



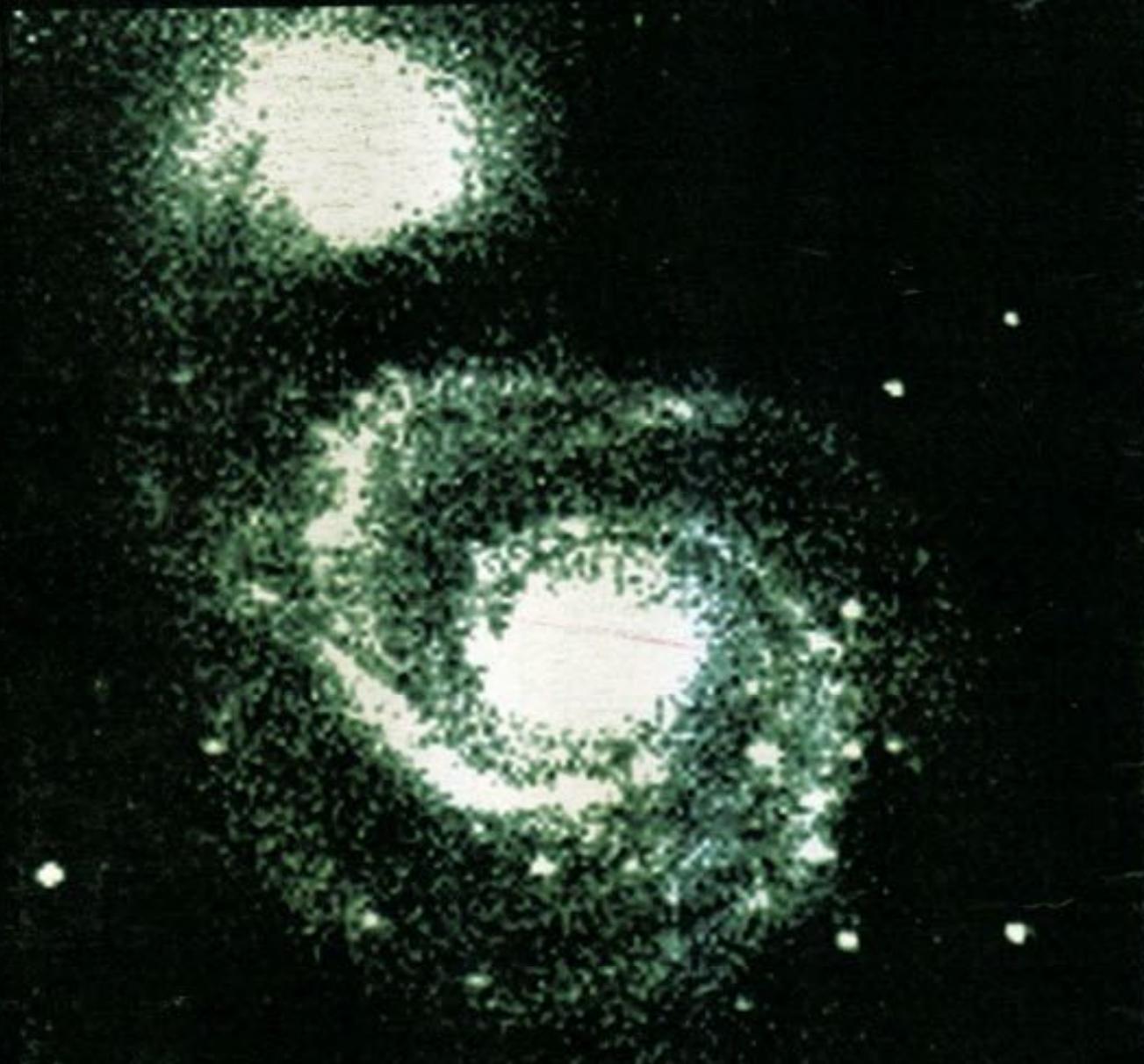
94

כל כוכבי אור

בטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה

גליון 3

כרך 24



על כוכבי שביט
- NEO's - איום מהחלל
אבולוציה של חיים תבוניים

רדוקס EPR, כיצד לעפות בלווינים, ליקוי ירח מלא בספטמבר

המחיר: 17 ש"ח

במערכת

המאמר המרכזי בחוברת זו יהיה מאמרה של מיה בוסתן בנושא שביטים. המאמר סוקר את ההיסטוריה של התצפיות בכוכבי השביט, מקורם של כוכבי השביט וכן את המבנה ותכונותיהם של גרמי השמים המרהיבים, שאחד מנציגיהם המרשימים ביותר, השביט הייל-בופ, חלף בשמי ארצנו באביב האחרון.

