

כל כוכבי אור

בטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה

גליון 2

כרך 24



25 שנים למצפה וויז
גלאקסיות: נרות מרחק קוסמולוגיים
קבוצת משולש
מאדים: חיים על הכוכב האדום?



95

המחיר : 17 ש"ח

☆ ☆
כל כוכבי אור

כרך 24 גליון מספר 2
ינואר 1997 - אפריל 1997 שבת - ניסן התשנ"ז

54	באגודה
57	חדשות אסטרונומיה וחלל
62	25 שנים למצפה הכוכבים ע"ש פלורנס וג'ורג' וויז
66	חיים על המאדים?
69	סופרנובות
72	אינהרנטיות האבולוציה לקיומם של חיים
74	פינת החובב - קבוצת משולש
77	שכיחות מכתשים על טיטאן
78	מה במערכת השמש
84	מגיד הרקיע

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

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 אחת לרבעון

מחיר מנוי שנתי 70 ש"ח
מחיר חוברת בודדת 17 ש"ח

שער קדמי: איזור יצירת כוכבים בגלזקסיה הרחוקה M33 כפי שצולמה על ידי טלסקופ החלל ע"ש האבל. (ראה פינת החובב)

שער אחורי: תעלות מים מחורצות על פניו של אירופה, ירחו הקפוא של צדק. ב-19 לדצמבר 1996, גילתה המקפת גלילאו, שחלפה 692 ק"מ מעל פני הקפואות, מה שנחזה להיות עקבות של פעילות הרי געש הפולטים קרח. כתבה נרחבת בחוברת הבאה.

כל כוכבי אור, כרך 24 גליון 2

חוברת זו, השניה בכרך 24 פותחת את שנת 1997. כבר מדפדוף ראשוני, ניתן להבחין בשינויים צורניים נוספים שהתווספו לחוברת: שינויים קלים בצורת סדר העימוד, הכותרות והעריכה הגרפית.

את החוברת יפתח פרק החדשות הרחב המתאר את הגילויים האחרונים בשדה האסטרונומיה, האסטרופיזיקה וחקר החלל.

המאמר הראשון בחוברת הוא מאמרו החגיגי של פרופסור יובל נאמן, ראש המכון ללימודים מתקדמים ע"ש סאקלר באוניברסיטת תל אביב וחבר האגודה הישראלית לאסטרונומיה. המאמר נכתב לרגל 25 שנים להקמת מצפה הכוכבים ע"ש פלורנס וג'ורג' וויז במצפה רמון. במאמר זה, מתאר פרופסור נאמן את הקמת המצפה הגדול ביותר בארץ תוך כדי סקירה של התפתחות האסטרונומיה המקצועית בארץ ישראל.

את המאמר השני תרגם ועיבד מורן נחשוני ממצפה הכוכבים בגבעתיים, והוא דן באפשרויות של התפתחות חיים על המאדים.

המאמר השלישי, שנכתב על ידי יצחק אוריון, עובד הקריה למחקר גרעיני בנחל סורק וחבר האגודה הישראלית לאסטרונומיה, מסביר את התרומה של תצפיות בסופרנובות להבנת קנה המידה הקוסמולוגי והמפץ הגדול.

במאמר אינהרנטיות האבולוציה לקיומם של חיים, פרי עטו של חיים מזר, חבר האגודה הישראלית לאסטרונומיה, מתואר הקשר ההכרחי, לדעת הכותב, בין האבולוציה לבין התפתחות חיים.

פינת החובב, פרי עטו של הח"מ, מתארת את אחת מקבוצות השמיים הקטנות והנידחות בשמיים מחד, אך בעלות חשיבות רב מאידך - קבוצת משולש.

במאמר נוסף מפרי עטו, בונה חיים מזר מעין מודל המנבא את שכיחות המכתשים על ירחו המסתורי והגדול של שבתאי, טיטאן.

את החוברת סוגרות שתי הפינות הקבועות - מה במערכת השמש, הסוקרת את הצפוי לנו במערכת השמש ברבעון הראשון של שנת 1997, בליווי מפת ומגיד הרקיע, שעליו עמל, כרגיל בשנים האחרונות, חבר האגודה שי וואלטר.

המערכת מאחלת לכל הקוראים קריאה מהנה.

יגאל פת-אל

עורך

מה באגודה

הכנס השנתי

מורן נחשוני, זוכה האולימפיאד!

בגמר תחרות האולימפיאד שהתקיימה באוניברסיטת תל אביב ב- 24 לדצמבר, שכה במקום הראשון ופרס כספי מכובד של 4000 ש"ח, חבר האגודה מורן נחשוני.

למורן הידד!

סוף שבוע אסטרונומי

סוף השבוע האסטרונומי שהתקיים ב- 11 לאוקטובר השנה ארך כ- 80 חברי אגודה ובני משפחותיהם. המשתתפים שמעו הרצאות בנושא החיים על המאדים וכן על שמי הסתיו ושביט האל בופ. בלילה, צפו המשתתפים בגרמי שמים רבים באמצעות טלסקופים רבים שהובאו למקום שבהם בלטו טלסקופים בקוטרים שונים החל מ- 60 מ"מ ועד טלסקופ דובסוני בקוטר 12". מי שהחזיק מעמד ונשאר עד סוף הלילה צפה בכוכב השביט טאבור.

ביום שבת, לאחר הרצאה, יצאו החברים לטייל בעין עבדת הסמוכה ולאחר מכן התפצלו: היו מי שנשארו לצפות בליקוי החמה החלקי (והרויחו שמים נקים מהפרעות) והיו מי שנסעו למצפה הכוכבים בגבעתיים לראות בעינים כלות את מרבית הליקוי לוקה בליקוי מלא ללא כחל ושרק על ידי שכבות עננים אזוריות שעלו מכיוון הים.

סוף שבוע נוסף יתקיים בחודש אפריל ועל קיומו תשלח הודעה בנפרד.

חגיגות ה- 30 למצפה הכוכבים בגבעתיים וטקס הסרת הלוט מעל השלט לזכרו של אינג' פוקס ז"ל

חגיגות ה- 30 של המצפה יתקיימו במהלך חודש אפריל, בסמגרת חגיגות ה- 75 שנים לגבעתיים. במהלך הטקס שיתקיים במקום יוסר הלוט מעל השלט לזכרו של אינג' פוקס זל, ממקימי המצפה וכן ייחנך אולם התצוגה החדש שייבנה במצפה. (טקס הסרת הלוט נדחה מהמועד המקורי שתוכנן לאחר הכנס השנתי בדצמבר 1996 על מנת לשלבו באירועים הרשמיים של חגיגות 75 שנים לגבעתיים).

חוגים במצפה הכוכבים

בחודשים פברואר ומרץ יפתחו מחזורים נוספים של חוג מתחילים ומתקדמים למבוגרים בנושא האסטרונומיה. כמו כן, יפתח חוג להכרת השמים וצילום אסטרונומי. על המעוניינים לפנות אל שוני לוטן, טל. 03-5722227 בשעות הבוקר או בימים שלישי וחמישי בין השעות 20:00-22:00 בערב.

הכנס השנתי של האגודה הישראלית לאסטרונומיה התקיים ב- 23 לחודש דצמבר, יג בטבת בבית ראשונים בגבעתיים.

בכנס השתתפו למעלה מ- 150 איש שהאזינו למרצים הבאים:

פרופסור יובל נאמן פתח את הכנס בהרצאה על תולדות הקוסמולוגיה המודרנית ועל מודל היקום האינפלציוני.

ד"ר יצחק גולדמן הרצה על בעית גיל היקום הנובעת מציפות על צבירי כוכבים והשוואת גילם לגיל היקום.

יצחק אוריון המתייש (בעזרת מצגת), תהליכים גרעיניים המתרחשים בליבות כוכבים

פרופסור צבי מזא"ה הרצה על גילוי כוכבי לכת מחוץ למערכת השמש.

יגאל פת-אל תאר מחקר שמטרתו אמידת סיבוב כוכבי שביט סיבוב צירם באמצעים אסטרונומיים.

חתם את הכנס **אבשלום אליצור** שביטל באופן חד כתער את העיקרון האנתרופי ותאר סתירות הנובעות מתורת הקוונטים והחשיבה המדעית המודרנית.

במהלך הישיבה השנתית ניתנה סקירה מרחיבה על פעילות האגודה בשנה החולפת, ניתנה סקירה על מצפה הכספי של האגודה, אושרו הדוחות הכספיים בהצבעת המליאה ונבחרו מוסדות האגודה:

חברי ועד (לפי סדר א-ב):

אוהד שמר
אלברט כליפא
אמיר מרון
דניאלה שילר
יגאל פת-אל
יצחק אוריון
נעמי הנרי
עיינת חורין
ערן אופק
תמר אוליצקי

לחברי ועדת ביקורת נבחרו החברים הבאים:

בועז מאיר
דני הלברכת
מנשה דוידוביץ

בחירת מוסדות האגודה

בישיבה הראשונה של הוועד הנבחר שהתקיימה במצפה הכוכבים ב- 15 לינואר, נבחרו החברים הבאים לכהן במוסדות האגודה:

יו"ר - מר יגאל פת-אל
סגן יו"ר - מר ערן אופק

מזכירת האגודה - גבי נעמי הנרי
גזבר - מר אלברט כליפא

סערכת - יגאל פת-אל, יצחק אוריון, עינת חורין
ועדת שיווק - אמיר מרון, דניאלה שילר, יגאל פתאל
דוד נטובים

חברים נוספים המעוניינים לתרום, מוזמנים ליצור קשר עם נעמי הנרי.

פעילויות האגודה

הרצאות במצפה הכוכבים גבעתיים

הפורום המדעי במצפה הכוכבים בגבעתיים מנושך בפעילותו. הרצאות בנושא אסטרונומיה ומדע ניתנות מדי יום חמישי בשעה 21:00 לאחר התצפית. להלן פירוט ההרצאות במצפה הכוכבים בחודשים הקרובים:

רוני מועלם	מסערכת השמש לצבירי גלאקסיות	6 לפברואר
עודד אברהם	תצפיות היסטוריות על שביטים האל-בופ	13 לפברואר
יגאל פת-אל	ערפיליות פלנטריות ומות השמש	20 לפברואר
מנחם בן עזרא	פסיכולוגיה של האנושיות	27 לפברואר
נעם קרן	חקר שביטים באמצעות גישושים	6 למרץ
רוני מועלם	המהפכות הגדולות באסטרונומיה	13 למרץ
איציק אוריון	אסטטיקה ביקום ובמדע	20 למרץ
אמיר מרון	תופעות ושינויים במימד הזמן	27 למרץ
ערן אופק	היווצרות היקום וקרינת הרקע הקוסמית	3 לאפריל
יגאל פת-אל	מיתולוגיה של קבוצות כוכבים	10 לאפריל
מנחם בן עזרא	מח והתנהגות	17 לאפריל
מיכל גנות	כוכבים כפולים בסג	24 לאפריל

דמי כניסה - 13 ש"ח
לחברי האגודה 6.5 ש"ח

הרצאות בחולון

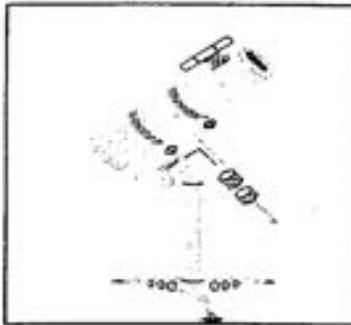
מצפה הכוכבים בבית הספר החקלאי במקווה ישראל בחולון ימשיך בסדרת הרצאות לקהל הרחב מטעם האגודה הישראלית לאסטרונומיה. במקום מוצב טלסקופ ניוטוני בקוטר 6" ומתקיימות בו תצפיות, הרצאות וקורסים בנושא אסטרונומיה. למרטים נוספים טל- 03-5042652

ערן אופק	מולסארים וכוכבי ניוטרוני	2 למרץ
אמיר מרון	חיים, סדר בתוך כאוס	16 למרץ
יגאל פת-אל	שלוש הדקות הראשונות	26 למרץ
אוהד שמר	חודים שחורים	13 לאפריל

דמי כניסה - 15 ש"ח
לחברי האגודה - 10 ש"ח

סוף שבוע וסמינר אסטרונומי

סוף שבוע אסטרונומי שיכלול סמינר בנושא קיום חיים מחוץ לכדור הארץ ונושאים נבחרים באסטרונומיקה יתקיים בשישי - שבת, 18-19 לאפריל, בבית ההארחה בקיבוץ שפיים. חברים יוכלו להשתתף על בסיס שמיעה בלבד של ההרצאות או על בסיס של ארוון, כולל לינה עם פנסיון מלא. סדר יום מפורט, עם תנאי הרשמה ישלח במועד מאוחר יותר.



קוסמוס

המרכז הגדול בארץ לצורכי אסטרונומיה ומדע

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

E:MAIL: cosmos@goldnct.net.il

טלפון: 03-6724303 פקס 03-5799230

את האתר של MEADE ניתן למצוא באינטרנט בכתובת: <http://www.mcade.com>

חדש !!!

☆ 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 שכה חסרה כשאנו מביטים בתמונות הנוף שצילמנו בציוד הצילום והוידאו, גם המשוכללים ביותר. אין כל תחליף לראיזם שמוסיפה התלת מימדיות לתמונות של יקירינו.

לחברי האגודה במחיר מבצע מיוחד !

☆ הטלסקופ המדובר ביותר : **Meade ETX 90** כעת בישראל.

הטלסקופ בעל האיכות האופטית האולטימטיבית, בקוטר 90 מ"מ. צילום וצפיה בו זמנית באמצעות עדשת פליפ - פלופ. כעת גם בישראל.

הטלסקופ היחיד בתולדות ייצור הטלסקופים שאזל מיד מהמדפים, נמכר בשוק שחור ונפתחו עבורו עשרות אתרי מעריצים באינטרנט !

"The hottest scope ever... Clearly, the ETX represents an excellent value. Sharp optics combines with useful features", *Sky & Telescope*, January 1997

1...המבחר הרגיל

☆ פלנטריומים מקצועיים תוצרת GOTO יפן
☆ מוסטרים, שקופיות, תוכנות, מפות, אטלסים וספרי אסטרונומיה
☆ אמצעי המחשה - דגמים, גלובוסים, אביזרי ניסוי

☆ טלסקופים שוברי אור, ניוטוניים, החל מקוטר 60 מ"מ ועד חצי מטר
☆ טלסקופים נשלטי מחשב
☆ טלסקופים קרקעיים לתצפית ולצילום מצלמות CCD לצילום אסטרונומי

אפשרות מכירה באמצעות הדואר

הנחות לחברי האגודה הישראלית לאסטרונומיה !

חדשות אסטרונומיה וחלל

השתתפו בכתיבה ועריכה: יגאל פת-אל, מורן נחשוני ויצחק אוריון

מסה גדולה בשביל-החלב

לאחרונה נמצא ביסוס לקיומו של חור-שחור מסיבי המסתתר בליבה של שביל-החלב. תנועת כוכבים, הנמצאים רק מספר שניות קשות מליבת הגלקסיה הבהירה, במסלולים אקסצנטריים מאד מאפשרת חישוב מסת העצם המרכזי.

מדידות חדשות של מספר חוקרים ממכון מיקס פלאנק (*Max Planck Ins.*) הראו תנועת כוכבים מסיביים בקרבת הליבה במידה שווה לכל כיוון. עובדה זו מעידה על קיום של גוף מרכזי אפל בעל מסה של 2.4 מליון מסות שמש בתחום קטן משנת-אור.

הדיווחים האחרונים מראים שהפעילות עלתה בדרגתה על האפיזודה האחרונה. חובבן מאוהיו, בשם דובינס (*Thomas A. Dobbins*) גילה תחום בהיר בן 45 מעלות באמצעות טלסקופ 10 אינץ' מחזיר f/9. דובינס דיווח על רצועה לבנה באורך 248 מעלות שלא השתנתה במשך שבוע ימים. ביב (*Reta Beebe*) מאוניברסיטת ניו-מכסיקו, שגילה את סערת הענק של 1990 על ידי טלסקופ החלל, מציע שתצפיתנים ישתמשו במסננים כחולים או ירוקים. אלו המשתמשים במצלמת CCD יכולים לנסות מסננים היכולים להדגיש אינפרא-אדום קרוב לצפייה בכס הבליעה של המתאן (CH_4) באורך גל 8900 אנגסטרם.

עוד 'כמעט התנגשות' עם אסטרואידי

האסטרואידי 'טוטאטיס', שבמידה והיה מתנגש בכדור הארץ, היה עלול לגרום להרס וחורבן, עד כדי השמדת האנושות, חלף במוצ"ש, 2 לדצמבר 1996, מרחק של 5.3 מליון ק"מ 'בלבד' מכדור הארץ. את הידיעה, העבירה

להתראות, IUE

הלוויין האסטרונומי הפעיל הותיק ביותר בעולם IUE (*International Ultraviolet Explorer*) סיים את חייו. לוויין זה לחקר קרינה על-סגולה הפסיק לתפקד ב-30 בספטמבר 1996 לאחר יותר מ-18 שנה של תנועה במסלול מסונכרן. מטרתו האחרונה היתה לקלוט פליטת קרינה על-סגולה מהאטמוספירה של צדק. הפסקת פעילות לוויין זה נדרשה על פי הקיצוצים בתקציב של סוכנות החלל האירופית.

ספקטרומטר לקרינה על-סגולה שהוצב על הלוויין ספקו חלון למדידת כוכבים אנרגטיים, חילופי מסה במערכות זוגיות והתווך הבינכוכבי. דור שלם של אסטרונומים חב את התקדמותו ללוויין זה.

פעילות באטמוספירה של שבתאי

לאחרונה דווחו תצפיות על פעילות נמרצת של כתם-לבן באזורים הקרובים לקו המשווה של שבתאי. נקודות כאלה מופיעות כאשר עולים תאי הסעה גדולים של אמוניה (NH_3) אל החלק העליון של האטמוספירה, ונדחסים לענני קרח. כתם בהיר בולט ודרמוני הופיע כל 30 שנה, שהן שנת שבתאי אחת, כאשר האחרון הופיע בשנת 1990. בשנת 1994 הופיע עוד כתם קטן יותר אך עדיין קל לתצפית בטלסקופ קטן.



צילום ראדאר של האסטרואידי טוטאטיס. בגילום נראה בבירור כי האסטרואידי טוטאטיס אינו אלא שני אסטרואידיים הקשורים יחדיו על ידי הכבידה. הכתם הכהה במינה השמאלית העליונה של האסטרואידי התחתון עשויה להיות סכתש גדול.

לחלל. ההדמיות מראות כי השברים, המשתנים בגודלם, סובבים את השמש במשך עידנים. הפרעות גראביטציוניות מכוכבי הלכת משנים ללא הרף את מסלול השבר. לבסוף, הנווד מוצא את עצמו מתנגש בכוכב לכת, מועף ממערכת השמש ע"י צדק או מתנגש בשמש.

ההדמיות מראות כי לשברים מהירח לוקח עשרות אלפי שנים בכדי להגיע לכדור הארץ. לסלעי מאדים, לעומת זאת, לוקח מיליוני שנים בכדי להגיע לכדור הארץ. בערך 40% מהחומר שמועף מהירח מגיע לכדור הארץ. רק 4% מסלעי מאדים מוצא את דרכו לכדור הארץ, ובתוך זה גם המטאוריט Allan Hills 84001 שמדעני נאס"א מאמינים כי הוא מכיל שרידים של חיים קדומים במאדים.

ההדמיות מראות גם למה נמצא אותו מספר של מטאוריטים ממאדים ומהירח. מדענים מצאו מטאוריטים ממאדים ומהירח בכיפת הקרח באנטרקטיקה, שגילה הוא "רק" 100,000 שנים. בגלל שלאבני הירח לוקח זמן קצר מאוד להגיע לכדור הארץ, מדענים מוצאים רק את אלה שעפו מפני הירח בהתנגשויות קרובות, יחסית, לזמנו. לעומת זאת, לסלעי המאדים לוקח זמן רב יותר בכדי להגיע לכדור הארץ, ולכן מגיע אלינו זרם קבוע שלהם מהתנגשויות קדומות יותר ועוצמתיות יותר.

התמונה הברורה ביותר

קבוצת אסטרונומים אמריקאים, שהשתמשו בטכניקת האינטרפרומטריה, הגיעו לרזולוציה הגבוהה ביותר בתמונות שנלקחו בתחום האור הנראה.

התמונות מפרידות בבירור את הצמד הקרוב מתוך המערכת המרובעת של מיזאר, הכוכב האמצעי ביצול העגלה הגדולה שנמצא במרחק של 80 שנות אור מכדור הארץ. עד לאחרונה, אופיו הביטארי של הכוכב, שמופרד במרחק של 3/2 מהמרחק בין השמש וכוכב חמה, נתגלה רק בעזרת תצלומים ספקטרוסקופיים.

ההפרדה הזוויתית בין שני הכוכבים משתנה בין 6 מילי-שניות-קשת (גודלה של קוביה כפי שנראית ממרחק של 600 ק"מ) ל-9 מילי-שניות-קשת. לטלסקופ האבל, שאינו מופרע מאטמוספירת כדור הארץ, ישנה הפרדה של 40 מילי-שניות-קשת (גודלה של קוביה ממרחק של 90 ק"מ).

קבוצה מאוניברסיטת קמברידג' השתמשה לאחרונה באינטרפרומטריה בכדי להפריד בין שני כוכבים במערכת קפלה. אך התמונות האחרונות הן לפחות פי שלוש יותר חדות מאלה של הקבוצה מקמברידג'.

סוכנות הידיעות הרוסית, אינטרפסק, שציטטה את האסטרונום הרוסי ויקטור סוקולוב. סוקולוב, חוקר במכון לאסטרונומיה תאורטית במוסקבה, מסר כי האסטרואיד 'טוטאטיס', סובב סביב השמש במסלול משתנה, במחזוריות של 4 שנים, עשוי להתנגש יום אחד להתנגשות עם כדור הארץ. בשנת 1992, חלף טוטאטיס מרחק של 4 מיליון ק"מ 'בלבד' מכדור הארץ. מרחקים כאלו, הינם קרובים עד כדי להדאיג, במונחים חלליים. סוקולוב הוסיף גם כי טוטאטיס הינו רק אחד מ-400 אסטרואידים הנעים בתלל סביב השמש במסלולים חוצי ארץ ועשויים לפגוע, יום אחד בכדור הארץ.

אגב, האסטרואיד טוטאטיס נקרא בשמו של אל המלחמה והמוות הנאלי.

התנגשויות בהגורת קויפר

גבולותיה החיצוניים והקרירים של מערכת השמש עשויים להיות מקום פעיל ודינמי הרבה יותר ממה שאסטרונומים ציפו. שני ממצאים אחרונים מצביעים על התנגשויות לא מעטות בין הגופים הקטנים והקפואים בהגורת קויפר, מקור לשביטים קצרי המועד שמתחיל אתרי מסלול נפטון.

הראשון-גיינן לו מאוניברסיטת הרווארד ודייוויד ג'ויט מאוניברסיטת הוואי מדדו את צבעם של 14 גופים בהגורת קויפר, ובנוסף את צבעם של סנטאורים-גופים שסובבים את השמש בין כוכבי הלכת הענקיים, אך שמקורם בהגורת קויפר. לו וג'ויט ציפו למצוא שצבעם יהיה אדום, כתוצאה מהחשיפה הממושכת לקרניים קוסמיות בחלל במשך מיליוני שנים.

במקום זאת הם מצאו שהגופים הציגו מגוון רחב של צבעים. לו וג'ויט חושבים כי מקור הצבעים השונים בריצוף פני השטח בגלל התנגשויות. " נהגנו לחשוב שתגורת קויפר היא מקום בו לא קורה כלום, אך למעשה האזור שוקק פעילות", אומר ג'ויט.

השני-הדמיות מחשב שביצע פאולו פרינלה מאוניברסיטת פיזה באיטליה ודונלד דייביס מהמכון למחקר פלנטרי באריזונה מצביעות על כך שהגופים הקטנים בהגורת קויפר מתנגשים תדירות זה בזה. התנגשויות אלו עלולות "לזרוק" שביטים קצרי מועד למערכת השמש הפנימית. אם דבר זה נכון, השביטים קצרי המועד הם לא גופים קדמוניים שעליהם חשבו האסטרונומים.

נוודי מערכת השמש

הדמיות מחשב חדשות שיפרו את הבנתנו על המנגנון בו כוכבי לכת וירחים מתחלפים חומר אלה עם אלה. מדי פעם פוגע אסטרואיד או כוכב-שביט בכוכב לכת בעוצמה חזקה שמסוגלת להעיף לחלל שברים ממנו

רגילות. הוסיפו לאלה את הצבירים התוך-צביריים, בהתאם לפיזור החומר בצביר הגלקסיות ושמספר עולה ביחד עם מסת הצביר.

מודל זה מסביר את ההבדל בין המספר הגדול מאוד של צבירים כדוריים סביב גלקסיות ענקיות הנמצאות קרוב למרכז הצביר, לבין המספר הקטן שלהם סביב גלקסיות שנמצאות בצבירים דלים בחומר או רחוקות ממרכז הצביר. החוקרים תושבים כי הצבירים נוצרו בסביבה התוך-צבירית או שנקרעו מגלקסיות אחרות במהלך תנגשויות ואז עברו למרכז הצביר.

האינטרפרטציה מאפשרת לאסטרונומים לשלב את האור משניים או יותר טלסקופים בכדי לקבל את ההפרדה של אותו טלסקופ בעל קוטר זהה למרחק בין הטלסקופים. הקבוצה האמריקאית השתמשה בשלושה טלסקופים שמופרדים במרחק של 38 מטרים ובכך מדמים את ההפרדה של טלסקופ יחיד בעל קוטר של 38 מ'. הקבוצה מתכוננת להוסיף עוד טלסקופים למערך ולמקס אותם במרחק של 437 מ', ובכך להגיע להפרדה של 0.2 מילי-שניות-קשת. דבר זה יאפשר להם לראות כתמי שמש ושאר פעילויות אנרגטיות על פני כוכבים קרובים.

צבירים וחופשיים

מים על הירח

עד כמה עשויות קביעות נחרצות בדומה ל- 'אין מים על הירח', 'אין חיים על המאדים' וכדומה, להתגלות מופרכות, מראה הגילוי האחרון של מים על פני הירח.

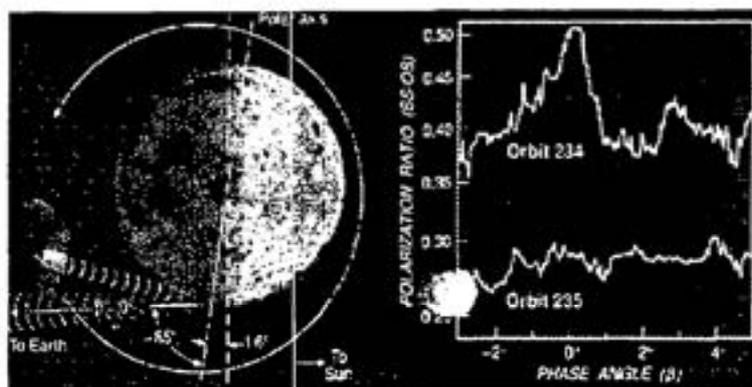
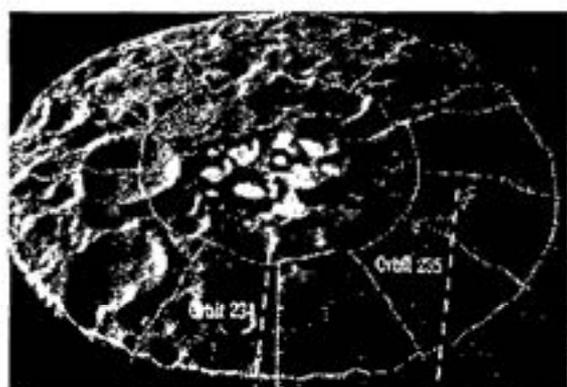
הירח, גרם השמים הקרוב ביותר אלינו (אם כי מספר אסטרואידיים חולפים מגסים לשבש באופן מדאיג למדי גם את הקביעה הזו...), נחקר באופן היסודי ביותר ב- 30 שנה האחרונות. דגימות סלעי הירח הובאו לכדור הארץ על ידי אסטרונוטים, מרחקו הקטן יחסית מאפשר לחקור אותו בצורה יעילה על ידי טלסקופים ושיגור חלליות לירח נחשבת משימה פשוטה יחסית. אחת מחלליות אלו, הקלמנטין, סובבת סביב הירח ומשימתה הוא מיפוי הירח תוך שימוש בטכניקת איסוף אור שתאפשר למפות את פני הירח בהתאם לכימיקלים המרכיבים אותם. בתמונות הצבע המדומה שמשגרת הקלמנטין אל החוקרים בכדור הארץ, נצבע כל כימיקל בצבע שונה והתמונה הטופוגרפית המתקבלת נראית כפסיפס של צבעים המדגישה את העושר שבהרכב סלעי הירח. והינה, בעיבוד של תמונות שצולמו במהלך הקיץ האחרון, נתגלו עקבות של אחת התרכובות שגילויה על פני הירח זיעזע את אמות הסיפים: מים.

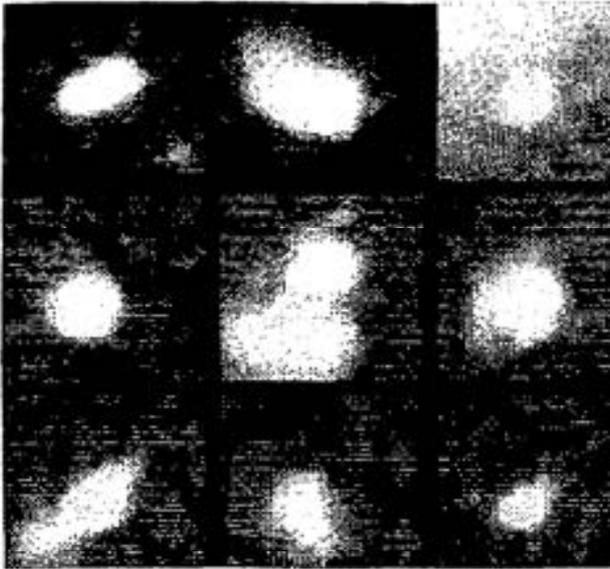
הרבה מעל מאה צבירים כדוריים סובבים את שביל החלב, ונעולים לנצח באחיזתה הגראביטציונית. אך מספר זה מתגמד בהשוואה לכמה גלקסיות אליפטיות ענקיות, שמכילות עשרות אלפים מהם. מייקל וסט מאוני סנט מארי בהליפקס, נובה סקוטיה, ועמיתיו מציעים כי רבים מצבירים אלו אינם קשורים לאף גלקסיה, אלא מרחפים בחופשיות בתוך מרכזי צבירי גלקסיות.

המחקר התרכז בגלקסיות הבהירות ביותר בתוך 12 צבירי גלקסיות. הם מצאו שכמה, כמו NGC 5629 בצביר Abell 2666 מכילה פחות מ-2000 צבירים כדוריים, מספר נורמלי לגלקסיה אליפטית בסביבה דחוסה. בקצה השני עומדות גלקסיות כמו M87 בצביר הבתולה עם 16,000 צבירים ו-UGC 9799 בצביר Abell 2052 עם 46,000 (!) צבירים.

הם מציעים כי אוכלוסייה של צבירים תוך-צביריים יכולה להסביר את ההבדלים. לפי תסריט זה, כל הגלקסיות הבהירות ביותר נוצרות עם אותו מספר של צבירים כדוריים כפי שנראה בגלקסיות אליפטיות

שני היעמים (מספר 234 ו-235 של המסכת קלמנטין מעל הירח שגילו את המים (שמאל, למטה). האופן בו בוצעו המדידות, שהתבססו על מדידת ההפרשים במידת הקיטוב של החור הקרינו: מהקרקע (ימין, למטה). הגרף העליון, המראה שינויים גדולים יותר מתייחס ליעף מספר 234, שעבר בדיוק מעל המכתש.





תשעה מתוך 18 הצבירים הסבילים כוכבים חמים וצעירים שגילם כמיליארד שנה ואשר מהם נוצרו, כנראה, הגלאקסיות הראשונות. הצביר במרכז הוא כמול.

לאחר ההתנגשות.

גילוי הקרח על פני הירח והתנגשות השביט שומאקר לוי 9 בצדק ביולי 1994, תומכת בהשערה כי המים על פני כדור הארץ הובאו, בעיקר, על ידי שביטים.

ערוש הגלאקסיות?

מה קדם למה? הגלאקסיות לכוכבים או הכוכבים לגלאקסיות? שאלה זו הינה אתת השאלות הגדולות בקוסמולוגיה ונוגעת ישירות לרגעי הבריאה של היקום ותחילת יצירת המבנים הגדולים. על מנת לנסות ולהשיב על השאלה יש לחביט אחורה בזמן, אל הרגעים הראשונים של היקום.

כבר בשנת 1992 מצא הלוחין בתת אדום - קובי - אדוות ואסימטריה בקרינת הרקע שבישרו על התנדדות במרחב זמן שאיפשרו את יצירת הגלאקסיות. כעת היה צורך להביט אל נקודת זמן מאוחרת קמעה על מנת לראות את תוצאות אותן אדוות. הבעיה היא, שעצמים במרחקים כאלו הינם כה חיוורים שיש צורך בטלסקופ חזק במיוחד על מנת לצפות בהם ברמה המאפשרת מחקר.

עד כה ניצפו גלאקסיות שגילן נאמד בכמיליארד שנים לאחר המפץ הגדול אך בעזרת טלסקופ החלל עייש האבל, גילו אסטרונומים בראשותו של סבסטיאן פסקרלה (Sebastian Pascarella) מאוניברסיטת אריזונה, מספר צבירי כוכבים ענקיים, המונים למעלה ממיליארד צבירים כל אחד ומצויים במרחק של 11 מיליארד שנות אור מעימנו. המיוחד בצבירים אלו, שהמרחק ביניהם לא עולה על שני מיליון שנות אור. מרחק כזה הינו מרחק בסדר גודל של המרחק בין האנדרומדה ושבייל החלב. גודלו של כל אחד מ-18 הצבירים אינו עולה על אלפים ספורים של שנות אור,

המים, שמצויים במבנה מוצק-דהיינו, קרח - נתגלו על קרקעיתו של אחד המכתשים. גילויים מעלה שתי שאלות עיקריות:

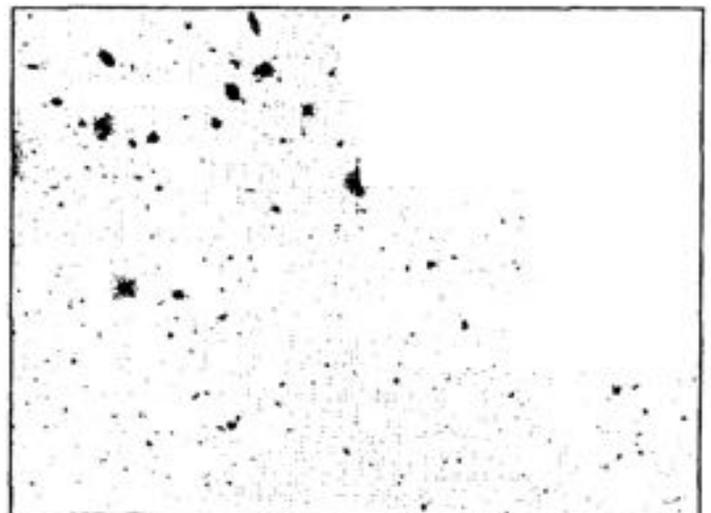
האם מים מצויים על עוד מקומות על פני הירח או שמא גילויים מוגבל רק למכתש בו הם נמצאו?

