינג 2, שנחתו על פני המאדים ב-20 ביולי 1976 וב-3 בספטמבר אותה שנה. שתי החלליות ביצעו מחקר מעמיק על טיבה של אטמוספירת המאדים, הרכבם של סלעיו ומעל לכל, בדיקה כימית של האפשרות לקיום

חיים. הניסוי, שהתבססה על 'האכלתי' הקרקע הנדגמת בתומר המכיל פחמן 14 רדיואקטיבי, ובדיקת פליטת האיזוטופ לאחר מכן. ביסוד הניסוי היתה התנחה שחילוף תומרים, אם מתבצע כזה, הינו הוכחה לקיום חיים. בפועל, נתגלו אכן עקבות של האיזוטופ,



יגאל פת-אל

נוצפה הכוכבים גבעתיים

## בחזרה לכוכב האדום

לחשקות את שדותיו הצחיחים מים.

חלליות המחקר האמריקאיות מסידרת מארינר ששוגרו את עבר המאדים החל משנת 1964 הראו עולם שונה לגמרי, שבינו ובין העולם הקסום והמופלא שתיארו לעצמם האסטרונומים

פחמן 14 שהשתחרר על ידי הקרקע, אך הסתבר שהרכבה המיוחד והמורכב של קרקע המאדים, עשוי ליצור תגובות כימיות חדומות לתגובות ביוכימיות. אמנם, הניסוי לא גילה עקבות חיים אך גם לא שלל את קיומם ולפיכך, נשארה השאלה של אפשרות לקיום חיים על המאדים ללא מענה.

הדוגלים באפשרות לקיום חיים על המאדים קיבלו חיזוק מכיוון מפתיע: ב-27 בדצמבר, 1984, גילתה רוברטה סקור, החברה בקבוצת צייד מטאוריטים של המוסד הלאומי למדע, סלע בגודל של תפוח אדמה בשדה הקרח אלן הילס באנטרקטיקה. מבחינה חיצונית, הסלע, שמשקלו היה 1.9 ק"ג, נראה מוזר למדי. מקורו של הסלע, שכונה אלן הילס 84001 (ALH84001), זוהה רק בשנת 1993. מאדים. אך בזאת לא נבדל ALH84001, שהוא למעשה, מטאוריט, ממטאוריטים אחרים שמקורם מהמאדים. אלה, כמו אותו מטאוריט שגילתה רוברטה סקור, נזרקו מהמאדים לפני מליוני שנים בעקבות פגיעת מטאוריטים כבירים על פניו, ושייטו בחלל עד שנלכדו על ידי כדור הארץ. המיוחד באותו סלע היו הסימנים המיוחדים שנתגלו בו, סימנים שעל פי חוקרים רבים, נוצרו על ידי חיים, פרימיטיביים אמנם, אך בכל זאת חיים.

סימנים אלו היו שני מינרלים שנמצאו בטבעות חיצוניות סביב מולקולות פחמניות: מגנטיט ( $Fe_3O_4$ ), ופירוטיט המורכב ממברזל וגופרית, המיוצרים בדיכ ע"י חיידקים בקטריות על ידי כדור הארץ במגעם עם הסביבה. הסיכוי למצוא מינרלים כאלו בסלע הוא נדיר ביותר אלא אם כן התקיימו בתוכו חיים. עדות שניה היתה בצורה של מולקולות המכונות Polycyclic, PAH, Aromatic Hydrocarbons. מולקולות אלו מסודרות במבנה רב טבעתי של בנזן ( $C_6H_6$ ) וכן נוצרות כאשר חומר אורגני נשרף. יתרה מזאת, בדיקה מיקרוסקופית גילתה צורות קטנטנות, שגודלן אינו עולה על עשירית המיקרון. צורות אלו מזכירות נבגים מוארכים, אך גם האופטימיים מבין מצדדי החיים על פני המאדים מסכימים כי יש צורך

כל כוכבי אור, כך 24 גליון 4

בבדיקה מעמיקה מאוד של צורות אלו, שמפאת גודלן הזעום, בדיקה זו תארך, מן הסתם, זמן רב.

הוויכוח שהתלהט סביב מה שנראה כסימני חיים מן המאדים, העלה את החיוניות בצורך של מידע מעודכן על טיבן של קרקע ואטמוספירת המאדים: היה צורך לודא שהרכב המטאוריט, ALH84001 תואם בוודאות את הרכבה של קרקע המאדים וכי הרכב הגזים הכלואים בו, חופף את הרכב הגזים באטמוספירת המאדים. אמנם, שתי חלליות הוויקינג שידרו נתונים רבים בדבר ההרכב האטמוספירי של המאדים, אך כעת היה דרוש מידע מוצק יותר. אך המתוכננים בדבר מקורו של אותו מטאוריט ומהותם של הסימנים שלכאורה מצביעים על קיום חיים במאדים, לא היו צריכים להמתין זמן רב; זה מכבר תוכננה החזרה לכוכב הלכת האדום. בשלהי 1996 שיגרה נאס"א שתי חלליות לכיוון המאדים - המקפת סורוויר (Surveyor) יצאה בנובמבר והיא תגיע למאדים בספטמבר 1997. משימתה היא לצלם את כוכב הלכת בצילומים בעלי הפרדה גבוהה. הנחתת פאתפינדר (Pathfinder) שוגרה חודש מאוחר יותר. אתר הנחיתה שנבחר עבורה הוא בפיתחו של ערוץ נחל קדמוני, המקום האידיאלי לחיפוש חיים. אך לרוע המזל, הצידו שהורכב על הנחתת היה 'ציד מדף', שנועד לבדוק את תפקוד הנחתת ולא תוכנן על מנת לחפש אחר סימני חיים. מאידך, ציוד זה היה מסוגל למדוד את ההרכב הכימי של סלעי ואדמת מאדים.

לחללית מרס פאתפינדר, Mars Pathfinder - שבתרגום חופשי משמעותה - מורת הדרך למאדים - היו שתי משימות עיקריות: האחת, הנחתת רובוט קטן, שנקרא רובר סוג'ורנר, שגודלו כגודל חתול גדול, על הקרקע הצחיחה של מאדים. אך המשימה העיקרית של התוכנית, שממנה נגזר שמה, היתה לבחון את תיפקודו של הציוד - של הנחתת ושל הרובר, שהוא למעשה רכב עצמאי נשלט רחוק. משימתה של הפאתפינדר

נועדה לסלול דרך לעשר משימות דומות בשני העשורים הבאים, ששתי גולות הכותרת שלהן תהיינה, האחת הבאת דגימה של קרקע המאדים לכדור הארץ, שכפי הנראה תתבצע במחצית העשור הבא והשניה, שתהווה את גולת הכותרת של מבצעי החלל של המין האנושי - הנחתת אדם על המאדים, שתתבצע, אולי, בעשור השני של המאה הבאה.

### מבנה ותיפקודי הנחתת

נחתת תוכננה לנחות בפתחו של הנקיק Ares Vallis, המצוי כ-19.33 מעלות צפונית לקו המשווה של המאדים ובקו אורך 33.55 מעלות מערבה מקו אורך 0 של המאדים. אתר הנחיתה הנוכחי, בניגוד לשני אתרי הנחיתה של חלליות הווינגר - Chryse Planitia, המצוי כ-1000 ק"מ צפונית מערבית ו-Utopia Planitia, המצוי צפונית יותר, בחציו השני של מאדים, אינו מישור רגיל. הכוונה היתה לנחות בשפכו של ניק חרב, על מנת לגלות בסלעים עקבות של מים ואולי עקבות חיים. על מנת שהנחתת ורכב המאדים הזעיר הצמוד אליה לא ייזקו, הם נעטפו בבלונים גדולים שתפקידם היה לספוג את זעזועי הנחיתה. הנחיתה התבצעה בשלום, כמה עשרות ק"מ בלבד מנקודת הנחיתה המתוכננת. הנחיתה בוצעה ב-4 ביולי, בשעה 08:14 בבוקר, שעות מאדים. היממה של המאדים (המכונה בשם SOL - שמש) הינה בת 24 שעות ו-37 דקות. מכאן, שקיום התשדורת עם הנחתת התאפשר רק במשך פרק זמן הקטן ממחצית היממה של המאדים, כאשר כדור הארץ מצוי מעל האופק. לאחר הנחיתה, נפרשו ארבעה משטחים - משטח מרכז ועליו הנחתת וסביבו שלושה משטחים טרפזיים שעל אחת מהם המתין הרובר לפקודה להתחיל ולתור את השטח סביב אתר הנחיתה ברדיוס של 100 מטר. לאחר יממה של עיכובים כתוצאה ממספר תקלות, יצא הרובר, לתור את איזור הנחיתה. הנחתת, שבנוסף לתפקידה העיקרי - קיום הקשר עם הרכב - נשאה מכשירים שתפקידם היה למדוד מדידות לחץ ברומטרי ומדידות

מגנטיות. גם היא, כמו הרכב, צוידו במצלמות שתפקידן היה לצלם זה את זה ואת קרקע המאדים ואנטנה שתפקידה היה למדוד את מהירות, כיוון וטמפרטורת הרוח של המאדים בשלושה גבהים שונים - מ- 0.25 מטר ועד 1.4 מטר מעל קרקע המאדים.

### ממצאים ראשוניים

כבר על פי התמונות הראשונות שהגיעו אל מרכז הבקרה, שצולמו על ידי המצלמה המוצבת על הנתחת, נראו פני הקרקע דומים מאוד לאלו שצולמו באינספור תמונות על ידי חלליות הוויקינג: הקרקע סלעית, והגוון האדום, תוצאה של התחמצנות הברזל המצוי בשפע בקרקע המאדים, שולט. אולם, צורתם של הסלעים היתה שונה מהצורה האמורפית של הסלעים שהיו פזורים באתרי הנחיתה הקודמים: הסלעים באתר הנחיתה החדש נראו בבירור כאילו נשטפו על ידי זרמי מים אדירים, שעיצבו את צורתם של הסלעים, בדומה לצורתם של סלעים המצויים בואדיות אכזב על פני כדור הארץ. לצורה המחודדת של כל הסלעים היה כיוון מועדף זהה, שעשוי להצביע על כיוון זרימת הנחל בואדי הקדמון.

ממצא נוסף, מפתיע במידת מה אף הוא, היה הטמפרטורה הגבוהה יחסית שנמדדה באתר הנחיתה. יש לזכור, כי עקב המיקום של אתר הנחיתה, קרוב לקו המשווה של המאדים וענת הקיץ ששררה באותו איזור, היה צפוי שתמדד טמפרטורה גבוהה. אך הטמפרטורה שנמצאה, גבוהה ממה שהטמפרטורה החזויה, שהתבססה על המדידות של חלליות הוויקינג. שלושת החישהנים מדדו טווח טמפרטורות דומה שנע בין 200 מעלות קלוין (-73 מעלות צלזיוס) בלילה ו- 260 מעלות קלוין (13 מעלות צלזיוס) בצהרי היום. הטמפרטורה המירבית גבוהה בכ- 10 מעלות מחזויו. הפרשי הטמפרטורה בין היום והלילה היו קבועים במשך 14 היממות של המאדים בהן היא נמדדה. שלושת הקולטים הראו הבדלי טמפרטורה שמגיעים עד 6 מעלות צלזיוס בין שני החישהנים

הקיצוניים וזאת עקב ששתקרויות המהירה של קרקע המאדים בלילה, או החום הנובע מקרקע המאדים המוארת בבוקר.

לחץ הדם של המדענים במרכז הבקרה המריא ביום הראשון כשהתברר שהטמפרטורה שנמדדה על ידי החישהן היא 3 מעלות צלזיוס בלבד מתחת ל- 0! ברם, הסיבה לכך לא היתה תגודה אקלימית יוצאת דופן על המאדים אלא, שהאנטנה, שנושאת את החישהנים, עדיין לא התרוממה והיא היתה צמודה לקולטי אור השמש המספקים אנרגיה לחללית. הלחץ האטמוספירי הממוצע שנמדד, 6.75 מיליבר<sup>1</sup>, תאם את התחזית ואת מדידות הוויקינג. תגודות של 0.1 מיליבר לכאן ולכאן נמדדו אף הן בצורה מחזורית, והן תוצאה של התחמצנות והתקררות אטמוספירית המאדים. תגודות אלו דומות לתגודות שנמדדו על ידי הוויקינג. כיוון הרוח על פני המאדים משתנה בצורה מחזורית במשך היממה: בלילה, הרוח דרומית ולאחר מכן עם כיוון השעון - מערבית בבוקר, צפונית בצהריים ובערב מזרחית. מהירות הרוח שנמדדה היתה בתחום של 10 ק"מ בשעה ביום וכ- 25 ק"מ בשעה במשך הלילה, אם כי תוצאות אלו אינן סופיות ויש צורך לחמתין לעיבוד נוסף.

### אטמוספירת המאדים

ההרכב הכימי של אטמוספירת המאדים נמדד בהצלחה גדולה מאוד על ידי חלליות הוויקינג ושימש לקביעה בדבר מקורם של מטאוריטים 'מאדימיים', שנמצאו על כדור הארץ בהתאם לשכיחות הגזים הכלואים בהם. הכבידה שעל פני המאדים קטנה מכדור הארץ, בשל מסתו הקטנה, ולפיכך אין ביכולתו להחזיק אטמוספירה הדומה לזו של כדור הארץ. הלחץ הנמוך של האטמוספירה והטמפרטורה הנמוכה מתחת לנקודת הקפאון, גרמו לבריחת המים שכנראה היו על פניו, אך שלא בדומה לנוגה, שם

<sup>1</sup> הלחץ האטמוספירי הטיפוסי בגובה פני הים על פני כדור הארץ הינו 1013.25 מיליבר.