המאמר הפותח יהיה הראשון בסדרת מאמרים של אילן מנוליס בנושא עצמים קרובים לכדור הארץ (NEO's). המאמר דן בטיבם של עצמים אלו, ומתאר את מאמצי הקהילה המדעית להתחקות ולגלות אחר גופים קטנים אלו, שמחווים כיום את הסכנה הגדולה ביותר למין האנושי.

חן אופק מתאר את אחד הפרדוקסים הגדולים במכניקת הקוונטים, פרדוקס EPR הנקרא על שםם של איינשטיין - פודולסקי ורוזן, שביקשו באמצעותו לערער את הבסיס הפילוסופי של תורת הקוונטים. חן מציע במאמרו ניסויים מחשבתיים נוספים ברוח הניסוי המפורסם.

חיים מזר ממשיך בסדרת המאמרים בנושא התכנות חיים תבוניים בחלל ובוחר את התפתחות החיים התבוניים על פני כדור הארץ.

כיצד לצפות בלווינים הוא מאמר קצרצר שכתב יואב מרחב שתכליתו להעניק בסיס פשוט לאלו המבקשים לצפות בכל אותם גרמי שמיים מעשי ידי אדם.

כל זאת בתוספת הפינות הקבועות - סקירה על הנעשה באגודה, חדשות אסטרונומיה וחלל, סקירת מערכת השמש בקיץ 1997 ומגיד הרקיע.

קוראים המבקשים לכתוב לחוברת מוזמנים לשלוח את מאמריהם על גבי דיסקט (רצוי ב- Word 6 אך ניתן גם באינשטיין או Q Text).

קריאה נעימה!

יאאל פת-אל

עורך

כל כוכבי אור

כרך 24
מאי - ספטמבר 1997
גליון מספר 3
אייר - אלול התשנ"ז

104	באגודה
108	חדשות אסטרונומיה וחלל
115	NEO's
117	על כוכבי שביט
125	פרדוקס EPR
128	כיצד לצפות בלווינים
129	אבולוציה של חיים תבוניים
134	מה במערכת השמש
139	מגיד הרקיע
אילן מנוליס	
מיה בוסתן	
חן אופק	
יואב מרחב	
חיים מזר	
יאאל פת-אל	
שי וואלטר	

כל כוכבי אור

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

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

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

מערכת ועריכה גרמית: יואל פת-אל

כל כוכבי אור יוצאת אחת לרבעון

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

שער קדמי: הגלקסיה הספיראלית M51 בקבוצת כלבים ציידים, צולמה על ידי מיכל גנות ואסף ברנולד בעזרת טלסקופ LX200 12" ומצלמת CCD דגם SBIG ST6 500, שניות חשיפה במצפה הכוכבים בגבעתיים.

שער אחורי: איזור יצירת הכוכבים במרכז של הערפילית M8 בקבוצת קשת. התמונה צולמה באמצעות טלסקופ החלל עייש האבל. (ראה חדשות אסטרונומיה בחוברת זו).

מה באגודה

ויצירת מבנים מסודרים באופן אקראי נצפית בתחומים רבים. מכאן, שהחסתברות ליצירה ספונטנית של מבנים מורכבים, ללא התערבות יד מכוונת עשויה להיות מעשה שכיח הרבה יותר מאשר מוכנים חוקי החסתברות הפשוטים להעניק לה.

את היום הראשון חתמה הרצאתו של יגאל פת-אל, מנהל מצפה הכוכבים בגבעתיים וי"ר האגודה הישראלית לאסטרונומיה. בהרצאה נסקרו כוכבי השביט, טיבם ומקורם וכן האפשרות כי בכוכבי שביט עשויים להיות תומרים אורגניים שיתכן והיו זרז לתחילת יצירת החיים על פני כדור הארץ ואולי גם בכוכבי לכת אחרים במערכת השמש.