כל תשובה אפשרית לאלה זו חייבת להעלות השערה באשר למקור המים.

שאלה שניה היא: מדוע הקרח לא מתאדה מיד בלחץ הנמוך השורר על פני הירח חסרי האטמוספירה?

מבין שתי השאלות נראה שהמענה לשאלה השניה קל יותר; הקרח מצוי בקרקעיתו המוצלת של המכתש וקירותיו מגינות על הקרח מהקרינה של השמש ומונעת את אידויו. חוסר האטמוספירה מגן על הקרח מכיוון שגם בשעת צהריים יוקדת, הטמפרטורה באיזורים מוצלים קרה ביותר בשל חוסר מעבר חום על ידי אור.

באשר למקורו של הקרח, נראה שנקל לתת תשובה אם מקבלים את ההנחה שמציאותו של הקרח מוגבלת רק לאותו מכתש. מקובל להניח כי המים הובאו אל הירח על ידי שביט ביש מזל שנלכד על ידי כבידת הירח ונחת על פני הירח. מאחר ומרבית מסת השביט הינה מים, קל להסביר בעזרת הנחה זו את מקור הקרח בירח. מה שעשוי לסתור הנחה זו היא שבעת ההתנגשות נוצר חום רב מאוד שהיא אמור לגרום לאידויו של מרבית הקרח והתנדפותו. אלא אם כן מדובר בשביט גדול מאוד שמסתו היתה גדולה מספיק על מנת שייותר קרח גם



סיימס של תמונות שנולמו על ידי טלסקופ החלל של האבל ומראות את האיזור בו מצויים 18 הצבירים. גודלו של האיזור אינו שולה על 2 מיליון שנות אור

כוכבי שביט, אם כי יש לזכור כי שביט האל בופ נצפה כבר בשלב מרוחק של מסלולו מהשמש.

בניגוד לסברה שהניח הצוות עם תחילת המדידה, לפיה גדלה של החילה עתיד לגדול עם התקרבות השביט לשמש, החילה שמרה על גודלה לאורך כל התקופה ולא גדלה למרות שהשביט התקרב לשמש. יתרה מזו, בשתי תקופות, במרחק של 11111 יחידות מהשמש וכן במרחק של 11111 יחידות מהשמש, 11111111 חל קיטון משמעותי בגודלה של החילה, עד לקוטר של 50,000 עד 80,000 ק"מ.

מאחר והקיטון בגודלה של החילה לא עלה על ימים ספורים כל פעם, הזנחנו את ההנחה כי גודלה הבסיס של החילה היה ערך המינימום שנצפה (קרי 50 עד 80 אלף ק"מ) וכי הערכים המקסימליים שנצפו (120 עד 140 אלף ק"מ) היו כתוצאה מגידול של החילה כתוצאה מהתפרצויות של סילוונות גז. לעומת זאת, שיערנו כי מדי פעם חלה דעיכה בגודלו הנצפה של השביט כתוצאה מדעיכה של סילוונות הגז והאבק היוצאים ממנו.

אחת הסברות היא, שפליטת הגז והאבק על ידי השביט הגיעה לרוויה וכי במרחקים בהם בוצעה התצפית על השביט, קצב איבוד החומר מהחילה לטובת הזנב היה שווה לקצב יצור החומר בחילה. כמו כן, ייתכן כי מדי פעם חלה "סתימה" של הסדקים בקרום השביט, סתימה המונעת מסילוונות הגז והאבק לצאת בחופשיות ולהעשיר את החומר בחילה.

אם שתי סברות אלו נכונות, אזי שביט האל בופ עשוי לאכזב. אין שאת אומרת שהוא לא יתבהר, מאחר והוא מתקרב לכדור הארץ והשמש, אך ייתכן ובחירות המריבית תהיה נמוכה מהערכים האופטימיים המפורסמים כעת.

דיעה זו מתבססת על עיבוד התצפיות האסטרונומטריות בלבד ואינה נסמכת על מדידת עוצמתם של הסילוונות. אנו מקווים לחביא בחוברת הבאה מאמר מפורט, שיסכם את התצפיות בשביט האל בופ.

קטן מגרעין אופייני של גלאקסיות ספיראליות דוגמל שביל החלב. על מנת להעריך את הקושי בגילויים של צבירים כאלו יש לזכור כי קוטרם הזוויתי האופייני קטן משניית קשת אחת!

גילויים של צבירים אלו, מתזק את ההשערה הרווחת בקרב חלק מהקהילה הקוסמולוגית, כי הגלאקסיות נוצרו מהתנגשויות של מספר מבנים קטנים, דוגמת אותם צבירי כוכבים. התנגשויות אלו יצרו מבנים קטנים וצפופים, שהפך במשך הזמן לגרעין גלאקסיות. גרעין זה הלך וגדל תוך שהוא סופח גז מהסביבה ויוצר, תוך כדי כך, את המבנה המוכר של גלאקסיות. אך אליה וקוף בה: אין לשכוח כי המסה הכוללת של 18 הצבירים שנתגלו קטנה כשני סדרי גודל ממסתה של גלאקסיה כדוגמת שביל החלב. שאלת יצירתו של מבנה גדול בגלאקסיה ממבנים קטנים כאלו עדיין נותרה שאלה פתוחה.

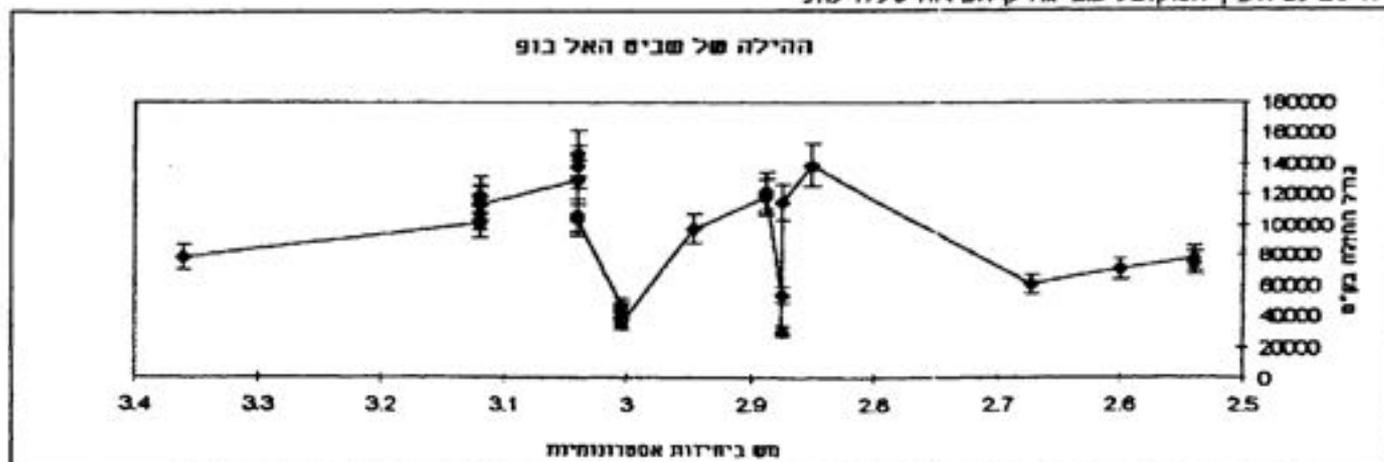
שביט האל בופ - אכזבה?

מתצפיות שנעשו במצפה הכוכבים בגבעתיים, על שביט האל בופ, בין התאריכים 30.8.1996 עד 31.10.1996, עלה הממצא המדאיג המעיד כי שביט האל-בופ עלול להכזיב!

התצפיות בוצעו על ידי אסף ברוולד ומורן נחשוני והן נותחו על ידי יגאל פת-אל ואיתי דר, במסגרת עבודת בגרות של איתי דר.

בתקופה בה בוצעה המדידה, היה השביט במרחק שנע בין 3.5 יחידות אסטרונומיות מהשמש (בתחילת המדידה) והתקרב עד למרחק של 2.6 יחידות אסטרונומיות בסוף המדידה. המדידות בוצעו באמצעות טלסקופ בקוטר 30 ס"מ, ומצלמת CCD. סך התמונות שנמדדו היו 81.

מניתוח המדידות האסטרונוטריות של גודלה הנראה של חילת השביט התברר, כי גודלה הממוצע של החילה היה לאורך כל התקופה כ-120 אלף ק"מ. ערך זה מתיישב היטב עם הערך המקובל לגבי גודלן הנראה של חילות



25 שנה למצפה הכוכבים ע"ש פלורנס וג'ורג' וייז ליד מצפה רמון

פרופסור יובל נאמן - אוניברסיטת תל-אביב

Moreux, כתוב (צרפתית) בארבעה חלקים: "מניין אנו באים?", "היכן אנו מצויים?", "מי אנו?" ו-"אנה אנו הולכים?". הספר עסק באסטרונומיה, גיאולוגיה, ביולוגיה וכו' והיה מעוטר באיורים מתאימים - כוכבי הלכת (כפי שנצפו בראשית המאה), "ערפיליות" (טרם נודע שאלה גלקסיות, חיצוניות לשביל החלב ודומות לו), דינזאורים וכו'. זכור לי שבגיל חמש, מצאתי בו כמה עמודים קרועים - והוסבר לי שאני הוא אשר קרעתי אותם כאשר הרביתי להתבונן בהם בהיותי בן שנתיים.. היה זה אחד הספרים הראשונים שקראתי, עתה כאשר למדתי קרוא וכתוב.

השנים חלפו, למדתי הנדסת מכונות וחשמל בטכניון - אלא שמלחח"ע ומלחמת הקוממיות גרמו לי להפוך איש צבא - תוך געגועים למדע, ודווקא לאסטרונומיה ולקוסמולוגיה. את תורת היחסות הכללית של איינשטיין והשלכותיה הקוסמולוגיות הכרתי בלימוד עצמי תוך שרות ב"הגנה" ובצה"ל. כאשר פניתי ללימודי פיסיקה ב-1958, בגיל 33, ציפיתי לעסוק בנושאים אלו - אלא שהעניינים התגלגלו אחרת ומצאתי עצמי חוקר ומחדש דווקא בחזית שטפלה בהליכה אל הקטן ביותר - מן המולקולה לאטום, לגרעין ולחלקיקי - ואני עצמי השפתי את השלב הבא, הקורט - בלע"ז *quark*. אגב חקר החלקיקים הגעתי למכון הטכנולוגי של קליפורניה (קלטי"ק) ב-1963 - אלא שבקלטי"ק פעלה גם מחלקה מצוינת לאסטרונומיה - שאף הפעילה את מצפי הכוכבים בהר וילסון והר פאלומר, עם הגדולים שבטלסקופים באותה תקופה. עד מהרה שלבתי את פעילותי בפיסיקה

בנובמבר 1971 תנכתי את מצפה הכוכבים ע"ש וייז ליד העיירה מצפה רמון שבהר הנגב, בטוחות "האסטרונום המלכותי" סיר ריצ'רד וולי *Sir Richard Woolley*, שהיה גם מנהל מצפה גרינוויטש, פרד וויפל *Fred Whipple*, מנהל המצפה האסטרונומי של מוסד הסמיתסוניאן (מערכת מצפים פרוסה ע"פ כמה יבשות, עם הנהלה באוניברסיטת הרווארד), יון בהקל *John Bahcall* מחמכון ללימודים מתקדמים בפרינסטון ומי שהיה עתיד, יחד עם רעייתו הישראלית נטע, לבצע את התגלית החשובה הראשונה במצפה וייז, ורבים מחשובי האסטרונומיסטים העיוניים ומבכירי האסטרונומיה בעולם. התוכן המלכותי רשם בספר האורחים של המצפה: "כאן צריך היה להציב את הטלסקופ ע"ש אייזיק ניוטון" (הגדול שבטלסקופים הבריטים, שהיה אז מוצב בגרינוויטש - זוכה בממוצע לתשעה לילות ללא עננים בשנה.. בינתיים בכרו להציבו באיי קנרי!). קיימנו סדרת הרצאות מדעיות שסיכמו את הנושאים "הגדולים" של התקופה - קוואזרים, פלסרים, גרעיני גלקסיות פעילים, וכד'. הארוע השתלב בטכסי כניסתי לתפקיד כנשיאה השני של אוניברסיטת תל-אביב, לאחר פרישתו של הדי"ר גיורג' וייז.

ניתן לבקש את ראשיתו של סיפורי זה בספר נהדר שהתגלגל בבית הורי, כתוצאה מהתעניינות חולפת של אבי במדעים. היה זה ספרו של האסטרונום הישועי (לישועים זיקה פעילה למדעים) האב תאופיל מורה *Theophile*

פרופ' יובל נאמן

של החלקיק והקורט בזו של הקוסמוס ומרכיביו הגדולים. שניים מן התוכנים - מרטן שמידט *Maarten Schmidt* וייסי (ישי) גרינשטיין *Jesse Greenstein* היו כו' שגילו ממש באותם ימים את הקוואזרים. איש בולט אחר היה אלן סנדג' *Allan Sandage*, אולי האישיית הנובילה בתצפיות הקוסמולוגיות. המחלקה לפיסיקה גרעינית, בניהולו של וילי פאולר *William Fowler* ובזראתו של פרד הויל *Fred Hoyle* שילבה באותה תקופה (ועד היום הזה) את חקר הגרעין בחקר הנוקליאוסינתזה - הדרך שבה נוצרו (וממשיכים להיווצר) האלמנטים הכימיים (ממימן) בכוכבים. הויל היה ב 1948 ממציעי נשנת "המצב העמיד" בקוסמולוגיה - יקום ללא "מפץ גדול" - תורה שהופרכה כאשר נתגלתה "קרינת הרקע" של זומפץ ב 1965. אולם כיוון שלא גרס את המפץ הגדול, ביקש את "בישולי" האלמנטים הכימיים במקום אחר, הטרם בכך תרומה מכרעת להבנת תהליכים אלה בכוכבים. הויל, פאולר, ג'ף ברביני ורעייתו התוכנת החשובה נורגרט ברביני (לימים - מנהלת מצפה גרינוויטש) והתוכן גרינשטיין (ע, לעיל) אכן פרסמו באותה עת מאמר משותף שסיכם את כל התהליכים המסתעפים של הנוקליאוסינתזה. יצוין שב- 1983 זיכתה על כך קרן נובל את פאולר - יחד עם צ'נדרסקר - בפרס נובל לפיסיקה, תוך התעלמות וגרימת עוול להויל, שהיה בעל הרעיון ואף תרם תרומה עיקרית להוכחתו בניסוי מעבדה. אז, ב 1963, אצו הויל ופאולר לבקש הסבר למקור האנרגיה האדיר של הקוואזרים - ומצאתי עצמי לוקח חלק במרוץ. בדצמבר אותה שנה התקיים בראלאס שבטקסס הכנס הבינלאומי הראשון ב"אסטרופיסיקה רלטיביסטית" - זו החייבת להביא בחשבון אפקטים של תורת היחסות הכללית, כלומר שדות כבידה חזקים. הייתה זו הראשונה בסדרה הנמשכת עד היום (ב- 1996 מתקיימת ה 23 בשיקגו). מאז 1963 הנני חבר פעיל בגוף המארגן הבינלאומי - ואת הועידה ב 1983 אף קיימנו בירושלים.

הוועידה הפותחת, בדאלאס, נערכה בסימן

הקוואזרים, וסייעה לי בהבנת הרקע התצפיתי והעיוני. כעבור שנה הצבעתי על אפשרות קיומם של "ווררים לבנים" - חור שחור במהופך, תומר הפרץ מנקודת ריכוז צמפה מאד ויוצר תלל חדש (בדומה לתרחיש זומפץ הגדול). ראיתי לגדי קוסמולוגיה בה מתקיימים הרבה "מפצים גדולים" בעתות שונות, וחשבתי שהקוואזרים הנם גלעינים המתמצצים במאורר (מודל דומה הוצע ע"י האסטרונום הרוסי איגור טביקוב). בשנים הנאות התברר שאין זה כנראה ההסבר לקוואזרים - ואולם הרעיון העיוני התקבל ומשמש מגעון למודל הקוסמולוגי המקובל מאז 1982-1987, מודל "חיקום האינפלאציוני הנצחי". אכן הרבה מפצים - אך בקנה מידה גדול בהרבה, כשהיקום הנצפה הנוכחי כולו טבע ממפץ יחיד - אך יחיד מני רבים, ביקום אינסופי - השרוי מחץ לתחום הנצפה. קיימות דרכים לבדיקת המודל, בעיקר ע"י פרופיל גלי הכבידה שנוצרו במפץ "שלנו" (הניסויים יתקיימו בעשור הקרוב). בשנה שעברה חברתי חוברת עברית נהוצאת מכון ויצמן, המציגה את הקוסמולוגיה החדשה הזו.

בינתיים הרהרתי בהבאת המחקר האסטרונומי

ארצה. קבלתי על עצמי את הקמת החוג (כיום ביה"ס) לפיסיקה באוניברסיטת תל-אביב, והחלטתי להקימו כחוג "לפיסיקה ואסטרונומיה". מעניין שדווקא מחוץ למוסדות

האקדמיים שררו בארץ אהדה והתעניינות באסטרונומיה. מזה שנים התקיים כאן אגוד תצפיתנים חובבים, שאף ייסד את האגודה האסטרונומית הישראלית. בהנהגתו הדינמית של ד"ר זייצק ז"ל, הסתנפה זו לאגוד העולמי *International Astronomical Union*, אגוד מקצועי שעיקרו המר"פ האסטרונומי. אינני מכיר מדינה אחרת שבה הקדימו החובבים את המקצוענים בכניסה לאגוד העולמי... אני עצמי הפקתי (יחד עם בני) הנאה רבה מטלסקופ "3 שהבאתי מאנגליה בשובי ארצה ב 1961, אך אל האגודה האסטרונומית התוודעתי רק כעבור כמה שנים.

היה בארץ מחקר מעולה בפיסיקה גרעינית - מבלי שיהא מלווה ביישומים אסטרונומיים. ביוכימאים וביופיסיקאים עסקו בראשית החיים, דהיינו בתהליכים אוולוציוניים בתרכובות אורגניות - מבלי שיתקיים במקביל עיסוק בחמר הבינוכבי, או באטמוספירות הפלאנטריות - האתרים שמהם יכלו לגבוע אותן תרכובות המוליכות לחיים. דוגמות אלה מבליטות את העובדה שהעדר המחקר באסטרונומיה פגם בשלמות התמונה המדעית - ואף הזיק לתחומים הקרובים. עודדתי חוקרים ישראלים לתדור ליישומים האסטרונומיים. את גיורא שביב (כיום פרופסור בטכניון) ואחרי כן גם בן-ציון קוזלובסקי (כיום פרופסור באוני' ת"א) הכנסתי לקבוצת פאולר, וכו'. יצוין שאין כיום בארץ מחלקה לפיסיקה במוסד אקדמי שאיננה כוללת חוקרים באסטרופיסיקה העיונית.

בבניית קבוצה למחקר עיוני אין קושי מיוחד, אך לא כן באשר לתצפיתנים. מקובל בחיים האקדמיים לבנות קבוצה סביב איש בכיר ומנוסה. לא היה לנו כזה, והסיכויים לייבא אותו היו קלושים אף הם - שכן איזה אסטרונום מנוסה יבוא למקום שאין בו טלסקופ רציני? מאידך - ללא איש בכיר עם כוון מחקר מוגדר, מה טעם לרכוש (או לבנות) טלסקופ, כשהסיכוי שטלסקופ זה יהלום את צרכי המחקר הספציפיים של החוקר הבכיר - לכשימצא כזה - קלוש למדי!

עודדתי את החוקרים בפיסיקה ניסויית שגייסתי למחלקה החדשה באוני' ת"א להרחיב את תחום פעילותם בהכללת נושאים אסטרונומיים. פרופ' דרור שדה ז"ל, שעסק עד אז (במרכז למחקר גרעיני בטל שורק) בקרינת גמה במעבדה, הציב מעתה מכשור כזה ע"ג בלונים או לוויינים של נאס"א ואחרים. לימים הרחיב פעילותו וטפל באיתור גלי כבידה, אלא שהמכשירים שהיו קיימים עד לשנות התשעים לא היו רגישים דיים כדי להבחין בקרינת המצויות בחלל (מחורים שחורים, מסופרנובות או מן המפץ הגדול והממצאים שאיתר ב 1972- היו כפי הנראה תזוזות של פנים כדור הארץ. אורי פלדמן, שחזר אז בעידודי ארצה מפעילות בארה"ב בתחומי קרינת גמה ורנטגן בחלל, פיתח עתה פעילות ישראלית בתחום. יצוין שהאגוד הבינלאומי הקים אז סקציה ל"אסטרונומיה באנרגיות גבוהות". אפשר לשייך לאותו תחום את חקר הקרינה הקוסמית, שעסקו בו בישראל בטכניון ובמכון ווייצמן בשנות החמישים ואת "אסטרונומיה הנייטרינו" שפרופ' ישראל דוסטרובסקי (ווייצמן) תרם לה ככימאי גרעיני, שעה שפיתח את מונה הגליום-גרמניום במעבדה שבמנהרת *Gran Sasso* באיטליה בשנות השמונים.

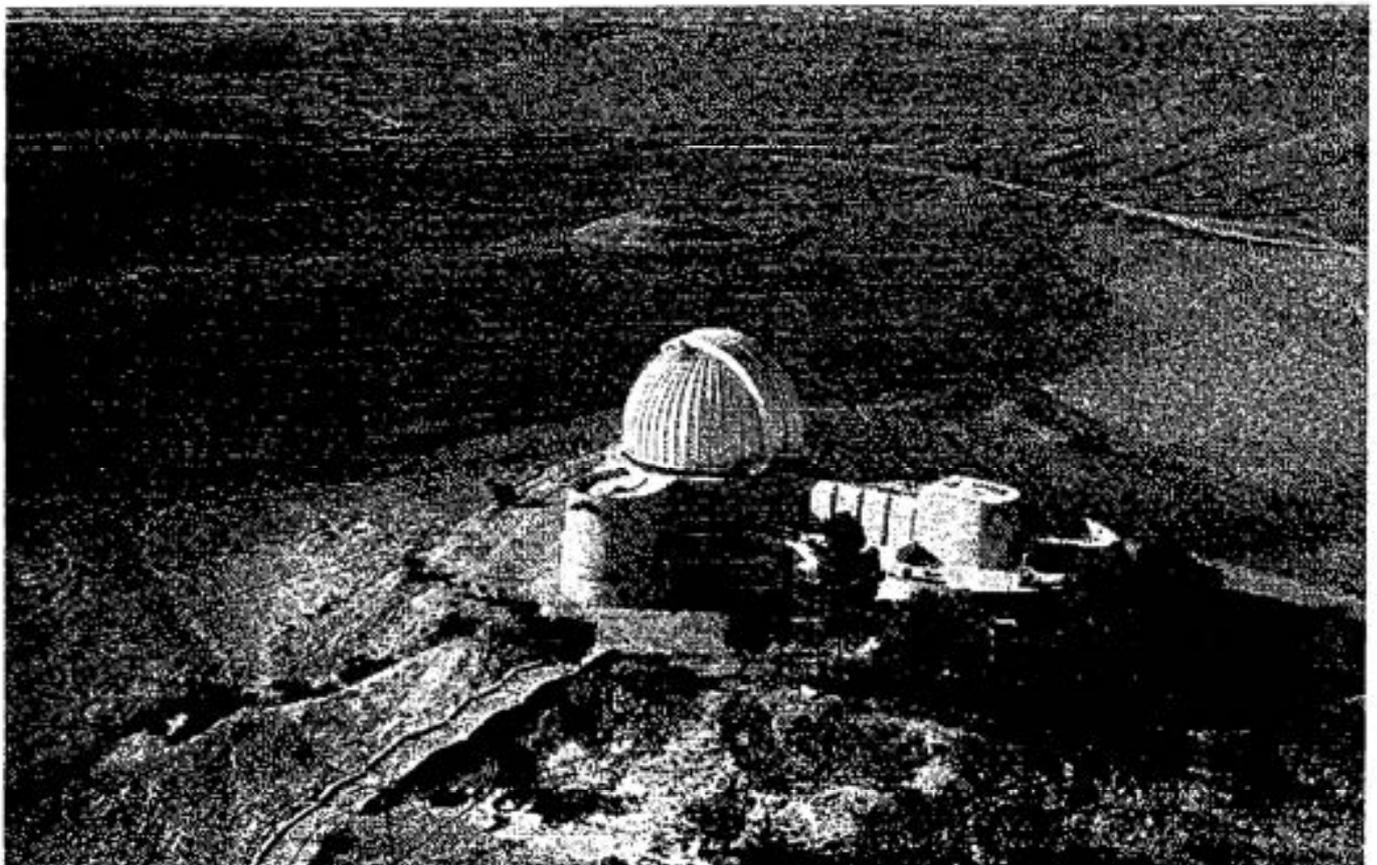
פרופ' יובל נאמן

ב-1968, עם פעילות עיונית נכרת והתחלות של פעילות אסטרונומית (שמש וקרניות באנרגיות גבוהות), הפכה המחלקה לפיסיקה באוני' ת"א רשמית לימחלקה לפיסיקה ואסטרונומיה". בינתיים שלחתי מספר צעירים, משהשלימו תואר שני בפיסיקה, להשתלם לדוקטורט בקלט"ק, גרינוויטש (חגי נצר, כיום פרופסור באוני' ת"א) וכו'. היו גם כמה צעירים ישראלים "נחשונים", שיצאו ביזמתם הם, עוד לפני 1965, ללמוד אסטרונומיה. רפאל שטייניץ (כיום פרופסור באוני' בן גוריון) למד בהולנד, חזר ארצה באותה שנה והצטרף לסגל באוני' ת"א. אליה לייבוביץ (כיום מנהל מצפה וויז ופרופסור באוני' ת"א) למד בהרווארד, בהדרכת ליאו גולדברג, אסטרונום יהודי חשוב ששימש ראש המחלקה בהרווארד שנים רבות.

שטייניץ סיפר שההולנדים בנוים טלסקופ גדול ומחפשים אתר מתאים עם ראות טובה משך רוב ימות השנה (בהולנד יש כתריסר לילות בהירים בשנה...). הקמתי מגע עם התוכנים ההולנדים והצעתי להם הקמת מצפה אצלנו ובמשותף. ההולנדים הסתכלו במפות והודיעוני כעבור כמה זמן "אין לכם הרים גבוהים דיים לצורך זה". ניסיתי פעולה דומה עם הבריטים ובעזרתו של הלורד וויקטור רוטשילד נדמה שקיים סיכוי כלשהו - עד שהסתבר שהם מבכרים אתרים באוקיינוס (איי קנרי, איי האוואי) מכיוון שהאטמוספירה מעליהם רגועה והראות אינה מופרעת ע"י טורבולנציה... בכ"ז נעזרנו במצפה גרינוויטש, אם בהדרכה שנתנו לתלמידינו, ואם ביעוץ ובסיוע שקבלנו מברטרד פייגל, אסטרונום מבכירי המצפה.

ב-1968 התחלתי בהכנות להקמת מצפה, ע"י בצוע מדידות באתרים השונים שעמדו לרשותנו. בצעו זאת שטייניץ, והפיסיקאית ורדה בר. מלחמת ששת הימים הוסיפה לנו הרים גבוהים (בחרמון - 1900 מ', בסיני 2400 מ'). השיקול הזה אף היה אחד מארבעה גורמים (הרביעי...) שהביאוני ללחוץ על משה דיין ביום האחרון של "ששת הימים", כאשר שכנעתינו להורות על תפיסת כתף החרמון. מדדנו את הר סיני (עדין אמר לראות על ראשו את המבנה ששימש את אבות Abbot מהרווארד במדידת קבוע השמש ב 1900), החרמון, הר רמון שבנגב (כ- 1000 מ'), הגירמק, ולצורכי השמש אף את אשקלון ותל-אביב. להר סיני התנונים הטובים ביותר, אך הלוגיסטיקה מסובכת ויקרה בגלל הריחוק. החלטתי שכל עוד איננו מהווים קבוצה גדולה ומנוסה, אין הצדקה להוצאה המנהלית הגדולה. בחרמון רבים העננים. בסכום נראו הר צין או הר רמון שבמרכז הענב כתואמים את צרכינו לשלב הראשון.

ב-1969, בעת שיחה עם י' גרינשטיין, ראש המחלקה לאסטרונומיה בקלט"ק, נודע לי שהמחלקה עומדת לחזמין טלסקופ רפלקטור בקוטר 40 אינץש (1 מ') מטיפוס ריצ'י - כרטיין Ritchie-Chretien להר פאלומר, ככלי משלים לטלסקופ הגדול (200 אינץש = 5 מ'). לטלסקופ הגדול, יש בדרך הטבע, זווית ראייה צרה ביותר. עתה התכווננו להוסיף מכשיר בעל תכונה משלימה, דהיינו עם מצלמה במפתח רחב. מכשיר כזה טוב לסקרים ולחיפושים, למשל. התכנון היה של בוון Bowen, איש מנוסה מאד. לטלסקופ שני מוקדים, עם אפשרות הוספת



פרופ' יובל נאמן

מוקד נסף בזרוע coude. "כמה יעלה?" שאלתי. 330,000 דולר, ענה. "ואם יוזמנו שניים?" שאלתי. "יודאי נחסוך 10 אחוז", ענה גרינשטיין. ברור היה לי שהפעם מצאתי את הכלי המתאים - צנע למדי ובכ"י בעל עצמה המאפשרת לערוך בו תצפיות חשובות.

פניתי למציאת תורם. ליאו גולדברג קשר אותי עם היצרן היהודי של מצלמות פולרואיד, והלה אמר היה אכן לרכוש עבורנו את הטלסקופ. הודעתי זאת לגרינשטיין והמכשיר הוזמן (עם ההנחה המקווה). במערכת מצפה הסמיתסוניאן פיתחתי לנו קשרים ושתמתי פעולה עם האסטרונומי הישראלי מיכאל לקר. שרר אז מחסור כללי חמור בזמן תצפית (גם כיום...). תמורת הבטחת חלק מזמן התצפית לתצפיתנים אמריקאים - ובהיקשר עם מחקרים של לקר ושלי - הסכימה הנהלת הסמיתסוניאן להקצות 500,000 דולר לציוד (בעיקר מחשוב משוכלל). פניתי לשר האוצר מנחם ספייר ז"ל, הסברתי לו את חשיבות הקמת מצפה והשגתי ממנו (כ- matching להשתתפות סמיתסוניאן) מיליון ל"י להקמת המבנה. שוחחתי עם יעקב צור ז"ל שעמד בראש הקק"ל. צור היה שגרירנו בצרפת ב-1956, בעת היותי סגן ראש אגף המודיעין במטכ"ל, כשהוטל עלי להקים את הקשרים החשאיים עם צרפת. שתפנו אז פעולה ויחסי האמון שנצרו הקלו עלי לשכנעו בתועלת שבמצפה בנגב. הקק"ל קבלה על עצמה את סלילת הדרך מן העיירה מצפה רמון לאתר.

ואולם, כמעט בשעה השתיים-עשרה, קרוז משהו והתורם מ"פולרואיד" התחרט. נשארתי "תלוי באוויר". התקשרתי עם נשיא האוניברסיטה (שימשתי אז כסגן) וספרתי לו על התקלה, בתקווה שיוכל הוא לאתר תורם חילופי. למחרת התקשר עמי ואמר "שותפתי פלורנס (רעייתו) ואני החלטנו שהיית שמתים לעשות זאת בעצמנו, ולקשור את שמנו במעשה האסטרונומי... "כך זכינו לימצפה ע"ש פלורנס (תליא) וג'ורג' (ז"ל) וויז". בקיץ 1971 הסתיימה בניית הטלסקופ בקליפורניה. בארץ, יחד עם אורי פלדמן, שהיה למנהל הראשון של המצפה, בחרנו ב-1969 באדריכל זלמן עינג, שהתנסה בבניית מצפה סייסמולוגי באתיופיה עבור מוסד הסמיתסוניאן, כמתכנן המבנה שלנו. הטלסקופ הועבר ברכב כבד לשיקגו. משם, מיד לאחר הפשרת השלמים והקרת באגמים שבמעלה הסנט-לורנט, הועמס על אנייה ולבסוף הגיע לאשדוד ומשם למצפה רמון.

כאן אנו חוזרים לראשית הדברים. המצפה נתון - והמחקר החל מיד. ביודעי שאנשינו עדיין אינם מנטים, דאגתי להזמנת תוכנים מנטים יותר, כך שיוכלו לסייע בהכוונת הפעילות בתקופה הראשונה. באסטרונומיה מקובל שמפעלים זוגות, בעל ואישה - אחרת לא יפגשו לעולם, שכן האסטרונום עובד בלילה וישן ביום. שלושה זוגות באו: הזוג בקל לקיץ 1972, הזוגות והיינגר-ווייקוף *Peter Wehinger & Susan Wyckoff* מארה"ב ווורון *Philippe & Suzanne Veron* מצרפת באו לשלוש שנים. מבריה"מ תחלה אז עליית המדענים (ניהלתי את המאבק להתרת יציאתם ולקליטתם) ושני עולים, אירנה קופו ויורי מקלר, שהתנסו במצפים בקרים ובמרכז אסיה,

הצטרפו עתה לפעילות במצפה רמון יחד עם אהרון אבייתר, ישראלי וותיק שפעל בארה"ב בנושאי מערכת השמש. ואכן - תוך שלוש שנים זכינו לשלוש תגליות חשובות שנעשו במצפה.

יון ונטע בקל הצליחו בקיץ 1972 לזהות אופטית את הפולסר (בקרני רנטגן) הרקולס XI עם הכוכב המשתנה "הבלתי-סדיר" הרקולס HR. היה זה הזיהוי האופטי הראשון מסוגו, והתוצאה הייתה הבנת מבנה מערכת פולסר הרנטגן (מערכת כפולה וכו'). הזוג והיינגר-ווייקוף הצליח בשלחי מלחמת יוה"כ לצלם ולמדוד את הספקטרה בשובל של שביט קוהוטק ולאמת לראשונה את השערת ויפל מלפני שלושים שנה, לפיה עשוי שובל השביט מים. הם הבחינו בששה קוים ספקטראליים, מהם ארבעה שזאמו מדידות ספקטרוסקופיות שנעשו במעבדה בעשור הקודם, באדי מים מיוניים ובטמפרטורה נמוכה, ע"י גרהרד הרצברג בקנדה (וזיכוחו בפרס נובל). והיינגר-ווייקוף טלפנו ממצפה רמון להרצברג באוטאווה ומסרו לו על ממצאיהם, כולל שני הקווים שלא הופיעו ברישמת הרצברג. הלה חזר למעבדה ומדד שוב - והפעם אכן אימת את הממצא הישראלי. הפרסום יצא במשותף: והיינגר ווייקוף ממצפה רמון, הרצברג וליו (עוזרו) מאוטאווה והרביג ממצפה ליק בקליפורניה, שהצטרף ואימת את הממצא... את התגלית השלישית עשו כבר "המקומיים", הישראלי הוותיק עם שני העולים דלעיל. אירנה קופו, מקלר ואבייתר מדדו ספקטרה בסביבתו של כוכב הלכת צדק והבחינו בקווים של נטרון וגופרית במסלולו של הירח איו Io. הממצא נתקבל בספקנות רבה אצל המומחים - עד שליוויני טאס"א הגיעו לשם וצלמו את הרי הגעש המעשנים המכסים את פני הירח איו... מאז ברור מניין נובעים אותם עננים. אירנה קופו נפטרה זמן קצר לאחר זאת ופניתי לאגוד האסטרונומי הבינלאומי בהצעה לקרוא על שמה אתר במערכת השמש. לפני כשנה אכן התגשם הדבר ומישור לבה ע"פ הירח גנימד נקרא על שמה (זהו האתר "הישראלי" השני: ב-1976, במאמץ משותף עם אסטרונומים איטלקים, שכנענו את האגוד לקרוא למכתש יפה במרכז הצד השני של הלבנה על שמו של פרופי יואל רקח ז"ל, מאבות הספקטרוסקופיה האטומית וממייסדי הפיסיקה בישראל. מכאן ואילך נמשכו ההצלחות המדעיות של הסגל המקומי הצעיר. ב-1978 הצליחו נוח ברוש ואליה לייבוביץ בניטור ומעקב אחר נובה, כולל מדידות מדויקות שקידמו את הבנת התהליכים בהתפרצויות אלה. ב-1979 גילו לייבוביץ וצבי מזא"ה את המחזור בן 13 הימים באובייקט המוזר, SS433 וכו'... בתפקידי כשר המדע ויורי סוכנות החלל בשנים 1990-92 חיפשתי פרויקט חלל מדעי מרכזי לסליה. הניסוי שנבחר הוצע ע"י התוכנים באוני ת"א. היה זה פרויקט *TAUVEX (Tel-Aviv University UV Explorer)*, מערכת של שלושה טלסקופים באולטרה-סגול שנועדו לבצע סקר שמיים מקיף לגילוי קוואזרים וכו'. הניסוי אמר להינשא ע"י לוויין רוסי ב-1998, יחד עם כעשרה ניסויים אירופיים ואמריקאים.