המים הפכו לקיטור בחום הגבוהה השורר שם, המים על המאדים כנראה קפאו על או מתחת לפני הקרקע. הבדיקות שנעשו על ידי הנתחת והרובר לא שינו את הידוע לנו על הרבה של אטמוספירת המאדים המכילה ברובה דו תחמוצת הפחמן (CO<sub>2</sub>) - 95.32%, תנקן (N<sub>2</sub>) - 2.7%, ארגון (Ar) - 1.6% וחמצן (O<sub>2</sub>) - 0.13%. שכיחות שאר היסודות, כולל מים, קטנה מפרומיל.

### סלעי המאדים

מבין הסלעים של המאדים, נבדקו שנים עיקריים שניתנו להם הכימיות יוגי, חמסומן A-7, וברנקל ביל שסימונו A-3. הבדיקה נעשתה על ידי אנליזה ספקטרלית של שני הסלעים, במכשיר המכונה APXS (Alpha Proton X-Ray Spectrometer). על פי המימצאים, יוגי וכן ברנקל ביל הינם בעלי הרכב שונה מעט מזה של המטאוריטים שנבדקו על כדור הארץ שמקורם, כנראה, במאדים. היחס מגנזיום/סיליקון יחסית לאלומיניום/סיליקון, שונה מעט בשני הסלעים האלו (ובולט יותר ביוגו), מאשר היחס החזוי על המאדים, כפי שנלמד מהרכב מטאוריטים שמקורם במאדים וכן ממדידות הוויקינג. שכיחות האלומיניום גבוהה יותר בכ- 25% ביוגו ובהפרש קטן יותר בברנקל ביל, מהנורמל. מדידה זו עשויה להצביע על כך שיוגו מעט פרימיטיבי מברנקל ביל, שעבר בתהליכים תומניים ('התבשל') במשך זמן רב יותר עד שעלה אל פני הקרקע.

### היסטוריה וולקנית של סלעי המאדים

אחד הממצאים המפתיעים יותר הינו נוכחות סיליקה (SiO<sub>2</sub>) בסלעי המאדים. סיליקה (קווארץ), נוצר בתהליכים חומניים המלווים בלחץ גדול ובנוכחות מים והשכיחות הגבוהה מהמצופה שהוא נמצא בברנקל ביל מצביעה על אפשרות לנוכחות מים בתהליכים שעיצבו את פני המאדים. על מנת לבדוק האם סלעי המאדים נוצרו בתהליכים וולקניים, בדק מכשיר ה-APXS את שכיחות הסיליקה וכן את שכיחות האלקליים Na<sub>2</sub>O ו-K<sub>2</sub>O על

פי המימצאים, שני הסלעים שנבדקו חורגים מעט מהחזוי לגבי סלעי המאדים, כפי שנמדד על ידי הויקינג. שכיחות האלקליים בברנקל ביל, זהה לממוצע שנמדד בסלעי המאדים אך שכיחות הסיליקה בו גבוהה בשיעור ניכר מהצפוי. לעומתו, שכיחות האלקליים ביוג'י גדולה בשיעור ניכר מזו של ברנקל ביל בפרט ומסלעי המאדים שנבדקו על ידי ויקינג בכלל.

מציאות האלקליים מצביעה על האפשרות ששני הסלעים הם וולקניים. אם זהו אכן מקורם של שני הסלעים, אזי ההבדל ביחס אלקליים לקוורץ ביניהם מראה שיוג'י הינו סלע בזלתי, שהוא הסלע הנפוץ ביותר בכוכבי הלכת הארציים במערכת השמש (כוכב חמה, נוגה, ארץ, הירח ומאדים), בעוד שהרכבו של ברנקל ביל הינו דומה לסלעי אנדסיט (על שמו של הרי האנדים שבדרום אמריקה). שכיחות הקוורץ הגבוהה יותר בברנקל ביל מצביעה על כך שהוא יחתיבשלי במשך פרק זמן ארוך יותר מאשר יוג'י, שכנראה הינו קדום יותר. מדידה זו תואמת את המדידה הקודמת של שכיחות המגנזיום והאלומיניום יחסית לסיליקון. ממצאים אלו

מחייבים בחינה מחדשת של הידוע לנו על אופי התחוות פני המאדים ואופיו בעבר. ההבדל בהרכב של שני הסלעים עשוי גם לחצביע על האפשרות שהסלעים באתר הנחיתה חובאו לאיזור על ידי המים, ששטפו בעבר את הערוץ, שונים.

ברם, את הממצאים האלו, בדבר מקורם הוולקני של שני הסלעים יש לסייג משני טעמים: התוצאות הינן ראשוניות בלבד הואיל ויעילותו של מכשיר ה- APXS למדידת שכיחות היסודות מוגבלת ולפיכך תחום השגיאה בשתי המדידות הינו גדול. שנית, אין לחתעלם כלל מהעובדה שבמרחק שני ק"מ בלבד דרומית מאתר הנחיתה מצוי מכתש בקוטר ק"מ וכי במרחק של כ- 30 ק"מ מערבית מצוי מכתש גדול עוד יותר, שקוטרו כ- 4 ק"מ. יתכן, ושני הסלעים נוצרו בעת שקרקע המכתשים הותכה בעת פגיעת המטאוריט, אם כי ההבדל בהרכב הכימי של שני הסלעים וכן נוכחות הסיליקה המחייבת נוכחות מים בתהליך, פוגמת במעט מאפשרות זו.

סיכום הממצאים בדבר הרכב הכימי של שני הסלעים, יוג'י וכן ברנקל ביל,

מצביע על כך שלשניהם עשוי להיות מקור וולקני, אם כי בעוד הרכבו של יוג'י מזכיר את הרכב הקרקע שנבדקה על ידי הויקינג וכן הרכבם של מטאוריטים שונים שנמצאו על פני כדור הארץ, אזי שכיחות הסיליקה בברנקל ביל, מציב אותו דומה יותר בהרכבו לסלעי כדור הארץ, מאשר לסלעי המאדים. אך בנוסף לחשיבות המימצא של השכיחות הגדולה של סיליקה, נדעות חשיבות רבה לכך שהרכבם של סלעי מאדים עוזר לאושש את ההנחה כי מקורם של המטאוריטים המאדימיים שנמצאו על פני כדור הארץ, ובכללם AI.H84001 הינו אכן ממאדים. אם יראו בדיקות המעבדה של הממצאים שנתגלו על AI.H84001, שאכן מדובר בעקבות חיים ואותן צורות סליליות זעירות הן אכן מאובנים של צורות חיים פרימיטיביות, אזי יש אירוניה רבה בכך שהתוכחות היחידות לקיום חיים מחוץ לכדור הארץ נתגלו על פני כדור הארץ עצמו, בעוד ששלוש נחתות שנשלחו לכוכב הלכת האדום, לא גילו דבר.

(מאת 'גלי'או', גליון ספטמבר 1997).



רכב המאדים סוג'וונר על הקרקע הסלעי של המאדים. ברקע, בביתון מערב נראות הסטת התאומות. יוג'י וברנקל ביל, מצויים צמנה (בביתון שמאל).

**ה**אפשרות לנוע אל העבר או אל העתיד עניינה את סופרי המדע הבדיוני עוד מימי של ה. ג'י. ולס בספרו על מכונת הזמן. ההתייחסות אל מסעות בזמן הייתה כאל בידיון ושעשוע להמצאת פרדוקסים שונים.

בימים אלו, כאשר הפיסיקה העיונית הגיעה למידה מסוימת של בגרות, תאורטיקנים מנסים לטאר אפשרות של מסע בזמן בחסתמך על תיאוריות קיימות ומבוססות כגון תורת היחסות הכללית של איינשטיין (GRT) ואלקטרודינמיקה קוונטית (QED). המסע קדימה בזמן הוא פתרון פשוט ושכיח בגורת היחסות הפרטית, וניתן לחבוט דרך פרדוקס התאומים בו חותום שיצא למסע בחללית מהירה

עד לשור האחרון לא התייחסו אל פתרון משוואות איינשטיין המכיל עקום דמוי-זמן כאל פתרון פיסיקלי, למרות שפתרון כזה מציית למשוואות השדה, ולכן יש לחזותו אליו כאל פתרון אפשרי שאולי יקדם את הפיסיקה לעבר תיאוריה כבידתית (גרביטציונית) קוונטית מאוחדת (QGT).

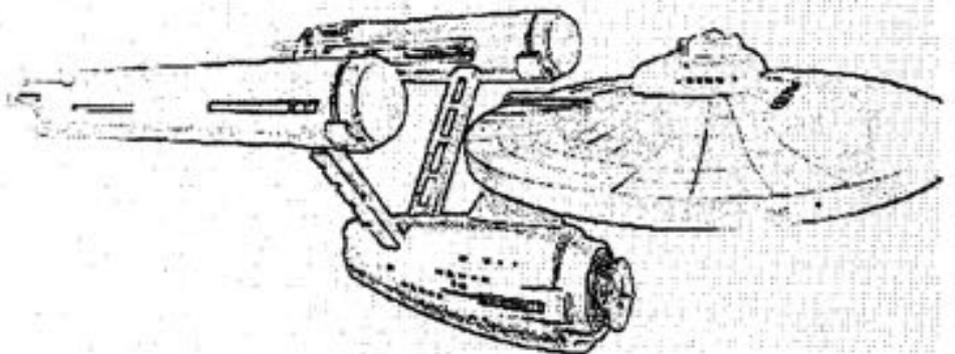
עד עתה אין שום עדות לקיום של מרחב-זמן המכיל עקום דמוי-זמן, אולם האפשרות התיאורטית לקיום של מסע בזמן מחייבת דיון בנושא ובחשלותיו על פתרונות פיסיקליים שטבעים מענפים כמו אלקטרודינמיקה קוונטית שלא לקחו אפשרות של תנועה אחורה בזמן, בתנאים לפתרון.

מבחינה פילוסופית הכללת האפשרות

לכל פתרון יש פונקצית זמן משלו שאינה עדיפה על פני פונקציות זמן אחרות.

מושג ההסתברות בתיאוריית הקוונטים מהווה משענת לפרמליזם כולו. המשוואות מכילות תמיד פונקציות גל שמחס ניתן לקבל פונקציות הסתברות, שבעזרתן ניתן לחשב ערכים ממתצעים של תכונות ברות מדידה למערכת פיסיקלית כלשהי.

מהתיאוריה נכל לקבל ערך ממוצע של כל הפתרונות האפשריים. בניסוי קוונטי אנו מודדים תוצאות, לפיהן אנו קובעים מהו ערך התצפית ומשווים עם התיאוריה. באופן עקבי ניתן לראות שהתיאוריה מנבאת את התוצאות



חוזר ומתנא כי הוא צעיר בהרבה מאחיו חותום שנותר על כדור-הארץ. תופעה זו שימושית מאד בחישובי זמן היים של חלקיקים הנעים במהירות קרובה למחירות האור במאיצים ומחקרית הקוסמית.

מסע אחורה בזמן מסובך יותר ומצריך מרחב-זמן מיוחד, שמציית לחוקי תורת היחסות הכללית. בעולמח של היחסות הכללית, הזמן והמרחב הם ישות פיסיקלית מאוחדת, כך שלזמן או מקום ניתן אותו משקל ביקום. מצימוד זה מוטאפשרת תנועה בעקום "דמוי זמן" סגור. כלומר מסלולים העוברים בממד המרחב-זמן נעים קדימה בזמן המקומי (שענו של הצופה נע קדימה כל הזמן), אבל בסופו של דבר מסתיימים במקום ובזמן שבו החתילו. מכונת זמן ניתנת להגדרה כמרחב-זמן המכיל עקום דמוי-זמן קבוע בתחום אחד.

של מסע בזמן תסיף אתגר בהשלכותיה על זרמי הפילוסופיה העסיקים במושג הזמן.

### מושג הזמן בתיאוריות של הקוונטים

הפרמליזם הבסיסי ביותר של מכאניקת הקוונטים נסח על ידי שרדינגר (Schrödinger) והיזנברג (Heisenberg). פרמליזם זה לא כלל השפעות מחיחסות הפרטית, ולכן הזמן בו אוניברסלי ווחה עבור כל צופה. בתיאוריות אלו משוואת שרדינגר היא משוואת תנועה ניוטונית עם זמן מוחלט, ומדידה מיוצגת על ידי אופרטור תלוי בזמן.

תיאוריות שכללו פרמליזם ארבע ממדי של מרחב-זמן השיק ליחסות הפרטית אפשרו פתרונות עם "זמנים" שונים.

## הפיסיקה של מסעות בזמן

### יצחק אוריון - המרכז למחקר גרעיני שורק

חניסויים במדויק להפליא. מבחינה פיסיקלית קבלנו מספר רב מאד של פתרונות שאין בהם שום פסול, אלא שחן בסבירות נמוכה יחסית בדרך כלל.

אולם מה עלינו לעשות עם מגוון הפתרונות האפשריים?

לפי התורה הקוונטית המקובלת, לפני המדידה כל תוצאה היא אפשרית במידה שווה עד לבדיקת התוצאות חניסוי. כלומר, קיים שלב בניים מיד לאחר ביצוע ניסוי, שבו אין בידינו לדעת איזה מחאפשרויות התקיימה. יתר על כן, כל מכשיר מדידה שיוצמד למערכת חניסוי ישנה את התוצאות חניסוי.

מכאן, אין אנו מסוגלים לדעת תוצאה של ניסוי טחור מהתערבות שלנו. חניסויים שאנו מבצעים נותנים לנו פן מסוים מאד של תוצאות, שנובע מסוג

המכשור שהתצמד למערכת הניסוי. למשל, אם אנו משתמשים במונה חלקיקים נקבל את תוצאות הניסוי בפירוש החלקיקי של הניסוי הקוונטי בלבד, ולא נוכל למר דבר על המובן הנלי של הניסוי. באותו אופן, מדידות במכשור גילוי גלים יתנו רק תוצאות גליות של הניסוי.