לאחר ההרצאה נצפה כוכב השביט הייל-בופ. שמיים צלולים ואופק חשוך מעל הים אפשרו לחזות בשביט ובזנבו המעוקל והרחב. המשתתפים שמעו הסברי שמיים מתובלים בסיפורי מיתולוגיה, צפו בטלסקופ בקוטר 10 אינץ' שהביא למקום חברנו מקס פלטקוב וחזקו איש לביתו או לחדרים בבית ההארה.

את היום שני פתחה הרצאתו של פרופ' יקיר אהרונוב מחוג לפיסיקה באוניברסיטת תל אביב. פרופ' אהרונוב סקר את עיקרי תורת היחסות של אלברט אינשטיין וכן את הבסיס לתורת הקוונטים. פרופ' אהרונוב הסביר את נושא קיצור הזמן לגבי גוף שנע יחסית למערכת המצויה במנוחה, המתחייב על פי תורת היחסות ולאחר מכן דיבר על האפשרות כי במרחב הזמן עשויים להיות 'חורי תולעת' שהינם מעין מחילות במרחב. פרופ' אהרונוב סיים את ההרצאה בקביעה כי בניית מכונת זמן או מסע בזמן באמצעי כלשהו, אינם תסריטים שיתרחשו בעתיד הקרוב אם בכלל ובכך צינן אולי את האופטימיות של חלק מהקהל שראה בבניית מכונת זמן משימה שתצא לפועל במהרה בימינו.

אם הסתבר שחתקווה לשייט במרחבי החלל נעוזה לעת עתה וכי הסתבר כי אנו תקועים בכדור הארץ לפחות לעת עתה, הרי שבהרצאה הבאה שמעו הנוכחים כי כדור הארץ אינו מקום בטוח כל כך לחיות בו. חבר האגודה וי"ר החטיבה של NEO's, אילן מנוליס, הרצה על הסכנות האורבת לחיים בכדור הארץ מצד גרמי שמים קטנים אך מסוכנים בהחלט, המשייטים להם בקרבה מאיימת לכדור הארץ. מצויד בעדויות רבות, הראה אילן מנוליס כי הכחדות המוניות של חיים על פני כדור הארץ ארעו מספר פעמים רב, עד כדי להדאינו, במשך האבולוציה של החיים על פני כדור הארץ. כמו כן, נסקרה ההתארגנות והתכונה הרבה שנדרשים לה כיום יותר ויותר מדענים ברחבי העולם במאמץ למצוא מענה לסכנה האורבת בפתח. (מאמר מפורט בנושא זה מובא בהמשך החוברת).

כנס בנושא חיים מחוץ לכדור הארץ. שפיים, 11-12 לאפריל

ביום שישי, 11 באפריל, התקיים בשפיים כנס בנושא - חיים מחוץ לכדור הארץ. את הכנס ארגנה האגודה הישראלית לאסטרונומיה והוא נמשך יומיים. ההשתתפות בכנס הייתה רבה ובאולם ההרצאות נכחו כ-200 חברים.

את הכנס פתחה הרצאתו של פרופ' תגי נצר, מנהל המכון לאסטרונומיה על שם סאקלר באוניברסיטת תל אביב. בהרצאה נסקרו התנאים הדרושים ליצירת חיים בהתחשב בהרכב האטמוספרי הרצוי של כוכב הלכת, נוכחות תומרים אורגניים, קרבה לשמש, סוג השמש סביבו סובב כוכב הלכת וכדומה. בחלקה השני של ההרצאה הראה פרופ' נצר כי בעשור האחרון נתגלו מספר כוכבי לכת מחוץ למערכת השמש וזאת הודות לשיכלול המיכשור האסטרונומי המשמש לגילוי עצמים חיוורים אלו. גילויים של כוכבי לכת, חלקם סביב שמשות הדומות לשמש שלנו, עשוי לחזק את ההנחה כי קיומם של חיים במקומות אחרים ביקום אפשרי.

ההרצאה השנייה היתה הרצאתו של פרופ' אליה ליבוביץ', מנהל מצפה הכוכבים על שם וויז במצפה רמון. בהרצאתו השווה פרופ' ליבוביץ' בין האבו לוציה של חיים על פני כדור הארץ לבין השלבים בחיי הכוכבים, מלידתם ועד מותם והראה כי תהליך אבולוציוני הינו תהליך המתקיים ביקום גם בעצמים שאינם גופים חיים ואינו ייחודי לעולם הביולוגיה.