המחקר האסטרונומי בישראל תוסס ותרומו הבינלאומית מוכרת יפה. כפי שהיו אומרים בראשית התע"ש - "עוד צעד אחד קדימה!" &

האם התקיימו חיים במאדים?

עיבד: מורן נחשוני



עדיפות לזרימת מים וסחף על מני המאדים. הנחתת טאט/סיינדר ששוגרה אל המאדים בחודש ספטמבר 1996, עתידה לנחות ביום העצמאות של ארה"ב, 4 ביולי 1997 באתר זומה בו זרם לפני מליוני שנים נחל קדמון. לדעת החוקרים ב-NASA, אתר כזה הינו אחד המקומות היחידים מבטיחים למצוא בו עקבות חיים.

שכנראה שעוצבו ע"י מים זורמים לפני 4 מיליארד שנים. כלומר, מאדים היה בעבר מקום חמים יותר ורטוב יותר - מקום אידאלי להוצרות חיים. אך מאדים איבד את רוב האטמוספירה שלו ובמהרה התייבש.

אולי הדבר המדהים ביותר הוא לא הוצרות החיים במאדים, אלא הדרך שבה הם הגיעו לידנו. נאסי"א לא הייתה צריכה לשלוח משימה שתעלה מיליארדים של דולרים. במקום זאת, הגיע שליח בן 1.9 ק"ג ממאדים. אסטרואיד או כוכב שביט שהתנגש במאדים בזווית חדה יכול בקלות להעיף אבני מאדים לחלל. ברגע שהם בחלל, אבני המאדים יחוגו סביב השמש במסלולים כאוטיים ואקזנטריים במשך עידנים. סימולצית מחשב מראה שכ-4% מאותם אבנים יגיעו לאזור ההשפעה של כוח המשיכה של כדור הארץ וינחתו על פניו. ישנם כבר תריסר מטאוריטים שזוהו שמקורם מאדים, וללא ספק ישנם עוד המון שמחכים לגילויים, או שנמצאים באוספים פרטיים. מקורו המאדימי של ALH84001 לא זוהה עד 1993.

כיום ניתן לזהות את מקור המטאוריט תודות לנחתות הויקינג שדגמו את אטמוספירת מאדים. בזמן שההתנגשות העיפה את הסלע לחלל היא גם המיטה חלק מהסלע וכתוצאה מכך נלכדו בוועות של אויר בזמן שהסלע עזב את כוכב הלכת האדום. האויר שנלכד בתוך הסלע, שנקרא SNC (ומבוטא "סניקי"), מורכב בדיוק מאותו היחס הקיים בין הגזים באטמוספירת מאדים. משום עובדה זו ואחרות המשותפת ל-12 הסניקים, לית מאן דפליג כי מקורם ממאדים.

ALH84001 הוא פי שלוש יותר קדום מחסניק הקדום השני. הוא התגבש ממאגמה כקילומטר מתחת לפני השטח לפני 4.5 מיליארד שנים, מזמן שמאדים ושאר כוכבי הלכת היו בחיתוליהם. בהתבסס על הזמן בו היה חשוף לקרניים הקוסמיות בחלל, מדענים מעריכים כי הוא הועף ממאדים לפני 15 מיליון שנים בערך. מיד

ב27 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 נראה מוזר. "הצבעים היו שונים, הסלע נראה מאוד ירוק. עלה במוחי הרעיון שהוא שונה מהשאר", היא נזכרת. מעט ידעה סקור, ואף אחד אחר, עד כמה היה שונה וחשוב הסלע הקטן ההוא.

קבוצת מדענים הכריזה לעולם ב-7 לאוגוסט 1995 שעמוק בתוך הסלע הזה תבוי הרמז הראשון לחיים מחוץ לכדור הארץ. המדענים מצאו מה שנראה כשאריות מאובנות של אורגניזמים שחיו על פני המאדים לפני יותר מ-3.5 מיליארד שנים. "ישנם הרבה הסברים אלטרנטיביים לכל ראייה בנפרד", אומר דוד מאקיי ממרכז החלל ג'ונסון, "אך כאשר מתבוננים בכל הראיות ביחד, המסקנה היא שאלה שרידים של חיים קדומים במאדים".

אם החיים החלו על פני שני כוכבי לכת באותה מערכת שמש, קשה שלא להסיק את המסקנה בדבר שכיחות החיים ביקום. אך בו ברגע שקבוצת המדענים הכריזה על התדשות הטרייות, המבקרים כבר מיהרו להודיע שהממצאים רחוקים מלהיות חד משמעיים.

איך הוא הגיע?

כיום מאדים הוא כוכב לכת מת-הוא קר יותר מהחורף הסיבירי ויבש יותר ממדבר הסהרה. ב-1976 נחתו שתי חלליות ויקינג על פניו ובדקו המצאות חיים בתוך האדמה. התוצאות לא היו חד משמעיות ורוב המדענים מסכימים שאין חיים על מאדים כיום. אך תוצאות ויקינג אינן שוללות קיום חיים מתחת לפני השטח ובדאי שלא בעבר הרחוק. בתמונות שנשלחו מחלליות ויקינג נראים ערוצים עמוקים ותצורות טף אחרות

עירבד: מורן נחשוני

אחרי נחיתתו באנטרקטיקה, המטאוריט שקע מתחת לשכבת הקרח. זרמי קרח-תת-קרקעיים העלו אותו לפני השטח לאחר 13,000 שנים, ובכך איפשרו לזוברטה סקור לגלותו ב-1984.

סימני החיים

המטאוריט נלקח למרכז גיונסון לחלל של נאס"א ביוסטון, טקסס, שם נוקה ושומר בתנאים יוצאי דופן. ברנע שזוהה שמקורו במאדים, עתיקותו של הסלע עוררה את חשדנותם של המדענים.

המטאוריט הועבר לידיו של דיוד מאקיי (David McKay) וקבוצתו באוגוסט 1994. במהלך השנתיים האחרונות הקבוצה ביצעה אין-ספור ניסויים עליו תוך שימוש במכשירים מתוחכמים ביותר. הקבוצה בת תשעת החברים מצאה ארבע ראיות מוצקות לכך שאורגניזמים קדומים ממאדים חיו בתוך הסלע. ראשית, הם מצאו צבירים זעירים של קרבונט, מינרל שמתגבש בנוכחות מים-המפתח לקיום חיים. גיל הקרבונט נקבע, לפי שלוש שיטות שונות, כ- 3.6 מיליארד שנים. גיל המצביע על כך שמים חדרו דרך סדקים בסלע לפני 3.6 מיליארד שנים, בזמן שמי השטח התייבשו. סימני החיים בסלע הינם כנראה נאותו הזמן.

שנית, לאחר שחלקים קטנים מהמטאוריט הופצצו בקרני לזר בכדי לזהות את המרכיבים הכימיים השונים של הסלע, נמצאו, לראשונה בסלע ממאדים, מולקולות אורגניות. מולקולות אורגניות הן מולקולות מורכבות, על בסיס פחמן-החומר ממנו עשויים החיים. כל היצורים החיים על פני כדור הארץ מבוססים על מולקולות אורגניות.

המולקולה האורגנית שנתגלתה שייכת לקבוצת המולקולות שנקראות polycyclic aromatic hydrocarbons או בקיצור PAH. מולקולות אלו מורכבות מפחמן ומימן. הן מופיעות בטבע לרוב בתוך דלקים כמו פחם ונפט. אם אי פעם שרפתם נרף בגריל בוודאי שמתם לב לשכבה החיצונית השחורה-זוהי ה-PAH. כשטפילים מתים, החומר האורגני נזחזחם דוּעך לצורת מולקולות אלו.

הראיה השלישית התגלתה בעזרת מיקרוסקופ אלקטרוני סורק רב עוצמה שגילה מינרלים זעירים בתוך כדורי הקרבונט שכנראה מצביעים על מעילות ביולוגיות. המינרלים ה-"ביוגניים" הם קטנים עד כדי כך שמיליארדים מהם היו מתקיימים על קצה סיכה. הטכנולוגיה שבעזרתה הם נתגלו חדישה ביותר, ולפני מספר שנים לא ניתן היה לגלות אותם. קבוצתו של מאקיי גילתה מינרל המורכב מברזל וחמצן, הנקרא מגנטיט, מינרל אשר מיוצר ע"י אורגניזמים בכדור הארץ במגע עם הסביבה. הם מצאו עוד שני סוגי מינרלים המורכבים מברזל, גרטיט, גופרית ופירוטיט, המיוצרים בד"כ ע"י חיידקים וטפילים אחרים. צירוף נזה של מינרלים בתוך סלע הוא נדיר ביותר אלא אנו כן התקיימו בתוכו חיים.

הראיה הרביעית היא תמונות שלקח המיקרוסקופ האלקטרוני המראות גופים מאורכים, ביציים וזעירים. מאקיי וקבוצתו חושבים שמדובר בשרידים מאובנים של אורגניזמים זעירים ממאדים. "זהו כנראה החלק השני ביותר במחלוקת בעבודתנו", אומר מאקיי. ה-"מיקרו-מאובנים" הם כ"כ קטנים עד שיצטרכו להעמיד אלפים מהם אחד אחרי השני בכדי להקיף את הנקודה שבסוף המשפט. קבוצתו של מאקיי מצביעה על כך שהמבנים המיקרוסקופיים הללו דומים מאוד בגודל וצורה לחיידקים הזעירים על פני כדור הארץ.

הקבוצה מודה שכל פיסת ראיה בודדת אינה מבטיחה חיים במאדים באופן מוחלט. אך כאשר כל הסימנים האלו מרוכזים במקום שגודלו מאית אלפית הס"מ בתוך הסלע, כנראה שחיים התקיימו על פני המאדים לפני 3.6 מיליארד שנים.

תשובת הספקנים

ויליאם סכוף (William Schopf) מאוניברסיטת UCLA, שגילה את המאובנים הקדומים ביותר בכדור הארץ מצטט את קארל סאגאן: "טענה יוצאת דופן מצריכה ראיה יוצאת דופן." סכוף מבטא את הזהירות שבה מומחים אחרים בתחום מבטאים באומרו, "אישית, אני חושב שזה מרתק. אני חושב שזה מאוד מעניין. אני חושב שהם הולכים בכיוון הנכון. אך אני חושב רבות על העבודה הרבה הנוספת שיש להשקיע לפני שנדע שיש בידנו הוכחה תותכת לקיום חיים במאדים."

לדוגמא, ALH84001 היה על פני כדור הארץ כ-13,000 שנים. האם הקרבונטים, ה-PAH, והמינרלים הביוגניים הם מקוריים לסלע או שמא הם התוצאה של זיהום ארצי? הקבוצה ביצעה ניסויים בכדי לבדוק אם יש אמת בדבר, ועבודתם סיפקה תשובות לרוב הספקנים. התפלגות ה-PAH בתוך הסלע שונה לחלוטין מזו שבסלעי אנטרקטיקה. ריכוז ה-PAH מתגבר כלפי פנים הסלע, ההפך מהפיזור הצפוי ע"י זיהום ארצי. אף סימני חיים דומים נתגלו במטאוריטים מאנטארקטיקה. אך "הנשק הכבד" של הספקנים היא שכל המימצאים הללו- ה-PAH, המגנטיט, הגרטיט והפירוטיט, יכולים להיווצר באופן טבעי ללא קשר לפעילויות של יצורים חיים. למעשה, בהוצרות כוכב לכת נוצר גם PAH. מולקולות אלו מופיעות רבות גם במטאוריטים אחרים, אך אין מייחסים זאת לחיים קדומים במטאוריט. כך שהימצאותו של חומר אורגני אינה קשורה דווקא לחיים. "אין שום דרך לדעת אם מולקולות אורגניות אלו הן תוצר ביולוגי או לא", אומר ג'ק פרמר ממרכז המחקר איימס בנאס"א, שתכנן אסטרטגיות לחיפוש חיים קדומים במאדים.

בנוסף, מינרלים יכולים להתגבש בקנה מידה מיקרוסקופי, בכדי ליצור מינרלים הנראים בדיוק כמו המיקרו-מאובנים. "אין אפשרות למצוא את ההבדל ללא עבודה נוספת, שאנשים אלו לא טרחו לעשות," מדגיש פרמר. יתר על כן, בעוד שהגופים הביציים המאורכים שנתגלו במטאוריט דומים מאוד לבקטריות הקדומות בכדור הארץ, המאובנים הקדומים ביותר שנמצאו,

עיבד: מורן נחשוני

שגילם 3.5 מיליארד שנים, הם פי 100 יותר גדולים מהמאובנים, לכאורה, ממאדים.

ישנם אפילו ספקות בנוגע להוצרות הקרבונטים. כחודש לפני שמאקיי וקבוצתו הודיעו על מימצאיהם, רלף הרווי והארי מקסוויין, פרסמו מאמר בכתב העת Nature, בו הם טוענים כי הקרבונט נוצר בחום גבוה בזמן פגיעת מטאוריט לפני מיליארד שנים, ולא כתוצאה ממים בתוך הסלע במאדים לפני 3.6 מיליארד שנים.

מהצד השני

קבוצתו של מאקיי טוענת כי צירוף ה-PAH המיוחד, דומה בהרבה לצירוף ה-PAH הנוצר מדעיכת אורגניזמים מאשר לזה הנוצר בתהליך לא ביולוגי.

בנוסף לכך, למינרלים הביוגניים יש את אותו גודל, צורה, והרכב כמו לאלה המיוצרים ע"י חיידקים מכדור הארץ. ג'ו קירשווינק מקאלטק, שגילה את המגנטיט בתוך יצורים חיים, מצביע על כך שלמינרל המגנטיט ישנה צורה שונה כאשר הוא נוצר בתהליך ביולוגי מאשר בתהליך לא ביולוגי. "קשה ליצור צורה כזו של מגנטיט באופן לא-אורגני, אך הוא נמצא במטאוריט. ישנו סיכוי טוב שחיים התקיימו בתוך הסלע הזה, אך אנו זקוקים לעוד בדיקות", הוא אומר.

קבוצתו של מאקיי טוענת גם, כי הצירוף הייחודי של מולקולות החמצן בתוך הקרבונטים אינו יכול להיווצר בטמפרטורות הגבוהות מ-80°C, הותומן בטענה שנוצר בנכחות מים לפני 3.6 מיליארד שנים.

מאקיי ועמיתיו מודים כי פירושים לנתונים שנמצאו שחיים התקיימו במאדים לפני 3.6 מיליארד שנים, הוא רק פירושים. אך הם גם מביעים ביטחון רב במסקנותיהם. "הפירוש הנכון לנתונים יעתי במהלך השנים הקרובות", אומר סיימון קלמט מסטנפורד. "אך אם מסתכלים על כל ארבע הראיות יחדיו, קל מאוד להסבירן במקור ביולוגי. ניתן לפרש כל אחת מהן במקור לא ביולוגי, אך לא ניתן להסביר את כולם ביחד במקור לא אורגני אחד. כך שיש פתרון ביולוגי קל, ופתרון לא אורגני קשה."

קדימה למאדים!

האם יש דרך כדי לתת תשובה מספקת לספקנים מבלי לשלוח משימה יקרה למאדים? התשובה היא כן. הקבוצה תבצע עוד ניסויים; הם יחתכו את המיקרו-מאובנים לחתיכות דקות בכדי לנסות לגלות את שרידי קירות התאים או מבנים תאיים אחרים והם יחפשו גם אחר חומצות אמינו, אבני הבניין של החיים. דניאל גולדין, מנכ"ל נאס"א, הבטיח לספק דוגמיות מהסלע לחוקרים אחרים, שיכולים לדוגמא, למצוא עדות לחלוקת תאים או מחזור תאי אחר. המחלוקת יכולה להפטר בתוך שנה או שנתיים. גם יתגלה לבסוף שחיים לא התקיימו במאדים, קבוצתו של מאקיי גילתה תגלית



נוף של דיונות על פני המאדים, כפי שצולם על ידי הנתחת ויקינג בשנת 1976

חשובה. "זהו ממצא אדיר, ודבר נפלא שקרה בכדי לחתוף קדימה את תכנית מחקר המאדים", אומר פרמר. "המידע מהמטאוריט אומר כי במאדים היו תנאים מספיקים לחיים: מים נוזליים וחומר אורגני. יתר על כן, היו תהליכי מינרליזציה שיכלו לשמר תומרים אורגניים במשך מיליארדי שנים. כך שיש אלמנטים חיוביים מאוד בכדי לפתח אסטרטגיה לתכנית לחיפש חיים במאדים.

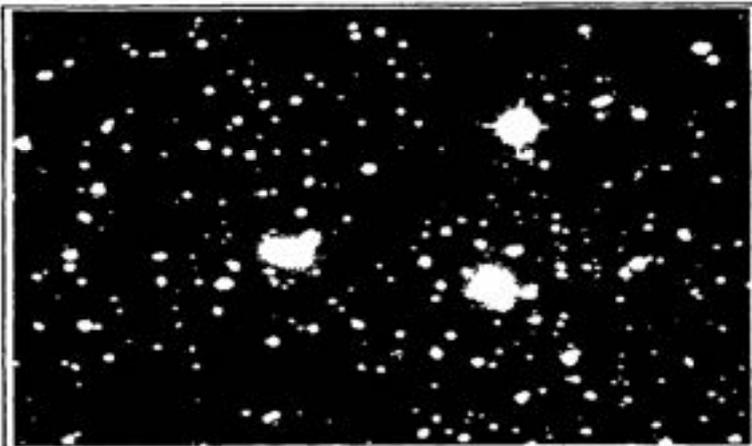
נאס"א שיגרה למאדים 2 חלליות בסוף 1996. המקפת סורוויר (Surveyor) יצאה בנובמבר ותגיע ומאדים בספטמבר 1997. היא תצלם את כוכב הלכת בהפרדה גבוהה. הנתחת פאתפינדר (Pathfinder) שוגרה חודש מאוחר יותר, ותשלח רכב בגודל של חתול על פני שטחו של מאדים ב-4 ביולי 1997. הרכב יחקור את פני השטח ברדיוס של 100 מטרים מהנתחת. אתר הנתחת הוא בפינתו של ערוץ נחל קדמוני, המקום האידיאלי לחיפוש חיים. לרוע המזל, הרכב אינו מתוכנן מספיק בכדי לחפש אחר חיים. אך הוא מסוגל למדוד את ההרכב הכימי שלסלעי ואדמת מאדים.

גולדין מציע כי נאס"א התכוונה לשגר בעשור הקרוב כ-10 חלליות "זולות", הכוללות משימה של החזרת דגימות סלע ממאדים בשנת 2005. אך בעקבות הממצאים האחרונים הוא אומר כי נאס"א תאפי את מחקר המאדים אם ממצאים מדעיים חדשים ידרשו כן.

בזמן שמתגלים סימני החיים הראשונים מחוץ לכדור הארץ, אסטרונומים מגלים את קצה הקרחון של כוכבי הלכת הראשונים הסובבים סביב כוכבים דמויי שמש. פער אדיר מפריד בין חיים אינטליגנטיים וחיים פרמיטיביים שאולי התקיימו על מאדים בעבר הרחוק, פער שלקח 3.5 מיליארד שנים על כדור הארץ. אם יש, או לא, חיים אינטליגנטיים במקומות אחרים, האישור של, אפילו, חיים פרמיטיביים בעבר או בהווה של מאדים אומר כי אנו איננו יחידים סגולה. וכפי שמציע ריצ'ארד זייר (Richard Zare), "ישנם רגעים מועטים, שבהם תגליות יוצאות דופן משטות את מהלך ההיסטוריה. תגליות זו, אם תתגלה כנכונה, שאנו איננו לבדו ביקום תהייה תגלית שתשנה את מהלך ההיסטוריה."

מדידת הגיאומטריה של היקום באמצעות סופרנובות

יצחק אוריון - מצפה הכוכבים, גבעתיים



צביר הגלאקסיות Abell 1656 בקבוצת Coma Beranices. לצביר זה $Z=0.023$ לפחות.

מ בין מגוון כה רחב של שאלות שמתיבה במנינו הקוסמולוגיה המודרנית, אחת משאלות המפתח היא: האם היקום יתפשט לנצח?

המודלים הקוסמולוגיים המקובלים כיום מאפשרים הסקת מסקנות על הגיאומטריה של היקום, על פי התפשטות היקום. הפתרון הקוסמולוגי למשוואות איינשטיין, נתן את משוואת פרידמן (Friedman) שבה ניתן להציב טנסורי מטריקה שונים לפי קצב התפשטות היקום. טנסור המטריקה למעשה מכיל את הגיאומטריה של היקום. שלוש המטריקות של מודל פרידמן:

אוכף - יקום מתפשט לעד במהירות.
מרבולה - יקום מתפשט עד לנקודת מכסימום וקורס.
אסימפטוטית - יקום מתפשט בשאיפה לצוגימות מינימום מוגדרת.

מטריקות אלו קובעות אם היקום פתוח, סגור או שטוח.

מדידת מרחקים אסטרונומיים נעשית באמצעות מספר דרכים, כאשר מדידה למרחק רב נשענת על מדידת מרחק קצר יותר. מדידת מרחקים לכוכבים קרובים נעשית בשיטת הפרלקסה, בה מודדים את זוויות הצפייה אל אותו כוכב משתי נקודות שונות. הפרסק (כ-3.1 שנות אור) הוגדר לפי שיטה זו כמרחק היוצר זווית פרלקסה של שניית קשון אחת עבור בסיס בגודל קוטר מסלול כדור-הארץ סביב השמש.

מדידת מרחקים של גלקסיות קרובות בלתי אפשרית בשיטת הפרלקסה, ובשנת 1924 החל השימוש בהשוואת בהירויות של כוכבים משתנים פרעמים מסוג קפאידים (Cepheid). בכוכבים משתנים אלו נמדד ונמצא יחס ישר בין עוצמת ההארה שלהם וזמן המחזור של השינויים

**השגת מידע אודות
הגיאומטריה של
היקום מבוססת
בעיקר על האפשרות
למדוד מרחקים אל
הגלקסיות הרחוקות
ביותר**

בבהירותם. יחס זה ידוע מתצפיות בקפאידים בגלקסיה שלנו, ומרחקם ידוע מזה זמן לפי מדידה בשיטת הפרלקסה. הופעתם של כוכבים משתנים אלו גם בגלקסיות אחרות מאפשרת

מדידת המרחק אל גלקסיות עד למרחק של 5 Mpc ואכן, בשנות ה-20 של המאה הטכחית, מצאה האסטרונומית הנרייטה ס. לויט את המרחק לגלאקסיה של אנדרומדה באמצעות קפאידים. היתה זו הפעם הראשונה שבה נמדד מרחק לעצם המצוי מחוץ לגלאקסיה שלנו והביא לתחילת הקוסמולוגיה המודרנית שהכירה בכך שקימות גלאקסיות אחרות מחוץ לשביל החלב.

גלקסיות שהכילו קפאידים וענני גז בהירים הקרויים אזורים III, אפשרו הרחבת סולם המרחקים ומדידת מרחקי גלקסיות עד למרחק של 50 Mpc.

מדידת הגאומטריה של היקום בעזרת סופרנובות יצחק אוריון

דרך אחת לאמוד את Ω היא למדוד בהירות של עצמים רחוקים. האור נע במהירות סופית, לכן הסחת דופלר לאדום של גלקסיה נתונה תלויה במידת השתנות קצב התפשטות היקום מהרגע שהאור יצא עד הגעתו אלינו. עבור עצמים סמוכים, היחס בין מרחק להסחה לאדום ליניארי ומתואר על ידי חוק האבל (Hubble):

$$D = \frac{cz}{H_0}$$

D - מרחק

c - מהירות האור

z - ההסחה לאדום הנצפית

H_0 - קבוע האבל.

אם Ω גדול, ההסחה לאדום הנצפית תהיה גדולה. לכן עצמים בהסחה נתונה יהיו קרובים יותר מהמחושב על ידי חוק האבל, ועל כן יופיעו בבהירות גבוהה יותר. לפיכך ניתן להעריך את גיאומטריה היקום מתוך גרף של בהירות נצפית מול הסחה לאדום גזורה מחוק האבל הליניארי.

לשם כך, אנו זקוקים לסדרה של עצמים עם בהירות מוחלטת (luminosity) קבועה - "ערות סטנדרטים" בענה האסטרונומית. כל הניסיונות בעבר למדוד את הגיאומטריה בדרך זו נכשלו, בשל הקושי לזהות עצמים רחוקים עם בהירויות ידועות. מאחר ואנו מחפשים אפקט זעיר - אפילו בהסחה $z=1$ ההבדל במרחק בין $\Omega=0$ ובין $\Omega=1$ הוא רק בגורם של 1.28 - אנו זקוקים לעצמים עם בהירויות דומות מאד כך שחשגיאה מהבהירות תהיה קטנה מ-28%.

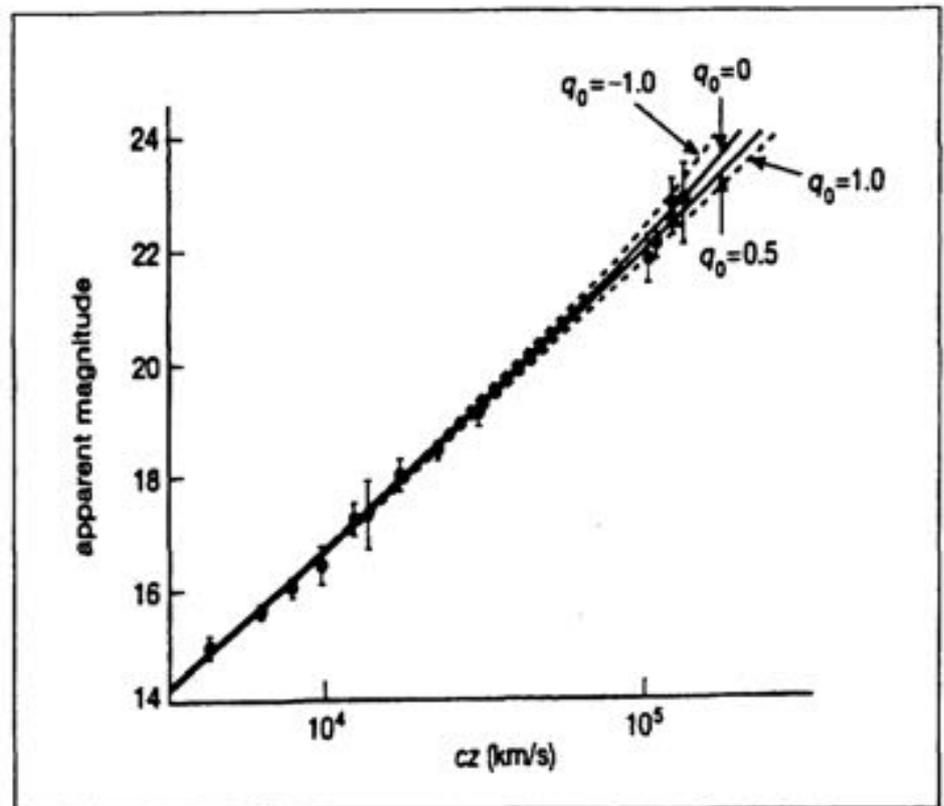
סוג מיוחד של גלקסיות,

האליפטיות הצביריות הבהירות ביותר, הן בעלות ממוצע ריבועי של התפלגות בהירות בתחום 30%-40%, זהו סדר גודל של האפקט אותו אנו מחפשים. בעיה זו עומדת להיפתר כתוצאה מהגדרת המטרה לגלות סופרנובות בגלקסיות כאלה.

כוכב הופך לחיות סופרנובה כאשר הוא הופך כמות גדולה מהדלק הגרעיני שלו לאנרגיה באירוע בודד. אירוע נדיר זה של פרץ אור (אשר מתרחש אתם למאה שנים בשביל החלב) יכול להאיר את הגלקסיה בו הוא מתרחש במשך מספר שבועות.

השגת מידע אודות הגיאומטריה של היקום מבוססת בעיקר על האפשרות למדוד מרחקים אל הגלקסיות הרחוקות ביותר. מדידת גיאומטרית היקום, שתבוצע בקרוב על ידי תצפיות בסופרנובות בגלקסיות מרוחקות, נראית כאפשרית. המעבדה הלאומית האמריקאית בברקלי (Lawrence Berkeley National Laboratory) החליטה על ביצוע פרויקט קוסמולוגיה באמצעות סופרנובה. הפרויקט מתבצע בשיתוף של ארה"ב, בריטניה, אוסטרליה ושבדיה. קבוצות נוספות בעולם מתכוונות לבצע מדידות דומות.

כידוע מתורת היחסות הכללית של איינשטיין,



איור: גרף של לוגריתם של המגניטודה כנגד ההסחה מוכפלת במהירות האור (cz). הנתיים המופיעים בקצה העליון של הגרף, נאספו בפרויקט הקוסמולוגי, שייכים לסופרנובות מסוג Ia. שאר הנתיים השייכים לסופרנובות סמוכות נאספו על ידי קבוצות אחרות. הקווים מראים את הקשר בין מגניטודה להסחה לפי ערכים שונים של פרמטר התאוצה, q_0 .

גיאומטריה וכבידה צמודות זו לזו. הדינמיקה הכבידתית של היקום זהה לדינמיקה של חללית ממריאה מכדור-הארץ. על החללית להגיע למהירות גבוהה מספיק כדי לברוח מכבידת כדור-הארץ; עבור היקום, השאלה היא האם מהירות ההתפשטות מספיק גבוהה להתגבר על המשיכה של החומר המוכל ביקום. הצפיפות הקריטית הנחוצה לעצירת ההתפשטות היא מספר אטומי מימן למטר³. היחס Ω הוא צפיפות היקום מחולקת בצפיפות הקריטית. אם Ω גדול מאחד, היקום לבסוף יתכווץ עד למצב של "הכיווץ הגדול".

למרות שאין אנו מבינים באופן מלא את הקשר בין סופרנובות לסוגי כוכבים, אנו יכולים למיין מספר סוגים של סופרנובות (Type Ia, Ib Ic; Type II) לפי הספקטרא ולפי השתנות בהירותם בזמן. סופרנובות מסוג Ia נמצאו מכבר כחיישנים קוסמולוגיים רבי עוצמה בהיותם מפלגים בבחירות עד 30% בשיא עצמתם. בנוסף, לאחרונה נתגלה שישנו מתאם בין עוצמת סופרנובה למהירות התפוגגותה. הנתחשבות במתאם זה משפרת את הפילוג ב-20%, כך שניתן לאמוד מרחקים יחסיים בין סופרנובות בדיוק של 10%. ערך זה קטן מספיק כדי להתחשב בסופרנובות מסוג Ia כבגרות סטנדרטיים אידיאליים.

לאחרונה נתגלה שישנו מתאם בין עוצמת סופרנובה למהירות התפוגגותה

הצעד הראשון הוא הערכת המרחק לסופרנובה קרובה תוך שימוש, לדוגמה בטלסקופ החלל ע"ש האבל בצפייה על כוכבים משתנים קפאידים (Cepheid). החלק הליניארי של רוק האבל יכול ויביא לחילוץ קבוע האבל (H_0). שימוש בשיטה זו נותן:

$$H_0 = 67 \frac{Km}{s \cdot Mpc}$$

כאשר:

1 Mpc הוא מרחק אופייני בין גלקסיות.

השלב הבא הוא להשתמש בשיטה למדוד את הגיאומטריה של היקום במרחקים גדולים יותר. (הגדרה מיוחדת של מרחק קשה בהסחה גבוהה לאדום, אולם על הסופרנובה להיות במרחק גדול פי מאה מהקפאיד). הרעיון לפרויקט זה התבצע לפני כעשור, ודרש אתגר טכנולוגי גדול היות וסופרנובות מופיעות לזמן קצר ומייד אורם דועך מתחת לסף הגילוי. הקידמה במכשור האופטי כיום, מאפשרת לסרוק ולהשוות דיגיטלית 10000 גלקסיות במרחק מתאים בקביעות. מהירות השוואת התמונות תלויה בכוח החישוב של המחשבים. כיום מהירות ההשוואה גדולה מספיק לזהות כל סופרנובה לפני שהיא מתפוגגת. עד היום אספו אסטרונומים ברחבי העולם נתונים על יותר מ-20 סופרנובות ב-0.5-z.

כתוצאה מפרוייקט קוסמולוגיה באמצעות סופרנובה, דווחו תוצאות ראשוניות מבוססות על שבע סופרנובות מסוג Ia בהסחה גבוהה לאדום (ראו איור). הקווים באיור מתייחסים ליחס בין בהירות נצפית והסחה לאדום, בהנחות שונות של "פרמטר התאווה" (q_0). ההתאמה לנתונים טובה כאשר q_0

בסביבת 0.5. במודלים בהם צפיפות היקום נקבעת בעיקר על ידי חומר טרמלי, לא יחסותי, q_0 צריך להיות פשוט $\Omega/2$.

כל הניסיונות בעבר למדוד את הגיאומטריה של היקום בדרך השוואת נרות סטנדרטיים נכשלו

לאחרונה, גברה התעניינות הקוסמולוגים ברעיון של איינשטיין האומר שצפיפות האנרגיה של הוואקום, המבוטאת על ידי הקבוע הקוסמולוגי, אינה אפס. דבר זה יאיץ את התפשטות היקום, וזהו הבסיס ל"אינפלציה קוסמולוגית" מודרנית. תיאוריה זו מסבירה איך תנאי ההתחלה להתפשטות היקום נקבעו.

הוואקום כיום יכול להכיל צפיפות שונה מאפס כשארית מצפיפותו ב- 10^{-34} שניה לאחר המפץ הגדול. אם זהו המקרה, הערך הנצפה של q_0 יהיה שלילי. מודלים כאלו נטענו בשנים האחרונות, משום שמודלים כאלו

לאחרונה, גברה התעניינות הקוסמולוגים ברעיון של איינשטיין האומר שצפיפות האנרגיה של הוואקום, המבוטאת על ידי הקבוע הקוסמולוגי, אינה אפס.