תורת הקוונטים מאפשרת קבלת מעוון של תוצאות שונות, בתנאי שהסיכוי של כל תוצאה יציית למשוואות דיראק או שרדינגר. מסע בזמן יכול לחובל לשינוי בתוצאות ניסוי באופן ניכר מבלי להפר חוק פיסיקלי או רצף השתלשלות אירועים על פי הפירוש הקוונטי. משמעות הדבר היא שחתימה קוונטית מאפשרת תווצה דו-כיונית בציר הזמן, ואף פותרת פרדוקסים שנבעו מחפירוש הקלאסי, כגון פרדוקס הסבא.

### תורת היקומים המקבילים

פירוש תורת הקוונטים בפיצול ליקומים רבים הוצע לראשונה על ידי אווירט (Everett) בשנת 1957. לפי פירוש זה יש לקבל כל תוצאה פיסיקלית לניסוי. כלומר, במקרה של ניסוי קוונטי כל תוצאה תתקיים ואנו נצפה רק באחת מהתוצאות. אך התוצאות שלא צפיעו בתן התקבלו, אבל כל אחת התקבלה ביקום אחר ולכן לא צפיעו ביותר מתוצאה אחת. המובן הקוסמולוגי של פירוש זה חשוב, בכל פעם שמתרחש תהליך קוונטי היקום מתפצל למספר רב של יקומים כמספר התוצאות האפשריות לתהליך. אנו ממשיכים בחווייתנו באחד היקומים לפי משוואת הסיכוי לקבלת אחת מכל התוצאות.

לדוגמה, אם לאלקטרון יש סיכוי לחיצא באחד מעשרה מצבים באטום, והוא אכלס את הרמה השביעית, אז קיימים עוד תשעה יקומים נוספים בהם האלקטרון אכלס רמה אחרת. משעו האלקטרון היחיד שעבר תהליך קוונטי אינו יחיד יותר, אלא קיימים עשרה אלקטרונים כפילים שלו ביקומים מקבילים.

כל גוף חשבו תהליך קוונטי מתפצל כמספר האפשריות של תוצאות

התהליך ובכך אנו מקבלים יקומים רבים שונים במעט ומכילים עותק של הגוף שהיה יחיד לפני התהליך. כלומר, אדם שיעבור אירוע קוונטי ישוכפל וימצא ביקומים רבים בו-זמנית.

מסע בזמן הוא תהליך קוונטי יחסותי, ולפיכך הנסע יתפצל למספר עותקים ביקומים שונים במעט. שינוי קל של היקום בו נמצא הנסע בזמן ימוע באופן מוחלט קיום של פרדוקסים של מסע בזמן.

### בעיות ביישום מסע בזמן

- א. יש להגיע אל נקודה בחלל שבה קיים מסלול דמוי זמן במרחב - יתכן בקרבת חור שחור.
- ב. יש להתקרב אל המסלול מבלי להיקרע על ידי כוחות הכבידה שבאזור.
- ג. לא ברור עדיין מה כמות המסה שיכולה לעבור דרך מסלול דמוי זמן.
- ד. קיימת בעיית ניווט חזרה אל נקודת המוצא הן בזמן והן במרחב.
- ה. האם מה שנראה בזמן אחר אכן ייצג את החווה של היקום שלנו?
- ו. מה המשמעות של צילום או מדידה של אירוע בזמן אחר?

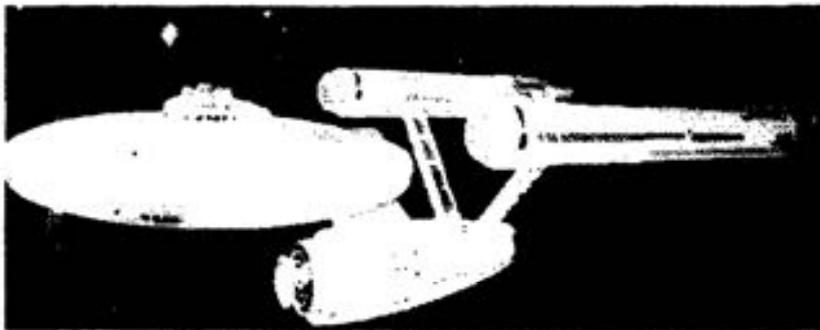
הבעיות המוצגות כאן קשות מאד לפתרון עם הטכנולוגיה שלנו כיום, שכן

כל תהליך קוונטי יוצר מספר של יקומים מקבילים לא זחיס. אנו מתקדמים ברצף הזמן מיקום קודם שחזתים לתוצאות התצפית שלנו על אירוע קוונטי קודם אשר חולק אותנו אליו. מסע בזמן עלול לחובל אותנו ליקום השייך אל העבר, אלא שלא "עברנו" בו ברצף הזמן שלנו. מכך, נוסעים בזמן עלולים לראות יקום בעל היסטוריה שונה מזו שלנו, ובמשך שחזתם ביקום כזה הם עשויים להתקדם ברצף יקומים שונה לגמרי מרצף החתקדמות שלנו.

מסקנה: אין דרך ללמוד על העבר שלנו ממסע בזמן.

המובן המעניין ביותר של מסע בזמן, משמעות ראיית עברנו, נמחה כליל. מסע בזמן הפך לחיות מסע אל יקומים מקבילים כלשחם. מבחינה פיסיקלית מסע כזה מעניין מאד ואף עשוי לספק הוכחה לאחת מהתיאוריות המפרשות את תורת הקוונטים.

קיים סיכוי עדיין לאפשרות של מסע בזמן מבלי שתורת היקומים המקבילים תחיה נכונה, אלא שגם כך הנסע בזמן ישמש כהתערבות בתהליך קוונטי שיוכל לתוצאות שונות ממה שהתקבלו בלעדיו. שוב אנו מגיעים למצב בו אנו רואים יקום שונה מאד בהווה עקב ביקורת בעבר. ■



מקורות:

1. David Deutsch and Michael Lockwood - *The Quantum Physics of Time Travel*, Scientific American, March 1994, pp. 68-74

2. J. Z. Simon - *The Physics of Time Travel*, Physics World, December 1994, pp. 27-33

עדיין אין בידינו להגיע אל כוכב סמוך או אל קרבת חור שחור. אין אפשרות פיסיית להתקרב אל חור שחור, ואנו אפילו לא יודעים אם ניתן לזהות מסלול דמוי זמן כשגיע אליו.

בעיה יותר עקרונית מוצגת בסעיפים האחרונים, והיא קשורה לתיאוריית היקומים המקבילים. לפי תיאוריה זו

# מה במערכת השמש

יגאל פת-אל

ברבעון האחרון של שנת 1997 ותחילת שנת 1998,  
יש שני ארועים בולטים:

כמעט התכסות שבתאי על ידי הירח ב- 12  
לנובמבר והתקבצותם של נוגה, מאדים, צדק,  
אורנוס, נפטון בקטע שמים שאורכו  $20^{\circ}$  בלבד.

מתחילים את התצפית בכוכב הלכת צדק, עוברים  
מיד לאורנוס ונפטון הסמוכים ומסיימים את  
התצפית בכוכב הלכת שבתאי וטבעותיו.

במהלך סוף השנה אנו נמרד ממאדים, עד  
להופעתו ככוכב בוקר בשלהי השנה הבאה. גם  
הופעתו של נוגה ככוכב ערב מתקרבת ובה  
לכלל סיום.

## כוכבי לכת

### כוכב חמה

כוכב חמה חינו כוכב בוקר במרבית  
חודש אוקטובר. בהירותו הולכת  
ודועכת מבחירות 1.2- בתחילת החודש  
עד לבחירות 0.6- בסוף החודש. ב- 13  
לאוקטובר כוכב חמה מתקבץ עם  
השמש התקבצות עליונה<sup>1</sup>. בנקודה זו.  
מרחקו מכדור הארץ הוא הגדול ביותר  
(1.429 יחידות אסטרונומיות) וגודלו  
הזוויתי  $5.2''$ , הינו קטן מכפי שיחיה  
אפשר לצפות בו בתצפית מועילה.

כוכב חמה הופך לחיות כוכב ערב  
כשהוא מצוי אחר הקשר היורד של

מסלול<sup>2</sup>, כלומר, הוא יורד דרומה  
ולפיכך, שקיעתו אחר השמש מהירה  
ביותר.

במהלך חודש נובמבר, כוכב חמה  
ממשיך לדעוך, ובהירותו מגיעה  
לבחירות 0.3- בסוף החודש. גודלו  
הזוויתי, מאידך, הולך וגדל לכ-  $6.7''$   
בסוף נובמבר. בטלסקופ קטן יהיה  
ניתן לראות את כוכב חמה הולך  
ומתמעט לכדי חצי ולכדי חרמש דק  
בתחילת חודש דצמבר, עת קוטרו  
הזוויתי הולך ומגיע ל-  $9.6''$ . בתחילת  
חודש נובמבר, מצוי כוכב חמה  
במרחק זוויתי מרבי של  $22^{\circ}$  מהשמש,  
והוא ישקע אחריה כשעה ומחצת. מי  
שיצליח לזהות את כוכב חמה,  
בתחילת דצמבר, כשהוא עדיין בהיר  
יחסית, בדימדומי הערב, יוכל לראות

את חרמשו הדק מצוי שמאלה  
למיקום שקיעת החמה.

כוכב חמה נעמד ב- 7 לדצמבר ולאחר  
מכן מתחיל לנוע מערבה וצפונה, תוך  
שהוא ממשיך לדעוך. ב- 17 לדצמבר  
כוכב חמה מתקבץ עם השמש  
התקבצות תחתונה<sup>3</sup>. ומרחקו מכדור  
הארץ עומד על 0.69 יחידות  
אסטרונומיות בלבד.

כוכב חמה יהיה כוכב בוקר החל  
ממחצית דצמבר, תוך שהוא הולך  
ומתבהר, וצורת הסהר שלו הולכת  
ומתמלאת. ב- 6 לינואר, כוכב חמה  
מגיע למרחק זוויתי מרבי מהשמש של  
 $23^{\circ}$  ואז הוא זורח כשעה ומחצת לפני  
זריחתה.

<sup>1</sup> התקבצות תחתונה - השמש וכוכב  
הלכת והשמש אותו קו אורך שמימי  
וכוכב הלכת מצוי בעבר השני של  
מסלולו.

<sup>2</sup> קשר יורד, כשהוא חוצה את קו  
המשווה השמימי מצפון לדרום.

מצוייה בשיאה. גם קוטרו הזוויתי של נוגה, הולך וגדל כדי 33" בשלהי נובמבר. לפיכך, כדאי מאוד לצפות בנוגה ההולך ומתמעט לכדי צורת סהר, גם בטלסקופים הקטנים ביותר.

נוגה ממשיך בתנועה לכיוון מזרח כמעט כל חודש דצמבר ולפיכך, הוא מצוי מעל האופק, נוח לתצפית, כל אותה העת. רק ב- 36 לדצמבר, נוגה נעמד ומתחיל לנוע מערבה, לכיוון השמש. בשלב זה, קוטרו הזוויתי מגיע לכ- 53", גדול יותר מכל קוטר זוויתי של כל כוכב לכת. מומלץ מאוד לצפות

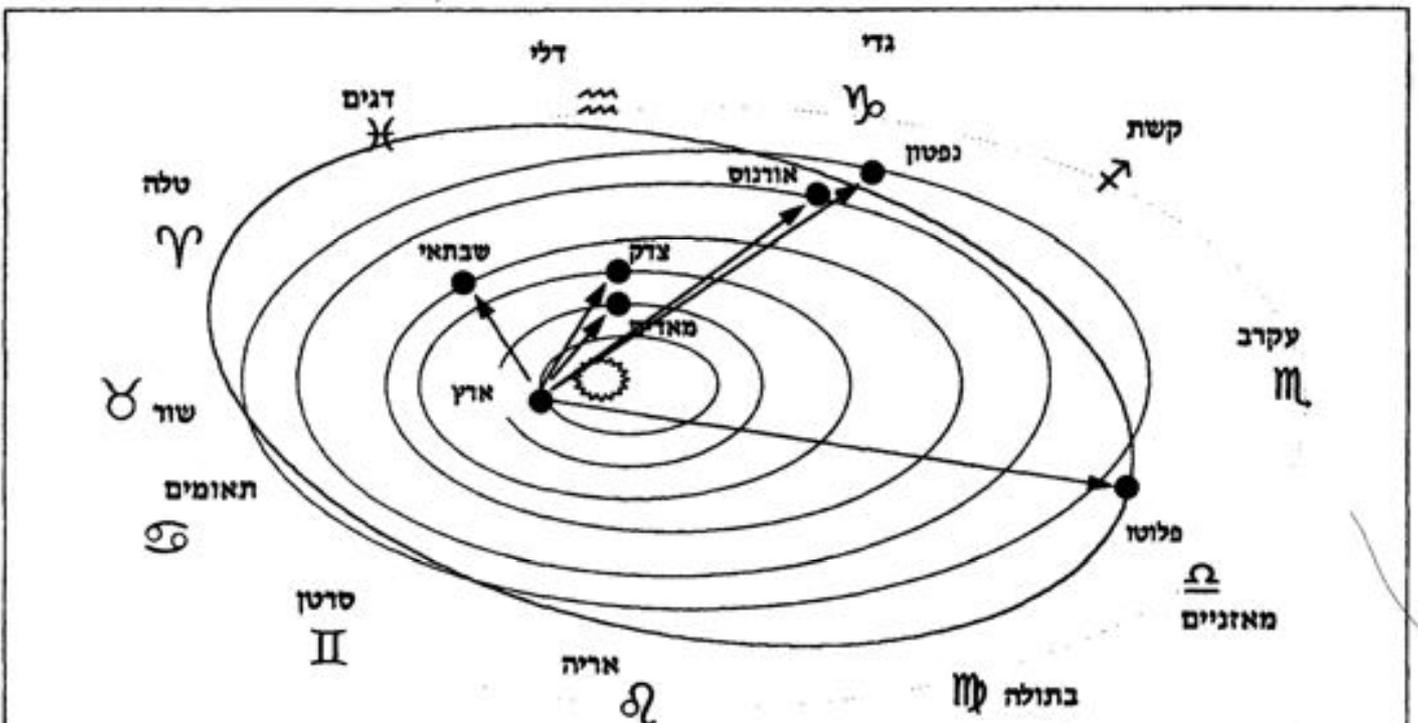
בשעה 7 בבוקר. גם התקבצות זו לא תראה מישראל.