פרופ' עמנואל גרינגרד מאוניברסיטת בר אילן הרצה על חיים מלאכותיים - יצירה של מבנים מתמטיים במחשב המסוגלים להתקיים באופן עצמאי, להתרבות, להשתכלל ואף ליצור מעין תחרות הדומה לזו הנצפית בעולם החי, תחרות בה רק צורות החיים העדיפות שורדות. תוכנות מחשב שמסוגלות באופן עצמאי, ללא התערבות המתכנת, לבצע את הפעולות האלו, הינן הבסיס ליצירת בינה מלאכותית במחשבים ובכך לאפשר למין האנושי לצעוד צעד גדול לקראת הפיכת עולם הרובוטים החושבים של ספרות המדע הבדיוני למציאות יומיומית.

ד"ר יואב בן דב מהמחלקה לפילוסופיה באוניברסיטת תל אביב הרצה בנושא הכאוס והראה כי בטבע יש נטיה ליצור מבנים מורכבים מתוך מערכות שלכאורה אינן מאורגנות. המבנים המסודרים, שהחיים הינם אחת הדוגמאות למבנה שכזה, הינן תוצר ספונטני של הטבע

נהג כבוד רב באורח שהסתכן והגיע, בגפו, לגוב האריות.



חטיבת NEO's

בישיבת הוועד שנתקיימה ב- 8 למאי, הוחלט על פתיחת חטיבה חדשה באגודה הישראלית לאסטרונומיה. החטיבה תעסוק בנושא גרמי שמים הקרובים לכדור הארץ (NEO's) ובראשה יעמוד אילן מנוליס. מטרתה העיקרית של החטיבה הוא גיוס מימון לחקמת מצפה ממוחשב שתכליתו לסרוק את השמיים במטרה לגלות גרמי שמים קרובים (ראה מאמר בגוף החוברת).



אתר האינטרנט

אתר האינטרנט מתמלא תוכן וכעת יוכלו החברים לדלות מהאתר את נושאי ההרצאות במצפה הכוכבים וחיידוש נוסף הוא מגיד הרקיע שיתווסף לאתר.

כתובת האתר :

<http://www.cet.ac.il/~science/space/iaa/iaa/html>



הכרה בקורסי אסטרונומיה במצפה לצורך גמול השתלמות

האגודה הישראלית לאסטרונומיה ומצפה הכוכבים של עירית גבעתיים שמחים לבשר כי קורסים במצפה הכוכבים אושרו לצורך גמול השתלמות של מורים. מורים המעוניינים להשתתף בקורסים ולקבל נקודות לצורך גמול השתלמות מוזמנים להתקשר למשרדי האגודה.



קורס הכרת השמיים

בשעה טובה ולאחר הפסקה של מספר שנים, ייפתח שוב במצפה הכוכבים בגבעתיים קורס הכרת השמיים. בין הנושאים - קבוצות הכוכבים, כיפת השמיים, שימוש בטלסקופ ובמצלמת CCD. הקורס ייפתח במהלך הקיץ. לפרטים - טל. 03-5722227 בשעות הבוקר ולבקש את הגבי שוני לוטן

✦

לאחר שהנוכחים שמעו על הסכנות האורבות מצד גרמי שמים, הם שמעו את הרצאתו של פרופי עקיבא בר נון, יו"ר החוג לגיאופיסיקה ומדעים פלנטריים באוניברסיטת תל אביב, שדנה באפשרות של קיום חיים על פני המאדים. פרופי בר נון סקר את התנאים האטמוספריים המצויים על פני כוכב הלכת האדום ואת ההרכב הכימי של קרקע המאדים. כמו כן, למדו הנוכחים על התגלית של אפשרות מציאת שרידי בקטריות במטאוריט אלן הילס שהגיע מהמאדים ועל הניסויים שבוצעו לפני שני עשורים על פני המאדים בעזרת שתי חלליות הוויג'ר. אם ציפה הקהל לבשורה חד משמעית בדבר קיום חיים על המאדים הרי שהצהרה כזו לא נמסרה אך בהחלט ניתן היה להבין ששכנו האדום, גם אם יתברר כי הוא צחיח ותסר חיים לחלוטין, יתכן ופסע היה בינו לבין האפשרות שגם הוא יתהדר בצורות חיים משלו, ולו גם פרימיטיביות ביותר.