יגרמו לקבלת יקום עתיק יותר עבור H_0 נתון. אולם, נתוני הסופרנובות לא מראות q_0 שלילי, ובכך נראה כי היקום נשלט חומר טרמלי. הצפיפות המתקבלת עקבית לגמרי עם $\Omega=1$, למרות שהתוצאה $\Omega=0$ בקושי נשללת.

הייתכן שתוצאה זו היא תוצר של אבולוציה! הגלקסיות (שבהן התרחשו סופרנובות) צעירות, אולם חוקי הפיסיקה של אבולוציה של כוכבים חייבים להיות זהים עבור גלקסיות זקנות יותר. כל מה שיכול להשתנות זה ההרכב הכימי של כוכבי הסדרה הראשית, אבל לכוכבים היום יש טווח של תכונות כימיות לא אפקט נראה על בהירות של סופרנובות.

הטכניקה המוצגת כאן גורמת להתרגשות בקרב החוקרים, ונראה שבקרוב ניתן יהיה לגלות סופרנובות ב- $x=1$. אז יהיה אפשרי לחץ את Ω בדיוק של 0.1, שלבסוף יספק תשובה מוצקה ומוכחת לגבי גורלו של היקום

מבוסס על המאמר:

J. Peacock, "Distant supernovae measure the geometry of the universe", Physics World, June 1996.

אינהרנטיות האבולוציה לקיומם של חיים

חיים מזר - הכפר הירוק

מהו הקובע את התפתחותם של חיים? האם אלו התנאים הראשוניים בלבד? האם אלו התנאים הסביבתיים? והאם מסלולי אבולוציה הינם, כמו גם החיים, ייחודיים רק לכדור הארץ?

ספרות ענפה מטפלת בהתפתחות החיים על פני כדור הארץ ובאפשרות קיומם של חיים על פני כוכבי לכת אחרים. עצם הגדרת המושג "חיים" הינו בעייתי וזאת משתי סיבות:

הסיבה הראשונה נובעת מהעובדה שנסיונות להגדיר חיים בצורה חד משמעית התבררו כחמקמקים ואילו הסיבה השנייה נובעת מהעובדה שמאגר הידע ההולך ומתרחב לגבי היווצרותם של חיים מקשה עוד יותר על נסיונות ההגדרה. אחת ההגדרות המקובלות היא שהחיים הינם תהליך. במאמר זה, נתייחס להיבט האבולוציוני של החיים.

על פי דיקסון: "האבולוציה מתחוללת, פשוט משום שהתכוונות של

הסביבה עולות בקנה אחד או סותרות תכונות מסוימות במבנה הגנטי של אורגניזם שמזל גורם לו להמצא בטובה. הסביבה בהקשר זה, היא הסביבה הפיזית של האורגניזם ובכלל זה הטופוגרפיה, הטמפרטורה או כמות הגשם והאורגניזמים האחרים המתקיימים לצידו, אלא שהוא אוכל וגם אלה אוכלים אותו. מהות

מכיוון שכלל בעלי החיים מושפעים מהתמורות האקלימיות על פני כדור הארץ, הרי ששינויים אלו משפיעים גם על יחסי הגומלין שבין בעלי החיים

האבולוציה אינה קשורה כל עיקר עם מחירות התחוללות של המוטציות הגנטיות. הגורם החשוב הוא מחירות השינוי של הסביבה, מהירות הפתיחה של טוננים חדשים לאבולוציה ולהתפתחות של מינים חדשים".¹

מדבריו של דיקסון עולה, כי בעצם, לא קיימת כל אפשרות שחיא להגדרת החיים במושגיו של בעל חיים או גזע נתונים. גורם חיוני נוסף להגדרת החיים הוא האקולוגיה במובנה הרחב - קרי, מידת יחסי הגומלין בין בעל החיים לבין הסביבה בה הוא חי ולבין בעלי החיים הנמצאים בסביבתו, כאשר כל השינויים על פי מחותם מתרחשים במימד הזמן.

מה שקובע רבות את התפתחות קיומם של החיים הינו קצב התהליכים האבולוציוניים. האבולוציה אינה יכולה שלא להיות דינמית. השינויים האקולוגיים בבתי הגידול של בעלי החיים הם פעול יוצא של שינויים במני הנוף והאקלים. השינוי הקטן ביותר בנוף ובאקלים עלול להרוס בתי גידול ואת בעלי החיים הקיימים בו, ולחליפין, להאץ את התפתחותן של צורות חיים אחרות. הדוגמה הבולטת ביותר הינה יבשת אוסטרליה. יבשת זו היתה בעבר חלק מיבשת על בשם גונדוונה. התנתקותה של אוסטרליה מעל יבשת העל בשל התזוזות הטקטוניות של קרום כדור הארץ הביא, בסופו של דבר, להתפתחותם של בעלי חיים ייחודיים ליבשת אוסטרליה כגון הקנגרו. דוגמה אחרת היא המדבור של איזור סהרה, שהיה בעבר הלא רחוק איזור פורה ביותר. שינויים אקלימיים הביאו להתחממות והתוצאה - מעוון רחב של בעלי חיים שחיו בו נכחדו ואלו ששרדו היו רק החזקים ובעלי יכולת העמידה הגבוהה ביותר מבין צורות החיים שחיו קימות לפני תחילת המדבור.

מכיוון שכלל בעלי החיים מושפעים מהתמורות האקלימיות על פני כדור הארץ, הרי ששינויים אלו משפיעים גם על יחסי הגומלין שבין בעלי החיים וכתוצאה מכך האבולוציה מושפעת ישירות מהתנהגותם של בעלי החיים ובעקיפין מן השינויים בנוף ובאקלים.

בעצם, לא קיימת כל אפשרות שהיא להגדרת החיים במושגיו של בעל חיים או גזע נתונים

מהאמור לעיל, עולה חמסקנה כי קיומם של חיים על פני כוכבי לכת אחרים אינם יכולים להתעלם מתהליכים אבולוציוניים. מאחר וגם עס פני כוכבי לכת אחרים, (במידה וקיימים כאלו שמסוגלים לאפשר

קיומם של חיים על פניהם) קיימים ארועים גיאולוגיים ואקלימיים, בעלי החיים על פני כוכבי לכת אלו, במידה וקיימים, יחיו מושפעים מתמורות אלו.

ניקח לדוגמה את המאדים. על פני המאדים ישנן תמורות אקלימיות חריפות יותר מאשר אלו הקיימות על פני כדור הארץ. תנועת חנקיפה של מאדים (שינויים בנטיית ציר הסיבוב שלו יחסית למישור הקפתו את השמש), גורמת לשינויים אקלימיים חדים וקיצוניים

כל כוכבי אור, כרך 24 גליון 2

יותר מאשר השינויים על פני כדור הארץ. יתכן ושינויים אלו גרמו להתחוות מים בצורה נוזלית על פני האדמה בעבר, שעקבותיהם נראים עד היום ומאידך לקפיאתם. שינויים אלו באקלים של המאדים עשויים לגרום אחרים תמורות בקנה מידה גלובלי באקולוגיה של צורות חיים אפשריות על פניו. בנוסף, קיימות תמורות בקנה מידה קטן יותר: על פני של המאדים קיימים מאות הרי געש וקניונים גדולים. מספר הרי געש הינם מסוג *Shield Volcano*. די בכך שהר געש כזה, דוגמת מקס אולימפיה יתפרץ בצורה אלימה על מנת לשחרר לאטמוספירה של

המאדים כמוזת אדירה של ענני אבק שיכסו את המאדים לתקופה ממושכת ויביאו להתקררותו. זכורה לנו התקופה הקרה בת השנתיים שליוותה את התפרצותו האלימה של הרי הגעש מנטובו שבפיליפינים

בשנת 1990. שנתיים אלו היו גשומות במיוחד עקב ירידה של מחצית המעלה בממוצע באטמוספירה. במקרה של מאדים, שינויים כתוצאה מהתפרצות הר געש יהיו משמעותיים יותר עקב הדלילות של האטמוספירה שלו ורגישותה, לפיכך, לשינויים. במידה והיו קיימים חיים על פני המאדים בעת התפרצות כזו, יביאו השינויים האקלימיים בעקבותיה להכחדותם של מינים רבים מביניהם.

ומה בנוגע להתחוות החיים? באשר לאופן התחוות ראשית החיים על פני כדור הארץ קיימות שתי גישות:

גישה אחת טוענת שראשית החיים במולקולות אורגניות באוקיינוס של עולמנו הקדום, שהחלו אט אט להתחבר זו לזו ויצרו מולקולות גדולות ומורכבות יותר. מולקולות אלו הגיעו לבסוף לשלב שבו שכפלו את עצמן וכך החלו... מסלול החיים של האבולוציה.¹

גישה שניה ומקובלת כיום אומרת שכדור הארץ חובאו "מולקולות אורגניות באמצעות גופים חלליים דוגמת אסטרואידים, מטאוריטים, כוכבי שביט וחלקיקי אבק בין כוכבי ומקורות אלו פרצו החיים. בשל התנאים הקשים ששררו על פני כדור הארץ באותם ימים קדומים, החלו החיים יותר מאשר פעם אחת, ויתכן כי החלו אף מספר רב של פעמים - החלו ונכחדו, החלו שנית ושוב נכחדו וחוזר חלילה, עד שהצליחה אחיזתם בקרקע הכוכבי."²

בין אם נקבל גישה אחת ובין אם נקבל את הגישה השנייה, שאלה מתבקשת היא האם ראשית החיים

מקורה באותו סוג של מולקולות, או שמא היתה קיימת מלכתחילה קבוצת מולקולות מסויימת כשכל סוג מולקולה באותה קבוצה יכול היה להוות נקודת פתיחה להתפתחותם של חיים. אף כאן קיימות שתי אפשרויות:

אפשרות אחת היא שהחיים בכללותם החלו באותו סוג של מולקולות ואז, פיזור רחב שלהם באוקיינוסים הכניס אותן למסלולים אבולוציוניים שונים וזאת בשל מאפיינים שונים של המים כגון: מליחותם, חומציותם, חומם וכי'. מולקולות אלו פתחו מסלולי דיפרנסיה שונים וכמעט יוצא, שונות זו גם היתה נקודת הפתיחה למסלול האבולוציוני.

האפשרות השניה היא שהחיים החלו עם קיומה של קבוצת מולקולות ראשונית, כאשר כל סוג שהוא בתוך אותה קבוצה החל מסלול אבולוציוני ייחודי לו. בכל מקרה, בשלבים המתקדמים, השונות שהתפתחו בנתיבים

האבולוציוניים חייבה גם יחסי גומלין בין בעלי החיים עלי אדמות וגם קשרים אלו השפיעו השפעה מצטברת על התפתחות החיים לעתיד לבוא.

המסקנה המתבקשת מתנחות אלו היא

שבכל כוכב בו עשויים להתפתח חיים, האבולוציה היא חלק אינטגרלי מהחיים שם. האבולוציה היא אינהרנטית לחיים עצמם.

האסטרונומים כיום מתחבטים לא רק בשאלה בדבר קיומם של חיים על פני כוכבי לכת אחרים, אלא גם בדבר הסבירות לגבי אפשרות קיומם של צורות חיים תבוטניות.³ תצפית בסיסית על כלל בעלי החיים היבשתיים על פני כדור הארץ הראה שיש להם מבנה בסיסי והוא גוף, ראש וגפיים (במאמר מוסגר ניתן לציין שכלל זה חל גם על הציפורים, שזוג גפיהן הקדמי הפך לכנפיים). הצגת הדברים בצורה זו היא אמנם פשטנית, אך חיונית להצגת הנטשא. בחנחה שאחידות זו של מבנה תצורות החיים קיים גם בתצורות חיים העשויות לחיות על פני כוכבי לכת אחרים, הרי שגם על פני אותם כוכבי לכת יתקיים תהליך אבולוציוני, וייתכן כי שעל כל כוכב לכת כזה יהיה תהליך אבולוציה ייחודי לו ופסגתו - חוכמאידים (יצורים דמויי אדם). מסקנה נוספת מתבקשת נוספת היא שעל אותם כוכבי לכת יהיה גם מגוון רחב של צורות חיים שונות.

קיומם של חיים על פני כוכבי לכת אחרים אינם יכולים להתעלם מתהליכים אבולוציוניים

בכל כוכב בו עשויים להתפתח חיים, האבולוציה היא חלק אינטגרלי מהחיים שם

¹ דוגאל דיקסון - לאחר האדם, זואולוגיה של העתיד, ספרית מעריב, 1983, עמ' 16

² מזר חיים - נפוצותם של הרי געש על המאדים, כל כוכבי אור, 1-2/1992 עמ' 38-42

³ צ'יבה כריסטופר - סקור החיים עלי אדמות, גלילאו, 2 בנובמבר/דצמבר 1983, עמ' 12

⁴ שם, שם

⁵ שביב גיורא - אסטרופיסיקה והחיים סחוף לכדור הארץ, אוניברסיטה משודרת, הוצאת משרד הבסחון, 1983, עמ' 67-92

פינת החובב

יגאל פת-אל - מצפה הכוכבים גבעתיים

פינת החובב בחוברת זו תעסוק באחת מקבוצות הכוכבים הפחות מפורסמות בשמיים - קבוצת משולש (Tri) *Triangulum*. קבוצה זו נראית כמשולש בהיר של כוכבים ומצויה בין המשולש הקטן יותר של קבוצת טלה לבין אנדרומדה והיא צוהרת בתחילת חודש דצמבר, עת היא נראית מעט צפונה לזניט לגבי צופה מישראל. קבוצת משולש גובלת עם קבוצות פרסאוס במזרח, טלה בדרום, זגים בדרום מערב ואנדרומדה בצפון.

וזוהתה עם נקודת הקיץ, בה הגיעה השמש לשיא גובהה בשמים, בעת עונת הקציר. על פי האגדה, נחטפה פרוסרפינה על ידי פלוטו וקרס, אמה, מנעה את האדמה מלתת את פריה מרוב צער. בתיווכם של זאוס והקאטה, שוכנע פלוטו לשאת את פרוסרפינה לאשה. אך נישואים אלו היו בתוקף רק שלושה חודשים בשנה, יתר החודשים בלתי פרוסרפינה עם אמה, קרס, על פני האדמה. בשלושת החודשים בהם שהתה פרוסרפינה מתחת לאדמה, חדלה האדמה לתת את פריה והיא שממה. מתנת שממה. הנישואין של זאוס לפלוטו היתה אדמת להסכם זה מוקמה על ידי זאוס, לבקשת קרס, בשמיים כקבוצת משולש.



איור 1: קבוצת משולש - מתוך אטלס שמרסס על ידי תומס הוד (Thomas Hood) שנת 1590

כוכבי הקבוצה

α - קאפט טריאנגולי (Caput Trianguli). שם זה היו התרגום הלטיני לשם הערבי של הכוכב, ראס אל

קבוצת משולש הינה אחת הקבוצות הבודדות בשמיים שצורתה תואמת את שמה. אין פלא, ששלושת הכוכבים היוצרים צורת משולש הכוכבים ישר זוית הינם מקבוצות השמיים העתיקות והבולטות ביותר. בימי הנצרות, קיבלה הקבוצה משמעות עליונה: שלושת כוכביה סימלו את השילוש הקדוש של הנצרים בעוד צורת הקבוצה ציינה את האות הגדולה שהיתה האות הראשונה במילה היוונית DIOS שפרושה 'אל'.

הסיציליאנים ראו בקבוצה את קו המיתאר של האי שלהם וקראו לה סיציליה. על פי אמונתם, מוקמה הקבוצה בשמיים על ידי זאוס, לאחר בקשתה של קרס (Ceres), פטרונית האי, שהיתה האלה האחראית על הפוריות בטבע והקבילה לדמטר

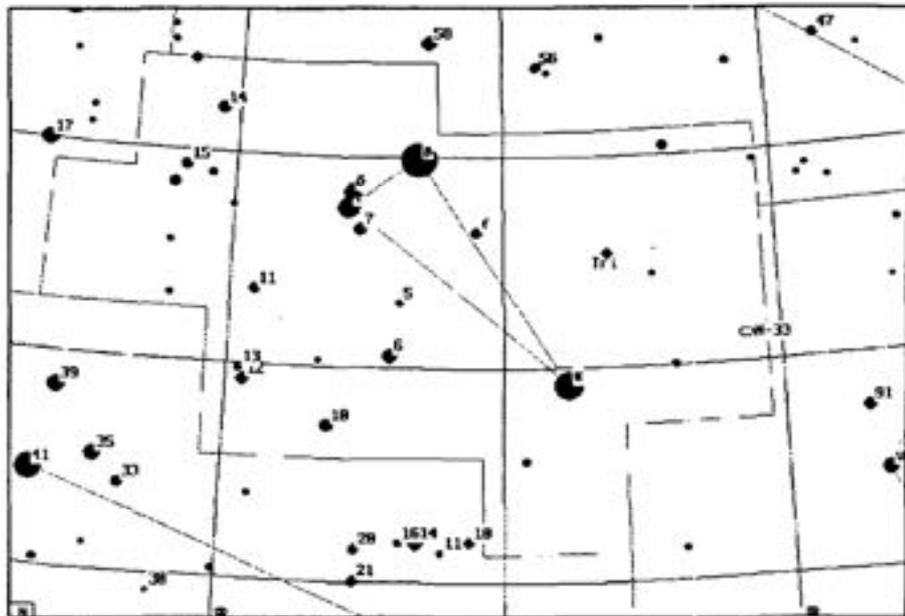
היוונית (ניתכן וקרס היתה הגיבול הבבלי של אלת הקציר ניסבה - Nisaba). קרס היתה האם הגדולה

כל כוכבי אור, כרך 24 גליון 2

מות'אלתי (Ras Al Muthalath), ראש המשולש. שם נוסף שניתן לכוכב הוא אטריה (Atria) ומקורו לא ברור. משולש הינו כמל ספקטרוסקופי כשהכוכב הראשי הינו תת ננס צהבהב מטיפוס F6IV בהירות 3.40. הכוכב השני אינו נראה ושניהם סובבים זה סביב זה בזמן מחזור של 1.7365 ימים בלבד במסלול כמעט מעגלי, בעל אקסנטריות של 0.06. מרחק המערכת מעימנו הינו 58 שנות אור והיא מתקרבת לשמש במהירות של 10 ק"מ לשנייה.

הינו כוכב סדרה ראשית לבן-צהבהב מטיפוס F6V בהירות 6.9. המרחק הזוויתי בין שני הכוכבים הינו 3.9", זווית המצב הינה 70 והם מהווים צמד מצויין לטלסקופים קטנים בקוטר של 60 מ"מ כמבחן לאיכות האופטיקה. כל התיאורים בספרות של צמד הכוכבים מתארים אותם כבעלי ניגוד צבעים מרהיב, לרוב צהוב מול כחלחל. שני הכוכבים אינם מראים שינוי במרחק הזוויתי ביניהם אך זווית המצב ביניהם קטנה ב-9 ב-140 השנים שחלפו מאז 1836. לכוכב

הבהיר מבין השניים, A, שני מלווים שנתגלו בעזרת הספקטרוסקופ אך לא ניצמו ישירות: בן הלוויה הראשון, Aa, סובב סביבו ימים במסלול כמעט מעגלי בעל אקסנטריות של 0.04 תוך שהוא גורם לליקויים מדי הקפה הגורמים לירידת הבהירות של הכוכב A בסדר גודל של 0.076 דרגות בהירות אחת ל-14.732 יום. בן הלוויה השני, Ab, סובב סביב הכוכב A, אחת ל-2.2365 ימים



איור 2 - קבוצת משולש.

β - לכוכב זה אין שם מיוחד למרות שהוא בהיר מהכוכב α משולש. β משולש הינו כמל ספקטרוסקופי כשהכוכב הראשי הינו ענק לבן מטיפוס A5III בהירות 2.99. בן הלוויה אינו נראה ושני הכוכבים סובבים זה סביב זה בזמן מחזור של 31.3884 ימים ומסלול בעל אקסנטריות של 0.53. מרחקה של מערכת זו הינו 140 שנות אור והיא מתרחקת מהשמש במהירות של 9 ק"מ לשנייה. על פי מהירות התנועה של המערכת בחלל וכיוונה, היא שייכת לקבוצת הכוכבים הנעה של קבוצת שור עליה נמנים הכוכבים בצביר ההיאדות.

γ - הקדקוד השלישי של המשולש. זהו כוכב סדרה ראשית לבן מטיפוס A1 V בהירות 4.07. מרחיקו 106 שנות אור והוא מתרחק במהירות של 14 ק"מ לשנייה מהשמש.

עצמים בקבוצת משולש.

בקבוצת משולש אין עצמים בהירים למעט מספר גלאקסיות, אשר כולן, למעט אחת, חיבורות ולא בולטות. ברם, הגלאקסיה היחידה הבולטת בקבוצה מקנה לה את פירסומה. זוהי M33.

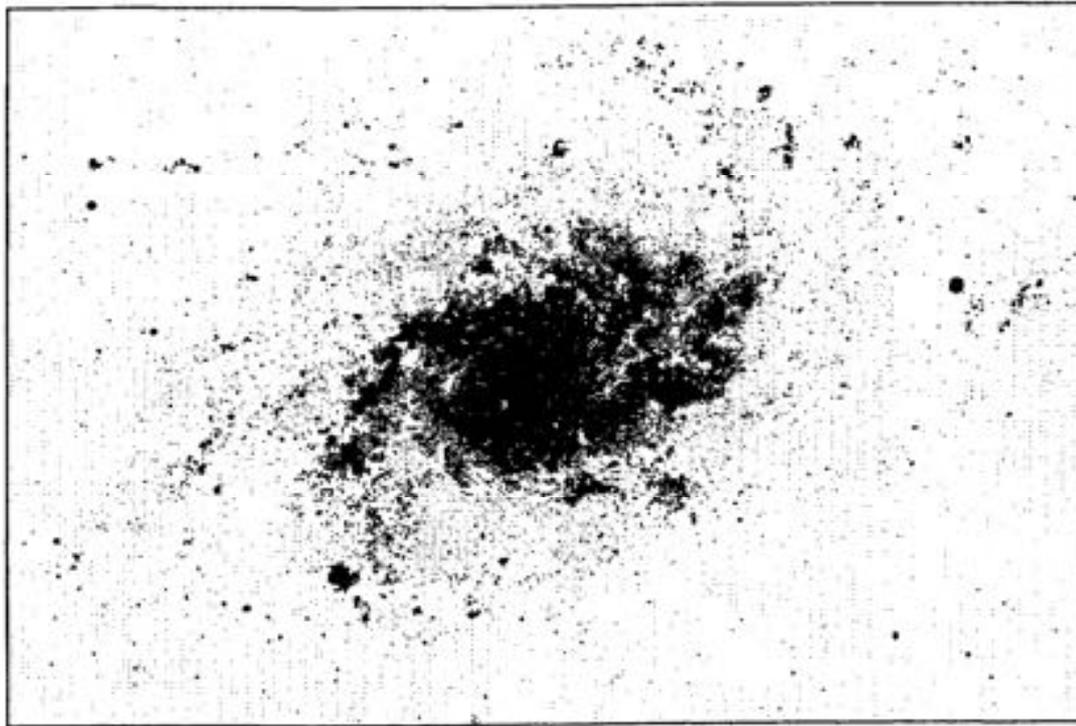
M33 (NGC598) - גלאקסית גלגל המטוויה (Pinwheel galaxy) - גלאקסיה ספיראלית יפהמיה הנראית כמעט ממבט על, נגלגלת על ידי מסייר באוגוסט 1764 שוטארו אותה במילים אלו "אור לבן בהירות כמעט אחידה. מאידך, לאורך שני שלישים של קוטרה היא מעט יותר בהירה. אינה מכילה כוכבים. נראית בקושי רב עם טלסקופ בן 30 ס"מ. M33 מצויה בשליש המרחק בין משולש ל- אנדרומדה, בהירותה הכוללת הינה 5.72 והיא עצם חמקמק ולטנים הנסיון לצפות בה עשוי להיות מתסכל. בשל בהירותה הכוללת הגבוהה, ניתן, במקרים שותאי התצפית הינם אופטימליים, לראותה בעין ככתם

δ - מצוי מרחק זוויתי של כ-20' צפונית ל- γ משולש. משולש הינו מערכת ספקטרוסקופית, כשהכוכב הראשי הינו כוכב סדרה ראשית צהוב מטיפוס G0V בהירות 5.07. כאשר הכוכב השני אינו נראה ושני הכוכבים סובבים זה סביב זה בזמן מחזור של 10.0201 ימים במסלול כמעט מעגלי, בעל אקסנטריות של 0.01 בלבד. מרחק המערכת 35 שנות אור והיא מתקרבת לשמש במהירות של 6 ק"מ לשנייה. ניגוד הצבעים בין משולש בעל הגוון הלבן ל- משולש בעל הגוון הצהוב נראה היטב במשקפת שדה קטנה.

יוטא - (במספר אטלסים הכוכב אינו מצויין באות היוונית כי אם כ- 6 משולש בלבד). יוטא משולש הינו מערכת של ארבעה כוכבים וכוכב כמל יפהמה לתצפית בטלסקופים קטנים. הכוכב הבהיר במערכת, A, הינו ענק צהוב מטיפוס G5III בהירות 5.3 והכוכב השני, B,

יגאל פת-אל

חיזור. במשקפות שדה גדולות היא תראה היטב ככתם אליפטי בהיר. כאשר מנסים לצפות בגלאקסיה עם טלסקופים עשויים להתאכזב: בשל גודלה הזוויתי הגדול, $62\frac{1}{3}''$, בהירות השטח שלה היא נמוכה ביותר. ניתן להתגבר על הבעיה תוך שימוש בטלסקופים בעלי שדה רחב או שימוש בטלסקופים עם עיניות בעלות שדה רחב והגדלות מינימליות (כל זאת בתנאי תצפית טובים). בטלסקופים בקוטר של 10 ס"מ, יהיה ניתן להבחין במבנה הספיראלי המפותח של הגלאקסיה. בטלסקופים של 20 ס"מ יהיה ניתן להבחין בפרטים על גבי זרועות הגלאקסיה וביניהם איזורי HII הגדולים שלה.



איור 3: תמונת תשליל של הגלאקסיה M33 בקבוצת משולש. איזור HII המוזכר בכתבה מצוי בקצה הימני התחתון של הגלאקסיה ונראה ככתם כהה על רקע ארת הזורע ות של הגלאקסיה. שני איזורי HII נוספים נראים מתחת לגוש העיקרי של הגלאקסיה ואזורים נוספים נראים על רקע יתר הזרועות.

M33 הינה אחת מהחברות של הקבוצה המקומית של הגלאקסיות והיא אחת משלוש הגלאקסיות

הספיראליות בקבוצה (השתיים האחרות הינן שביל החלב ו-M31 באנדרומדה, אם כי בשתי הגלאקסיות של ענני מגלן ניתן לראות עקבות של מבנה ספיראלי לא סדור). מאחר ו-M31 נראית כמעט ממבט צד, הרי ש-M33 הינה הדוגמה הקרובה ביותר של גלאקסיה ספיראלית הנראית ממבט על, כשמישור הגלאקסיה נטוי בזווית של 54.8 למישור הראיה). M33 מרוחקת ממשרכת השמש 2.95 מליון שנות אור, מעט יותר מאשר M31, ושתי הגלאקסיות, M31 ו-M33 קרובות זו לזו מרחק של כחצי מליון שנות אור בלבד. קוטרן של M33 הינו 52 אלף שנות אור, כמחצית מקוטרן של שביל החלב.

M33 הינה גלאקסיה ספיראלית מטיפוס Sc II-III והזרועות שלה עתירות כוכבים צעירים, כחולים וחמים. ישנם בה כוכבים רבים בהירים מטיפוס P ברבור וכן כוכבים בהירים יותר הנקראים משתנים כחולים מאירים מאוד - LBVs (משתני Hubble-Sandage), בעלי עוצמת אור של כמיליון שמשות כל אחד. כוכבים אלו העשויים להראות בצילום קצר חשיפה שנלקח גם על ידי טלסקופים קטנים, יחסית, משמשים בסיס לאומדן המרחק ל-M33. אחד הבהירים בהם הינו הכוכב המשתנה Y משולש. כוכב זה הינו כוכב משתנה מסוג S דג זהב (P ברבור) בעל סיווג ספקטרלי של A או F1 המשנה את בהירותו בין מקסימום של 15.4 למינימום של 18.1. עוצמת אורו של הכוכב כשהוא במקסימום שווה לכ- 930 אלף שמשות.

הסיווג הספקטרלי המשוקלל של M33 הינו A7 ולפיכך זו אחת הגלאקסיות הכחולות יותר בין הגלאקסיות הידועות. כמה מאיזורי מימן מיון (HII) הבהירים והגדולים שבזרועותיה נראים היטב ככתמים בהירים גם בטלסקופים הקטנים ביותר. הכולט בהם הינו NGC604, המצוי על שוליה הצפוניים. גודלו של ענן גז זה הינו כ- 1000 שנות אור והוא אחד מאיזורי HII הגדולים ביותר המוכרים בגלאקסיה כלשהיא, כולל שביל החלב. בטלסקופ הוא יראה ככתם אור בהיר ועגול. בשלהי שנת 1996 צילם טלסקופ החלל עייש האבל את NGC604 והתוצאה, כמו בכל הצילומים של טלסקופ החלל היתה מרהיבה ביותר: כוכבים צעירים ומסיביים מוקפים טבעות של גז ואבק בשלל צבעי הקשת. (ראה תמונה בעמוד השער של החוברת).

כמה איזורי HII נוספים בגלאקסיה M33 קיבלו אף הם מספרים נפרדים בקטלוגים של NGC ו-IC. עוצמת האור הכוללת של M33 הינה 5 מליארד שמשות בלבד ומסתה מוערכת בכ- 8 מליארד מסות שמש, ערכים הקטנים בהרבה מהערכים של עוצמות האור והמסות של הגלאקסיות העיקריות בקבוצה המקומית: שביל החלב ו-M31 באנדרומדה. M33 נעה לקראת השמש במהירות של 186 ק"מ לשנייה, אך אם ננכה את מהירות השמש בתוך שביל החלב עצמה, אזי M33 מתרחקת משביל החלב במהירות של 2 ק"מ לשנייה. ■

טיטאן - תחזית מכתשים בקוטר 100 ק"מ

מזר חיים - הכפר הירוק

טיטאן היו הירח המיסתורי ביותר במערכת השמש. ישנו רק ירח אחד במערכת השמש העולה עליו בקוטרו והוא גאנימד, ירחו הענק של צדק. משך שנים, גירה הירח הכתום את סקרונותם של חוקרי מערכת השמש.

הגוף היחיד במערכת השמש החיצונה, שחלילות וויג'ר לא הצליחו לצלם את פניו הינו טיטאן, הירח הגדול של שבתאי, מאחר והוא עטוף במעטה סמיך של עננים. למרות מגבלה זו, קיימת אפשרות לנסות ולחזות מאפיינים מסוימים של פני השטח שלו על בסיס השוואה עם גופים הדומים לו במערכת השמש. מאחר ומכתשים נמצאים מאוד במערכת השמש, אנסה לבנות במאמר זה תחזית לגבי אפשרות קיומם של מכתשים בגודל 100 ק"מ ויותר על גוף מיסתורי זה.

על פי הרכבו, טיטאן דומה לכוכבי הלכת הארציים (Terrestrial Planets), עליהם נמנים כוכב חמה, נוגה, ארץ ומאדים. קוטרו של טיטאן, 5100 ק"מ, הינו בסדר הגודל של כוכבי הלכת כוכב חמה ומאדים. בהשוואה לשאר הירחים במערכת השמש, דומה טיטאן במידיו לגאנימד וקאליסטו, ירחיו הענקיים של צדק: גאנימד, 5270 ק"מ וקאליסטו 4840 ק"מ. על גאנימד לא קיים ולו אף מכתש אחד בקוטר העולה על 100 ק"מ ואילו על קאליסטו מצויים רק 5 מכתשים בגודל העולה על 5 ק"מ לרבות שני האגנים הגדולים Asgard ו-Valhala. על אירופה ויו, שהינם גופים בסדר גודל של הירח של כדור הארץ אין בכלל מכתשים בקטרים אלו ומספר המכתשים הקטנים זעום ביותר.

אם נבדוק את נפיצות המכתשים בסדר גודל זוו על הירחים הקטנים של שבתאי ואורטס, נראה שניפיצות המכתשים הגדולים מ-100 ק"מ הינה נמוכה אף שם,

אם כי היחס בין קוטרי המכתשים לקוטרי הירחים האלו הינו גדול יותר מאשר בירחים הגדולים: על פני מימאס, ירחו של שבתאי שקוטרו 392 ק"מ, קיים רק מכתש אחד גדול בקוטר של 130 ק"מ. על פני תטיס, שקוטרו 1060 ק"מ קיים מכתש אחד גדול בקוטר של 400 ק"מ. על פניו של דיון, שקוטרו 1120 ק"מ ישנם שני מכתשים בקוטר של 200 ק"מ, מכתש אחד בקוטר 150 ק"מ ומכתש אחד בקוטר של 105 ק"מ. על טיטיניה, שקוטרו 1610 ק"מ שני מכתשים בקוטר 200 ק"מ ומכתש אחד בקוטר 300 ק"מ ואחרון, אומבריאל, שקוטרו 1190 ק"מ ועל פניו מכתש אחד בקוטר 110 ק"מ.

גם אם נביא בחשבון שרק חלק מפני השטח של ירחים אלו מופה (75% משטח פניהם של דיון וקליסטו ורק 45% משטח פניהם של ירחי אורטס), עדיין מספר המכתשים הגדולים קטן ממספרם על פני כוכבי הלכת הארציים וממספרם על פני הירח שלנו.

מנתונים אלו מתבקשת מסקנה סטטיסטית לפיה, על פניו של טיטאן, המצוי בתחומי כוכבי הלכת החיצוניים, מספר מועט של מכתשים בקוטר מעל 100 ק"מ. אם בכל זאת ימצאו על פניו של טיטאן מספר גדול מכתשים בגדלים כאלו, יהיה צורך למצוא הסבר לתריגות אלו. (על מודל אפשרי כזה ראה במאמר "נפיצותם של מכתשים גדולים על כוכבי הלכת הפנימיים", חיים מזר, כל כוכבי אור, סתיו 1994, עמ' 16-17).

מקורות

1. חיים מזר, 'נפיצותם של מכתשים גדולים על כוכבי הלכת הפנימיים', כל כוכבי אור, סתיו 1994, עמ' 16-17.
2. Hunt Gurry, Moore Petrick - *Atlas of Uranus*, Cambridge University Press, 1989 p 96
3. Plescia J. B, Boyce J. M. - *Crater densities and geological histories of Rhea, Dione, Mimas and Thethis*, Nature 295, 28.12.1982, p. 285-290
4. Strom Robert G. Woronow Alex, Gurnis Michael - *Crater Population on Ganimed an Callisto*, Journal of Geophysical Research, Vol 96, No. A10. 30.9.81, p 8659 - 8674

מה במערכת השמש

יגאל פת-אל - מצפה הכוכבים גבעתיים

האירוע המרכזי של הרבעון הראשון של שנת 1997, יהיה הופעתו של שביט האל-בופ. יש האומרים, כי יהיה זה האירוע האסטרונומי המרכזי של השנה ויש המרחיקים עד כדי הכללתו בין האירועים האסטרונומיים המסעירים של המאה הנוכחית. אך לצד האל-בופ, נראה את כוכבי הלכת הישנים והטובים, שכידוע אינם מכזיבים אף פעם, שהתצפית בהם תגיע לשיאה עם ההתקבצות הקרובה של נוגה וצדק בתחילת פברואר ואף ליקוי לבנה חלקי ולא מלא צפוי לנו בשלהי חודש מרץ.