כוכב חמה גם יתקבץ עם צדק, בעת ההתקבצות של שני כוכבי הלכת עם השמש עצמה ב- 22 לפברואר 1998. שני כוכבי הלכת יהיו בהתקבצות עם השמש ולפיכך אין סיכוי לראות את ההתקבצות.

ב- 2 לפברואר כוכב חמה מתקבץ עם נפטון, בשעה 13 שעות ישראל וב- 8 לפברואר הוא מתקבץ עם אורטס, בשעה 7 בבוקר שעות ישראל.

כוכב חמה ממשיך להתבהר, עד לבחירות 1.4- במחצית ינואר, אז קל מאוד לראותו על רקע שמי השחר המתבהרים, אם כי בטלסקופ קשה להבחין בפרטים כלשהם על פניו בגלל קוטרו הזוויתי הקטן (4.5").

כוכב חמה מתקבץ עם כל כוכבי הלכת למעט שבתאי ופלוטו ברבעון הראשון של שנת 1998, אך כל התקבצויות יהיו קרובות מדי לשמש לתצפית.



כוכבי הלכת החיצוניים, יחסית לשמש ולקבוצות גלגל המזלות, כפי שהם נראים ב- 1/1/1998. (מסלולים לא לפי קנה מידה). יש לשים לב, שכל כוכבי הלכת החיצוניים, כולל נוגה (שאינו נראה באיור) ולמעט שבתאי ופלוטו, מרוכזים בקבוצת גדי. כיוון שהשמש מצויה בקבוצת קשת, קשה לצפות בכוכבי הלכת, אלא מיד לאחר השקיעה. (כוכבי הלכת נעים נגד כיוון השעון, לכיוון מזרח).

**בסהר הדק מאוד של נוגה על רקע שמי הערב!**

נוגה מתקבץ עם השמש ב- 15 לינואר 1998 ובכך מסיים את הפרק הארוך של היותו כוכב ערב.

ב- 26 לאוקטובר, חלף נוגה 2° בלבד דרומית למאדים. קשה מאוד להבחין במאדים החיוור על רקע שמי הערב הבהירים, אך במשקפת שדה יראה יפה ניגוד הצבעים בין שני כוכבי הלכת. נוגה שב ומתקבץ עם מאדים

**נוגה**

נוגה ממשיך לככב ככוכב ערב ברבעון האחרון של השנה ולמעשה הוא מגיע למרחק מירבי מזרחי מהשמש רק ב- 6 לנומבר, עת מרחקו הזוויתי מהשמש יעמוד על 47". ברם, בשל נטייתו הדרומית מאוד של נוגה, הוא שוקע מהר מאוד אחר השמש, כשעתיים ו- 45 דקות בלבד. לפיכך, קשה מאוד לצפות בנוגה, אם כי בחירותו, 4.7-

כוכב חמה יתקבץ עם נוגה ב- 26 לינואר 1998 בשעה 19 שעות ישראל. ההתקבצות לא תראה מישראל כיוון ששני כוכבי הלכת יהיו מתחת לאופק המערבי בעת ההתקבצות.

כוכב חמה ייתקבץ עם מאדים ב- 11 למרץ, בשעה 16 שעות ישראל. שני כוכבי הלכת יהיו קרובים מאוד לשמש בעת ההתקבצות ולפיכך היא לא תראה. ההתקבצות השנייה באותה סדרת התקבצויות בין כוכב חמה למאדים ותרחש ב- 30 למרץ

כל כוכבי אור, כך 24, גליון 4

בחירותו של למאדים קבועה, +1.2, וככזה, הוא אינו מרשים כלל על רקע השקיעה. גם גודלו הזוויתי הקטנטן, 4.3' בלבד, אינו מספק כל תירוץ לכוון אליו טלסקופ כלשהוא.

בנוסף להתקבצויות שעובר מאדים עם נוגה, הוא עובר התקבצות קרובה עד מאוד עם כוכב הלכת אורנוס ב- 26 לדצמבר, עת הוא חולף ב- 36' בלבד דרומית לכוכב הלכת הירקרק. מי שיביט בטלסקופ קטן, יוכל להבחין במאדים האדום ואולי גם באורנוס הכחלחל - ירקרק. שבועיים קודם לכן, ב- 15 לדצמבר, חולף מאדים 1°38' דרומית לנפטון, אלא שיקשה מאוד לראות את נפטון החיוור על רקע שמי הערב הבהירים.

ההתקבצות המעניינת ביותר תתרחש בבוקרו של ה- 21 בינואר 1998. מאדים יחלוף ב- 12' בלבד דרומית לצדק. שני כוכבי הלכת יראו בערב של היום הקודם בישראל, 20 לינואר 1998, כשחם קרובים מאוד.

כוכבי הלכת יראו מעל האופק המערבי לפני השקיעה, כשנוגה חולף 2°46' דרומית לנפטון. כמובן שאת נפטון יש לראות רק בעזרת הטלסקופ. ב- 10 לינואר, נוגה חולף 4° צפונית לנפטון. התקבצות זו לא תראה בשל קרבת כוכבי הלכת לשמש. ב- 7 למרץ בשעה 12 בבוקר שעון ישראל, יחלוף נוגה 3°46' צפונית לנפטון ויחתום את סדרת ההתקבצויות המשולשות.

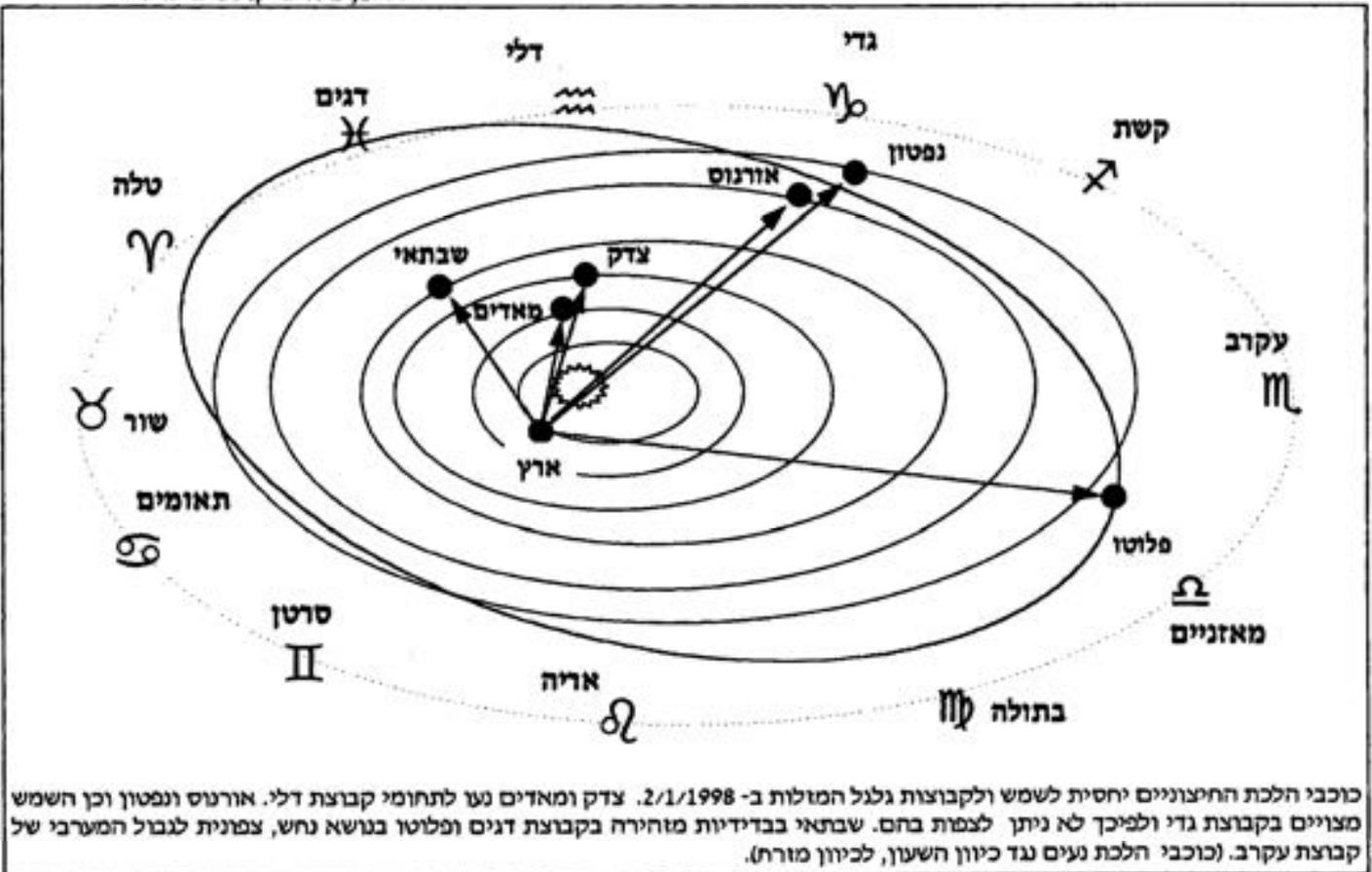
**מאדים**

מאדים ממאן להתקרב לשמש ולסיים בכך את הופעתו הארוכה ככוכב ערב. למעשה, ימשיך לנוע מערבה עד שיתקבץ עם השמש במאי 1998. כל אותה עת הוא מצוי ככוכב ערב, נמוך מעל האופק הדרום מערבי. בחודש אוקטובר היה מאדים בקבוצת עקרב והוא נע ממנה, דרך נושא נחש, מערבה אל קבוצת קשת ובחודש נובמבר הוא הגיע לקבוצת גדי.

ב- 22 לדצמבר, עת הוא חולף 1.1° צפונית למאדים. ב- 31 לדצמבר, עם תום השנה, יראו נוגה וחירח צמדדים מעל האופק המערבי, כאשר נוגה מצוי במרחק זוויתי של 1.3° בלבד צפונית לירח. למעשה, תהיה זו התקבצות מרובעת, כיוון שבאותה עת בדיוק יהיה אורנוס 4° דרומית לירח ונפטון 3° דרומית לירח. מאדים וצדק יהיו בטווח של 20° מערבה מההתקבצות. ואילו כוכב חמה יהיה באותו מרחק מערבה.

נוגה מתקבץ התקבצות קרובה עם אורנוס ב- 19 למרץ בשעה 9 בבוקר שעון ישראל. שני כוכבי הלכת יהיו במרחק זוויתי של 46° מערבית מחשמש (כוכב בוקר), ולפיכך הם יראו בקרבה גדולה לפני הזריחה. נוגה חולף 3°20' צפונית לאורנוס.

נוגה יחל סדרה בת שלוש התקבצויות עם נפטון: הראשונה, תראה ב- 7 לדצמבר בשעה 22 שעון ישראל. שני



כוכבי הלכת החיצוניים יחסית לשמש ולקבוצות גלגל המזלות ב- 2/1/1998. צדק ומאדים נעו לתחומי קבוצת דלי. אורנוס ונפטון וכן השמש מצויים בקבוצת גדי ולפיכך לא ניתן לצפות בהם. שבתאי בבדידות מזהירה בקבוצת דגים ופלוטו בנושא נחש, צפונית לגבול המערבי של קבוצת עקרב. (כוכבי הלכת נעים נגד כיוון השעון, לכיוון מורת).

הזוויתי הקטן, "2.2 בלבד. נפטון מתקבץ עם השמש ב- 19 לינואר 1998.

## פלוטו

פלוטו קרוב מדי לשמש לתצפית ברבעון האחרון של השנה. הוא מצוי לו בקבוצת נושא נחש. בחירותו +13.8 הופכת אותו לאתגר עבור טלסקופים בקוטר של "10. פלוטו מתקבץ 20 לנובמבר 1997.

## התכסויות של אלדברן על ידי הירח

אלדברן, הכוכב הבהיר ביותר בקבוצת שור, יתכסה על ידי הירח ב- 15 לנובמבר בשעה 22 שעות ישראל (כיוון שהשעה המדויקת משתנה עבור כל צופה וצופה בהתאם למיקומו, יש להתחיל את התצפית בשעה 22). הירח יהיה מעט לאחר המילוא, כלומר, הצד המזרחי שיפגוש את אלדברן יהיה מעט חסר. בעת ההתכסות, הירח יהיה מזרחית מהמיצפה. בשל אורו הרב של הירח, יהיה צורך בטלסקופ על מנת לראות את ההתכסות, למרות בהירותו הגבוהה של אלדברן (+1.1).

התכסויות הבאה של אלדברן תתרחש ב- 13 לדצמבר, בשעה 7 בבוקר שעות ישראל. ההתכסות לא תראה מהארץ.

התכסות של אלדברן שתראה מישראל תתרחש ב- 5 לפברואר, בשעה 20 שעות ישראל. ההתכסות תראה היטב מישראל. החלק המואר של הירח יהיה למעלה מ- 50% וההתכסות תראה בצידו המזרחי, החשוך, של הירח. קודם ההתכסות של אלדברן, יתכסו הכוכבים הדרומיים של צביר ההיידות (השוק הדרומית של המשולש המסמן את ראש השור) 

ויחד עם הטבעות הוא מהווה מטרחה נוחה לכל טלסקופ, גם הקטן ביותר. ירחיו הגדולים נראים בטלסקופ של 60 מ"מ וירחו טיטאן נראה אף במשקפת שדה. נטייתן של הטבעות היא כ- 10° וניתן לראות את רווח קסיני בטלסקופים בינוניים.

שבתאי ממשיך במסכת ההקבצויות שלו עם הירח שהחלה במחצית השנה. ב- 15 באוקטובר חלף שבתאי 0.4" בלבד דרומית לירח בשעה 20 שעות ישראל. התכסות נראתה באפריקה ובאגן הדרום מזרחי של אסיה ויפן. סיכוי לראות התכסות מישראל כמעט וחי ב- 12 לנובמבר 1997 בשעה 03 לפנות בוקר, ממש לפני השקיעה של שבתאי והירח עבור צופים מישראל. שבתאי עבר סמוך מאוד לחלקו הדרומי של הירח.

## אורנוס

מצוי סמוך לגבולה המערבי של קבוצת גדי כל הרבעון. בהירותו היא +5.8 ולפיכך קל לראותו במשקפת שדה, אך בגלל גודלו הזוויתי הקטן, 3.5", דרוש טלסקופ בקוטר 10 ס"מ על מנת לראותו כדיסקה בצבע ירקרק. אורנוס נע בתנועה אחורית, עד ה- 14 באוקטובר ולאחר מכן הוא החל לנוע בתנועה קדומנית לכיוון מזרח. אורנוס מתקבץ עם השמש ב- 28 לינואר 1998.

## נפטון

נפטון מצוי סמוך לגבול המזרחי של קבוצת קשת ואף הוא נע בתנועה אחורית עד ל- 9 באוקטובר. לאחר תאריך זה נפטון נע בתנועה קדומנית מזרחה. בהירותו של נפטון היא +8.0 ואמנם ניתן לראותו בטלסקופ קטן, אך נדרש טלסקופ בקוטר של 15 ס"מ על מנת לראותו כדיסקה. על מנת לראות גוון כחלחל, יש צורך בטלסקופ גדול מעט יותר וזאת בשל קוטרו

## צדק

צדק ממשיך לחיות כוכב ערב מעניין הנוח מאוד לתצפית משך כל הרבעון האחרון של שנת 1997. צדק הולך ומתרחק מעימנו לקראת התקבצותו עם השמש. לפיכך, בהירותו הולכת ופוחתת מבחירות 2.6- בתחילת הרבעון עד לבחירות של 2.0- בסוף חודש ינואר 1998. גם גודלו הזוויתי של צדק הולך וקטן מ- 44" בתחילת הרבעון עד ל- 33" בלבד בסוף ינואר 1998.

צדק עומד ב- 8 לאוקטובר, הווה אומר, שמתאריך זה צדק נע ממזרחה, מהשמש והלאה. כמרבית כוכבי הלכת בתקופה זו, גם צדק הוא דרומי ומצוי כל העת בקבוצת גדי. את ירחיו ניתן לראות גם במשקפת שדה ואת הליקויים של ירחיו ניתן לראות בטלסקופ בקוטר 60 מ"מ בהגדלה גבוהה. בטלסקופ כזה, ניתן לחבחן גם בכתם הגדול האדום וחגורות העננים שעל פניו.

## שבתאי

שבתאי הוא כוכב הערב שיבלוט בשלחי השנה ותחילת השנה הבאה. שבתאי, על טבעותיו ומערכת הירחים שלו, נראים היטב משך כל שעות הערב. ב- 10 באוקטובר היה שבתאי בניגוד - מרחק זוויתי של 180° מהשמש. הווה אומר, הוא זורח בעת שקיעת החמה ונראה כל הלילה. למעשה, בשל נטייתו הצפונית, שבתאי מקדים לזרוח מהשמש ביום הניגוד ואף שוקע לאחר זריחתה.

שבתאי מצוי בקבוצת דגים משך התקופה. בתחילת הרבעון הוא נע בתנועה אחורית, מערבה לכיוון השמש. ב- 17 לדצמבר שבתאי עומד, ומתחיל לנוע בתנועה קדומנית, מזרחה. בחירותו +0.2, קוטרו הזוויתי (למעט הטבעות) הינו 19.6"

# מגילת הרקיע

## נובמבר 1997 - מרץ 1998

מגילת הרקיע הינו כלי עזר לתיכנון תצפיות בגרמי השמים הנמנים על מערכת השמש. הזמנים הנתונים במגילת מחושבים עבור מרכז ישראל ונתונים תמיד בשעון חורף (שעתיים תוספת מזמן עולמי). המגילת מותאם ללוח האזרחי וכן ללוח העברי. מומלץ להשתמש במגילת הרקיע בתוספת לפינה - מה במערכת השמש המופיעה בחוברת. בניגוד לחוברות הקודמות, מגילת הרקיע נדחס לטבלאות קומפקטיות יותר: מרווחי הימים בין התופעות צומצמו למינימום החכרחי.

הנחיות לעיון בטבלאות המגילת (מימין לשמאל)

• יומן השמים - תאריך בחודש העברי, שעה (שעון חורף), תאריך לועזי, תופעה.

• כוכבי לכת - מימין: תאריך לועזי, תאריך עברי. זריחה, צהירה, שקיעה, עליה ישרה (קו אורך שמימי), נטיה (קו רוחב שמימי), מרחק מהארץ ביחידות אסטרונומיות, קוטר זוויתי בשניות קשת, מרחק זוויתי (אלונגציה) במעלות קשת מהשמש (סימן חיובי, אלונגציה מערבית - כוכב הלכת מצוי מערבית מהשמש והוא כוכב ערב, סימן שלילי, אלונגציה מזרחית, כוכב הלכת מצוי מזרחית מהשמש והוא כוכב בוקר), חלק מואר (מופע - פאזה) באחוזים מאורך הקוטר הזוויתי של פני כוכב הלכת, דרגת בחירות של כוכב הלכת (ככל שהמספר גדול יותר, עוצמת האור קטנה יותר).

• שמש - מימין: תאריך לועזי, תאריך עברי, זריחה - שעה (שעון חורף), כיוון - האזימוט מצפון מזרחה. צהירה - שעה (שעון חורף, כיוון - גובה במעלות מעל האופק. שקיעה - שעה וכיוון. עלייה הישרה (קו אורך שמימי). נטייה (קו רוחב שמימי). משוואת הזמן - הפרש בדקות בין האורך האמיתי של היממה לבין 24 שעות. מספר חיובי מבטא אורך יממה ארוך מ-24 שעות.

• ירח - מימין: תאריך לועזי, תאריך עברי. זריחה, צהירה, שקיעה, ראה שמש - זריחה שקיעה לעיל. עליה ישרה (קו אורך שמימי), נטיה (קו רוחב שמימי), מרחק מהארץ ברדיוסי כדור הארץ, קוטר זוויתי בדקות קשת (דקות, שניות קשת), מרחק זוויתי במעלות מהשמש (סימן + מציינ כיוון מזרחה), חלק מואר (מופע הירח - פאזה) באחוזים מאורך הקוטר הזוויתי של פני הירח (סימן + מציינ שהירח מתמלא - ממולד למילוא. סימן - מציינ שהירח מתמעט).

• נטיית מישור הטבעות של שבתאי יחסית לכדור הארץ - מימין: תאריך לועזי, תאריך עברי, נטיית הטבעות במעלות קשת. (הסימן - מציינ נטיה דרומית).

• דימדומים - יום בשבוע, תאריך עברי, תאריך לועזי. דימדומי בוקר וערב - דימדומים אסטרונומיים - השמש 18 מעלות מתחת האופק. דימדומים ימיים - השמש 12 מעלות מתחת לאופק. דימדומים אזרחיים - השמש 6 מעלות מתחת לאופק. הערה - נתוני הדימדומים אינם מופיעים בחוברת כי אם באתר האינטקנט של האגודה הישראלית לאסטרונומיה.

תוכן הענינים:

	189	יומן השמיים
191	193	כוכבי לכת, זריחה, שקיעה, סיקום, נתונים פיזיקליים
194	194	השמש, זריחה, שקיעה, סיקום, משוואת זמן הירח, זריחה, שקיעה, סיקום, קוטר, מופע נטיית מישור הטבעות של שבתאי
באתר האינטרנט		דימדומים - אסטרונומיים, ימיים, אזרחיים

**תשרי התשנח**

**אוקטובר 1997**

א	2 22	הירח 5° צפונית לספיקה
ד	5 15	נוגה 7° דרומית לירח
ה	6 08	מאדים 6° דרומית לירח
ה	6 10	פלוטו 7° צפונית לירח
ה	6 16	הירח 10° צפונית לאנטרס
ז	8 09	צדק עומד
ח	9 00	נפטון עומד
ח	9 14	22°: 4 * סוף הרבע הראשון של הירח
ט	10 11	נפטון 4° דרומית לירח
י	11 00	אורנוס 4° דרומית לירח
י	11 08	שבתאי בניגוד
י	11 13	צדק 4° דרומית לירח
יא	12 00	מאדים 3° צפונית לאנטרס
יב	13 09	כוכב-חמה בהתקבצות עליונה
יג	14 16	אורנוס עומד
יד	15 04	הירח בפריגאה
יד	15 05	כוכב-חמה 3° צפונית לספיקה
יד	15 20	שבתאי 0.4° דרומית לירח
טו	15 46	16 05 * ירח מלא
טו	17 00	נוגה 1.7° צפונית לאנטרס
זו	18 15	הירח 9° דרומית לאלקיון
יח	19 11	הירח 0.3° צפונית לאלדברן
כב	23 06	06: 48 * תחילת הרבע האחרון שלהירח
כד	25 20	הירח 2° דרומית לרגולוס
כו	27 01	נוגה 2° דרומית למאדים
כו	27 11	הירח באפוגאה
כט	30 04	הירח 5° צפונית לספיקה
ל	31 12	12: 01 * מולד הירח

**מרחשון התשנח**

**נובמבר 1997**

א	1 09	כוכב-חמה 6° דרומית לירח
ב	2 17	פלוטו 7° צפונית לירח
ב	2 22	הירח 10° צפונית לאנטרס
ד	4 07	מאדים 6° דרומית לירח
ד	4 13	נוגה 9° דרומית לירח
ו	6 09	נוגה במרחק זוויתי מזרחי מרבי 47°
ו	6 17	נפטון 4° דרומית לירח
ז	7 07	אורנוס 4° דרומית לירח
ז	7 22	צדק 4° דרומית לירח
ז	7 23	23: 44 * סוף הרבע הראשון של הירח
יב	12 03	שבתאי 0.4° דרומית לירח
יב	12 10	הירח בפריגאה
יד	14 06	כוכב-חמה 2° צפונית לאנטרס

כל כוכבי אור, כוך 24, גליון 4

יד	16: 12	* 14 16 ירח מלא
טו	15 02	הירח 9° דרומית לאלקיון
טו	15 22	הירח 0.5° צפונית לאלדברן
כב	22 01	01: 58 * תחילת הרבע האחרון של הירח
כב	22 04	הירח 2° דרומית לרגולוס
כד	24 05	הירח באפוגאה
כו	26 12	הירח 5° צפונית לספיקה
כח	28 18	כוכב-חמה במרחק זוויתי מזרחי מרבי 22°
כט	29 21	פלוטו בהתקבצות

**כסלו התשנח**

**נובמבר 1997**

א	30 02	פלוטו 7° צפונית לירח
א	04: 14	* 30 04 מולד הירח
א	30 05	הירח 10° צפונית לאנטרס

**דצמבר 1997**

ב	1 22	כוכב-חמה 7° דרומית לירח
ד	3 07	מאדים 5° דרומית לירח
ד	3 19	נוגה 7° דרומית לירח
ה	4 00	נפטון 3° דרומית לירח
ה	4 14	אורנוס 4° דרומית לירח
ו	5 10	צדק 3° דרומית לירח
ח	7 08	08: 09 * סוף הרבע הראשון של הירח
ח	7 18	כוכב-חמה עומד
ח	7 22	נוגה 3° דרומית לנפטון
י	9 09	שבתאי 0.2° דרומית לירח
י	9 18	הירח בפריגאה
יג	12 11	הירח 9° דרומית לאלקיון
יד	13 07	הירח 0.5° צפונית לאלדברן
טו	14 04	* 04: 37 ירח מלא
טז	15 21	מאדים 1.6° דרומית לנפטון
יח	17 11	כוכב-חמה בהתקבצות תחתונה
יח	17 13	שבתאי עומד
כ	19 12	הירח 1.7° דרומית לרגולוס
כב	21 22	22: 07 * מפנה דצמבר
כב	21 23	23: 43 * תחילת הרבע האחרון של הירח
כג	22 01	הירח באפוגאה
כג	22 14	נוגה 1.1° צפונית למאדים
כד	23 20	הירח 6° צפונית לספיקה
כו	25 16	נוגה עומד
כו	26 22	מאדים 0.6° דרומית לאורנוס
כח	27 13	פלוטו 7° צפונית לירח
כח	27 13	הירח 10° צפונית לאנטרס

**טבת התשנח**

**דצמבר 1997**

ב	31 08	נפטון 3° דרומית לירח
ב	31 15	נוגה 1.3° דרומית לירח
ב	31 23	אורנוס 4° דרומית לירח