כוכבי לכת

כוכב חמה

כוכב חמה מתחיל את שנת 1997 עם התקבצות עליונה עם השמש ב- 2 לינואר והוא הופך להיות כוכב בוקר, מצב בו הוא מצוי מרבית הרבעון הראשון של השנה. ב- 24 לינואר הוא מגיע לריחוק מירבי מערבי מהשמש של $24^{\circ}32'$. בעת זו כוכב חמה בהיר למדי, ובהירותו -0.1 . מאפשרת להבחין בו בקלות גם על רקע שמי השחר החיוורים. חלקו המואר של כוכב חמה הינו 60% . לאחר מכן מתקרב כוכב חמה לכיוון השמש, תוך שהוא עולה בבהירותו עד לבהירות מירבית של -1.7 ב- 10 למרץ. כוכב חמה עובר בהתקבצות תחתונה עם השמש ב- 11 לחודש מרץ. כוכב חמה הופך לכוכב ערב תוך שהוא מתוויר במהירות ולמעשה, בעת שהוא מצוי בריחוק זוויתי מזרחי מירבי של $19^{\circ}13'$ מהשמש, ב- 6 לאפריל, בהירותו הינה $+0.4$ אך הוא מתוויר עד לבהירות $+4.6$ בסוף חודש אפריל, כך שקשה מאוד להבחין בו על רקע שמי הערב.

כל כוכבי אור, כך 24 גליון 2

כוכב חמה עובר מספר התקבצויות מעניינות ברבעון הראשון של השנה. ברבעון הראשון תתרחש סדרה שלמה של שלוש התקבצויות בין כוכב חמה לנוגה, אם כי את כולן יהיה קשה לראות בעין. ההתקבצות הראשונה בסדרה תתרחש ב- 12 לינואר, בשעה 15 שעות ישראל. כוכב חמה יחלוף $2^{\circ}43'$ צפונית לנוגה. שני כוכבי הלכת יהיו במרחק זוויתי של 19° בלבד מהשמש ולפיכך יקשה לחזות בהתקבצות. ההתקבצות השנייה בסדרה תתרחש ב- 2 למרץ, בשעה 2 לפנות בוקר שעות ישראל. כוכב חמה יחלוף $51'$ בלבד דרומית לנוגה. מכיוון ששני כוכבי הלכת יהיו במרחק זוויתי של 8° בלבד מערבית מהשמש, לא יהיה ניתן לחזות בהתקבצות. גם ההתקבצות השלישית, ב- 21 לאפריל, תהיה קרובה לשמש ושני כוכבי הלכת ימצאו במרחק זוויתי של 5° מזרחית מהשמש. כוכב חמה יחלוף $3^{\circ}04'$ צפונית מנוגה.

יגאל פת-אל

ההתקבצות המעניינת והיפה ביותר תהיה של חמשת כוכבי הלכת - כוכב חמה, נוגה, צדק, אורנוס, נפטון, יחד עם הירח ב- 6 לחודש פברואר. מאחר ששני כוכבי הלכת, אורנוס ונפטון חיוורים מכדי להראות בשעת הבוקר המוקדמת, בה ניתן יהיה לראות את כוכב חמה, נסתפק במראה של כוכב חמה, צדק וחמשת הירח וכן נוגה שיהיה מעט מזרחית. את התגינה ותחיל ההתקבצות של כוכב חמה עם נפטון ב- 7 לפברואר בשעה 22 שעות ישראל. למרות שזו שעת ערב, שני כוכבי הלכת יהיו עדיין מתחת לאופק המזרחי וההתקבצות לא תראה מישראל. כוכב חמה יחלוף $1^{\circ}21'$ דרומית לנפטון. ב- 12 לפברואר, שעה 16 שעות ישראל, יחלוף כוכב חמה $1^{\circ}02'$ דרומית לכוכב הלכת צדק. צדק הינו הבהיר מבין השניים. ב- 14 לפברואר, שעה 2 לפנות בוקר, יחלוף כוכב חמה $54'$ בלבד דרומית לאורנוס.

נוגה

נוגה ממשיך להיות כוכב בוקר כל משך הרבעון הראשון

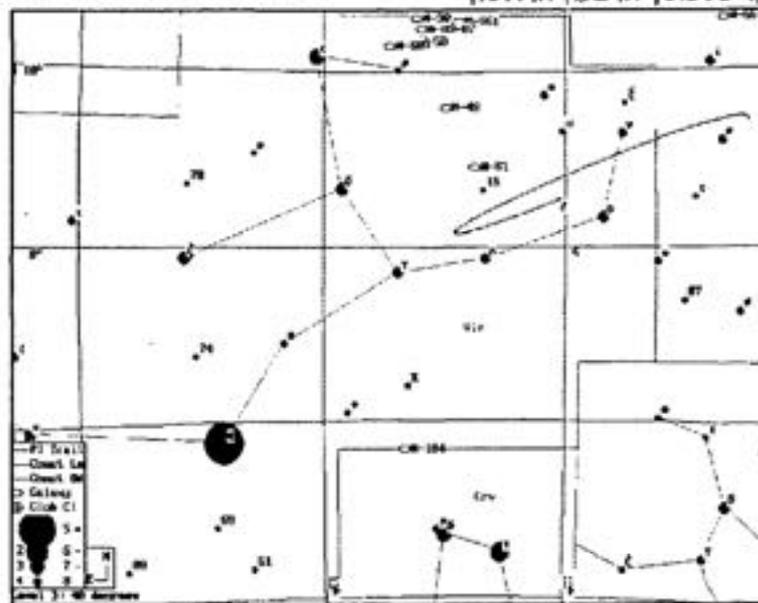
של שנת 1997 עד להתקבצות תחתונה שלו עם השמש ב- 2 לאפריל. בתחילת הרבעון נוגה כמעט מלא ובהירותו הינה -3.9 . גודלו הזוויתי הינו $11''$ בלבד והוא ילך ויקטן עד לאחר התקבצותו עם השמש, כך שגדולות ונצורות לא צפויות לצופים בכוכב הלכת הבהיר מבעד לעדשת הטלסקופ. למעט ההתקבצות לפנות הבוקר ב- 6 לפברואר עם הירח, צדק וכוכב חמה, אין סיבות מיוחדות להשכים ולצפות בכוכב הלכת

הבהיר. מן הסתם, ניתן רק לשער שלמחרת הוותקבצות הגדולה יהיו אי אלו דיווחים על עב"מים שנראו לפנות בוקר מעל האופק הדרום מזרחי.

כאמור, נוגה יהיה מעורב במספר התקבצויות קרובות ביותר עם כוכבי לכת אחרים, ששלוש מהן, עם כוכב חמה, הוזכרו לעיל. ב- 6 לפברואר, שעה 02 לפנות בוקר שעות ישראל, יחלוף נוגה $20'$ בלבד דרומית לכוכב הלכת צדק. נוגה הינו הבהיר מבין השניים. שני כוכבי הלכת יהיו מרחק זוויתי של 14° מערבית מהשמש, כך שיקשה לצפות בתופעה לא ידיעה מדויקת של מיקומו של נוגה לפחות. שני כוכבי הלכת ימצאו מספר מעלות מזרחית לחרמש הדק והחיוור בלאו הכי של הירח. קודם לכן, ב- 1 לפברואר, שעה 13 שעות ישראל, יחלוף נוגה $59'$ דרומית לנפטון. ב- 7 לפברואר הוא יחלוף $12'$ בלבד דרומית לאורנוס. למרבה הצער, שני כוכבי הלכת המרוחקים חיוורים מכדי להבחין בהם באור הדמדומים.

מאדים הולך ומתקדם לקראת היותו כוכב ערב נוח לתצפית. בתחילת הרבעון הוא כבר זורח בשעה 22 שעות ישראל והוא יהיה בניגוד לשמש ב- 17 למרץ שעה 10. ב- 29 לינואר, שעה 4 לפנות בוקר, נמצא מאדים באפהליון (הנקודה הרחוקה ביותר מהשמש) של מסלולו. מרחקו מהשמש יעמד על 1.66593 יחידות אסטרונומיות.

מאדים הולך ומתבהר. בתחילת הרבעון בהירותו עומדת על $+0.3$ אך הוא מתבהר במהירות ובהירותו מגיעה לבהירות -1.3 . בעת הניגוד ב- 17 למרץ. לאחר מכן הוא הולך ומתחוויר במהירות עד לבהירות -0.3 . בשלחי אפריל, אם כי עדיין הוא יהיה בין הכוכבים הבהירים בשמיים. גם קוטרו הזוויתי של מאדים הולך וגדל, מ- $8.6''$ בלבד בתחילת הרבעון, עד לערך מירבי של $14.2''$ ב- 20 למרץ כך שבהחלט יהיה ניתן לראות פרטים על פניו גם בטלסקופים בינוניים. ב- 20 למרץ שעה 19, מאדים יגיע לנקודה הקרובה ביותר לכדור הארץ במחזור הנוכחי והמרחק בין שני כוכבי הלכת יעמוד על 0.65939 יחידות אסטרונומיות בלבד. כל התקופה מצוי מאדים בקבוצת בתולה, דרומית למרכזו של צביר הגלאקסיות הגדול (ראה איור 1).

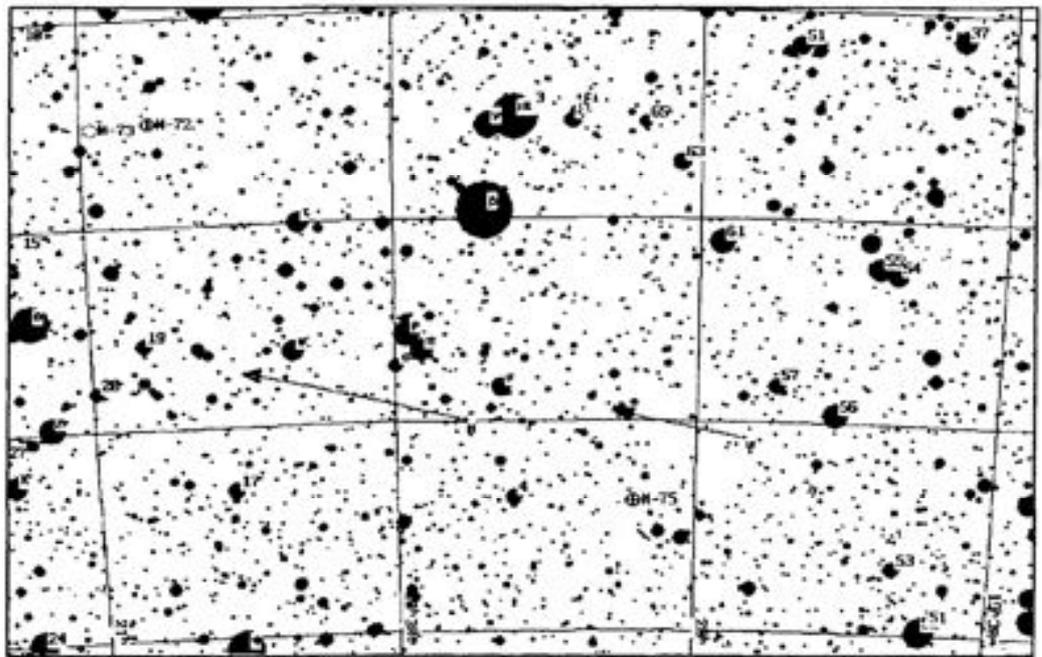


איור 1. מאדים בקבוצת בתולה. הכוכב הבהיר בפניה השמאלית התחתונה הינו טפיקה.

צדק

צדק מצוי בקרבה יתרה לשמש כל תחילת הרבעון הראשון של השנה ולמעשה הוא יהיה ניתן לתצפית סבירה ככוכב בוקר רק החל ממתצית חודש מרץ עת הוא יזרח בשעה 4 לפנות בוקר. גודלו הזוויתי של צדק עומד על $32.4''$ בתחילת הרבעון וערך זה גדל באיטיות, אם כי בהתמדה. בסוף הרבעון יגיע קוטרו הזוויתי ל- $35''$. בהירותו של צדק הינה -1.9 . כך שניתן לזהותו בקלות. השנה, יהיה ניתן לצפות באירועים חדדיים של ירחי צדק (ראה מאמר נפרד בגוף החוברת). כל הרבעון צדק מצוי בתנועה קדומנית (מזרחית) והוא מצוי בצידה הדרום מזרחי של קבוצת קשת.

מלבד ההתקבצויות עם כוכב חמה ומאדים, עובר צדק גם התקבצויות קרובות ביותר עם אורנוס ונפטון, אלא ששני כוכבי הלכת הינם, כאמור לעיל, חיוורים מדי על מנת להראות בשעות הבוקר המוקדמות. ב- 8 לינואר, מתקבץ צדק עם נפטון, עת הוא חולף $47'$ בלבד דרומית לו. ב- 16 לפברואר צדק חולף מרחק של $10'$ בלבד דרומית לאורנוס.



איור 2: אורניס ונפטון ברבעון הראשון של שנת 1997. נפטון הינו המזרחי יותר. הכוכב הבהיר סעל מרכז האיור הינו הכוכב β בגדי.

שבתאי

תכולה בבחירות 5.9 וקוטר זוויתי של 3.4". ניתן לראותו גם במשקפת שדה (תאורטית גם בעין חבלתי מזוינת), אלא שכל זה בתנאי שמיקומו ידוע במדויק. רק בהגדלות של 120x ומעלה ניתן להבחין בדיסקה. במפתחים גדולים, של 15 ס"מ ומעלה, ניתן להבחין גם בגוון הירקרק תכול של אורניס.

נפטון חיזור יותר ולמרות שבהירותו, 8.0, מאפשרת לראותו גם במשקפת שדה קטנה, הרי שלוהותו בוודאות ככוכב לכת יש להשתמש בטלסקופ בעל מפתח הגדול מ-10 ס"מ ולהשתמש בהגדלות של 180x ומעלה, ולהבחין בדיסקה, אם כי הגוון הכחול

עמוק יתגלה רק במפתחים של 20 ס"מ ומעלה. גודלו הזוויתי של נפטון הינו 2.2" בלבד. נפטון מצוי בקבוצת גדי, סמוך לגבולה המערבי.

פלוטו

פלוטו משוטט לו בבדידות מזהרת בפינה הצפון מערבית של קבוצת עקרב. בהירותו 13.8 והוא נראה כבר בטלסקופ טוב של 16 ס"מ, אם כי יש צורך בסבלות רבה וידיעה מוחלטת של מיקומו על מנת להבחין בתנועתו על פני כיפת השמים. בשל גודל הטלסקופים המצויים בידי חובבים, זו הדרך היחידה להבחין בפלוטו ככוכב לכת.

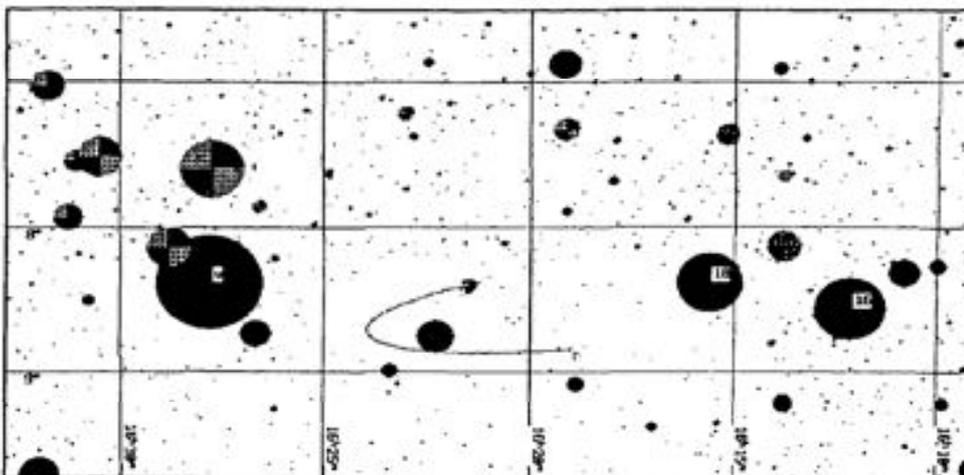
במשך הרבעון הראשון של שנת 1997, שבתאי ממשיך להוות את כוכב הלכת הנוח ביותר לתצפית בשעות הערב המוקדמות וטבעותיו, שהזווית של מישור נטיתן הולך וגדל, נראות היטב גם בטלסקופ הקטן ביותר. בתחילת חודש מרץ שבתאי קרוב מדי לשמש לתצפית וב-30 למרץ הוא מתקבץ עם השמש.

מטבע הדברים שבתאי מתרחק מעמנו עד ההתקבצות עם השמש ולפיכך קוטר הזוויתי יורד מקוטר זוויתי הגדול מ-17" בתחילת הרבעון (לא טבעות) לכמעט 16" בסופו. בהירותו קבועה, +1.0, וצבעו כתום. משך כל התקופה מצוי שבתאי בקבוצת דגים, כאשר במחצית הרבעון הוא עורך ביקור קצר בקבוצת ליתן וחוזר לקראת סוף הרבעון את קבוצת דגים.

איור 3: פלוטו בקבוצת עקרב. הכוכב הבהיר בתמונה הינו הכוכב v בעקרב.

אורניס ונפטון

שני כוכבי הלכת הרחוקים האלו מתקבצים עם השמש בתחילת השנה: נפטון מקדים ומתקבץ ב-17 לינואר ואילו אורניס לא משתהה הרבה ומתקבץ עם השמש ב-24 לינואר. שני כוכבי הלכת יהיו נוחים לתצפית ככוכבי בוקר החל מסוף חודש פברואר. הנתונים הפיזיקליים של שני כוכבי הלכת אינם משתנים משך כל הרבעון: אורניס מצוי סמוך מאוד לגבול המזרחי של קבוצת קשת ונראה כדיסקה



ליקוי ירח חלקי

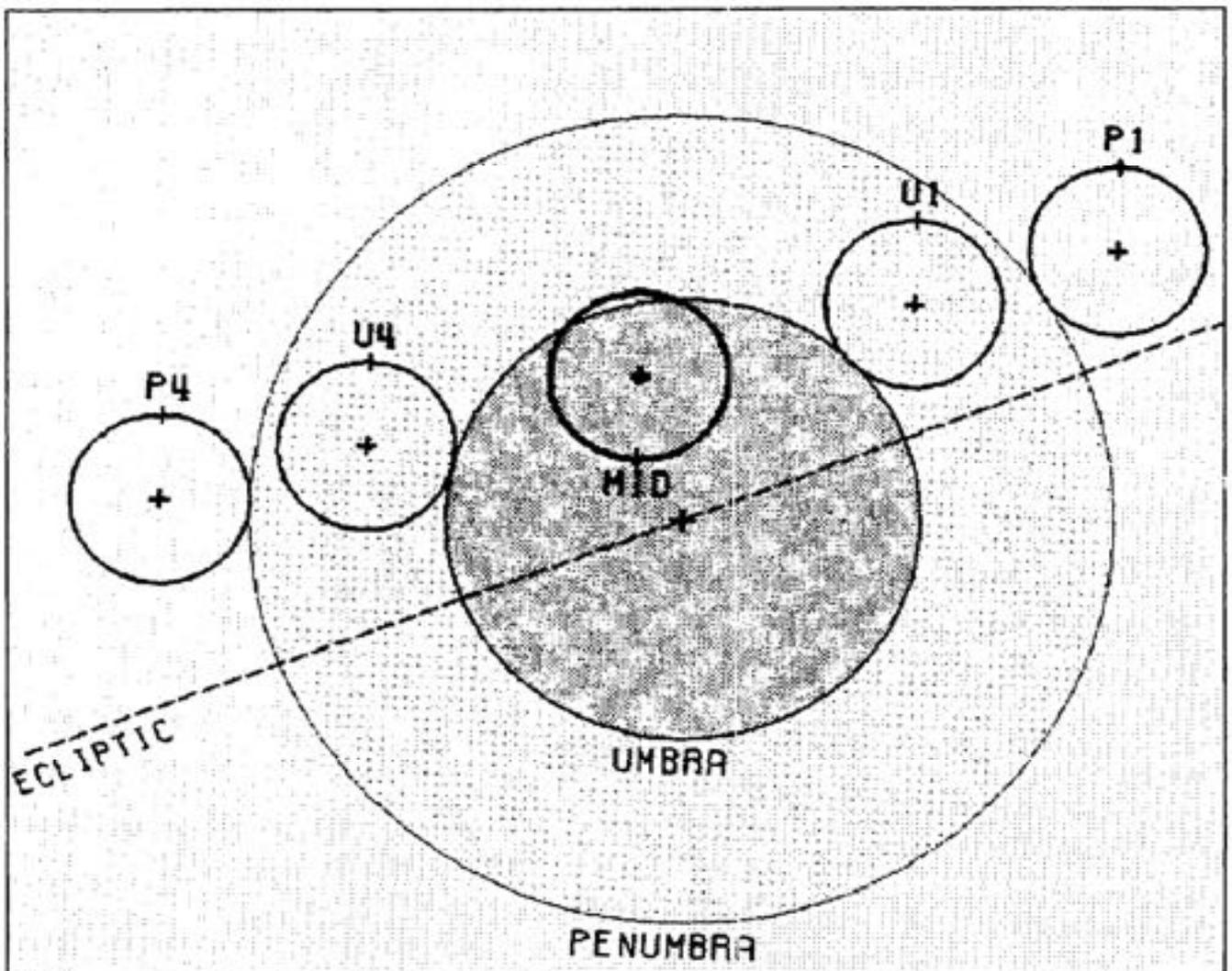
אפמרידים של הליקוי:

המרחק הזוויתי בין מרכז הירח למרכז חצל בשיא הליקוי: 0.4452°
 הגדל הזוויתי המרבי של אזור החלקי - 2005.1°
 הגדל הזוויתי המינימלי של אזור החלקי - 6551.0°
 קואורדינטות הירח (גיאצנטריקות) בשיא הליקוי:
 עליה ישרה - $42.5^{\circ} 13' 12''$
 נטיה - $4.2^{\circ} 0' 1''$
 רדיוס זוויתי של הירח בשיא הליקוי - $31.51'$
 החיקוי הבא בסדר מספר 132 יהיה ליקוי מלא והוא יראה, גם מישראל, ב- 4 לאפריל שנת 2015.
 ליקוי הירח הבא יראה ב- 16 לספטמבר השנה. יהיה זה ליקוי ירח מלא ששיאו יהיה 8 בערב שעות ישראל.

ליקוי ירח חלקי יראה בישראל לפנות בוקר ה- 24 לחודש מרץ. הליקוי יהיה אמנם מלא, אך שלביו האחרונים לא יראו מישראל כיוון שהירח ישקע.

השלב הראשון של הליקוי, כניסת הירח לצל החלקי תתרחש בשעה 3:40.5 לפנות בוקר (נקודה P1 באיור). נקודת החל הראשונה תראה בכיוון של 120° מזרח.

הירח יכנס לאזור החל המלא בשעה 04:57.6 שעות ישראל (נקודה U1). שיא הליקוי יהיה בשעה 05:39.4 שעות ישראל אלא שבעת זו הירח יהיה מתחת לאופק. הליקוי המלא יסתיים בשעה 08:21.5 (נקודה U4) והירח יצא לחלוטין מאזור החל בשעה 09:38.4 בנצק (נקודה P4). ליקוי זה הינו הליקוי ה- 29 מתוך 71 ליקויים במחזור הליקויים (סדרוס) מספר 132.



איור 4 - שלבי ליקוי הירח החלקי כפי שיראו מישראל: נשלול הירח בשמיים הינו ממערב למזרח והוא מתאר על ידי מעגל הירח עצמו. הצלבים במרכז מעגל הירח מסמנים את מרכז הירח. הקו המקוקו הינו מישור המילקה. מהאיור נראה כי בעת הליקוי הירח מצוי צפונית למישור המילקה ובעת שיא הליקוי הירח מצוי צפונית מזרחית לקו המרחב את מרכז כדור הארץ ומרכז השמש. קו זה עצמו מתאר על ידי צלב במרכז החל המלא. צמון למעלה, מזרח בצד ימין ומערב בצד שמאל. הירח נע ממערב למזרח. המעגל המנימי הכהה הוא החל המלא (Umbra) והמעגל החיצוני הבהיר יותר הוא החל החלקי (Penumbra).

שביט האל-בופ

האל-בופ שבה הוא נצפה עוד במרחק גדול מהשמש
מוסברת על ידי התפרצות עזה של גז שהביא לגידול
בהילה של השביט שאיפשרה לראותו גם במרחק רב.
לעומת זאת, יתכן והשביט יעמוד בתקוות שתולים בו
ואכן יהיה לנו מתזה מרהיב. יש לזכור כי בחודש דצמבר,
מעט קט לפני שהתקבץ עם השמש כבר היתה בהירותו
3.8. הווה אומר, ניתן לראותו בעין בלתי מזוינת. למרות
העובדה כי כותב שורות אלו היה בין עורכי המחקר על
גודל ההילה של שביט האל-בופ, הוא ישמח מאוד
להתאכזב ולחזות בשביט מרהיב עין.

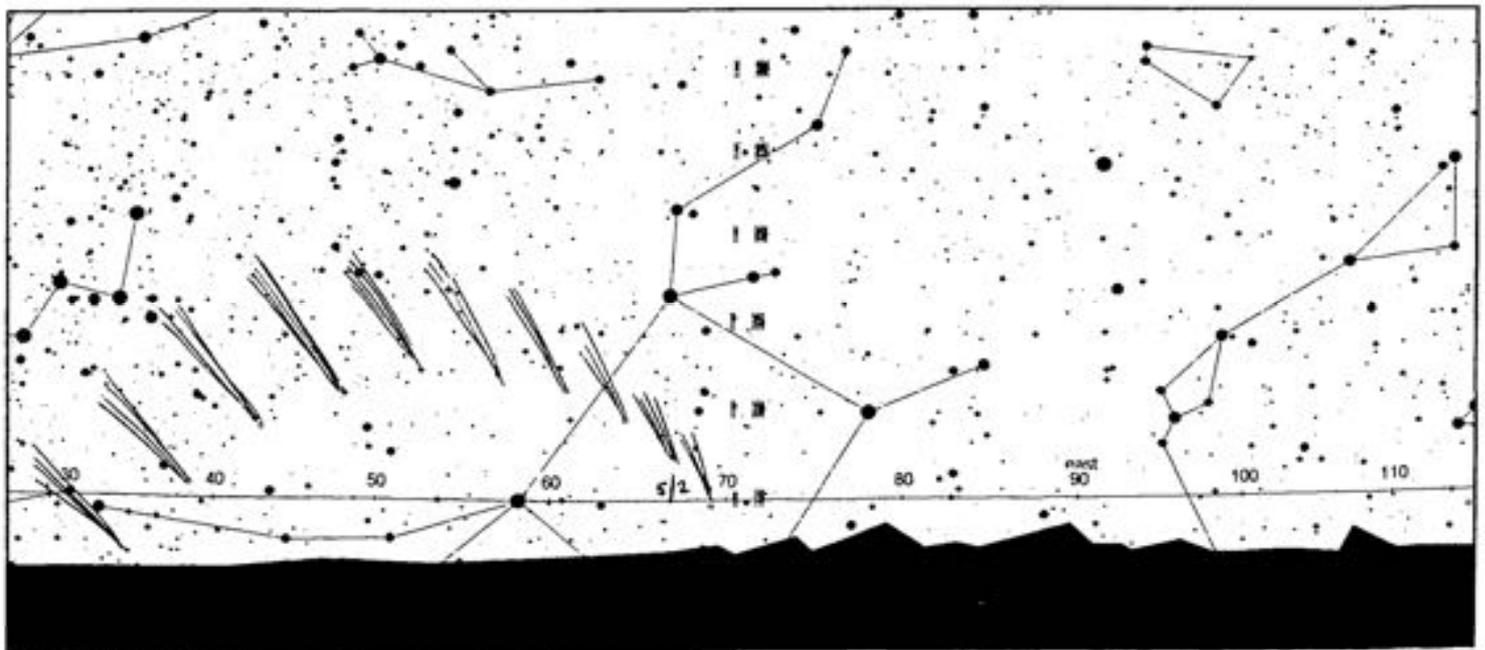
על פי תצפיותיו של חברנו ערן אופק, שהשכים קום
בבוקר הקר של ה-19 לינואר וצפה בשביט האל-בופ,
נמוך מעל האופק המזרחי, יש בהחלט סיבה לחשוש. ערן
העריך את בהירות השביט ב-3.8, נמוך מעל נמוך ב-2.5
דרגות בהירות מהחזוי. נחמה פורתא ניתן לתלות בגובה
הנמוך של השביט והערפילים שהכבידו על התצפית
בשביט ואולי העימו את בהירותו. מאידך, ערן מנוסה
מדי בהערכת בהירויות כוכבים כך שניתן לראות
בתצפית זו סימן מבשר רעות.

הזנב - בעת שהשביט יהיה במריהליון (הנקודה על מסלול

שביט האל-בופ מוסתר מתחילת השנה ועד לתחילת
חודש פברואר על ידי אורה המסנוור של השמש. ההצגה
הגדולה אמורה להתחיל בתחילת חודש פברואר, כאשר
השביט יצוץ לו באופק המזרחי, מיד לפני הזריחה,
ויתחיל לעשות את דרכו אל השמים הצפוניים, עד
שיראה במלוא הדרו בחודשים מרץ, אפריל ומאי, נמוך
מעל האופק המערבי מיד לאחר השקיעה.

הילה - על פי תצפיות שהתקיימו במצפה הכוכבים
בגבעתיים (ראה חדשות חלל ואסטרונומיה חוברת זו),
לא חל גידול משמעותי של ההילה ובמקרים אחדים חל
אפילו קיטון בגודלה, כאשר השביט התקרב ממרחק של
3.4 עד למרחק של 2.5 יחידות אסטרונומיות של השמש.
עובדה זו עשויה לחזק את ההשערה הרווחת בקרב מספר
חוקרים כי ההילה של השביט רוויה בגרגרים גדולים
מדי - בסדרי גודל של מספר ס"מ, וגרגרים אלו עשויים
לסתום את הסדקים מהם מוצצים סילונוט גז. תופעה
דומה של "חנק" על ידי אבק ואבנים קרותה, כנראה,
לשביט קוהוטק בשנת 1974. כזכור, שביט קוהוטק
הראה את אותם המאפיינים של שביט האל-בופ כאשר
הוא התקרב אל השמש והקהילה האסטרונומית
המתניה להופעתו בתקווה רבה לראות את שביט המאה,
אך שביט קוהוטק איכזב. הבהירות הגבוהה של שביט

שביט האל-בופ מעל האופק המזרחי, החל מ-5 לפברואר ועד ה-25 למרץ. מיקום השביט מסומן בהסרטים של 5 ימים. גובהו של השביט מעל
האופק נכון לשעה 4 בבוקר, כשעה ומחצת לפני הזריחה. גודל הזנב וכיוונו הינם משוערים. (מיקום וגובה קבוצות הכוכבים נכון ל-25 במרץ).
השורה האופקית מבטאת את האזימוט (סצפון לכיוון מזרח) והשטות האנכיות במרכז מבטאות את הגובה במעלות מעל האופק בהסרטים של 5°



השביט סביב השמש, בה השביט מצוי בנקודה הקרובה ביותר לשמש) הוא יהיה מעל האופק המערבי לפני השקיעה והזנה יראה מתמשך לכיוון צפון. יש לזכור כי המרחק בין שביט האל-בופ לשמש בעת הפריהליון (וגם לכדור הארץ), יהיה גדול יותר מאשר המרחק של שביטים יאקוטקה והאלי בעת מעברי הפריהליון של השביטים יאקוטקה והאלי.

בגבול המערבי של קבוצת פגסוס ואנדרומדה. החל מתחילת מרץ ועד תחילת אפריל, השביט יראה היטב בשמי הבוקר וגם בשמי הערב, עקב נטיית הצפונית. במשך חודש מרץ הוא יהיה באזימוט 70° (בוקר ובערב) מהצפון עד לאזימוט 50° מהצפון בתחילת אפריל. לאחר מכן הוא מתחיל לנוע דרומה וראה רק בערב.

ב- 11 לאפריל השביט יחלוף קרוב לכוכב אלגול בפרסאוס והוא יגיע לאלונגציה מזרחית מרבית של 40° מעלות בין ה- 16 ל- 26 לאפריל, עת הוא נוח ביותר לתצפית וישקע בשעה 8:30 בערב (שעון חורף). ב- 11 במאי הוא מצוי בקבוצת שור, בדיוק במערב וב- 26 למאי הוא ימצא בין נוגה מצפון וביתאליזו מדרום. למעשה, האל-בופ ישהה קרוב לביתאליזו עד תחילת יוני עת ישוב להיות כוכב בוקר.

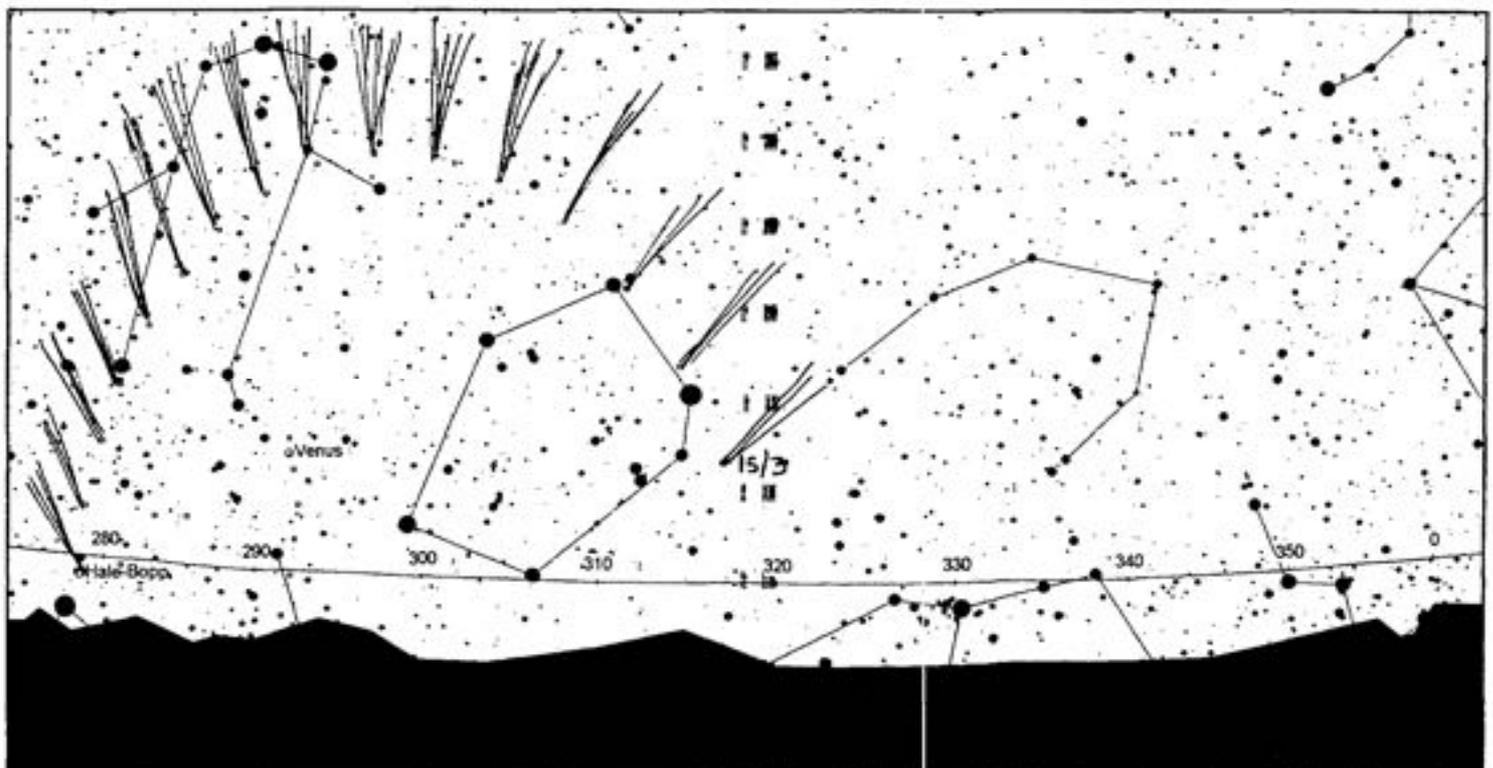
כל התקופה בין מרץ, אפריל ומאי, בהירותו של שביט האל-בופ תהיה כזו שניתן יהיה לראותו בעין הבלתי מזוינת. ההערכות האופטימיות חוזות בהירות -2.0 , הווה אומר, זהה לבהירותו של כוכב הלכת צדק (שחדי העין יכולים לזהותו גם לאור היום), בעוד שההערכות הפסימיות חוזות בהירות של $+1.0$, זהה לבהירותו של שביט יאקוטקה, כך שבכל מקרה, שביט האל-בופ יהיה כה בחיר שאין צורך להיעזר במפה על מנת לראותו אלא בדיעה כללית של כיוונו.

בכל מקרה, גם אם בהירותו של השביט תהיה נמוכה מכפי שחזו, וגם אם בהירותו תהיה בהתאם לבהירותו שחערך ערן אופק, עדיין שביט האל-בופ הינו אחד השביטים הבהירים במאה הנוכחית וזאת אין לשכוח!

התצפית על שביט האל-בופ

שביט האל-בופ יראה היטב בשלהי חודש פברואר ומעל האופק המזרחי. בתחילת חודש פברואר הוא חולף מעל גבולה הצפון-מערבי של קבוצת נשר ומשם הוא נע לכיוון צפון, אל גבולה המזרחי של קבוצת ברבור, משם אל קבוצת פגסוס בתחילת מרץ תוך שהוא תוצה את אנדרומדה לקראת סוף מרץ ותחילת אפריל. לצופה המביט בדיוק על האופק המזרחי לפני הזריחה, השביט יראה היטב כשעה לפני הזריחה. כל התקופה, השביט נע צפונה, תוך שהוא מגיע לאלונגציה מרבית ב- 25 לחודש פברואר, עת הוא יהיה מצוי כ- 35° צפונית מערבית מהשמש, הווה אומר, יהיה ניתן לראותו היטב כשעתיים ומחצה לפני הזריחה, תוך שהוא מדשדש

שביט האל-בופ בטוסק הצפון מערבי החל מ- 15 למרץ ועד ה- 3 ליולי. מיקום השביט מסומן כל 5 ימים, מן השעה 7 בערב (שעון חורף). גדלו של זנב השביט וכיוונו משוערים. מיקום וטובה קבוצות הכוכביו נכון ל- 3 ביוני כך שאין להסתמך על מיקום השביט יחסית לכוכבים אלו אלא רק בשוף התקופה. המספרים על הציר האופקי מבטאים אזימוט (מהצפון לכיוון מזרח) ואילו השטנות האנכיות במרכז מבטאות הגבהה מעל האופק במעלות בהפרש של 5° .



מגילת הרקיע

ינואר 1997 - מאי 1997

הנחיות לגיון בטבלאות המגיד (מימין לשמאל)

- יומן השמים - תאריך בחודש העברי, שעה (שעון חורף), תאריך לעזי, תופעה.
- כוכב לכת - זריחה שקיעה - טבלה ימנית: יום בשבוע, תאריך עברי, תאריך לעזי. זריחה, צהירה, שקיעה, ראה שמש - זריחה שקיעה לעיל. טבלה שמאלית: תאריך עברי, תאריך לעזי, עליה ישרה (קו אורך שמימי), נטיה (קו רוחב שמימי), מרחק מהארץ ביחידות אסטרונומיות, קוטר בשניות קשת, מרחק זוויתי (אלונגציה) 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 (פאזה) באחוזים משטח פני כוכב הלכת, דרגת בהירות של כוכב הלכת (ככל שהמספר גדול יותר, עוצמת האור קטנה יותר).
- שמש, זריחה, שקיעה - יום בשבוע, תאריך עברי, תאריך לעזי. זריחה ושקיעה - שעה (שעון חורף), אזימוט - מצפון מזרחה. צהירה - שעה (שעון חורף, גובה במעלות מעל האופק.
- ירח - זריחה שקיעה - טבלה ימנית: יום בשבוע, תאריך עברי, תאריך לעזי. זריחה, צהירה, שקיעה, ראה שמש - זריחה שקיעה לעיל. טבלה שמאלית: תאריך עברי, תאריך לעזי, עליה ישרה (קו אורך שמימי), נטיה (קו רוחב שמימי), מרחק מהארץ ביחידות אסטרונומיות, קוטר בדקות קשת (דקות, שניות קשת), מרחק זוויתי מהשמש, חלק מואר (פאזה) באחוזים משטח פני הירח, גיל הירח בימים מהמולד.
- דימדומים - יום בשבוע, תאריך עברי, תאריך לעזי. דימדומי בוקר וערב - דימדומים אסטרונומיים - השמש 18 מעלות מתחת האופק. דימדומים ימיים - השמש 12 מעלות מתחת לאופק. דימדומים אורחיים - השמש 6 מעלות מתחת לאופק.

תוכן הענינים:

	85	יומן השמיים
86		נסיית מישור הסבעות של שבתאי
	87	כוכבי לכת, זריחה, שקיעה, מיקום, נתונים פיזיקליים
91		השמש, זריחה, שקיעה, מיקום, משוואת זמן
	95	הירח, זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, מופע
99		דימדומים - אסטרונומיים, ימיים, אורחיים

יומן השמיים

אדר א

ג	19 10	שבתאי 1° 8' דרומית לירח
ה	16 12	כוכב-חמה 1° דרומית לצדק
ו	02 13	כוכב-חמה 0° 9' דרומית לאורטוס
ז	10 14	10:58 * סוף הרבע הראשון של הירח
ח	15 14	15 14 הירח 9° דרומית לאלקיון
ט	13 15	13 15 הירח 0° 6' צפונית לאלדברן
י	10 16	10 16 צדק 0° 2' צפונית לאורטוס
יא	19 21	19 21 הירח באפוגאה
יב	06 22	06 22 הירח 3° דרומית לרגולוס
יג	12 22	12 22 * ירח מלא
יד	03 25	03 25 מאדים 3° צפונית לירח
טו	14 26	14 26 הירח 4° צפונית לספיקה

מרץ

ג	02 2	כוכב-חמה 0° 9' דרומית לנונה
ד	03 2	03 2 פלוטו 8° צפונית לירח
ה	05 2	05 2 הירח 10° צפונית לאנטרס
ו	11 2	11 2 * תחילת הרבע האחרון של הירח
ז	22 5	22 5 נפטון 4° דרומית לירח
ח	11 6	11 6 אורטוס 5° דרומית לירח
ט	16 6	16 6 צדק 5° דרומית לירח
י	11 8	11 8 הירח בפריגאה
יא	19 8	19 8 נוגה 3° דרומית לירח
יב	01 9	01 9 כוכב-חמה 3° דרומית לירח
יג	03 9	03 9 * מולד הירח
יד	03 9	03 9 * ליקוי-חמה מרכזי מלא (לא ראה מהארץ)

אדר ב

א	11 10	11 10 שבתאי 1° 4' דרומית לירח
ב	23 10	23 10 כוכב-חמה בהתקבצות עליונה
ג	23 13	23 13 הירח 9° דרומית לאלקיון
ד	21 14	21 14 הירח 0° 5' צפונית לאלדברן
ה	02:06 *	02:06 * סוף הרבע הראשון של הירח
ו	13 18	13 18 מאדים בניגוד
ז	15 20	15 20 * שוויון מרץ
ח	02 21	02 21 הירח באפוגאה
ט	05 21	05 21 כוכב-חמה 2° צפונית לשבתאי
י	13 21	13 21 הירח 3° דרומית לרגולוס
יא	16 23	16 23 מאדים 4° צפונית לירח
יב	04 24	04 24 * ליקוי-ירח: תחילת ליקוי חצי-צל
יג	04 24	04 24 * תחילת הליקוי החלקי
יד	06 24	06 24 * שיא הליקוי בגודל 92%
טו	06 24	06 24 * ירח מלא (ולא לקה)
טז	08 24	08 24 * סיום הליקוי החלקי
יז	09 24	09 24 * סיום ליקוי חצי-צל
יח	19 25	19 25 הירח 4° צפונית לספיקה

התשנ"ז

טבת

1997

ינואר

א	06 1	06 1 מאדים 3° צפונית לירח
ב	01 2	01 2 כוכב-חמה בהתקבצות תחתונה
ג	02 2	02 2 כדור-הארץ בפריהליון
ד	03 2	03 2 * תחילת הרבע האחרון של הירח
ה	00 3	00 3 הירח 4° צפונית לספיקה
ו	08 6	08 6 פלוטו 8° צפונית לירח
ז	12 6	12 6 הירח 9° צפונית לאנטרס
ח	19 7	19 7 נוגה 5° דרומית לירח
ט	08 8	08 8 כוכב-חמה 1.7° דרומית לירח
י	19 8	19 8 צדק 0.8° דרומית לנפטון

שבט התשנ"ז

א	06 9	06 9 * מולד הירח
ב	21 9	21 9 נפטון 4° דרומית לירח
ג	21 9	21 9 צדק 5° דרומית לירח
ד	08 10	08 10 אורטוס 5° דרומית לירח
ה	11 10	11 10 הירח בפריגאה
ו	15 12	15 12 כוכב-חמה 3° צפונית לנונה
ז	23 12	23 12 כוכב-חמה עומד
ח	07 14	07 14 שבתאי 2° דרומית לירח
ט	22 15	22 15 * סוף הרבע הראשון של הירח
י	13 17	13 17 נפטון בהתקבצות
יא	09 18	09 18 הירח 9° דרומית לאלקיון
יב	08 19	08 19 הירח 0.7° צפונית לאלדברן
יג	17 19	17 19 צדק בהתקבצות
יד	17 23	17 23 * ירח מלא
טו	07 24	07 24 כוכב-חמה במרחק זוויתי מירבי מערבי 25°
טז	19 24	19 24 אורטוס בהתקבצות
יז	18 25	18 25 הירח באפוגאה
יח	00 26	00 26 הירח 3° דרומית לרגולוס
יט	01 29	01 29 מאדים 3° צפונית לירח
כ	08 30	08 30 הירח 4° צפונית לספיקה
כא	21 31	21 31 * תחילת הרבע האחרון של הירח

פברואר

א	13 1	13 1 נוגה 1° דרומית לנפטון
ב	19 2	19 2 פלוטו 8° צפונית לירח
ג	22 2	22 2 הירח 9° צפונית לאנטרס
ד	02 6	02 6 נוגה 20° דרומית לצדק
ה	06 6	06 6 כוכב-חמה 5° דרומית לירח
ו	10 6	10 6 נפטון 4° דרומית לירח
ז	19 6	19 6 צדק 5° דרומית לירח
ח	20 6	20 6 מאדים עומד
ט	20 6	20 6 נוגה 5° דרומית לירח
י	22 6	22 6 אורטוס 5° דרומית לירח
יא	14 7	14 7 נוגה 12° דרומית לאורטוס
יב	17 7	17 7 * מולד הירח
יג	22 7	22 7 כוכב-חמה 59' דרומית לנפטון
יד	23 7	23 7 הירח בפריגאה

יומן השמיים

כב 08 29 מאדים עומד
 כב 13 29 נפטון 4° דרומית לירח
 כב 04 30 * 04:37 תחילת הרבע האחרון של הירח
 כב 05 30 אורטוס 5° דרומית לירח
 כב 23 30 צדק 4° דרומית לירח

מאי

כה 01 2 נפטון עומד
 כו 13 3 הירח בפריגאה
 כז 18 4 שבתאי 8° דרומית לירח
 ח 18 5 כוכב-חמה 2° צפונית לירח
 כט 22 6 * 22:46 מולד הירח
 ל 14 7 נוגה 4° צפונית לירח
 ל 19 7 הירח 9° דרומית לאלקיון
 ל 20 7 כוכב-חמה עומד

אייר

א 16 8 הירח 6° צפונית לאלדברן
 ב 00 10 נוגה 14° דרומית לאלקיון
 ו 11 13 אורטוס עומד
 ז 12 14 * 12:55 סוף הרבע הראשון של הירח
 ח 03 15 הירח 3° דרומית לרגולוס
 ח 12 15 הירח באפוגאה
 ט 18 16 מאדים 2° צפונית לירח
 יב 10 19 הירח 5° צפונית לספיקה
 יב 10 19 נוגה 6° צפונית לאלדברן
 טו 11 22 * 11:13 ירח מלא
 טו 19 22 פלוטו 8° צפונית לירח
 טז 00 23 הירח 9° צפונית לאנטרס
 טז 01 23 כוכב-חמה במרחק זוויתי מירבי מערבי 25°
 יט 18 26 נפטון 4° דרומית לירח
 כ 10 27 אורטוס 4° דרומית לירח
 כ 20 27 פלוטו בניגוד
 כא 08 28 צדק 4° דרומית לירח
 כב 09 29 הירח בפריגאה
 כב 09 29 * 09:51 תחילת הרבע האחרון של הירח

כ 08 29 פלוטו 8° צפונית לירח
 כ 11 29 הירח 10° צפונית לאנטרס
 כב 11 31 נוגה בהתקבצות עליונה
 כב 21 31 * 21:38 תחילת הרבע האחרון של הירח
 כב 23 31 נוגה 1° צפונית לשבתאי

אפריל

כג 02 1 שבתאי בהתקבצות
 כד 07 2 נפטון 4° דרומית לירח
 כד 22 2 אורטוס 5° דרומית לירח
 כה 10 3 צדק 4° דרומית לירח
 כו 19 5 הירח בפריגאה
 כז 03 6 כוכב-חמה במרחק זוויתי מירבי מזרחי 19°
 כט 03 7 שבתאי 1° דרומית לירח
 כט 13 7 * 13:02 מולד הירח
 כט 15 7 נוגה 7° צפונית לירח

י"סן

א 18 8 כוכב-חמה 6° צפונית לירח
 ג 09 10 הירח 9° דרומית לאלקיון
 ד 06 11 הירח 5° צפונית לאלדברן
 ז 18 14 * 19:00 סוף הרבע הראשון של הירח
 ח 07 15 כוכב-חמה עומד
 י 18 17 הירח באפוגאה
 י 20 17 הירח 3° דרומית לרגולוס
 יב 08 19 מאדים 4° צפונית לירח
 יד 20 21 כוכב-חמה 3° צפונית לנוגה
 טו 02 22 הירח 4° צפונית לספיקה
 טו 22 22 * 22:34 ירח מלא
 יח 06 25 כוכב-חמה בהתקבצות תחתונה
 יח 13 25 פלוטו 8° צפונית לירח
 יח 17 25 הירח 10° צפונית לאנטרס

נסית מישור סכנות שבתאי °	תאריך	
	לועזי	עברי
- 9.6	8/ 5	א
- 9.9	15/ 5	ח
- 10.2	22/ 5	טו
- 10.5	29/ 5	כב
- 10.8	5/ 6	כט

נסית מישור סכנות שבתאי °	תאריך	
	לועזי	עברי
- 8.1	8/ 4	א
- 8.5	15/ 4	ח
- 8.8	22/ 4	טו
- 9.2	29/ 4	כב
- 9.5	6/ 5	כט

נסית מישור סכנות שבתאי °	תאריך	
	לועזי	עברי
- 6.5	10/ 3	א
- 6.9	17/ 3	ח
- 7.3	24/ 3	טו
- 7.7	31/ 3	כב
- 8.0	7/ 4	כט

נסית מישור סכנות שבתאי °	תאריך	
	לועזי	עברי
- 4.9	8/ 2	א
- 5.3	15/ 2	ח
- 5.6	22/ 2	טו
- 6.0	1/ 3	כב
- 6.4	8/ 3	כט

כל כוכבי אור, כרך 24 גליון 2

כוכבי לכת - זריחה, שקיעה, מיקום, נתונים פיזיקליים

ינואר - פברואר 1997, שבט התשנ"ז

דרגת כוכב הלכת	שם	תאריך		עליה ישרה	נסיה	מרחק מהארץ (י.א.)	קוטר	מרחק זריחתי	חלק מואר	דרגת בהירות
		עברי	לועזי							
כוכב-חסה	כוכב-חסה	א	9/ 1	18 17 31.6	- 20 05 42	0.7242	9.3	15.00	0.168	+1.4
		ח	16/ 1	18 15 28.6	- 20 51 15	0.8499	7.9	22.41	0.422	+0.2
		סו	23/ 1	18 36 51.5	- 21 46 48	0.9837	6.8	24.50	0.605	-0.1
		כב	30/ 1	19 10 23.3	- 22 11 04	1.1015	6.1	23.88	0.725	-0.1
		כס	6/ 2	19 50 04.6	- 21 44 02	1.1982	5.6	21.83	0.805	-0.2
נוגה	נוגה	א	9/ 1	17 53 18.1	- 22 59 09	1.5618	10.7	20.31	0.941	-3.9
		ח	16/ 1	18 31 25.9	- 23 06 03	1.5858	10.5	18.67	0.950	-3.9
		סו	23/ 1	19 09 27.8	- 22 38 16	1.6080	10.4	17.03	0.959	-3.9
		כב	30/ 1	19 47 04.9	- 21 36 39	1.6284	10.2	15.38	0.967	-3.9
		כס	6/ 2	20 24 01.5	- 20 03 10	1.6470	10.1	13.73	0.973	-3.9
מאדים	מאדים	א	9/ 1	12 10 40.8	+ 1 54 31	1.0845	8.6	107.05	0.913	+0.3
		ח	16/ 1	12 17 21.5	+ 1 21 16	1.0196	9.2	112.42	0.919	+0.2
		סו	23/ 1	12 22 29.5	+ 0 58 23	0.9569	9.8	118.20	0.927	+0.0
		כב	30/ 1	12 25 51.5	+ 0 47 05	0.8972	10.4	124.45	0.937	-0.2
		כס	6/ 2	12 27 12.0	+ 0 48 35	0.8415	11.1	131.22	0.948	-0.4
צדק	צדק	א	9/ 1	19 56 35.7	- 21 05 08	6.1057	32.2	8.27	1.000	-1.9
		ח	16/ 1	20 03 29.9	- 20 46 08	6.1143	32.2	2.80	1.000	-1.9
		סו	23/ 1	20 10 23.5	- 20 26 05	6.1125	32.2	- 2.72	1.000	-1.9
		כב	30/ 1	20 17 14.7	- 20 05 07	6.1002	32.3	- 8.18	1.000	-1.9
		כס	6/ 2	20 24 01.6	- 19 43 21	6.0776	32.4	- 13.64	0.999	-1.9
שבתאי	שבתאי	א	9/ 1	0 10 15.9	- 1 25 34	9.7086	17.0	73.04	0.998	+1.0
		ח	16/ 1	0 11 58.4	- 1 12 56	9.8175	16.9	66.39	0.998	+1.0
		סו	23/ 1	0 13 56.2	- 0 58 45	9.9210	16.7	59.81	0.998	+1.0
		כב	30/ 1	0 16 07.9	- 0 43 11	10.0179	16.5	53.31	0.998	+1.0
		כס	6/ 2	0 18 32.5	- 0 26 23	10.1070	16.4	46.88	0.999	+1.0
אורנוס	אורנוס	א	9/ 1	20 24 41.9	- 19 52 17	20.7467	3.4	14.97	1.000	+5.9
		סו	23/ 1	20 28 03.7	- 19 40 44	20.7840	3.4	1.62	1.000	+5.9
		כס	6/ 2	20 31 26.0	- 19 28 58	20.7660	3.4	- 11.90	1.000	+5.9
נפטון	נפטון	א	9/ 1	19 56 21.7	- 20 18 53	31.1283	2.2	8.37	1.000	+8.0
		סו	23/ 1	19 58 35.0	- 20 12 49	31.1351	2.2	- 5.38	1.000	+8.0
		כס	6/ 2	20 00 45.7	- 20 06 43	31.0853	2.2	- 19.06	1.000	+8.0
פלוטו	פלוטו	א	9/ 1	16 20 00.7	- 8 51 12	30.6308	0.1	45.48	1.000	+13.8
		סו	23/ 1	16 21 33.8	- 8 51 40	30.4501	0.1	- 58.83	1.000	+13.8
		כס	6/ 2	16 22 45.8	- 8 50 24	30.2396	0.1	- 72.35	1.000	+13.8

שם	תאריך	זריחה	צהירה	שקיעה	כוכב הלכת	
					עברי	לועזי
כוכב-חסה	כוכב-חסה	א	9/ 1	5:31	10:41	15:51
		ח	16/ 1	5:04	10:13	15:21
		סו	23/ 1	5:01	10:07	15:14
		כב	30/ 1	5:08	10:14	15:19
		כס	6/ 2	5:19	10:26	15:33
נוגה	נוגה	א	9/ 1	5:16	10:20	15:23
		ח	16/ 1	5:27	10:30	15:33
		סו	23/ 1	5:36	10:41	15:45
		כב	30/ 1	5:43	10:51	15:58
		כס	6/ 2	5:48	11:00	16:12
מאדים	מאדים	א	9/ 1	22:25	4:36	10:44
		ח	16/ 1	22:06	4:15	10:22
		סו	23/ 1	21:44	3:53	9:58
		כב	30/ 1	21:20	3:29	9:34
		כס	6/ 2	20:53	3:02	9:07
צדק	צדק	א	9/ 1	7:13	12:21	17:29
		ח	16/ 1	6:52	12:00	17:09
		סו	23/ 1	6:30	11:40	16:50
		כב	30/ 1	6:08	11:19	16:30
		כס	6/ 2	5:46	10:58	16:10
שבתאי	שבתאי	א	9/ 1	10:34	16:34	22:33
		ח	16/ 1	10:08	16:08	22:08
		סו	23/ 1	9:42	15:42	21:43
		כב	30/ 1	9:16	15:17	21:18
		כס	6/ 2	8:50	14:52	20:54
אורנוס	אורנוס	א	9/ 1	7:37	12:49	18:00
		סו	23/ 1	6:45	11:57	17:09
		כס	6/ 2	5:53	11:05	16:18
נפטון	נפטון	א	9/ 1	7:10	12:20	17:30
		סו	23/ 1	6:17	11:28	16:38
		כס	6/ 2	5:24	10:35	15:45
פלוטו	פלוטו	א	9/ 1	3:04	8:45	14:25
		סו	23/ 1	2:10	7:51	13:32
		כס	6/ 2	1:17	6:57	12:38

כוכבי לכת - זריחה, שקיעה, מיקום, נתונים פיזיקליים

פברואר - מרץ 1997, אדר א' התשנ"ז

דגת	חלק	מרחק זריחתי	קוטר	מרחק טהארץ (י.א.)	נטיה			תאריך		סט
					° ' "	° ' "	° ' "	עליו ישרה	עברי	
בהירות	סוג	°	"		° ' "	° ' "	° ' "	שן דק שש	לועזי	כוכב הלכת
-0.2	0.824	- 21.06	5.5	1.2220	- 21 25 32	20 02 05.7	8/ 2	א	א	כוכב-חמה
-0.3	0.879	- 17.88	5.2	1.2922	- 19 40 36	20 45 38.6	15/ 2	ח	ה	
-0.5	0.924	- 13.94	5.0	1.3424	- 16 51 26	21 30 45.9	22/ 2	ט	ו	
-0.9	0.963	- 9.23	4.9	1.3708	- 12 57 05	22 17 02.6	1/ 3	כ	ב	
-1.4	0.993	- 3.81	4.9	1.3720	- 7 58 30	23 04 31.7	8/ 3	כס	כס	
-3.9	0.975	- 13.26	10.1	1.6520	- 19 31 00	20 34 25.6	8/ 2	א	א	נוגה
-3.9	0.981	- 11.60	10.0	1.6681	- 17 21 05	21 10 14.1	15/ 2	ח	ה	
-3.9	0.986	- 9.93	9.9	1.6824	- 14 47 07	21 45 04.7	22/ 2	ט	ו	
-3.9	0.990	- 8.26	9.8	1.6947	- 11 53 14	22 19 00.2	1/ 3	כ	ב	
-3.9	0.994	- 6.58	9.8	1.7051	- 8 43 39	22 52 07.7	8/ 3	כס	כס	
-0.4	0.951	- 133.27	11.3	0.8264	+ 0 51 30	12 27 10.6	8/ 2	א	א	מאדים
-0.6	0.964	- 140.80	12.0	0.7775	+ 1 10 37	12 25 36.0	15/ 2	ח	ה	
-0.8	0.976	- 148.92	12.7	0.7356	+ 1 43 12	12 21 39.2	22/ 2	ט	ו	
-1.0	0.987	- 157.58	13.3	0.7017	+ 2 27 57	12 15 24.2	1/ 3	כ	ב	
-1.1	0.995	- 166.62	13.8	0.6771	+ 3 22 01	12 07 07.8	8/ 3	כס	כס	
-1.9	0.999	- 15.20	32.4	6.0693	- 19 37 00	20 25 56.8	8/ 2	א	א	צדק
-1.9	0.999	- 20.68	32.6	6.0337	- 19 14 28	20 32 35.2	15/ 2	ח	ה	
-1.9	0.998	- 26.15	32.9	5.9883	- 18 51 32	20 39 04.9	22/ 2	ט	ו	
-2.0	0.997	- 31.64	33.2	5.9336	- 18 28 23	20 45 24.2	1/ 3	כ	ב	
-2.0	0.997	- 37.15	33.5	5.8700	- 18 05 14	20 51 31.3	8/ 3	כס	כס	
+1.0	0.999	+ 45.06	16.3	10.1308	- 0 21 23	0 19 15.9	8/ 2	א	א	שבתאי
+1.0	0.999	+ 38.71	16.2	10.2081	- 0 03 16	0 21 54.6	15/ 2	ח	ה	
+0.9	0.999	+ 32.44	16.1	10.2757	+ 0 15 41	0 24 42.8	22/ 2	ט	ו	
+0.9	0.999	+ 26.22	16.0	10.3324	+ 0 35 18	0 27 38.7	1/ 3	כ	ב	
+0.9	1.000	+ 20.07	15.9	10.3779	+ 0 55 25	0 30 41.2	8/ 3	כס	כס	
+5.9	1.000	- 13.81	3.4	20.7589	- 19 27 18	20 31 54.4	8/ 2	א	א	אורנוס
+5.9	1.000	- 27.16	3.4	20.6791	- 19 15 56	20 35 07.2	22/ 2	ט	ו	
+5.9	1.000	- 40.50	3.4	20.5504	- 19 05 28	20 38 03.2	8/ 3	כס	כס	
+8.0	1.000	- 21.02	2.2	31.0737	- 20 05 52	20 01 03.8	8/ 2	א	א	נפטון
+8.0	1.000	- 34.68	2.2	30.9627	- 20 00 05	20 03 04.4	22/ 2	ט	ו	
+8.0	1.000	- 48.30	2.2	30.8053	- 19 54 54	20 04 50.3	8/ 3	כס	כס	
+13.8	1.000	- 74.29	0.1	30.2078	- 8 50 05	16 22 54.1	8/ 2	א	א	פלוטו
+13.8	1.000	- 87.92	0.1	29.9784	- 8 47 03	16 23 37.9	22/ 2	ט	ו	J 2000.0
+13.8	1.000	- 101.56	0.1	29.7471	- 8 42 46	16 23 55.3	8/ 3	כס	כס	

שקיעה	צהריה	זריחה	תאריך		סט
			עברי	לועזי	
דק:שע	דק:שע	דק:שע	דק:שע	דק:שע	כוכב הלכת
15:39	10:30	5:22	8/ 2	א	כוכב-חמה
16:00	10:46	5:33	15/ 2	ח	
16:26	11:04	5:43	22/ 2	ט	
16:55	11:23	5:51	1/ 3	כ	
17:29	11:43	5:58	8/ 3	כס	
16:16	11:02	5:49	8/ 2	א	נוגה
16:30	11:11	5:51	15/ 2	ח	
16:45	11:18	5:51	22/ 2	ט	
16:59	11:24	5:50	1/ 3	כ	
17:12	11:29	5:47	8/ 3	כס	
9:00	2:54	20:45	8/ 2	א	מאדים
8:31	2:25	20:15	15/ 2	ח	
8:01	1:54	19:42	22/ 2	ט	
7:29	1:20	19:06	1/ 3	כ	
6:56	0:44	18:28	8/ 3	כס	
16:05	10:52	5:40	8/ 2	א	צדק
15:45	10:31	5:18	15/ 2	ח	
15:25	10:10	4:56	22/ 2	ט	
15:05	9:49	4:34	1/ 3	כ	
14:44	9:28	4:11	8/ 3	כס	
20:47	14:45	8:43	8/ 2	א	שבתאי
20:23	14:20	8:17	15/ 2	ח	
19:59	13:55	7:51	22/ 2	ט	
19:35	13:31	7:26	1/ 3	כ	
19:12	13:06	7:01	8/ 3	כס	
16:10	10:58	5:46	8/ 2	א	אורנוס
15:19	10:06	4:53	22/ 2	ט	
14:27	9:14	4:00	8/ 3	כס	
15:38	10:27	5:17	8/ 2	א	נפטון
14:45	9:34	4:23	22/ 2	ט	
13:52	8:41	3:30	8/ 3	כס	
12:30	6:50	1:09	8/ 2	א	פלוטו
11:36	5:55	0:14	22/ 2	ט	
10:42	5:00	23:15	8/ 3	כס	

כוכבי לכת - זריחה, שקיעה, מיקום, נתונים פיזיקליים

מרץ - אפריל 1997, אדר ב' התשנ"ז

דרגת כוכב הלכת	שם	תאריך		עליה ישרה	נסיה	מרחק (א.א.)	קוטר	מרחק זרחי	חלק	דרגת כהירות
		לועזי	עברי							
כוכב-חמה	א	10/3	א	23 18 20.7	- 6 22 01	1.3659	4.9	- 2.31	0.997	-1.6
	ח	17/3	ח	0 07 29.6	- 0 12 01	1.3145	5.1	+ 5.28	0.981	-1.7
	סו	24/3	סו	0 56 29.2	+ 6 21 21	1.2051	5.6	+ 12.07	0.871	-1.3
	כב	31/3	כב	1 40 23.9	+ 12 13 32	1.0403	6.5	+ 17.46	0.640	-0.7
	כס	7/4	כס	2 11 41.7	+ 16 11 50	0.8572	7.8	+ 19.17	0.371	+0.2
נובה	א	10/3	א	23 01 28.0	- 7 47 13	1.7077	9.8	- 6.10	0.995	-3.9
	ח	17/3	ח	23 33 48.3	- 4 23 49	1.7153	9.7	- 4.43	0.997	-3.9
	סו	24/3	סו	0 05 46.0	- 0 54 30	1.7209	9.7	- 2.81	0.999	-3.9
	כב	31/3	כב	0 37 35.5	+ 2 36 35	1.7242	9.7	- 1.48	1.000	-3.9
	כס	7/4	כס	1 09 31.6	+ 6 05 22	1.7252	9.7	+ 1.64	1.000	-3.9
מאדים	א	10/3	א	12 04 28.2	+ 3 38 34	0.6720	13.9	- 169.21	0.997	-1.2
	ח	17/3	ח	11 54 30.5	+ 4 37 31	0.6609	14.2	- 176.27	1.000	-1.3
	סו	24/3	סו	11 44 14.1	+ 5 33 32	0.6606	14.2	+ 170.13	0.997	-1.2
	כב	31/3	כב	11 34 33.5	+ 6 21 10	0.6706	14.0	+ 161.05	0.990	-1.1
	כס	7/4	כס	11 26 16.9	+ 6 56 21	0.6904	13.6	+ 152.15	0.979	-1.0
צדק	א	10/3	א	20 53 13.7	- 17 58 39	5.8502	33.7	- 38.73	0.996	-2.0
	ח	17/3	ח	20 59 02.2	- 17 35 49	5.7759	34.1	- 44.28	0.995	-2.0
	סו	24/3	סו	21 04 34.2	- 17 13 31	5.6940	34.6	- 49.86	0.994	-2.0
	כב	31/3	כב	21 09 47.9	- 16 51 59	5.6054	35.1	- 55.49	0.993	-2.1
	כס	7/4	כס	21 14 41.6	- 16 31 27	5.5106	35.7	- 61.17	0.993	-2.1
שבתאי	א	10/3	א	0 31 34.4	+ 1 01 14	10.3887	15.9	+ 18.32	1.000	+0.9
	ח	17/3	ח	0 34 43.1	+ 1 21 45	10.4190	15.9	+ 12.26	1.000	+0.8
	סו	24/3	סו	0 37 54.9	+ 1 42 23	10.4372	15.9	+ 6.37	1.000	+0.8
	כב	31/3	כב	0 41 08.5	+ 2 02 58	10.4432	15.8	- 2.19	1.000	+0.8
	כס	7/4	כס	0 44 22.6	+ 2 23 22	10.4370	15.9	- 6.46	1.000	+0.8
אורנוס	א	10/3	א	20 38 26.5	- 19 04 04	20.5284	3.4	- 42.40	1.000	+5.9
	סו	24/3	סו	20 40 54.6	- 18 55 13	20.3523	3.4	- 55.74	1.000	+5.8
	כס	7/4	כס	20 42 52.1	- 18 48 15	20.1453	3.5	- 69.08	0.999	+5.8
נפטון	א	10/3	א	20 05 04.0	- 19 54 13	30.7795	2.2	- 50.25	1.000	+8.0
	סו	24/3	סו	20 06 27.5	- 19 50 03	30.5798	2.2	- 63.85	1.000	+8.0
	כס	7/4	כס	20 07 27.6	- 19 46 59	30.3552	2.2	- 77.43	1.000	+7.9
פלוטו J 2000.0	א	10/3	א	16 23 55.6	- 8 42 05	29.7146	0.1	- 103.51	1.000	+13.7
	סו	24/3	סו	16 23 42.7	- 8 36 51	29.4978	0.1	- 117.11	1.000	+13.7
	כס	7/4	כס	16 23 05.1	- 8 31 14	29.3075	0.1	- 130.58	1.000	+13.7