**ינואר 1998**

ג	1 05	מאדים 4° דרומית לירח
ד	2 01	צדק 3° דרומית לירח
ה	3 11	הירח בפריגאה
ז	5 00	כדור"א בפריהליון
ז	5 14	שבתאי 0.2° צפונית לירח
ז	5 16	16: 18 * סוף הרבע הראשון של הירח
ח	6 17	כוכב-חמה במרחק זוויתי מערבי מירבי 23°
י	8 18	הירח 9° דרומית לאלקיון
יא	9 15	הירח 0.4° צפונית לאלדברן
יא	9 19	נוגה 4° צפונית לנפטון
יד	12 19	12: 24 * 19: 24 ירח מלא
יז	15 20	הירח 1.6° דרומית לרגולוס
יז	15 22	נוגה בהתקבצות תחתונה
כ	18 22	הירח באפוגאה
כא	19 23	נפטון בהתקבצות
כב	20 04	הירח 6° צפונית לספיקה
כב	20 21	20: 40 * תחילת הרבע האחרון של הירח
כג	21 03	מאדים 0.2° דרומית לצדק
כח	23 23	הירח 10° צפונית לאנטרס
כו	24 00	פלוטו 7° צפונית לירח
כח	26 19	כוכב-חמה 8° דרומית לנוגה
כט	27 02	נוגה 3° צפונית לירח
כט	27 03	כוכב-חמה 5° דרומית לירח
כט	27 19	נפטון 3° דרומית לירח

**שבט התשנח**

**ינואר 1998**

א	28 08	08: 01 * מולד הירח
א	28 10	אורנוס 3° דרומית לירח

ב 29 02 אורנוס בהתקבצות  
ג 30 16 הירח בפריגאה

### פברואר 1998

ה	1	23	1	שבטאי 0.6° צפונית לירח
ו	2	13	2	כוכב-חמה 2° דרומית לנפטון
ח	4	00	53	סוף הרבע הראשון של הירח
ט	5	00		הירח 9° דרומית לאלקיון
ט	5	20		נוגה עומד
ט	5	20		הירח 0.2° צפונית לאלדברן
יב	8	07		חמה 1.4° דרומית לאורנוס
טו	11	12	23	ירח מלא * 12:23
טז	12	04		הירח 1.5° דרומית לרגולוס
יז	15	16		הירח באפוגאה
כ	16	11		הירח 6° צפונית לספיקה
כג	19	17	27	תחילת הרבע האחרון של הירח * 17:27
כד	20	08		הירח 10° צפונית לאנטרס
כד	20	09		פלוטו 7° צפונית לירח
כה	21	13		כוכב-חמה בהתקבצות עליונה
כו	22	16		כוכב-חמה 1.1° דרומית לצדק
כז	23	19		נוגה 1.6° צפונית לירח
כז	23	22		צדק בהתקבצות
כח	24	08		נפטון 3° דרומית לירח
כט	25	00		אורנוס 3° דרומית לירח
ל	26	16		צדק 1.4° דרומית לירח
ל	26	19		מולד הירח * 19:26
ל	19:	29	26	ליקוי-חמה מרכזי * 26:19

מלא (לא יראה מהארץ)

### אדר ה תשנח

#### פברואר 1998

א	27	03		כוכב 1.4° דרומית לירח חמה
א	27	22		הירח בפריגאה
ב	28	00		מאדים 0.7° צפונית לירח

#### מרץ 1998

ג	1	11		שבטאי 1° צפונית לירח
ו	4	06		הירח 9° דרומית לאלקיון
ז	5	02		הירח 0.2° צפונית לאלדברן
ז	5	10	41	סוף הרבע הראשון של הירח * 10:41
ט	7	12		נוגה 4° צפונית לנפטון
יג	11	10		הירח 1.5° דרומית לרגולוס
יג	11	16		כוכב-חמה 1.2° צפונית למאדים
טז	13	04	18	ליקוי-ירח: תחילת * 04:18

כל כוכבי אור, כוך 24, גליון 4

ב 29 19 צדק 2° דרומית לירח

#### ליקוי חצי-צל

טו	13	06	20	שיא הליקוי בגודל 0.7
טו	13	06	34	ירח בניגוד (מילוא)
טו	13	08	22	סיום ליקוי חצי-צל
יז	15	02		הירח באפוגאה
יז	15	18		הירח 6° צפונית לספיקה
כא	19	09		נוגה 3° צפונית לאורנוס
כא	19	15		הירח 10° צפונית לאנטרס
כא	19	17		פלוטו 7° צפונית לירח
כב	20	06		כוכב-חמה במרחק זוויתי 19° מירבי מזרחי
כב	20	21	55	שוויון מרץ * 21:55
כג	21	09	38	תחילת הרבע האחרון של הירח * 09:38
כה	23	19		נפטון 3° דרומית לירח
כו	24	13		אורנוס 3° דרומית לירח
כו	24	14		נוגה 0.1° דרומית לירח
כח	26	21		צדק 0.4° דרומית לירח
כט	27	17		כוכב-חמה עומד
כט	27	21		נוגה במרחק זוויתי מירבי 47° מערבי

### ניסן ה תשנח

#### מרץ 1998

א	28	05	13	מולד הירח * 05:13
א	28	09		הירח בפריגאה
א	28	21		מאדים 3° צפונית לירח
א	28	23		כוכב-חמה 7° צפונית לירח
ב	29	03		שבטאי 1.2° צפונית לירח
ג	30	07		כוכב-חמה 4° צפונית למאדים
ד	31	14		הירח 9° דרומית לאלקיון

#### אפריל 1998

ה	1	10		הירח 0.2° צפונית לאלדברן
ז	3	14		מאדים 2° צפונית לשבתאי
ז	3	22	18	סוף הרבע הראשון של הירח * 22:18
י	6	03		כוכב-חמה בהתקבצות תחתונה
יא	7	16		הירח 1.5° דרומית לרגולוס
טו	11	04		הירח באפוגאה
טז	12	00		הירח 6° צפונית לספיקה
טז	12	00	23	ירח מלא * 00:23
יח	14	15		שבטאי בהתקבצות
יט	15	21		הירח 10° צפונית לאנטרס
יט	15	22		פלוטו 7° צפונית לירח
כג	19	04		כוכב-חמה עומד
כג	19	21	53	תחילת הרבע האחרון של הירח * 21:53
כד	20	04		נפטון 3° דרומית לירח
כד	20	22		אורנוס 3° דרומית לירח
כז	23	04		נוגה 0.3° צפונית לצדק
כז	23	09		צדק 0.2° דרומית לירח

ג 30 03 מאדים 1.7° דרומית לירח

כו	23	10		נוגה 0.1° צפונית לירח
כח	24	21		כוכב-חמה 0.9° צפונית לירח
כט	25	19		שבטאי 1.5° צפונית לירח
כט	25	20		הירח בפריגאה
ל	26	13	41	מולד הירח * 13:41
ל	26	18		מאדים 4° צפונית לירח

### אייר ה תשנח

#### אפריל 1998

ב	28	01		הירח 9° דרומית לאלקיון
ב	28	20		הירח 0.4° צפונית לאלדברן

#### מאי 1998

ז	3	12	04	סוף הרבע הראשון של הירח * 12:04
ח	4	13		נפטון עומד
ח	4	19		כוכב-חמה במרחק זוויתי 27° מירבי מערבי
ח	4	22		הירח 1.3° דרומית לרגולוס
יב	8	11		הירח באפוגאה
יג	9	06		הירח 6° צפונית לספיקה
טו	11	16	29	ירח מלא * 16:29
טז	12	18		כוכב-חמה 0.8° דרומית לשבתאי
טז	12	21		מאדים בהתקבצות
יז	13	03		הירח 10° צפונית לאנטרס
יז	13	03		פלוטו 8° צפונית לירח
כא	17	09		נפטון 3° דרומית לירח
כא	17	22		אורנוס עומד
כב	18	05		אורנוס 3° דרומית לירח
כב	19	06	35	תחילת הרבע האחרון של הירח * 06:35
כה	21	01		צדק 0.4° צפונית לירח
כו	22	23		מאדים 4° דרומית לאלקיון
כו	23	00		נוגה 1.7° צפונית לירח
כז	23	10		שבטאי 1.8° צפונית לירח
כח	24	02		הירח בפריגאה
כח	24	13		כוכב-חמה 3° צפונית לירח
כט	25	11		הירח 9° דרומית לאלקיון
כט	25	14		מאדים 5° צפונית לירח
כט	25	21	32	מולד הירח * 21:32

### סיון ה תשנח

#### מאי 1998

א	26	06		הירח 0.5° צפונית לאלדברן
ד	29	04		נוגה 0.3° צפונית לשבתאי
ה	30	08		פלוטו בניגוד
ו	31	21		כוכב-חמה 5° דרומית לאלקיון

כוכב חמה

דרגת בהירות	חלק מזאר	מרחק זוויתי מחשמש °	קוטר זוויתי "	מרחק מכדור הארץ י.א.	נטיה ° ' "	עליה ישרה		צחירה דק.שע	זריחה דק.שע	תאריך	
						שנ. דק. שע	דק. שע			עברי	לועזי
-1.2	0.942	-9.44	5.2	1.2984	+01 51 18	12 01 22.3	17:07	10:59	4:50	א תשרי	2/10
-1.4	0.999	-3.91	4.9	1.3824	-03 28 19	12 46 41.8	17:12	11:17	5:21	ח תשרי	9/10
-0.9	0.999	1.67	4.7	1.4228	-08 40 37	13 30 35.7	17:15	11:33	5:51	ט תשרי	16/10
-0.9	0.986	6.07	4.7	1.4296	-13 26 51	14 13 29.7	17:18	11:49	6:19	כב תשרי	23/10
-0.5	0.955	11.27	4.8	1.3967	-17 37 11	14 56 08.1	17:23	12:08	6:52	א חשוון	1/11
-0.4	0.862	18.04	5.3	1.2614	-24 15 03	16 34 25.3	17:38	12:39	7:40	ט חשוון	15/11
-0.3	0.623	21.64	6.7	1.0087	-25 45 56	17 52 30.5	17:56	13:01	8:07	כט חשוון	29/11
+0.3	0.332	18.45	8.2	0.8229	-24 35 59	18 14 38.2	17:47	12:50	7:52	ח כסלו	7/12
+3.0	0.049	9.6	9.6	0.9695	-22 34 15	17 58 49.1	17:07	12:04	7:02	טו כסלו	14/12
+2.7	0.062	-8.9	9.7	0.6960	-20 22 17	17 20 13.9	16:08	10:59	5:50	כב כסלו	21/12
+0.3	0.335	-19.41	8.3	0.8137	-19 53 04	17 05 03.2	15:29	10:18	5:07	כט כסלו	28/12
-0.2	0.624	-23.05	6.7	1.0034	-21 22 50	17 27 39.3	15:14	10:06	4:59	ח טבת	6/1
-0.3	0.755	-22.20	5.9	1.1306	-22 38 15	18 01 43.5	15:17	10:13	5:09	טו טבת	13/1
-0.3	0.837	-19.99	5.5	1.2319	-23 15 12	18 42 22.6	15:29	10:26	5:24	כב טבת	20/1
-0.3	0.893	-17.02	5.1	1.3081	-22 57 12	19 26 31.6	15:47	10:43	5:40	כט טבת	27/1
-0.5	0.939	-12.92	4.9	1.3666	-21 19 30	20 19 17.3	26:13	11:05	5:56	ח שבט	4/2
-0.8	0.971	-8.73	4.8	1.3930	-18 42 04	21 06 33.4	16:41	11:24	6:08	טו שבט	11/2
-1.3	0.993	-4.06	4.8	1.3933	-14 55 33	21 54 28.3	17:12	11:45	6:18	כב שבט	18/2
-1.6	0.996	2.84	4.9	1.3603	-10 00 54	22 42 52.6	17:46	12:06	6:26	כט שבט	25/2

נוגה

דרגת בהירות	חלק מזאר	מרחק זוויתי מחשמש °	קוטר זוויתי "	מרחק מכדור הארץ י.א.	נטיה ° ' "	עליה ישרה		צחירה דק.שע	זריחה דק.שע	תאריך	
						שנ. דק. שע	דק. שע			עברי	לועזי
-4.2	0.647	44.06	17.9	0.9334	-20 25 22	15 19 39.5	19:27	14:17	9:07	א תשרי	2/10
-4.2	0.592	45.87	20.1	0.8283	-24 30 20	16 24 58.5	19:25	14:27	9:29	טו תשרי	16/10
-4.4	0.530	46.96	23.1	0.7219	-26 41 04	17 30 46.9	19:29	14:38	9:46	כט תשרי	30/10
-4.4	0.486	47.12	25.5	0.6534	-27 00 12	18 11 47.2	19:34	14:43	9:53	ח חשוון	8/11
-4.5	0.447	46.84	27.8	0.6003	-26 41 13	18 41 58.5	19:37	14:46	9:54	טו חשוון	15/11
-4.5	0.405	46.08	30.4	0.5479	-25 55 28	19 09 54.2	19:40	14:46	9:52	כב חשוון	22/11
-4.7	0.299	42.21	37.9	0.4399	-23 07 51	19 58 29.9	19:37	14:35	9:32	ח כסלו	7/12
-4.7	0.241	38.86	42.4	0.3932	-21 30 01	20 13 45.8	19:29	14:22	9:15	טו כסלו	14/12
-4.7	0.178	34.11	47.6	0.3507	-19 49 24	20 22 37.7	19:15	14:03	8:51	כב כסלו	21/12
-4.6	0.113	27.65	53.1	0.3143	-18 13 39	20 23 51.7	18:52	13:36	8:20	כט כסלו	28/12
-4.4	0.040	16.71	59.5	0.2805	-16 29 52	20 13 14.7	18:10	12:49	7:29	ח טבת	6/1
-4.1	0.008	7.59	2.3	0.2679	-15 32 03	19 57 07.7	17:28	12:05	6:43	טו טבת	13/1
-4.1	0.011	-8.61	1.9	0.2696	-14 58 14	19 38 51.2	16:44	11:20	5:55	כב טבת	20/1
-4.4	0.046	-17.83	58.5	0.2853	-14 48 18	19 24 05.2	16:03	10:38	5:13	כט טבת	27/1
-4.6	0.112	-27.32	52.5	0.3175	-15 00 13	19 16 14.8	15:24	9:59	4:34	ח שבט	4/2
-4.6	0.176	-33.68	47.0	0.3551	-15 21 31	19 18 15.7	14:58	9:34	4:10	טו שבט	11/2
-4.6	0.239	-38.35	41.8	0.3988	-15 42 47	19 27 40.0	14:39	9:16	3:53	כב שבט	18/2
-4.6	0.297	-41.65	37.3	0.4467	-15 55 30	19 42 59.5	14:27	9:04	3:41	כט שבט	25/2