שם	דרגת כוכב הלכת	עברי	לועזי	זריחה	צהורה	שקיעה
כוכב-חמה	א	10/3	א	6:00	11:49	17:39
	ח	17/3	ח	6:06	12:10	18:16
	סו	24/3	סו	6:11	12:32	18:54
	כב	31/3	כב	6:12	12:47	19:24
	כס	7/4	כס	6:04	12:50	19:37
נובה	א	10/3	א	5:46	11:31	17:16
	ח	17/3	ח	5:42	11:36	17:30
	סו	24/3	סו	5:38	11:40	17:43
	כב	31/3	כב	5:33	11:44	17:56
	כס	7/4	כס	5:29	11:49	18:09
מאדים	א	10/3	א	18:17	0:34	6:46
	ח	17/3	ח	17:37	23:51	6:11
	סו	24/3	סו	16:57	23:13	5:35
	כב	31/3	כב	16:18	22:36	5:00
	כס	7/4	כס	15:41	22:01	4:26
צדק	א	10/3	א	4:05	9:21	14:38
	ח	17/3	ח	3:42	9:00	14:18
	סו	24/3	סו	3:19	8:38	13:57
	כב	31/3	כב	2:56	8:15	13:35
	כס	7/4	כס	2:32	7:53	13:13
שבתאי	א	10/3	א	6:54	12:59	19:05
	ח	17/3	ח	6:28	12:35	18:41
	סו	24/3	סו	6:03	12:10	18:18
	כב	31/3	כב	5:38	11:46	17:54
	כס	7/4	כס	5:13	11:22	17:31
אורנוס	א	10/3	א	3:53	9:06	14:20
	סו	24/3	סו	3:00	8:14	13:28
	כס	7/4	כס	2:07	7:21	12:35
נפטון	א	10/3	א	3:22	8:33	13:44
	סו	24/3	סו	2:28	7:40	12:51
	כס	7/4	כס	1:34	6:45	11:57
פלוטו	א	10/3	א	23:08	4:53	10:34
	סו	24/3	סו	22:12	3:57	9:39
	כס	7/4	כס	21:16	3:02	8:43

כוכבי לכת - זריחה, שקיעה, מיקום, נתונים פיזיקליים

אפריל - מאי 1997, ניסן התשנ"ז

דרגת כוכב הלכת	שם	תאריך		עליה יסרה	נסיה	מרחק מארץ (י.א.)	קוטר	מרחק זרחתי °	חלק מואר בהירות	דרגת כוכב הלכת
		עברי	לועזי							
כוכב-חמה	א	8/4	א	2 14 45.2	+ 16 33 47	0.8324	8.1	+ 19.02	0.335	+0.4
		15/4	ח	2 24 59.9	+ 17 34 18	0.6826	9.8	+ 14.89	0.128	+2.0
		22/4	סו	2 17 34.0	+ 15 56 18	0.5901	11.4	+ 5.90	0.015	+4.5
		29/4	כב	2 02 26.0	+ 12 40 59	0.5640	11.9	- 5.83	0.013	+4.6
		6/5	כס	1 53 08.0	+ 9 50 17	0.5966	11.3	- 15.83	0.097	+2.5
נוגה	א	8/4	א	1 14 06.7	+ 6 34 45	1.7251	9.7	+ 1.82	1.000	-3.9
		15/4	ח	1 46 26.9	+ 9 55 46	1.7233	9.7	+ 3.34	0.998	-3.9
		22/4	סו	2 19 21.2	+ 13 05 28	1.7189	9.7	+ 5.07	0.996	-3.9
		29/4	כב	2 53 00.2	+ 15 59 38	1.7119	9.7	+ 6.86	0.993	-3.9
		6/5	כס	3 27 31.6	+ 18 34 01	1.7023	9.8	+ 8.68	0.989	-3.9
מאדים	א	8/4	א	11 25 15.2	+ 7 00 11	0.6939	13.5	+ 150.92	0.978	-1.0
		15/4	ח	11 19 18.6	+ 7 18 15	0.7231	12.9	+ 142.64	0.964	-0.8
		22/4	סו	11 15 43.1	+ 7 20 53	0.7591	12.3	+ 134.99	0.950	-0.6
		29/4	כב	11 14 29.4	+ 7 08 57	0.8003	11.7	+ 128.00	0.936	-0.5
		6/5	כס	11 15 30.2	+ 6 43 47	0.8457	11.1	+ 121.61	0.924	-0.3
צדק	א	8/4	א	21 15 21.7	- 16 28 37	5.4966	35.8	- 61.98	0.992	-2.1
		15/4	ח	21 19 49.7	- 16 09 35	5.3959	36.5	- 67.73	0.992	-2.1
		22/4	סו	21 23 53.2	- 15 52 08	5.2912	37.2	- 73.55	0.991	-2.2
		29/4	כב	21 27 30.5	- 15 36 31	5.1834	38.0	- 79.46	0.990	-2.2
		6/5	כס	21 30 39.4	- 15 23 01	5.0735	38.8	- 85.46	0.990	-2.3
שבתאי	א	8/4	א	0 44 50.2	+ 2 26 16	10.4351	15.9	- 7.28	1.000	+0.8
		15/4	ח	0 48 03.0	+ 2 46 16	10.4150	15.9	- 13.12	1.000	+0.8
		22/4	סו	0 51 13.2	+ 3 05 45	10.3832	15.9	- 19.05	1.000	+0.8
		29/4	כב	0 54 19.4	+ 3 24 36	10.3399	16.0	- 24.99	0.999	+0.8
		6/5	כס	0 57 20.5	+ 3 42 39	10.2856	16.1	- 30.95	0.999	+0.8
אורנוס	א	8/4	א	20 42 59.2	- 18 47 50	20.1296	3.5	- 70.04	0.999	+5.8
		22/4	סו	20 44 18.5	- 18 43 16	19.9019	3.5	- 83.42	0.999	+5.8
		6/5	כס	20 44 59.3	- 18 41 10	19.6679	3.6	- 96.86	0.999	+5.8
נפטון	א	8/4	א	20 07 31.0	- 19 46 48	30.3385	2.2	- 78.40	1.000	+7.9
		22/4	סו	20 08 03.4	- 19 45 07	30.1013	2.2	- 91.98	1.000	+7.9
		6/5	כס	20 08 09.1	- 19 44 46	29.8661	2.2	- 105.56	1.000	+7.9
פלוטו	א	8/4	א	16 23 01.5	- 8 30 49	29.2952	0.1	- 131.53	1.000	+13.7
		22/4	סו	16 22 01.3	- 8 25 18	29.1459	0.1	- 144.67	1.000	+13.7
		6/5	כס	16 20 45.0	- 8 20 20	29.0437	0.1	- 156.95	1.000	+13.7

שם	תאריך	זריחה	צוהירה	שקיעה	שם	תאריך	זריחה	צוהירה	שקיעה
כוכב-חמה	א	8/4	א	6:02	12:49	19:36	6:02	12:49	19:36
		15/4	ח	5:42	12:31	19:19	5:42	12:31	19:19
		22/4	סו	5:11	11:55	18:38	5:11	11:55	18:38
		29/4	כב	4:38	11:12	17:46	4:38	11:12	17:46
		6/5	כס	4:08	10:36	17:03	4:08	10:36	17:03
נוגה	א	8/4	א	5:28	11:49	18:11	5:28	11:49	18:11
		15/4	ח	5:24	11:54	18:24	5:24	11:54	18:24
		22/4	סו	5:21	11:59	18:38	5:21	11:59	18:38
		29/4	כב	5:20	12:05	18:52	5:20	12:05	18:52
		6/5	כס	5:19	12:12	19:06	5:19	12:12	19:06
מאדים	א	8/4	א	15:36	21:56	4:21	15:36	21:56	4:21
		15/4	ח	15:02	21:23	3:49	15:02	21:23	3:49
		22/4	סו	14:31	20:52	3:18	14:31	20:52	3:18
		29/4	כב	14:03	20:24	2:48	14:03	20:24	2:48
		6/5	כס	13:37	19:57	2:21	13:37	19:57	2:21
צדק	א	8/4	א	2:29	7:49	13:10	2:29	7:49	13:10
		15/4	ח	2:05	7:26	12:48	2:05	7:26	12:48
		22/4	סו	1:40	7:03	12:25	1:40	7:03	12:25
		29/4	כב	1:16	6:39	12:02	1:16	6:39	12:02
		6/5	כס	0:51	6:14	11:38	0:51	6:14	11:38
שבתאי	א	8/4	א	5:09	11:18	17:28	5:09	11:18	17:28
		15/4	ח	4:44	10:54	17:04	4:44	10:54	17:04
		22/4	סו	4:19	10:30	16:40	4:19	10:30	16:40
		29/4	כב	3:54	10:05	16:17	3:54	10:05	16:17
		6/5	כס	3:28	9:41	15:53	3:28	9:41	15:53
אורנוס	א	8/4	א	2:03	7:17	12:31	2:03	7:17	12:31
		22/4	סו	1:09	6:23	11:38	1:09	6:23	11:38
		6/5	כס	0:14	5:29	10:43	0:14	5:29	10:43
נפטון	א	8/4	א	1:30	6:42	11:53	1:30	6:42	11:53
		22/4	סו	0:36	5:47	10:59	0:36	5:47	10:59
		6/5	כס	23:37	4:52	10:04	23:37	4:52	10:04
פלוטו	א	8/4	א	21:12	2:58	8:39	21:12	2:58	8:39
		22/4	סו	20:16	2:02	7:43	20:16	2:02	7:43
		6/5	כס	19:19	1:05	6:47	19:19	1:05	6:47

שמש - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, משוואת זמן

ינואר - פברואר 1997, שבת התשנ"ז

מסוואת הזמן	קוטר	מרחק מהארץ (י.א.)	נטיה		עליה ישרה		תשריך
			° ' "	° ' "	שנ דק שני	לועזי	
- 6 59.3	32 31.7	0.98338	- 22 07 23.6	19 21 16.17	9/ 1	א	
- 7 24.1	32 31.6	0.98341	- 21 58 43.9	19 25 37.52	10/ 1	ב	
- 7 48.3	32 31.6	0.98345	- 21 49 38.3	19 29 58.30	11/ 1	ג	
- 8 11.9	32 31.5	0.98348	- 21 40 07.4	19 34 18.48	12/ 1	ד	
- 8 34.9	32 31.4	0.98353	- 21 30 11.2	19 38 38.03	13/ 1	ה	
- 8 57.3	32 31.3	0.98357	- 21 19 50.2	19 42 56.94	14/ 1	ו	
- 9 19.0	32 31.2	0.98363	- 21 09 04.6	19 47 15.18	15/ 1	ז	
- 9 40.0	32 31.1	0.98368	- 20 57 54.6	19 51 32.72	16/ 1	ח	
- 10 00.3	32 31.0	0.98374	- 20 46 20.7	19 55 49.57	17/ 1	ט	
- 10 19.8	32 30.8	0.98381	- 20 34 23.1	20 00 05.69	18/ 1	י	
- 10 38.7	32 30.7	0.98388	- 20 22 02.2	20 04 21.07	19/ 1	יא	
- 10 56.7	32 30.6	0.98396	- 20 09 18.3	20 08 35.71	20/ 1	יב	
- 11 14.1	32 30.4	0.98404	- 19 56 11.7	20 12 49.60	21/ 1	יג	
- 11 30.6	32 30.2	0.98413	- 19 42 42.8	20 17 02.71	22/ 1	יד	
- 11 46.4	32 30.0	0.98423	- 19 28 52.0	20 21 15.05	23/ 1	טו	
- 12 01.4	32 29.8	0.98433	- 19 14 39.5	20 25 26.61	24/ 1	טז	
- 12 15.6	32 29.6	0.98443	- 19 00 05.8	20 29 37.38	25/ 1	יז	
- 12 29.0	32 29.4	0.98455	- 18 45 11.2	20 33 47.35	26/ 1	יח	
- 12 41.7	32 29.1	0.98467	- 18 29 56.1	20 37 56.53	27/ 1	יט	
- 12 53.5	32 28.9	0.98479	- 18 14 20.9	20 42 04.92	28/ 1	כ	
- 13 04.5	32 28.6	0.98492	- 17 58 25.9	20 46 12.50	29/ 1	כא	
- 13 14.8	32 28.4	0.98506	- 17 42 11.5	20 50 19.29	30/ 1	כב	
- 13 24.2	32 28.1	0.98520	- 17 25 38.1	20 54 25.28	31/ 1	כג	
- 13 32.8	32 27.8	0.98534	- 17 08 46.1	20 58 30.47	1/ 2	כד	
- 13 40.7	32 27.5	0.98549	- 16 51 35.9	21 02 34.87	2/ 2	כה	
- 13 47.7	32 27.2	0.98565	- 16 34 08.0	21 06 38.48	3/ 2	כו	
- 13 54.0	32 26.9	0.98581	- 16 16 22.6	21 10 41.29	4/ 2	כז	
- 13 59.4	32 26.6	0.98597	- 15 58 20.4	21 14 43.30	5/ 2	כח	
- 14 04.1	32 26.3	0.98613	- 15 40 01.6	21 18 44.52	6/ 2	כט	
- 14 08.0	32 25.9	0.98630	- 15 21 26.8	21 22 44.94	7/ 2	ל	

ת א ר י ך	זריחה - כיוון		צהירה - גובה		שקיעה - כיוון	
	לועזי	דק:שני	°	דק:שני	°	דק:שני
ה	9/ 1	06:41	115.8	11:47	35.9	16:53
ו	10/ 1	06:41	115.6	11:48	36.1	16:54
ז	11/ 1	06:41	115.4	11:48	36.2	16:55
ח	12/ 1	06:41	115.2	11:48	36.4	16:56
ט	13/ 1	06:41	115.0	11:49	36.6	16:56
י	14/ 1	06:41	114.8	11:49	36.7	16:57
יא	15/ 1	06:41	114.6	11:49	36.9	16:58
יב	16/ 1	06:41	114.3	11:50	37.1	16:59
יג	17/ 1	06:40	114.1	11:50	37.3	17:00
יד	18/ 1	06:40	113.9	11:50	37.5	17:01
טו	19/ 1	06:40	113.6	11:51	37.7	17:02
טז	20/ 1	06:40	113.4	11:51	37.9	17:03
טז	21/ 1	06:39	113.1	11:51	38.2	17:04
יז	22/ 1	06:39	112.8	11:52	38.4	17:05
יח	23/ 1	06:39	112.5	11:52	38.6	17:06
יט	24/ 1	06:38	112.3	11:52	38.9	17:06
כ	25/ 1	06:38	112.0	11:52	39.1	17:07
כא	26/ 1	06:37	111.7	11:53	39.4	17:08
כב	27/ 1	06:37	111.4	11:53	39.6	17:09
כג	28/ 1	06:36	111.0	11:53	39.9	17:10
כד	29/ 1	06:36	110.7	11:53	40.1	17:11
כה	30/ 1	06:35	110.4	11:53	40.4	17:12
כו	31/ 1	06:34	110.1	11:53	40.7	17:13
כז	1/ 2	06:34	109.7	11:54	41.0	17:14
כח	2/ 2	06:33	109.4	11:54	41.3	17:15
כט	3/ 2	06:32	109.0	11:54	41.6	17:16
ל	4/ 2	06:32	108.7	11:54	41.9	17:17
א	5/ 2	06:31	108.3	11:54	42.2	17:18
ב	6/ 2	06:30	108.0	11:54	42.5	17:18
ג	7/ 2	06:29	107.6	11:54	42.8	17:19

שמש - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, משוואת זמן

פברואר - מרץ 1997, אדר א' התשנ"ז

מסוואת הזמן	קוטר	מרחק מהארץ [א.י.]	נטיה		עליה ישרה		תאריך	
			°	'	°	'	לועזי	עברי
- 14 11.0	32 25.6	0.98647	- 15	02 36.3	21 26 44.57	8/ 2	א	
- 14 13.3	32 25.3	0.98664	- 14	43 30.6	21 30 43.39	9/ 2	ב	
- 14 14.8	32 24.9	0.98681	- 14	24 10.1	21 34 41.42	10/ 2	ג	
- 14 15.5	32 24.6	0.98699	- 14	04 35.2	21 38 38.66	11/ 2	ד	
- 14 15.4	32 24.2	0.98717	- 13	44 46.4	21 42 35.12	12/ 2	ה	
- 14 14.5	32 23.8	0.98735	- 13	24 44.1	21 46 30.80	13/ 2	ו	
- 14 12.9	32 23.5	0.98754	- 13	04 28.7	21 50 25.72	14/ 2	ז	
- 14 10.5	32 23.1	0.98773	- 12	44 00.6	21 54 19.89	15/ 2	ח	
- 14 07.4	32 22.7	0.98792	- 12	23 20.3	21 58 13.30	16/ 2	ט	
- 14 03.5	32 22.3	0.98812	- 12	02 28.2	22 02 05.99	17/ 2	י	
- 13 58.9	32 21.9	0.98832	- 11	41 24.6	22 05 57.96	18/ 2	יא	
- 13 53.6	32 21.5	0.98853	- 11	20 10.0	22 09 49.23	19/ 2	יב	
- 13 47.6	32 21.1	0.98874	- 10	58 44.8	22 13 39.81	20/ 2	יג	
- 13 41.0	32 20.7	0.98895	- 10	37 09.0	22 17 29.72	21/ 2	יד	
- 13 33.7	32 20.3	0.98917	- 10	15 24.1	22 21 18.98	22/ 2	טו	
- 13 25.8	32 19.8	0.98940	- 9	53 29.4	22 25 07.61	23/ 2	טז	
- 13 17.2	32 19.4	0.98963	- 9	31 25.6	22 28 55.62	24/ 2	יז	
- 13 08.1	32 18.9	0.98986	- 9	09 13.3	22 32 43.04	25/ 2	יח	
- 12 58.4	32 18.5	0.99010	- 8	46 52.6	22 36 29.89	26/ 2	יט	
- 12 48.2	32 18.0	0.99034	- 8	24 24.1	22 40 16.18	27/ 2	כ	
- 12 37.4	32 17.5	0.99058	- 8	01 48.1	22 44 01.95	28/ 2	כא	
- 12 26.1	32 17.0	0.99083	- 7	39 05.0	22 47 47.20	1/ 3	כב	
- 12 14.3	32 16.5	0.99108	- 7	16 15.2	22 51 31.97	2/ 3	כג	
- 12 02.0	32 16.0	0.99133	- 6	53 19.1	22 55 16.26	3/ 3	כד	
- 11 49.3	32 15.5	0.99159	- 6	30 17.0	22 59 00.10	4/ 3	כה	
- 11 36.2	32 15.0	0.99185	- 6	07 09.4	23 02 43.50	5/ 3	כו	
- 11 22.6	32 14.5	0.99211	- 5	43 56.8	23 06 26.49	6/ 3	כז	
- 11 08.6	32 14.0	0.99237	- 5	20 39.4	23 10 09.06	7/ 3	כח	
- 10 54.2	32 13.5	0.99263	- 4	57 17.7	23 13 51.25	8/ 3	כט	
- 10 39.5	32 13.0	0.99289	- 4	33 52.1	23 17 33.06	9/ 3	ל	

תאריך		זריחה - כיוון		צהריה - גובה		שקיעה - כיוון	
°	'	°	'	°	'	°	'
253.0	17:20	43.1	11:54	107.2	06:29	8/ 2	א
253.3	17:21	43.4	11:54	106.8	06:28	9/ 2	ב
253.7	17:22	43.7	11:54	106.4	06:27	10/ 2	ג
254.1	17:23	44.1	11:54	106.1	06:26	11/ 2	ד
254.5	17:24	44.4	11:54	105.7	06:25	12/ 2	ה
254.9	17:25	44.7	11:54	105.3	06:24	13/ 2	ו
255.3	17:25	45.1	11:54	104.9	06:23	14/ 2	ז
255.7	17:26	45.4	11:54	104.5	06:22	15/ 2	ח
256.1	17:27	45.8	11:54	104.0	06:21	16/ 2	ט
256.6	17:28	46.1	11:54	103.6	06:20	17/ 2	י
257.0	17:29	46.5	11:54	103.2	06:19	18/ 2	יא
257.4	17:30	46.8	11:54	102.8	06:18	19/ 2	יב
257.8	17:31	47.2	11:54	102.4	06:17	20/ 2	יג
258.3	17:31	47.5	11:54	101.9	06:16	21/ 2	יד
258.7	17:32	47.9	11:54	101.5	06:15	22/ 2	טו
259.1	17:33	48.3	11:53	101.1	06:14	23/ 2	טז
259.6	17:34	48.6	11:53	100.6	06:13	24/ 2	יז
260.0	17:35	49.0	11:53	100.2	06:12	25/ 2	יח
260.4	17:35	49.4	11:53	99.8	06:11	26/ 2	יט
260.9	17:36	49.7	11:53	99.3	06:10	27/ 2	כ
261.3	17:37	50.1	11:53	98.9	06:09	28/ 2	כא
261.8	17:38	50.5	11:52	98.4	06:08	1/ 3	כב
262.2	17:38	50.9	11:52	98.0	06:06	2/ 3	כג
262.7	17:39	51.3	11:52	97.5	06:05	3/ 3	כד
263.1	17:40	51.7	11:52	97.1	06:04	4/ 3	כה
263.6	17:41	52.0	11:52	96.6	06:03	5/ 3	כו
264.1	17:41	52.4	11:51	96.2	06:02	6/ 3	כז
264.5	17:42	52.8	11:51	95.7	06:00	7/ 3	כח
265.0	17:43	53.2	11:51	95.2	05:59	8/ 3	כט
265.4	17:44	53.6	11:51	94.8	05:58	9/ 3	ל

שמש - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, משוואת זמן

מרץ - אפריל 1997, אדר ב' התשנ"ז

מסוואת הזמן	קוטר	מרחק מהארץ (י.א.)	נסיה		עליה ישרה		תאריך	
			° ' "	° ' "	שנ דק סע	שנ דק סע	לועזי	עברי
- 10 24.4	32 12.5	0.99316	- 4 10 23.0	23 21 14.50	10/ 3	א		
- 10 09.0	32 12.0	0.99342	- 3 46 50.8	23 24 55.61	11/ 3	ב		
- 9 53.2	32 11.5	0.99368	- 3 23 16.0	23 28 36.39	12/ 3	ג		
- 9 37.1	32 10.9	0.99395	- 2 59 38.8	23 32 16.86	13/ 3	ד		
- 9 20.7	32 10.4	0.99421	- 2 35 59.6	23 35 57.04	14/ 3	ה		
- 9 04.1	32 09.9	0.99448	- 2 12 18.9	23 39 36.95	15/ 3	ו		
- 8 47.2	32 09.4	0.99475	- 1 48 37.1	23 43 16.60	16/ 3	ז		
- 8 30.1	32 08.9	0.99502	- 1 24 54.5	23 46 56.02	17/ 3	ח		
- 8 12.7	32 08.0	0.99529	- 1 01 11.4	23 50 35.22	18/ 3	ט		
- 7 55.2	32 07.8	0.99556	- 0 37 28.3	23 54 14.23	19/ 3	י		
- 7 37.4	32 07.3	0.99584	- 0 13 45.5	23 57 53.06	20/ 3	יא		
- 7 19.6	32 06.8	0.99611	+ 0 09 56.6	0 01 31.75	21/ 3	יב		
- 7 01.6	32 06.2	0.99639	+ 0 33 37.7	0 05 10.31	22/ 3	יג		
- 6 43.5	32 05.7	0.99667	+ 0 57 17.5	0 08 48.77	23/ 3	יד		
- 6 25.3	32 05.1	0.99695	+ 1 20 55.6	0 12 27.15	24/ 3	טו		
- 6 07.1	32 04.6	0.99724	+ 1 44 31.6	0 16 05.48	25/ 3	טז		
- 5 48.9	32 04.0	0.99753	+ 2 08 05.3	0 19 43.77	26/ 3	יז		
- 5 30.6	32 03.5	0.99782	+ 2 31 36.2	0 23 22.06	27/ 3	יח		
- 5 12.4	32 02.9	0.99811	+ 2 55 04.1	0 27 00.36	28/ 3	יט		
- 4 54.2	32 02.3	0.99840	+ 3 18 28.6	0 30 38.71	29/ 3	כ		
- 4 36.0	32 01.8	0.99869	+ 3 41 49.4	0 34 17.12	30/ 3	כא		
- 4 17.9	32 01.2	0.99899	+ 4 05 06.1	0 37 55.62	31/ 3	כב		
- 4 00.0	32 00.6	0.99928	+ 4 28 18.5	0 41 34.22	1/ 4	כג		
- 3 42.2	32 00.1	0.99958	+ 4 51 26.0	0 45 12.95	2/ 4	כד		
- 3 24.5	31 59.5	0.99987	+ 5 14 28.5	0 48 51.82	3/ 4	כה		
- 3 07.0	31 58.9	1.00016	+ 5 37 25.4	0 52 30.84	4/ 4	כו		
- 2 49.6	31 58.4	1.00046	+ 6 00 16.6	0 56 10.04	5/ 4	כז		
- 2 32.4	31 57.8	1.00075	+ 6 23 01.5	0 59 49.43	6/ 4	כח		
- 2 15.5	31 57.3	1.00104	+ 6 45 39.9	1 03 29.02	7/ 4	כט		

תאריך		זריחה - כיוון		צהריה - גובה		שקיעה - כיוון	
לועזי	דק:סע	°	דק:סע	°	דק:סע	°	דק:סע
10/ 3	05:57	94.3	11:50	54.0	17:44	265.9	17:44
11/ 3	05:55	93.9	11:50	54.4	17:45	266.4	17:45
12/ 3	05:54	93.4	11:50	54.8	17:46	266.8	17:46
13/ 3	05:53	92.9	11:50	55.2	17:47	267.3	17:47
14/ 3	05:52	92.5	11:49	55.6	17:47	267.8	17:47
15/ 3	05:50	92.0	11:49	56.0	17:48	268.2	17:48
16/ 3	05:49	91.5	11:49	56.4	17:49	268.7	17:49
17/ 3	05:48	91.1	11:48	56.7	17:49	269.2	17:49
18/ 3	05:47	90.6	11:48	57.1	17:50	269.6	17:50
19/ 3	05:45	90.1	11:48	57.5	17:51	270.1	17:51
20/ 3	05:44	89.7	11:48	57.9	17:51	270.6	17:51
21/ 3	05:43	89.2	11:47	58.3	17:52	271.0	17:52
22/ 3	05:41	88.7	11:47	58.7	17:53	271.5	17:53
23/ 3	05:40	88.3	11:47	59.1	17:53	272.0	17:53
24/ 3	05:39	87.8	11:46	59.5	17:54	272.4	17:54
25/ 3	05:38	87.4	11:46	59.9	17:55	272.9	17:55
26/ 3	05:36	86.9	11:46	60.3	17:56	273.3	17:56
27/ 3	05:35	86.4	11:45	60.7	17:56	273.8	17:56
28/ 3	05:34	86.0	11:45	61.1	17:57	274.3	17:57
29/ 3	05:32	85.5	11:45	61.5	17:58	274.7	17:58
30/ 3	05:31	85.0	11:44	61.9	17:58	275.2	17:58
31/ 3	05:30	84.6	11:44	62.2	17:59	275.6	17:59
1/ 4	05:29	84.1	11:44	62.6	18:00	276.1	18:00
2/ 4	05:27	83.7	11:44	63.0	18:00	276.6	18:00
3/ 4	05:26	83.2	11:43	63.4	18:01	277.0	18:01
4/ 4	05:25	82.8	11:43	63.8	18:02	277.5	18:02
5/ 4	05:24	82.3	11:43	64.2	18:02	277.9	18:02
6/ 4	05:22	81.9	11:42	64.5	18:03	278.4	18:03
7/ 4	05:21	81.4	11:42	64.9	18:04	278.8	18:04

שמש - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, משוואת זמן

אפריל - מאי 1997, ניסן התשנ"ז

שעות הזמן	קוטר	מרחק מהארץ (י.א.)	נסיה		עליה ישרה		תאריך
			° ' "	' "	שנ דק שטע	לועזי	
- 1 58.7	31 56.7	1.00132	+ 7 08 11.3	1 07 08.83	8/ 4	א	
- 1 42.2	31 56.2	1.00161	+ 7 30 35.5	1 10 48.87	9/ 4	ב	
- 1 26.0	31 55.6	1.00189	+ 7 52 52.0	1 14 29.17	10/ 4	ג	
- 1 10.0	31 55.1	1.00217	+ 8 15 00.6	1 18 09.70	11/ 4	ד	
- 0 54.2	31 54.6	1.00245	+ 8 37 00.8	1 21 50.54	12/ 4	ה	
- 0 38.8	31 54.0	1.00273	+ 8 58 52.4	1 25 31.65	13/ 4	ו	
- 0 23.6	31 53.5	1.00301	+ 9 20 34.9	1 29 13.06	14/ 4	ז	
- 0 08.0	31 53.0	1.00328	+ 9 42 08.0	1 32 54.78	15/ 4	ח	
+ 0 05.7	31 52.5	1.00356	+ 10 03 31.4	1 36 36.84	16/ 4	ט	
+ 0 19.8	31 51.9	1.00383	+ 10 24 44.7	1 40 19.24	17/ 4	י	
+ 0 33.6	31 51.4	1.00410	+ 10 45 47.6	1 44 02.00	18/ 4	יא	
+ 0 47.0	31 50.9	1.00438	+ 11 06 39.9	1 47 45.14	19/ 4	יב	
+ 1 00.0	31 50.4	1.00465	+ 11 27 21.0	1 51 28.68	20/ 4	יג	
+ 1 12.6	31 49.9	1.00492	+ 11 47 50.8	1 55 12.63	21/ 4	יד	
+ 1 24.8	31 49.3	1.00519	+ 12 08 09.0	1 58 57.00	22/ 4	טו	
+ 1 36.5	31 48.8	1.00546	+ 12 28 15.1	2 02 41.82	23/ 4	טז	
+ 1 47.8	31 48.3	1.00573	+ 12 48 08.9	2 06 27.10	24/ 4	יז	
+ 1 58.6	31 47.8	1.00600	+ 13 07 50.1	2 10 12.86	25/ 4	יח	
+ 2 08.9	31 47.3	1.00627	+ 13 27 18.4	2 13 59.11	26/ 4	יט	
+ 2 18.7	31 46.8	1.00654	+ 13 46 33.5	2 17 45.86	27/ 4	כ	
+ 2 28.0	31 46.3	1.00681	+ 14 05 35.0	2 21 33.13	28/ 4	כא	
+ 2 36.8	31 45.8	1.00708	+ 14 24 22.7	2 25 20.93	29/ 4	כב	
+ 2 45.0	31 45.3	1.00734	+ 14 42 56.2	2 29 09.27	30/ 4	כג	
+ 2 52.7	31 44.8	1.00760	+ 15 01 15.2	2 32 58.15	1/ 5	כד	
+ 2 59.8	31 44.3	1.00786	+ 15 19 19.3	2 36 47.59	2/ 5	כה	
+ 3 06.3	31 43.8	1.00812	+ 15 37 08.4	2 40 37.59	3/ 5	כו	
+ 3 12.3	31 43.3	1.00837	+ 15 54 41.9	2 44 28.15	4/ 5	כז	
+ 3 17.7	31 42.9	1.00862	+ 16 11 59.7	2 48 19.28	5/ 5	כח	
+ 3 22.6	31 42.4	1.00887	+ 16 29 01.3	2 52 10.97	6/ 5	כט	
+ 3 26.9	31 41.9	1.00911	+ 16 45 46.6	2 56 03.24	7/ 5	ל	

ת א ר י ך		זריחה - כיוון		צהירה - גובה		שקיעה - כיוון	
°	דק:שטע	°	דק:שטע	°	דק:שטע	°	דק:שטע
279.2	18:04	65.3	11:42	81.0	05:20	8/ 4	א
279.7	18:05	65.7	11:42	80.5	05:19	9/ 4	ב
280.1	18:06	66.0	11:41	80.1	05:17	10/ 4	ג
280.6	18:06	66.4	11:41	79.7	05:16	11/ 4	ד
281.0	18:07	66.8	11:41	79.2	05:15	12/ 4	ה
281.4	18:08	67.1	11:41	78.8	05:14	13/ 4	ו
281.9	18:08	67.5	11:40	78.4	05:13	14/ 4	ז
282.3	18:09	67.8	11:40	77.9	05:11	15/ 4	ח
282.7	18:10	68.2	11:40	77.5	05:10	16/ 4	ט
283.1	18:11	68.6	11:40	77.1	05:09	17/ 4	י
283.5	18:11	68.9	11:39	76.7	05:08	18/ 4	יא
283.9	18:12	69.2	11:39	76.3	05:07	19/ 4	יב
284.4	18:13	69.6	11:39	75.9	05:06	20/ 4	יג
284.8	18:13	69.9	11:39	75.5	05:05	21/ 4	יד
285.2	18:14	70.3	11:39	75.1	05:03	22/ 4	טו
285.6	18:15	70.6	11:38	74.7	05:02	23/ 4	טז
286.0	18:15	70.9	11:38	74.3	05:01	24/ 4	יז
286.3	18:16	71.3	11:38	73.9	05:00	25/ 4	יח
286.7	18:17	71.6	11:38	73.5	04:59	26/ 4	יט
287.1	18:18	71.9	11:38	73.1	04:58	27/ 4	כ
287.5	18:18	72.2	11:37	72.7	04:57	28/ 4	כא
287.9	18:19	72.5	11:37	72.3	04:56	29/ 4	כב
288.2	18:20	72.8	11:37	72.0	04:55	30/ 4	כג
288.6	18:20	73.1	11:37	71.6	04:54	1/ 5	כד
288.9	18:21	73.4	11:37	71.3	04:53	2/ 5	כה
289.3	18:22	73.7	11:37	70.9	04:52	3/ 5	כו
289.7	18:22	74.0	11:37	70.5	04:51	4/ 5	כז
290.0	18:23	74.3	11:37	70.2	04:51	5/ 5	כח
290.3	18:24	74.6	11:37	69.9	04:50	6/ 5	כט
290.7	18:25	74.9	11:37	69.5	04:49	7/ 5	ל

ירח - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, מופע

ינואר - פברואר 1997, טבלת התנ"ל

גיל הירח (ימים)	חלק	מרחק זריחי	קוטר	מרחק מהארץ (.א.ר.)	נטיה		עליה יסרה		תאריך
					° ' "	° ' "	שנ דק סע	לועזי	
29.294	- 0.003	- 5.52	33 06.5	56.589	- 17 37 22	19 07 41.6	9/ 1	א	
0.815	+ 0.011	+ 12.27	33 15.2	56.342	- 15 36 29	20 09 57.0	10/ 1	ב	
1.815	+ 0.051	+ 25.79	33 13.9	56.378	- 12 31 16	21 10 53.0	11/ 1	ג	
2.815	+ 0.117	+ 39.57	33 03.3	56.680	- 8 38 19	22 09 46.3	12/ 1	ד	
3.815	+ 0.199	+ 53.19	32 45.2	57.202	- 4 17 14	23 06 27.7	13/ 1	ה	
4.815	+ 0.305	+ 66.51	32 22.1	57.881	+ 0 12 50	0 01 14.1	14/ 1	ו	
5.815	+ 0.413	+ 79.46	31 56.7	58.650	+ 4 35 10	0 54 36.0	15/ 1	ז	
6.815	+ 0.517	+ 92.05	31 31.0	59.447	+ 8 36 05	1 47 07.3	16/ 1	ח	
7.815	+ 0.621	+ 104.27	31 06.6	60.222	+ 12 04 45	2 39 16.9	17/ 1	ט	
8.815	+ 0.719	+ 116.18	30 44.5	60.943	+ 14 52 45	3 31 24.0	18/ 1	י	
9.815	+ 0.808	+ 127.82	30 25.2	61.587	+ 16 53 50	4 23 35.1	19/ 1	יא	
10.815	+ 0.877	+ 139.22	30 08.0	62.147	+ 18 04 00	5 15 43.5	20/ 1	יב	
11.815	+ 0.933	+ 150.41	29 55.1	62.621	+ 18 21 41	6 07 32.2	21/ 1	יג	
12.815	+ 0.973	+ 161.35	29 44.0	63.010	+ 17 47 57	6 58 39.1	22/ 1	יד	
13.815	+ 0.995	+ 171.69	29 35.4	63.316	+ 16 26 18	7 48 44.0	23/ 1	טו	
14.815	- 0.997	- 174.33	29 29.3	63.536	+ 14 22 20	8 37 33.9	24/ 1	טז	
15.815	- 0.983	- 164.78	29 25.7	63.663	+ 11 42 57	9 25 06.5	25/ 1	יז	
16.815	- 0.949	- 154.22	29 25.1	63.685	+ 8 35 44	10 11 31.1	26/ 1	יח	
17.815	- 0.905	- 143.52	29 27.9	63.586	+ 5 08 24	10 57 06.7	27/ 1	יט	
18.815	- 0.841	- 132.74	29 34.4	63.351	+ 1 28 36	11 42 20.8	28/ 1	כ	
19.815	- 0.765	- 121.84	29 45.3	62.965	- 2 16 12	12 27 46.8	29/ 1	כא	
20.815	- 0.679	- 110.78	30 00.8	62.422	- 5 58 16	13 14 02.3	30/ 1	כב	
21.815	- 0.587	- 99.49	30 21.2	61.724	- 9 29 19	14 01 47.2	31/ 1	כג	
22.815	- 0.483	- 87.89	30 46.1	60.891	- 12 39 51	14 51 40.0	1/ 2	כד	
23.815	- 0.379	- 75.92	31 14.9	59.956	- 15 18 51	15 44 12.9	2/ 2	כה	
24.815	- 0.281	- 63.50	31 46.2	58.973	- 17 13 51	16 39 43.4	3/ 2	כו	
25.815	- 0.185	- 50.62	32 17.7	58.012	- 18 12 03	17 38 05.4	4/ 2	כז	
26.815	- 0.101	- 37.29	32 46.8	57.154	- 18 02 36	18 38 43.3	5/ 2	כח	
27.815	- 0.043	- 23.58	33 10.2	56.482	- 16 39 55	19 40 35.2	6/ 2	כט	
28.815	- 0.008	- 9.82	33 25.0	56.066	- 14 06 22	20 42 28.7	7/ 2	ל	

תאריך		זריחה - כיוון		צמיחה - גובה		שקיעה - כיוון	
לועזי	דק:סע	°	'	°	'	°	'
9/ 1	06:30	110.7	11:58	40.3	17:28	250.4	17:28
10/ 1	07:24	107.9	12:58	42.9	18:36	253.8	18:36
11/ 1	08:13	103.8	13:56	46.6	19:44	258.4	19:44
12/ 1	08:59	98.8	14:52	51.0	20:51	263.7	20:51
13/ 1	09:41	93.5	15:46	55.7	21:57	269.3	21:57
14/ 1	10:21	88.0	16:38	60.4	23:00	274.7	23:00
15/ 1	11:00	82.8	17:28	64.8	-----	-----	-----
16/ 1	11:40	78.2	18:18	68.7	00:02	275.7	00:02
17/ 1	12:21	74.2	19:08	71.9	01:01	284.1	01:01
18/ 1	13:03	71.2	19:58	74.2	01:59	287.5	01:59
19/ 1	13:49	69.2	20:48	75.7	02:55	290.0	02:55
20/ 1	14:36	68.3	21:37	76.2	03:48	291.4	03:48
21/ 1	15:26	68.5	22:26	75.7	04:39	291.7	04:39
22/ 1	16:17	69.8	23:14	74.4	05:25	290.9	05:25
23/ 1	17:09	72.0	-----	-----	06:08	289.1	06:08
24/ 1	18:02	75.1	00:01	72.3	06:48	286.4	06:48
25/ 1	18:54	78.8	00:46	69.5	07:25	283.7	07:25
26/ 1	19:46	82.9	01:29	66.3	08:00	279.7	08:00
27/ 1	20:39	87.3	02:12	62.7	08:33	274.8	08:33
28/ 1	21:31	91.9	02:55	58.9	09:06	270.4	09:06
29/ 1	22:25	96.5	03:38	55.0	09:39	265.9	09:39
30/ 1	23:19	100.8	04:21	51.1	10:13	261.4	10:13
31/ 1	-----	-----	05:07	47.5	10:50	257.3	10:50
1/ 2	00:16	104.8	05:54	44.2	11:30	253.6	11:30
2/ 2	01:14	108.1	06:45	41.5	12:14	250.7	12:14
3/ 2	02:13	110.6	07:40	39.7	13:05	248.8	13:05
4/ 2	03:12	111.7	08:37	39.0	14:01	248.2	14:01
5/ 2	04:11	111.4	09:36	39.5	15:03	249.2	15:03
6/ 2	05:07	109.6	10:37	41.4	16:10	251.8	16:10
7/ 2	05:59	106.2	11:37	44.5	17:19	255.8	17:19

ירח - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, מופע

פברואר - מרץ 1997, אדר א' התשנ"ז

גיל הירח (ימים)	ח ל ק	מרחק זריתי *	קוטר	מרחק טהארץ (ר.א.)	נסיה		עליה ישרה		תאריך
					° ' "	° ' "	שנ דק סע	לועזי	
0.370	+ 0.003	+ 6.05	33 29.1	55.952	- 10 33 08	21 43 21.8	8/ 2	א	
1.370	+ 0.030	+ 19.56	33 22.0	56.151	- 6 18 10	22 42 38.0	9/ 2	ב	
2.370	+ 0.085	+ 33.48	33 04.8	56.636	- 1 42 36	23 40 08.1	10/ 2	ג	
3.370	+ 0.159	+ 47.12	32 40.0	57.352	+ 2 52 52	0 36 03.7	11/ 2	ד	
4.370	+ 0.250	+ 60.36	32 10.8	58.221	+ 7 10 28	1 30 46.5	12/ 2	ה	
5.370	+ 0.354	+ 73.15	31 40.0	59.164	+ 10 56 22	2 24 38.9	13/ 2	ו	
6.370	+ 0.465	+ 85.49	31 10.2	60.106	+ 14 00 40	3 17 58.2	14/ 2	ז	
7.370	+ 0.570	+ 97.43	30 43.2	60.988	+ 16 16 50	4 10 52.6	15/ 2	ח	
8.370	+ 0.663	+ 109.03	30 19.9	61.767	+ 17 41 21	5 03 20.7	16/ 2	ט	
9.370	+ 0.750	+ 120.36	30 00.9	62.419	+ 18 13 11	5 55 13.5	17/ 2	י	
10.370	+ 0.835	+ 131.47	29 46.2	62.934	+ 17 53 34	6 46 17.7	18/ 2	יא	
11.370	+ 0.899	+ 142.44	29 35.5	63.311	+ 16 45 45	7 36 20.6	19/ 2	יב	
12.370	+ 0.946	+ 153.31	29 28.6	63.560	+ 14 54 35	8 25 14.2	20/ 2	יג	
13.370	+ 0.981	+ 164.09	29 25.0	63.690	+ 12 26 10	9 12 57.9	21/ 2	יד	
14.370	+ 0.998	+ 174.60	29 24.4	63.713	+ 9 27 30	9 59 39.1	22/ 2	טו	
15.370	- 0.997	- 173.68	29 26.5	63.634	+ 6 06 02	10 45 33.0	23/ 2	טז	
16.370	- 0.978	- 163.04	29 31.5	63.457	+ 2 29 33	11 31 01.5	24/ 2	יז	
17.370	- 0.941	- 152.14	29 39.2	63.180	- 1 13 59	12 16 31.3	25/ 2	יח	
18.370	- 0.889	- 141.10	29 50.1	62.798	- 4 56 24	13 02 32.7	26/ 2	יט	
19.370	- 0.821	- 129.90	30 04.2	62.304	- 8 29 09	13 49 37.8	27/ 2	כ	
20.370	- 0.742	- 118.50	30 22.0	61.697	- 11 43 09	14 38 18.4	28/ 2	כא	
21.370	- 0.646	- 106.86	30 43.3	60.982	- 14 28 33	15 29 02.3	1/ 3	כב	
22.370	- 0.544	- 94.90	31 08.1	60.175	- 16 34 48	16 22 08.6	2/ 3	כג	
23.370	- 0.439	- 82.58	31 35.4	59.307	- 17 51 06	17 17 41.7	3/ 3	כד	
24.370	- 0.329	- 69.86	32 04.0	58.426	- 18 07 40	18 15 26.7	4/ 3	כה	
25.370	- 0.228	- 56.70	32 31.8	57.594	- 17 17 33	19 14 48.6	5/ 3	כו	
26.370	- 0.134	- 43.13	32 56.2	56.884	- 15 18 55	20 14 59.3	6/ 3	כז	
27.370	- 0.063	- 29.22	33 14.2	56.370	- 12 16 44	21 15 09.0	7/ 3	כח	
28.370	- 0.017	- 15.09	33 23.3	56.113	- 8 22 59	22 14 40.6	8/ 3	כט	
29.370	+ 0.000	- 1.25	33 22.0	56.151	- 3 55 23	23 13 13.7	9/ 3	ל	

תאריך	זריחה - כיוון		צהריה - גובה		שקיעה - כיוון	
	לועזי	דק:סע	°	דק:סע	°	דק:סע
8/ 2	א	06:48	101.6	12:35	48.6	18:29
9/ 2	א	07:33	96.3	13:32	53.3	19:38
10/ 2	ב	08:15	90.7	14:27	58.2	20:44
11/ 2	ג	08:57	85.2	15:20	62.9	21:49
12/ 2	ד	09:38	80.1	16:12	67.1	22:52
13/ 2	ה	10:19	75.8	17:03	70.6	23:52
14/ 2	ו	11:02	72.3	17:54	73.3	-----
15/ 2	ז	11:47	70.0	18:45	75.1	00:50
16/ 2	ח	12:34	68.7	19:34	75.9	01:44
17/ 2	ט	13:23	68.5	20:23	75.8	02:35
18/ 2	י	14:13	69.4	21:11	74.8	03:23
19/ 2	יא	15:05	71.3	21:58	73.0	04:07
20/ 2	יב	15:57	74.0	22:43	70.5	04:48
21/ 2	יג	16:49	77.5	23:27	67.4	05:26
22/ 2	יד	17:41	81.4	-----	-----	06:01
23/ 2	טו	18:34	85.8	00:11	64.0	06:35
24/ 2	טז	19:27	90.3	00:54	60.2	07:08
25/ 2	יז	20:20	94.9	01:36	56.3	07:41
26/ 2	יח	21:14	99.3	02:20	52.5	08:15
27/ 2	יט	22:09	103.3	03:04	48.8	08:50
28/ 2	כ	23:05	106.8	03:50	45.4	09:29
1/ 3	כא	-----	-----	04:39	42.6	10:10
2/ 3	כב	00:02	109.6	05:30	40.5	10:57
3/ 3	כג	00:59	111.2	06:24	39.3	11:48
4/ 3	כד	01:56	111.6	07:21	39.2	12:46
5/ 3	כה	02:51	110.6	08:18	40.4	13:48
6/ 3	כו	03:44	108.0	09:17	42.8	14:54
7/ 3	כז	04:33	104.2	10:15	46.3	16:02
8/ 3	כח	05:20	99.3	11:13	50.6	17:12
9/ 3	כט	06:04	93.8	12:09	55.5	18:20

ירח - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, מופע

מרץ - אפריל 1997, אדר ב' התשנ"ז

גיל הירח (ימים)	ח ל ק	מרחק זרחתי *	קוטר	מרחק מהארץ [א.ר.]	נסיה		עליה וישרה		תאריך	
					° ' "	° ' "	סנ דק שני	לועזי	עברי	לועזי
0.948	+ 0.013	+ 13.32	33 10.0	56.487	+ 0 45 23	0 10 45.8	10/ 3	א		
1.948	+ 0.054	+ 27.16	32 49.0	57.091	+ 5 18 32	1 07 24.9	11/ 3	ב		
2.948	+ 0.123	+ 40.63	32 21.4	57.903	+ 9 25 55	2 03 21.7	12/ 3	ג		
3.948	+ 0.206	+ 53.64	31 50.4	58.843	+ 12 53 26	2 58 43.4	13/ 3	ד		
4.948	+ 0.297	+ 66.17	31 18.8	59.830	+ 15 31 41	3 53 29.6	14/ 3	ה		
5.948	+ 0.396	+ 78.26	30 49.2	60.788	+ 17 15 41	4 47 32.8	15/ 3	ו		
6.948	+ 0.500	+ 89.94	30 23.2	61.655	+ 18 04 14	5 40 40.1	16/ 3	ז		
7.948	+ 0.595	+ 101.30	30 01.9	62.387	+ 17 59 02	6 32 38.0	17/ 3	ח		
8.948	+ 0.695	+ 112.42	29 45.6	62.955	+ 17 03 57	7 23 16.6	18/ 3	ט		
9.948	+ 0.772	+ 123.37	29 34.4	63.351	+ 15 24 12	8 12 32.4	19/ 3	י		
10.948	+ 0.847	+ 134.22	29 28.1	63.578	+ 13 05 51	9 00 30.1	20/ 3	יא		
11.948	+ 0.910	+ 145.05	29 26.1	63.648	+ 10 15 30	9 47 21.6	21/ 3	יב		
12.948	+ 0.957	+ 155.90	29 28.0	63.581	+ 7 00 06	10 33 25.3	22/ 3	יג		
13.948	+ 0.987	+ 166.81	29 33.1	63.398	+ 3 26 57	11 19 04.6	23/ 3	יד		
14.948	+ 1.000	+ 177.79	29 40.9	63.120	- 0 16 10	12 04 45.6	24/ 3	טו		
15.948	- 0.994	- 171.01	29 51.0	62.763	- 4 00 55	12 50 56.7	25/ 3	טז		
16.948	- 0.970	- 159.72	30 03.2	62.339	- 7 38 21	13 38 06.1	26/ 3	יז		
17.948	- 0.924	- 148.28	30 17.3	61.856	- 10 58 52	14 26 40.2	27/ 3	יח		
18.948	- 0.866	- 136.64	30 33.3	61.315	- 13 52 18	15 17 00.4	28/ 3	יט		
19.948	- 0.787	- 124.79	30 51.3	60.722	- 16 08 16	16 09 19.6	29/ 3	כ		
20.948	- 0.695	- 112.71	31 11.0	60.081	- 17 36 46	17 03 38.1	30/ 3	כא		
21.948	- 0.587	- 100.35	31 32.3	59.405	- 18 09 11	17 59 41.6	31/ 3	כב		
22.948	- 0.483	- 87.68	31 54.4	58.719	- 17 39 30	18 57 02.1	1/ 4	כג		
23.948	- 0.371	- 74.70	32 16.2	58.059	- 16 05 36	19 55 03.8	2/ 4	כד		
24.948	- 0.265	- 61.41	32 36.0	57.472	- 13 30 17	20 53 12.1	3/ 4	כה		
25.948	- 0.165	- 47.83	32 51.7	57.013	- 10 01 38	21 51 01.9	4/ 4	כו		
26.948	- 0.085	- 34.03	33 01.3	56.737	- 5 52 35	22 48 22.0	5/ 4	כז		
27.948	- 0.030	- 20.15	33 03.0	56.689	- 1 19 58	23 45 14.3	6/ 4	כח		
28.948	- 0.003	- 6.42	32 55.9	56.891	+ 3 17 11	0 41 48.5	7/ 4	כט		

ת א ר י ך		זריחה - כיוון		צהורה - גובה		שקיעה - כיוון	
ד' מ'	לועזי	דק:שני	°	דק:שני	°	דק:שני	°
א	10/ 3	06:47	88.1	13:04	60.4	19:28	274.7
ב	11/ 3	07:30	82.7	13:59	65.0	20:34	280.0
ג	12/ 3	08:12	77.8	14:52	69.0	21:37	284.5
ד	13/ 3	08:56	73.8	15:45	72.2	22:38	287.9
ה	14/ 3	09:42	70.9	16:38	74.4	23:36	290.2
ו	15/ 3	10:29	69.1	17:29	75.7	-----	-----
ז	16/ 3	11:18	68.5	18:19	75.9	00:30	291.4
ח	17/ 3	12:09	69.1	19:08	75.2	01:19	291.3
ט	18/ 3	13:00	70.6	19:55	73.6	02:05	290.2
י	19/ 3	13:52	73.1	20:41	71.4	02:47	288.1
יא	20/ 3	14:44	76.3	21:25	68.5	03:25	285.3
יב	21/ 3	15:36	80.1	22:09	65.2	04:02	281.8
יג	22/ 3	16:29	84.3	22:52	61.5	04:36	277.8
יד	23/ 3	17:21	88.8	23:35	57.6	05:09	273.4
טו	24/ 3	18:15	93.4	-----	-----	05:43	268.9
טז	25/ 3	19:09	97.9	00:18	53.7	06:16	264.4
יז	26/ 3	20:04	102.1	01:02	49.9	06:52	260.1
יח	27/ 3	21:00	105.8	01:48	46.4	07:29	256.1
יט	28/ 3	21:57	108.8	02:36	43.4	08:10	252.7
כ	29/ 3	22:53	110.8	03:27	41.0	08:54	250.2
כא	30/ 3	23:49	111.6	04:19	39.6	09:43	248.7
כב	31/ 3	-----	-----	05:13	39.1	10:37	248.4
ג	1/ 4	00:43	111.1	06:09	39.8	11:36	249.5
ד	2/ 4	01:35	109.2	07:05	41.6	12:38	252.0
ה	3/ 4	02:24	106.0	08:01	44.6	13:43	255.8
ו	4/ 4	03:10	101.7	08:57	48.5	14:50	260.6
ז	5/ 4	03:54	96.6	09:52	53.0	15:57	266.0
א	6/ 4	04:37	91.1	10:47	57.8	17:04	271.8
ב	7/ 4	05:19	85.5	11:42	62.6	18:11	277.3

ירח - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, מופע

אפריל - מאי 1997, ניסן התשנ"ז

גיל הירח (ימים)	חלק	מרחק זרחי	קוטר	מרחק מארץ (א.ר.)	נסיה		תאריך	
					° ' "	° ' "	לועזי	עברי
0.540	+ 0.005	+ 7.73	32 40.5	57.339	+ 7 39 34	1 38 15.1	8/ 4	א
1.540	+ 0.033	+ 21.04	32 18.1	58.001	+ 11 29 51	2 34 38.6	9/ 4	ב
2.540	+ 0.085	+ 34.07	31 51.1	58.821	+ 14 34 21	3 30 53.2	10/ 4	ג
3.540	+ 0.159	+ 46.68	31 22.1	59.727	+ 16 44 15	4 26 41.6	11/ 4	ד
4.540	+ 0.242	+ 58.86	30 53.6	60.646	+ 17 55 47	5 21 39.4	12/ 4	ה
5.540	+ 0.337	+ 70.64	30 27.6	61.508	+ 18 09 36	6 15 21.0	13/ 4	ו
6.540	+ 0.430	+ 82.07	30 05.7	62.254	+ 17 29 40	7 07 27.2	14/ 4	ז
7.540	+ 0.526	+ 93.22	29 48.8	62.843	+ 16 02 00	7 57 49.7	15/ 4	ח
8.540	+ 0.621	+ 104.19	29 37.3	63.248	+ 13 53 27	8 46 32.3	16/ 4	ט
9.540	+ 0.711	+ 115.06	29 31.4	63.461	+ 11 11 04	9 33 49.6	17/ 4	י
10.540	+ 0.794	+ 125.89	29 30.6	63.487	+ 8 01 51	10 20 04.4	18/ 4	יא
11.540	+ 0.866	+ 136.76	29 34.6	63.345	+ 4 32 43	11 05 45.1	19/ 4	יב
12.540	+ 0.924	+ 147.73	29 42.6	63.061	+ 0 50 52	11 51 22.8	20/ 4	יג
13.540	+ 0.967	+ 158.81	29 53.8	62.667	- 2 55 57	12 37 30.2	21/ 4	יד
14.540	+ 0.992	+ 169.92	30 07.4	62.196	- 6 39 01	13 24 38.9	22/ 4	טו
15.540	- 0.999	- 176.51	30 22.5	61.679	- 10 08 34	14 13 17.1	23/ 4	טז
16.540	- 0.985	- 166.03	30 38.5	61.144	- 13 13 48	15 03 46.6	24/ 4	יז
17.540	- 0.949	- 154.20	30 54.7	60.608	- 15 43 22	15 56 17.9	25/ 4	יח
18.540	- 0.894	- 142.07	31 10.9	60.085	- 17 26 21	16 50 46.4	26/ 4	יט
19.540	- 0.821	- 129.72	31 26.7	59.581	- 18 13 33	17 46 50.9	27/ 4	כ
20.540	- 0.727	- 117.15	31 42.0	59.102	- 17 58 59	18 43 56.0	28/ 4	כא
21.540	- 0.629	- 104.39	31 56.5	58.654	- 16 41 01	19 41 20.4	29/ 4	כב
22.540	- 0.517	- 91.43	32 09.9	58.247	- 14 22 45	20 38 28.2	30/ 4	כג
23.540	- 0.396	- 78.30	32 21.5	57.901	- 11 11 47	21 34 57.1	1/ 5	כד
24.540	- 0.289	- 65.01	32 30.2	57.641	- 7 19 20	22 30 42.6	2/ 5	כה
25.540	- 0.192	- 51.61	32 35.0	57.499	- 2 59 26	23 25 55.1	3/ 5	כו
26.540	- 0.106	- 38.17	32 34.8	57.505	+ 1 31 57	0 20 54.5	4/ 5	כז
27.540	- 0.047	- 24.81	32 28.8	57.682	+ 5 57 48	1 16 02.5	5/ 5	כח
28.540	- 0.011	- 11.80	32 16.8	58.039	+ 10 01 12	2 11 34.7	6/ 5	כט
0.134	+ 0.001	+ 4.33	31 59.4	58.566	+ 13 26 51	3 07 34.2	7/ 5	ל

זריחה - כיוון	שקיעה - כיוון	צהריה - גובה		זריחה - כיוון		לועזי	
		°	דק:שע	°	דק:שע	°	דק:שע
282.3	19:17	67.1	12:36	80.2	06:02	8/ 4	א
286.4	20:21	70.8	13:31	75.7	06:46	9/ 4	ב
289.3	21:21	73.5	14:25	72.1	07:32	10/ 4	ג
291.1	22:19	75.3	15:18	69.7	08:19	11/ 4	ד
291.5	23:12	76.0	16:10	68.6	09:09	12/ 4	ה
290.8	24:00	75.6	17:01	68.7	10:00	13/ 4	ו
-----	-----	74.4	17:49	69.8	10:52	14/ 4	ז
289.1	00:44	72.3	18:36	72.0	11:45	15/ 4	ח
286.5	01:24	69.7	19:21	75.0	12:37	16/ 4	ט
283.2	02:01	66.5	20:06	78.6	13:29	17/ 4	י
279.3	02:36	62.9	20:48	82.7	14:22	18/ 4	יא
275.1	03:10	59.1	21:31	87.1	15:14	19/ 4	יב
270.6	03:43	55.1	22:14	91.7	16:08	20/ 4	יג
266.1	04:16	51.2	22:59	96.3	17:02	21/ 4	יד
261.6	04:51	47.5	23:45	100.7	17:57	22/ 4	טו
257.4	05:28	-----	-----	104.7	18:54	23/ 4	טז
253.7	06:08	44.3	00:33	108.0	19:51	24/ 4	יז
250.8	06:52	41.6	01:23	110.4	20:49	25/ 4	יח
248.9	07:40	39.8	02:15	111.6	21:45	26/ 4	יט
248.2	08:33	39.0	03:09	111.5	22:40	27/ 4	כ
248.9	09:30	39.3	04:05	110.1	23:32	28/ 4	כא
251.0	10:30	40.8	05:00	-----	-----	29/ 4	כב
254.3	11:33	43.4	05:55	107.3	00:21	30/ 4	כג
258.6	12:37	46.9	06:50	103.5	01:07	1/ 5	כד
263.7	13:42	51.1	07:43	98.8	01:50	2/ 5	כה
269.2	14:47	55.7	08:36	93.5	02:31	3/ 5	כו
274.8	15:52	60.4	09:29	88.0	03:12	4/ 5	כז
280.0	16:57	65.0	10:22	82.7	03:53	5/ 5	כח
284.6	18:02	69.1	11:16	77.8	04:36	6/ 5	כט
288.1	19:04	72.4	12:10	73.7	05:21	7/ 5	ל

דימדומים - אסטרונומיים, ימיים, אזרחיים

פברואר - מרץ 1996, אדר א' התשנ"ז

ינואר - פברואר 1997, שבט התשנ"ז

דימדומי ערב			דימדומי בוקר			ת א ר י ן	
אסט"ר 18°	ימיים 12°	אזרח' 6°	אזרח' 6°	ימיים 12°	אסט"ר 18°	לועזי	י ו ם
18:43	18:14	17:45	06:03	05:34	05:06	8/ 2	א ט
18:44	18:15	17:46	06:03	05:34	05:05	9/ 2	א ב
18:45	18:16	17:47	06:02	05:33	05:04	10/ 2	ב ג
18:45	18:17	17:48	06:01	05:32	05:04	11/ 2	ג ד
18:46	18:18	17:49	06:00	05:31	05:03	12/ 2	ד ה
18:47	18:18	17:50	05:59	05:30	05:02	13/ 2	ה ו
18:48	18:19	17:50	05:58	05:30	05:01	14/ 2	ו ז
18:48	18:20	17:51	05:57	05:29	05:00	15/ 2	ז ט
18:49	18:21	17:52	05:56	05:28	04:59	16/ 2	ט א
18:50	18:22	17:53	05:56	05:27	04:59	17/ 2	ב י
18:51	18:22	17:54	05:55	05:26	04:58	18/ 2	ג יא
18:51	18:23	17:55	05:54	05:25	04:57	19/ 2	ד יב
18:52	18:24	17:55	05:53	05:24	04:56	20/ 2	ה יג
18:53	18:25	17:56	05:52	05:23	04:55	21/ 2	ו יד
18:54	18:25	17:57	05:51	05:22	04:54	22/ 2	ז טו
18:54	18:26	17:58	05:50	05:21	04:53	23/ 2	א טז
18:55	18:27	17:58	05:48	05:20	04:52	24/ 2	ב יז
18:56	18:28	17:59	05:47	05:19	04:51	25/ 2	ג יח
18:57	18:28	18:00	05:46	05:18	04:50	26/ 2	ד יט
18:57	18:29	18:01	05:45	05:17	04:49	27/ 2	ה כ
18:58	18:30	18:01	05:44	05:16	04:47	28/ 2	ו כא
18:59	18:31	18:02	05:43	05:15	04:46	1/ 3	ז כב
19:00	18:31	18:03	05:42	05:13	04:45	2/ 3	א כג
19:00	18:32	18:04	05:41	05:12	04:44	3/ 3	ב כד
19:01	18:33	18:04	05:39	05:11	04:43	4/ 3	ג כה
19:02	18:34	18:05	05:38	05:10	04:42	5/ 3	ד כו
19:03	18:34	18:06	05:37	05:09	04:40	6/ 3	ה כז
19:03	18:35	18:07	05:36	05:08	04:39	7/ 3	ו כח
19:04	18:36	18:07	05:35	05:06	04:38	8/ 3	ז כט
19:05	18:36	18:08	05:33	05:05	04:37	9/ 3	א ל

דימדומי ערב			דימדומי בוקר			ת א ר י ן	
אסט"ר 18°	ימיים 12°	אזרח' 6°	אזרח' 6°	ימיים 12°	אסט"ר 18°	לועזי	י ו ם
18:19	17:50	17:20	06:15	05:45	05:15	9/ 1	ה א
18:20	17:51	17:20	06:15	05:45	05:15	10/ 1	ו ב
18:21	17:51	17:21	06:15	05:45	05:15	11/ 1	ז ג
18:22	17:52	17:22	06:15	05:45	05:15	12/ 1	ח ד
18:22	17:53	17:23	06:15	05:45	05:15	13/ 1	ט ה
18:23	17:54	17:24	06:15	05:45	05:15	14/ 1	י ו
18:24	17:55	17:25	06:15	05:45	05:15	15/ 1	יא ז
18:25	17:55	17:25	06:14	05:44	05:15	16/ 1	יב ח
18:26	17:56	17:26	06:14	05:44	05:15	17/ 1	יג ט
18:26	17:57	17:27	06:14	05:44	05:15	18/ 1	יד טא
18:27	17:58	17:28	06:14	05:44	05:15	19/ 1	יב יא
18:28	17:59	17:29	06:13	05:44	05:14	20/ 1	יג יב
18:29	18:00	17:30	06:13	05:43	05:14	21/ 1	יד יג
18:30	18:00	17:31	06:13	05:43	05:14	22/ 1	טו יד
18:30	18:01	17:32	06:12	05:43	05:14	23/ 1	טז ה
18:31	18:02	17:32	06:12	05:42	05:13	24/ 1	יז ו
18:32	18:03	17:33	06:12	05:42	05:13	25/ 1	יח ט
18:33	18:04	17:34	06:11	05:42	05:13	26/ 1	יח א
18:34	18:05	17:35	06:11	05:41	05:12	27/ 1	יט ב
18:34	18:05	17:36	06:10	05:41	05:12	28/ 1	כ ג
18:35	18:06	17:37	06:10	05:40	05:11	29/ 1	כא ד
18:36	18:07	17:38	06:09	05:40	05:11	30/ 1	כב ה
18:37	18:03	17:39	06:09	05:39	05:11	31/ 1	כג ו
18:38	18:09	17:39	06:08	05:39	05:10	1/ 2	כד ט
18:38	18:10	17:40	06:07	05:38	05:09	2/ 2	א כה
18:39	18:10	17:41	06:07	05:38	05:09	3/ 2	ב כו
18:40	18:11	17:42	06:06	05:37	05:08	4/ 2	ג כז
18:41	18:12	17:43	06:05	05:36	05:08	5/ 2	ד כח
18:41	18:13	17:44	06:05	05:36	05:07	6/ 2	ה כט
18:42	18:14	17:45	06:04	05:35	05:06	7/ 2	ו ל

דימדומים - אסטרונומיים, ימיים, אזרחיים

אפריל - מאי 1997, ניסן התשנ"ז

מרץ - אפריל 1997, אדר ב' התשנ"ז

דימדומי ערב			דימדומי בוקר			ת א ר י ן	
אסטר' 18°	ימיים 12°	אזרח' 6°	אזרח' 6°	ימיים 12°	אסטר' 18°	לועזי	י ו ם
19:28	18:59	18:29	04:55	04:26	03:56	8/ 4	א ב
19:29	18:59	18:30	04:54	04:24	03:55	9/ 4	ב ד
19:30	19:00	18:31	04:52	04:23	03:53	10/ 4	ה ג
19:31	19:01	18:31	04:51	04:22	03:52	11/ 4	ו ד
19:32	19:02	18:32	04:50	04:21	03:50	12/ 4	ז ט
19:33	19:02	18:33	04:49	04:19	03:49	13/ 4	ח א
19:34	19:03	18:34	04:48	04:18	03:47	14/ 4	ט ב
19:35	19:04	18:34	04:46	04:17	03:46	15/ 4	י ג
19:36	19:05	18:35	04:45	04:15	03:45	16/ 4	יא ד
19:37	19:06	18:36	04:44	04:14	03:43	17/ 4	יב ה
19:37	19:07	18:37	04:43	04:13	03:42	18/ 4	יג ו
19:38	19:07	18:37	04:41	04:12	03:41	19/ 4	יד ז
19:39	19:08	18:38	04:40	04:10	03:39	20/ 4	טו ח
19:40	19:09	18:39	04:39	04:09	03:38	21/ 4	טז ט
19:41	19:10	18:40	04:38	04:08	03:37	22/ 4	יז י
19:42	19:11	18:40	04:37	04:07	03:35	23/ 4	יח יא
19:43	19:12	18:41	04:36	04:05	03:34	24/ 4	יט יב
19:44	19:12	18:42	04:35	04:04	03:33	25/ 4	כ יג
19:45	19:13	18:43	04:34	04:03	03:31	26/ 4	כא יד
19:46	19:14	18:43	04:32	04:02	03:30	27/ 4	כב טו
19:47	19:15	18:44	04:31	04:01	03:29	28/ 4	כג טז
19:48	19:16	18:45	04:30	03:59	03:27	29/ 4	כד יז
19:49	19:17	18:46	04:29	03:58	03:26	30/ 4	כה יח
19:50	19:18	18:46	04:28	03:57	03:25	1/ 5	כו יט
19:51	19:18	18:47	04:27	03:56	03:24	2/ 5	כז כ
19:52	19:19	18:48	04:26	03:55	03:22	3/ 5	כח יא
19:53	19:20	18:49	04:25	03:54	03:21	4/ 5	כט יב
19:54	19:21	18:49	04:24	03:53	03:20	5/ 5	ל יג
19:55	19:22	18:50	04:23	03:52	03:19	6/ 5	א יד
19:56	19:23	18:51	04:23	03:51	03:18	7/ 5	ב טו

דימדומי ערב			דימדומי בוקר			ת א ר י ן	
אסטר' 18°	ימיים 12°	אזרח' 6°	אזרח' 6°	ימיים 12°	אסטר' 18°	לועזי	י ו ם
19:06	18:37	18:09	05:32	05:04	04:36	10/ 3	א ב
19:06	18:38	18:10	05:31	05:03	04:34	11/ 3	ב ג
19:07	18:39	18:10	05:30	05:01	04:33	12/ 3	ג ד
19:08	18:39	18:11	05:29	05:00	04:32	13/ 3	ד ה
19:09	18:40	18:12	05:27	04:59	04:30	14/ 3	ה ו
19:09	18:41	18:12	05:26	04:58	04:29	15/ 3	ו ז
19:10	18:41	18:13	05:25	04:56	04:28	16/ 3	ז ח
19:11	18:42	18:14	05:23	04:55	04:27	17/ 3	ח ט
19:12	18:43	18:14	05:22	04:54	04:25	18/ 3	ט י
19:12	18:44	18:15	05:21	04:52	04:24	19/ 3	י יא
19:13	18:44	18:16	05:20	04:51	04:23	20/ 3	יא יב
19:14	18:45	18:17	05:18	04:50	04:21	21/ 3	יב יג
19:15	18:46	18:17	05:17	04:49	04:20	22/ 3	יג יד
19:15	18:47	18:18	05:16	04:47	04:18	23/ 3	יד טו
19:16	18:47	18:19	05:14	04:46	04:17	24/ 3	טו יז
19:17	18:48	18:19	05:13	04:45	04:16	25/ 3	טז יח
19:18	18:49	18:20	05:12	04:43	04:14	26/ 3	יז יט
19:19	18:49	18:21	05:11	04:42	04:13	27/ 3	יח כ
19:19	18:50	18:21	05:09	04:41	04:11	28/ 3	יט כא
19:20	18:51	18:22	05:08	04:39	04:10	29/ 3	כ יב
19:21	18:52	18:23	05:07	04:38	04:09	30/ 3	כא יג
19:22	18:52	18:24	05:05	04:37	04:07	31/ 3	כב יד
19:23	18:53	18:24	05:04	04:35	04:06	1/ 4	כג טו
19:23	18:54	18:25	05:03	04:34	04:04	2/ 4	כד טז
19:24	18:55	18:26	05:01	04:32	04:03	3/ 4	כה יז
19:25	18:55	18:26	05:00	04:31	04:02	4/ 4	כו יח
19:26	18:56	18:27	04:59	04:30	04:00	5/ 4	כז יט
19:27	18:57	18:28	04:58	04:28	03:59	6/ 4	כח כ
19:28	18:58	18:29	04:56	04:27	03:57	7/ 4	כט יא