מאדים

דרגת בהירות	חלק מזאר	מרחק זוויתי מחשמש °	קוטר זוויתי "	מרחק מכדור הארץ י.א.	נטיה ° ' "	עליה ישרה		צחירה דק.שע	זריחה דק.שע	תאריך	
						שנ. דק. שע	דק. שע			עברי	לועזי
+1.1	0.924	49.97	5.0	1.8580	-23 23 35	16 41 52.5	19:45	14:43	9:42	טו תשרי	16/10
1.1	0.928	47.61	5.0	1.8869	-24 00 33	17 03 56.2	19:37	14:38	9:38	כב תשרי	23/10
1.1	0.937	43.47	4.8	1.9495	-24 40 33	17 55 55.7	19:24	14:27	9:29	ח חשוון	8/11
1.1	0.945	39.98	4.7	2.0009	-24 20 23	18 42 30.2	19:17	14:18	9:19	כב חשוון	22/11
1.2	0.954	36.33	4.6	2.0534	-22 59 46	19 32 35.9	19:12	14:09	9:06	ח כסלו	7/12

טאגים - המשך

דרגת בהירות	חלק מואר	מרחק זוויתי מהשמש	קוטר זוויתי	מרחק מכדור הארץ	נטיה	עליה ישרה	שקיעה	צחירה	זריחה	תאריך	
										עברי	לועזי
1.2	0.961	33.00	4.5	2.1005	-20 51 54	ש. דק. שע	דק. שע	דק. שע	דק. שע	כב כסלו	21/12
1.2	0.969	29.27	4.3	2.1527	-17 30 54	20 18 44.0	19:09	14:00	8:51	ח טבת	6/1
1.2	0.978	24.45	4.2	2.2190	-11 58 04	21 10 04.2	19:07	13:48	8:29	כט טבת	27/1
1.2	0.983	21.04	4.1	2.2649	-07 28 20	22 14 39.4	19:04	13:30	7:56	טו שבט	11/2
1.2	0.988	17.87	4.1	2.3066	-03 04 24	22 58 58.6	19:01	13:15	7:30	כט שבט	25/2

צדק

דרגת בהירות	חלק מואר	מרחק זוויתי מהשמש	קוטר זוויתי	מרחק מכדור הארץ	נטיה	עליה ישרה	שקיעה	צחירה	זריחה	תאריך	
										עברי	לועזי
-2.5	0.992	116.35	43.5	4.5210	-18 05 57	ש. דק. שע	דק. שע	דק. שע	דק. שע	ח תשרי	9/10
-2.5	0.991	102.84	41.7	4.7251	-17 58 42	20 59 21.7	0:46	19:26	14:10	כב תשרי	23/10
-2.4	0.990	88.01	39.6	4.9719	-17 37 14	21 00 47.4	23:49	18:32	13:16	ח חשוון	8/11
-2.3	0.991	75.54	38.0	5.1868	-17 07 41	21 05 28.7	22:52	17:34	12:17	כב חשוון	22/11
-2.2	0.992	62.61	36.4	5.4042	-16 25 44	21 11 57.8	22:05	16:46	11:27	ח כסלן	7/12
-2.1	0.994	50.90	35.2	5.5860	-15 37 53	11 20 58.8	21:17	15:56	10:35	כב כסלו	21/12
-2.0	0.996	37.86	34.2	5.7596	-14 34 10	21 30 56.8	20:34	15:11	9:48	ח טבת	6/1
-2.0	0.998	26.70	33.5	5.8756	-13 31 44	21 43 43.04	19:47	14:21	8:55	כב טבת	20/1
-2.0	1.000	9.55	32.9	5.9811	-11 44 04	21 55 45.2	19:07	13:38	8:09	טו שבט	11/2
-2.0	1.000	-1.53	32.8	5.9966	-10 31 37	22 15 34.3	18:04	12:31	6:57	כט שבט	25/2

שבתאי

דרגת בהירות	חלק מואר	מרחק זוויתי מהשמש	קוטר זוויתי	מרחק מכדור הארץ	נטיה	עליה ישרה	שקיעה	צחירה	זריחה	תאריך	
										עברי	לועזי
+0.3	1.000	+166.03	19.7	8.4177	+03 42 57	ש. דק. שע	דק. שע	דק. שע	דק. שע	כב תשרי	23/10
0.5	0.999	134.29	19.1	8.6615	03 04 35	01 02 52.5	4:50	22:33	16:21	ח חשוון	22/11
0.6	0.997	104.39	18.2	9.0767	02 59 22	00 55 56.9	2:43	20:29	14:18	כב כסלו	12/12
0.7	0.997	81.65	17.5	9.4555	03 20 32	00 53 51.9	0:47	18:33	12:22	טו טבת	13/1
0.7	0.998	47.87	16.6	9.9875	04 30 34	00 56 10.8	23:16	17:05	10:53	כב שבט	18/2

אורנוס

דרגת בהירות	חלק מואר	מרחק זוויתי מהשמש	קוטר זוויתי	מרחק מכדור הארץ	נטיה	עליה ישרה	שקיעה	צחירה	זריחה	תאריך	
										עברי	לועזי
+5.8	0.999	+102.07	3.6	19.6021	-19 41 18	ש. דק. שע	דק. שע	דק. שע	דק. שע	טו תשרי	16/10
5.8	0.999	72.5	3.5	20.1132	-19 34 26	20 28 57.7	23:40	18:28	13:16	טו חשוון	15/11
5.9	1.000	44.2	3.4	20.5356	-19 18 10	20 30 40.6	21:44	16:32	11:20	טו כסלו	14/12
5.9	1.000	15.21	3.4	20.7928	-19 54 05	20 35 01.7	19:55	14:42	9:29	טו טבת	13/1
5.9	1.000	-12.59	3.4	20.8109	-18 27 42	20 41 26.4	18:05	12:51	7:37	טו שבט	11/2

נפטון

דרגת בהירות	חלק מזאר	מרחק זוויתי מחשמש °	קוטר זוויתי "	מרחק מכדור הארץ כ.א.	נטיה ° ' "	עליה ישרה		שקיעה דק. שע	צהירה דק.שע	זריחה דק.שע	תאריך	
						שנ. דק. שע	שע				עברי	לועזי
+7.9	1.000	+94.53	+2.2	30.0525	-20 20 11	19 56 40.3	23:06	17:56	12:46	טו תשרי	16/10	
8.0	1.000	64.9	2.2	30.5529	-20 16 37	19 58 12.0	21:10	15:59	10:49	טו חשוון	15/11	
8.0	1.000	36.3	2.2	30.9334	-20 08 03	20 01 24.8	19:19	14:09	8:58	טו כסלו	14/12	
8.0	1.000	6.81	2.2	31.1211	-19 55 26	20 05 51.6	17:26	12:15	7:04	טו טבת	13/1	
8.0	1.000	-21.58	2.2	31.0594	-19 41 57	20 10 22.6	15:37	10:26	5:14	טו שבט	11/2	

פלוטו

דרגת בהירות	חלק מזאר	מרחק זוויתי מחשמש °	קוטר זוויתי "	מרחק מכדור הארץ כ.א.	נטיה ° ' "	עליה ישרה		שקיעה דק. שע	צהירה דק.שע	זריחה דק.שע	תאריך	
						שנ. דק. שע	שע				עברי	לועזי
+13.8	1.000	+42.66	0.1	30.7370	-09 06 33	1616 48.6	19:57	14:17	8:37	טו תשרי	16/10	
13.8	1.000	17.07	0.1	30.9625	-09 24 57	16 20 54.4	18:02	12:23	6:43	טו חשוון	15/11	
13.8	1.000	-19.76	0.1	30.9497	-09 37 53	16 25 19.1	16:12	10:33	4:54	טו כסלו	14/12	
13.8	1.000	-46.64	0.1	30.6990	-09 44 05	16 29 26.1	14:18	8:39	3:01	טו טבת	13/1	
13.8	1.000	-74.57	0.1	30.2866	-09 42 40	16 32 10.5	12:27	6:48	1:09	טו שבט	11/2	

שמש

משוואת הזמן	קוטר זוויתי "	מרחק מכדור הארץ כ.א.	נטיה ° ' "	עליה ישרה שנ. דק. שע	שקיעה כיוון		צהירה כיוון		זריחה כיוון		תאריך	
					°	דק.ש ע	°	דק.ש ע	°	דק.ש ע	עברי	לועזי
+10 32.3	31 57.5	1.00094	-03 30 08.0	12 32 27.86	266.1	17:24	54.3	11:29	93.7	05:34	א תשרי	2/10
13 09.4	32 02.5	0.99831	-06 57 01.8	13 05 19.80	262.2	17:13	50.9	11:27	37.7	05:40	י תשרי	11/10
15 18.8	32 08.0	0.99548	-10 37 41.7	13 42 35.89	257.1	17:01	47.2	11:25	102.1	05:48	כ תשרי	21/10
16 24.0	32 13.6	0.88256	-14 22 02.9	14 24 52.73	253.3	16:50	43.5	11:24	106.5	05:56	א חשוון	1/11
16 00.9	32 18.6	0.99005	-17 22 01.0	15 04 41.42	249.7	16:43	40.5	11:24	110.1	06:05	יא חשוון	11/11
14 14.7	32 22.8	0.98788	-19 52 07.8	15 45 53.22	246.8	16:38	38.0	11:26	113.1	06:14	כא חשוון	21/11
11 07.5	32 26.3	0.98611	-21 46 11.3	16 28 25.92	244.5	16:35	36.2	11:29	115.4	06:22	ב כסלו	1/12
6 56.6	32 29.2	0.98466	-22 58 46.0	17 12 02.44	243.1	16:36	35.0	11:33	116.8	06:30	ג כסלו	11/12
2 08.1	32 31.0	0.98375	-23 26 03.3	17 56 16.52	242.6	16:40	34.6	11:38	117.4	06:36	ד כסלו	21/12
-3 16.8	32 31.8	0.98333	-23 01 58.5	18 45 03.52	243.2	16:47	35.0	11:43	116.9	06:41	ה טבת	1/1
-7 41.1	32 31.7	0.98340	-21 51 57.8	19 28 53.41	244.6	16:54	36.2	11:48	115.4	06:41	ו טבת	11/1
-11 07.8	32 30.3	0.98406	-19 59 31.7	20 11 45.60	247.0	17:03	38.1	11:51	113.2	06:39	ז טבת	21/1
-13 30.2	32 27.8	0.98533	-17 12 58.2	20 57 30.16	250.3	17:14	40.9	11:54	109.8	06:34	ח שבט	1/2
-14 13.8	32 24.8	0.98688	-14 09 31.3	21 37 39.35	254.0	17:23	44.0	11:54	106.2	06:26	טו שבט	11/2
-13 40.9	32 20.8	0.98892	-10 42 35.5	22 16 31.95	258.2	17:31	47.4	11:54	102.0	06:17	כח שבט	21/2

ירח

חלק מואר	מרחק שמש זוויתי	קוטר זוויתי	מרחק מכדור הארץ (ר.א.)	נטיה	עליה ישרה	שקיעה		צחירה		זריחה		תאריך	
						°	דק:שע	°	דק:שע	°	דק:שע	עברי	לועזי
+0.00	+3.80	29 30.5	63.491	-02 55 30	12 47 31.2	263.6	17:58	53.0	12:02	94.2	06:01	א תשרי	2/10
+1.101	36.71	29 59.7	62.461	-12 57 14	15 08 19.8		19:49	43.0	14:17	106.3	08:42	ד תשרי	5/10
+0.663	108.94	32 11.3	58.204	-15 08 45	20 32 37.9	251.7	00:10	44.3	19:33	106.4	13:57	י תשרי	11/10
+0.999	176.52	33 13.7	56.385	+05 29 46	01 19 37.1	277.2	05:45	---	---	80.2	17:36	טו תשרי	16/10
-0.719	-115.7	31 07.8	60.183	+18 21 37	06 07 .28	291.7	56:10	76.1	03:54	68.6	21:45	כ תשרי	21/10
-0.242	-59.14	29 32.0	63.438	+08 56 26	10 19 24.7	278.4	14:21	65.8	07:52	79.4	10:18	כה תשרי	26/10
+0.005	+7.84	30 02.5	62.364	-12 18 13	14 55 59.5	253.2	17:48	43.8	12:14	105.3	06:37	א חשוון	1/11
+0.206	53.82	31 04.4	60.293	-18 26 34	18 26 22.3	248.6	21:03	39.1	15:39	111.8	10:15	ה חשוון	5/11
+0.828	130.91	32 46.7	57.156	-01 07 17	23 59 58.7	268.6	02:16	60.1	21:00	88.5	14:44	יא חשוון	11/11
-0.973	-160.6	32 03.1	58.453	+17 17 13	04 46 26.5	290.9	07:44	74.9	00:43	68.5	18:37	טז חשוון	16/11
-0.595	-101.0	29 58.5	62.501	+13 10 30	09 17 26.3	284.1	11:45	70.5	05:03	77.6	23:10	כא חשוון	21/11
-0.159	-46.57	29 40.6	63.130	-04 20 18	13 06 49.9	262.5	14:33	52.1	08:39	95.3	02:40	כז חשוון	26/11
-0.002	-5.06	30 38.7	61.137	-16 33 13	16 22 52.2	249.0	17:12	40.0	11:47	110.1	06:21	א כסלו	30/11
+0.258	+60.9	31 52.8	58.769	-14 10 48	21 01 44.6	256.3	21:59	45.0	16:17	105.6	10:39	ו כסלו	5/12
+0.877	139.18	32 20.2	57.940	+10 27 18	02 29 03.7	282.5	03:19	71.0	21:33	75.4	14:47	יב כסלו	11/12
-0.957	-156.1	30 59.3	60.459	+18 07 53	07 13 57.1	291.1	08:14	75.9	01:14	69.7	19:07	יז כסלו	16/12
-0.587	-99.76	29 36.3	63.284	+04 40 23	11 21 45.5	273.7	11:27	61.8	05:09	88.5	23:38	כב כסלו	21/12
-0.146	-45.04	30 16.7	61.878	-13 07 29	15 12 53.4	252.7	14:21	43.4	08:48	105.8	03:11	כז כסלו	26/12
+0.003	+5.77	31 41.3	59.124	-18 30 09	18 50 42.0	248.7	17:45	39.1	12:20	111.9	06:57	א טבת	30/12
+0.067	29.7	32 10.4	58.234	-15 07 18	20 46 38.2	254.7	19:51	43.7	14:12	107.1	08:37	ג טבת	1/1
+0.430	82.2	32 17.4	58.021	+00 41 27	00 27 42.0	---	---	61.2	17:43	87.2	11:24	ז טבת	5/1
+0.967	+158	31 13.1	60.012	+18 34 24	05 58 17.1	292.0	05:12	76.3	23:03	68.0	15:59	יג טבת	11/1
-0.894	-142.4	29 51.7	62.742	+09 38 04	10 19 45.1	280.2	08:53	67.2	02:19	81.9	20:35	יח טבת	16/1
-0.483	-88.04	29 44.8	62.984	+08 35 24	14 07 37.1	258.2	11:39	48.3	05:54	99.9	00:05	כז טבת	21/1
-0.067	-29.74	31 37.8	59.233	-18 35 38	18 26 58.9	248.1	15:28	38.8	10:05	112.2	04:42	כח טבת	26/1
-0.002	-4.56	32 25.4	57.784	-16 08 04	20 24 14.7	252.8	17:34	42.2	11:59	108.7	06:27	א שבט	28/1
+0.185	+50.9	32 43.9	57.238	-00 41 32	00 13 26.9	273.6	21:59	59.4	15:39	89.2	09:24	ה שבט	1/2
+0.612	103.3	31 40.3	59.156	+14 58 55	03 53 05.3	287.5	01:09	74.4	19:10	71.1	12:15	ט שבט	5/2
+0.998	174.69	30 03.2	62.339	+13 41 44	09 15 50.2	285.6	06:14	---	---	76.1	17:32	טז שבט	11/2
-0.821	-129.9	29 28.5	63.564	-03 47 28	13 07 48.0	264.2	09:04	53.5	03:07	98.1	21:56	כ שבט	16/2
-0.371	-74.4	30 40.9	61.064	-17 38 52	17 09 01.8	248.4	12:20	39.4	06:56	111.0	01:32	כה שבט	21/2
-0.008	-10.17	33 00.0	56.775	-11 19 15	21 55 26.9	259.6	17:25	47.6	11:35	102.8	05:50	ל שבט	26/2

נטיית הטבעות של ירחי שבתאי

נטייה °	תאריך		נטייה °	תאריך		נטייה °	תאריך	
	עברי	לועזי		עברי	לועזי		עברי	לועזי
-10.1	טו שבט	11/2	-8.7	טו כסלו	14/12	-9.8	טו תשרי	16/10
-10.8	כט שבט	25/2	-8.8	כט כסלו	28/12	-9.4	כט תשרי	30/10
-11.5	טו אדר	13/3	-9.1	טו טבת	13/1	-9.0	טו חשוון	15/11
-12.2	כט אדר	27/3	-9.6	כט טבת	27/1	-8.8	כט חשוון	29/11

# קוראים כותבים

זיכרון קולקטיבי האמנם ? תגובה על  
מאמרו של חיים מזר "אבולוציה של חיים  
תבוניים" (כל כוכבי אור, כרך 24 גליון 3).

החברתית המראה שמרטים בקבוצה המזדהים איתה נוטים לשמור על ייחודיות המפרידה אותם מהקבוצה. תפיסת הזכרון הקולקטיבי כמאגר ידע עצום הינו מקובל ומובן, אולם תפיסת הזיכרון הקולקטיבי החברתי הינה טעות, הנובעת מכך שהידע הקולקטיבי כזיכרון אנושי כללי אינו אלא אוסף של ידע ולא זיכרון חווייתי של מאורעות עברו??

ראוי לציין כי היוונים עברו את הסף הקוגניטיבי הראשון אולם הסף השני הינה תוצאה של התפתחות מחקרית אשר ניתן לראותה בחברה המבוססת על טכנולוגיה מתקדמת. ברם, עלינו לזכור כי אין בהכרח לראות בתופעה אבולוציה של קוגניציה, אלא שילוב של רעיונות בעבודה משותפת ושיתוף רעיונות, דבר שאינו מעיד על אבולוציה תפיסתית אלא מראה לנו את ההתייחסות אל הפרט כאל חלק מקולקטיב, דבר שאינו נכון. אם נשפוט את ההתייחסות היוונית כלפי האני, הרי גם ביוון העתיקה התפיסה הקולקטיבית הייתה חזקה יותר וייחסה מאורעות לאלים ולנורמות חברתיות (ראה : סופוקלס - אנטיגונה).

דווקא על סף המאה העשרים ובמהלכה התפתחה הפסיכולוגיה האינדיווידואלית של אלפרד אדלר, כמו גם זרם הפסיכולוגיה של האני ע"י אנה פרויד (בתו של זיגמונד פרויד) וכן אריק אריקסון, אשר שמו דגש רב על הזהות העצמית של הפרט ועל התפתחותו האינדיווידואלית ושנותו מפרטים אחרים. טיעון זה מראה כי ההתפתחות האנושית הינה ברמת שיתוף הפעולה כפי שצויין קודם לכן, ולא בתודעה משותפת של פרטים דבר שניתן לראות בתפיסה החברתית ההישגית של המאה העשרים, אשר שמה דגש על הפרט ועל השניות כאינדיבידואל.

מנחם בן-עזרא, רמת-גן.

חיים מזר מצטט במאמרו את ארתור סי. קלארק הטוען כי היוונים נכשלו ביישום המדע התיאורטי שבו הם שלטו. טענה זו אינה ברורה. די אם אציין שני פילוסופי יוונים אשר ביצעו בדיקות אמפיריות במטרה להוכיח את השערותיהם : ארכימדס, אשר מחקריו בגיאומטריה ובפיזיקה הביאו אותו בניסויו המפורסם להראות כי הזהב של המלך מזוייף, וזאת בעזרת בדיקה אמפירית של משקל סגולי ; ארטוסטנס, אשר מדד את היקף כדה"א ע"י מדידת של הזווית של הצל בשעת צוהרי חיום בשני אתרים שונים באותה העת : האחד באלכסנדריה והשני באסוואן, המרוחקת 770 ק"מ. ארטוסטנס מצא שהפרש הזוויות שהטיל הצל היה 7.2° ומכאן חישב את היקף כדה"א בדיוק מרשים יחסית לתקופתו.

ראוי לציין שארטוסטנס פשוט יישם את המדע היווני במחקרו זה, לכן אין לומר שהיוונים היו בעלי חברה טכנולוגית פרימיטיבית. הנרי פוטסנקי מציין בספרו "תפיסת שימושיים" את חיבורו של אריסטו "שאלות מכניות" ותשובות. במאמר זה נראית בבירור ההתעניינות היוונית בהנדסה ומראה כי החשיבה הטכנולוגית הנדסית אינה שונה ביוון העתיקה מבימינו ; אריסטו פותח : "דברים יוצאים מגדר הרגיל מתרחשים בדרך הטבע וסיבתם אינה ידועה", אך הוא מוסיף : "שדברים אחרים קורים בניגוד לטבע, והם נעשים בכשרון המעשה לתועלת המין האנושי". כשרון המעשה לפי אריסטו הינה ההנדסה, תחום שאנו, כחברה טכנולוגית מתקדמת, ממאנים להכיר ממרומי המאה ה-20. הגדרתו של אריסטו דומה להגדרה משנת 1828 של המכון הבריטי למהנדסים אזרחיים - "ההנדסה האזרחית היא אמנות הכוונת מקורות הכח הגדולים שבטבע לשימוש ונוחותו של האדם".

הדמיון ברור הן ברמה הפילוסופית והן ברמה המעשית. נהוג לייחס חשיבות עצומה לפילוסופיה ולמיתולוגיה היוונית ולהתייחס למדע היווני כאל תיאורטי ובכך להפחית מכל הצלחה או ניסיון טכנולוגי שנעשה כדי לא לפגוע בתמונת העולם היוונית הפילוסופית הטהורה.

ההתפתחות האבולוציונית כקוגניציה ברמת המחקר, אליבא חיים מזר, לוקה לעניות דעתי בהפשטה כאשר אנו באים למדוד חברות. לא ניתן כיום לאפיין חברה ולטעון בה לזהות קולקטיבית, רעיון זה נובע כבר מתחום הפסיכולוגיה

הסינה 'קוראים כותבים' משקפת את דעות הכותבים בלבד והיא על אחרייתם של הכותבים. קוראים המבקשים להגיב על מאמרים בחוברת או להביע דעתם בנושאים הקשורים באגף, מוזמנים לכתוב לתד 149 בבעתים 53101, כאשר את המכתב יש להדפיס ולצרף דיסקט.

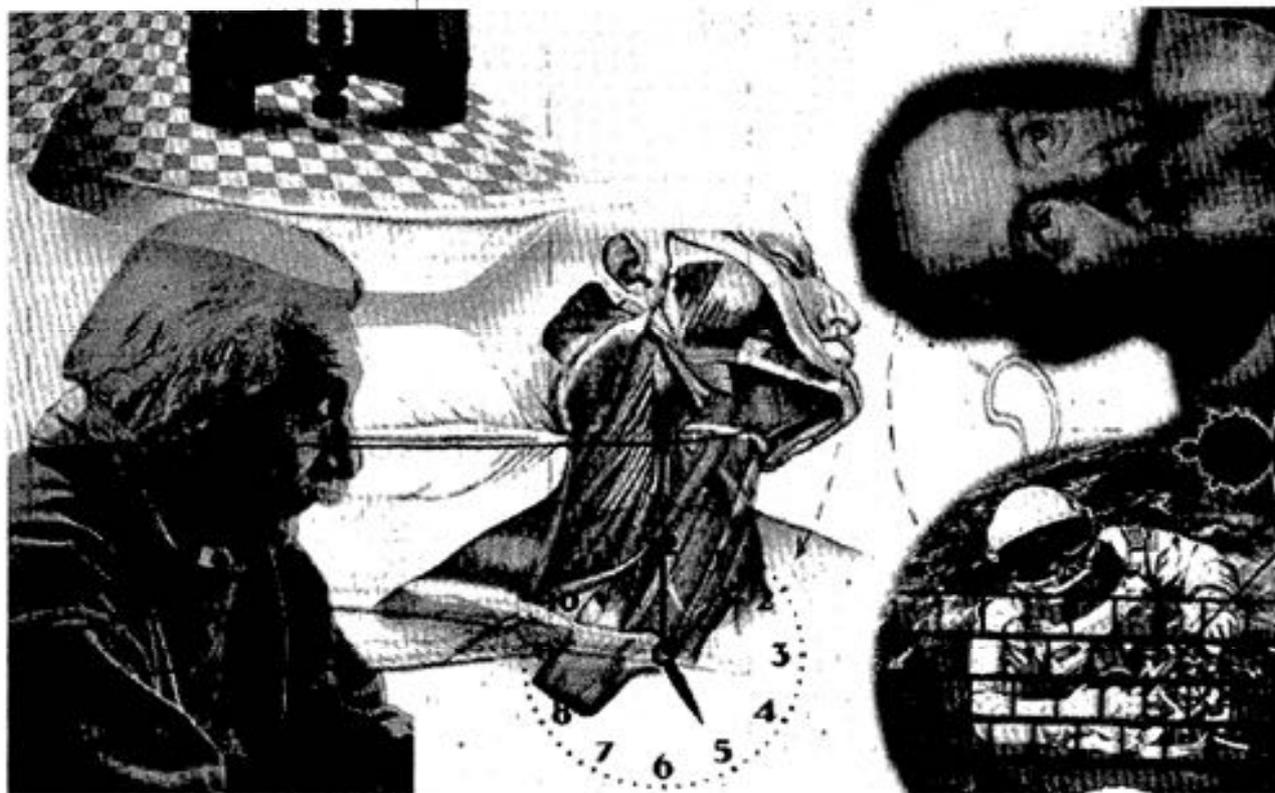


## אהפכת גליליאו נאשכת

גליליאו חולל מהפכה במדע, וכתב העת "גליליאו" למדע ומחשבה, מחולל מהפכה בכתיבה על המדע. ב"גליליאו" תגלו מאמרים מעמיקים ומרחיבי אופקים מפרי עיטם של מיטב המוחות בתחומי המדע השונים. המאמרים מרתקים ומגוונים (מחקר החלל ועד לפילוסופיה ומחשבה), ומלווים בתמונות ובאיורים מקוריים.

"גליליאו" זכה לאחרונה בשני הפרסים הראשונים בתחרות שארגן משרד המדע בנושא כתיבה מדעית ויצירתיות.

ניתן להשיג חוברות קודמות במחירים ישנים. ■



עכשיו במבצע מיוחד לחברי האגודה  
הישראלית לאסטרונומיה:  
לרוכשים מנוי חוברת נוספת חינם  
(למצטרפים חדשים בלבד)

לפרטים: מערכת "גליליאו"  
טלפון 02\*6235433  
טלפקס: 02\*6257201  
ת.ד. 411 ירושלים 91003.

שתי פנים למאדים