לאחר ההרצאה יצאו הנוכחים לארוחת צהריים ולאחריה שמעו את הרצאתו של אבשלום אליצור מהחוג לפיסיקה של אוניברסיטת תל אביב בדבר הפיסיקה של החיים. אבשלום אליצור נגע בהגדרות הפילוסופיות של המושג חיים ובניסיון לתחום את המהות של אורגניזם חי בהגדרות פיסיקליות. בהמשך ההרצאה, הראה אבשלום אליצור כי אם תיתכנה צורות חיים אחרות במקומות אחרים ביקום, הרי שקשה להאמין כי יהיה דמיון ולו הקלוש ביותר בין לבין צורות חיים הקיימות על כדור הארץ. לפיכך, דמיונם של יצורי הסרטים הבדיוניים והעב"מולוגים המתארים את היחוצנים כיצורים דמויי אדם, אינו עשיר כפי שנדמה.

את הכנס נעל פאנל בהנחייתו של אבשלום אליצור ובהשתתפותו של דוד רוט, עורך המדור יתיקי X, במקומו זמן תל אביב ויגאל פת-אל, יו"ר האגודה הישראלית לאסטרונומיה. שני המתדיינים התגוששו מילולית תוך כדי שהקהל מקשה קושיות, כיאות לשבוע לפני חג הפסח, בנושאי עב"מים והאפשרות כי גם על פני כדור הארץ אנו לא לגמרי לבד. את הפאנל פתח פרופי עקיבא בר נון שהראה סרט וידאו ובו נראים שני עב"מים כשרים למהדרין חגים לחם מעל הכנסת בירושלים. לקהל שהופתע לגלות כי אחד המתנגדים המושבעים לתופעת העב"מים עבר למחנה חיריב נכונה אפתעה: פרופי בר נון גילה שהסרט הוא זיוף ביתי שצולם על ידו במסרטת וידאו בביתו.

הפאנל שהתנהל לאחר מכן היה ברמה תרבותית, תוך ששני הצדדים נוהגים כבוד איש ברעהו וכי הקהל והמנחה ניהלו את הדיון על מי מנוחות אם כי שני הצדדים טענו את טיעוניהם בלהט וכצפוי, איש מהם לא השתכנע בצידקת הטיעונים של הצד שכנגד. מאחר וחלק מהנושאים שהועלו על ידי הקהל נגע בהתעלמות של המוסדות האקדמיים בארץ ובעולם ניתן בהחלט לציין כי האגודה הישראלית לאסטרונומיה גילתה פלורליזם בכך שנתנה במה לנציג מחנה יריב וכי הקהל

פעילויות האגודה

הרצאות במצפה הכוכבים גבעתיים

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

אלברט כליפא	חיים וסיכוייהם במערכת השמש	5 ליוני
מנחם בן עזרא	הפסיכולוגיה של התמיסה	12 ליוני
נעם קרן	תחנות החלל כאמצעי לכיבוש החלל	19 ליוני
יגאל פת-אל	צבירי גלאקסיות ומבנים גדולים ביקום	26 ליוני
חן אופק	בעיות באבולוציה	3 ביולי
שאול סתר	הרעיונות המדעיים בשימוש לא מדעי	10 ביולי
נעם קרן	חיפוש חיים מחוץ לכדור הארץ	17 ליולי
עודד אברחם	הפיסיקה של STAR TREK	24 ליולי
אמיר מרון	אבולוציה בריאה ומקריות	31 ליולי
יגאל פת-אל	מטרות מטאורים ומטר הפרסאידים	7 לאוגוסט
ערן אופק	חורים שחורים ענקיים במרכזי גלקסיות פעילות	14 לאוגוסט
מנחם בן עזרא	הפסיכולוגיה של ההמון	21 לאוגוסט
אמיר מרון	היבטים מרכזיים בהתפתחות האדם	28 לאוגוסט

ימי שלישי וחמישי במצפה הכוכבים בגבעתיים

תצפיות לקהל הרחב מדי יום שלישי וחמישי תתקיימו החל מהשעה 15:20. במצפה טלסקופים בקוטרים 20 ס"מ, 30 ס"מ ו-40 ס"מ. כל ערב ינתן חסבר שמים כללי ולאחריו יינתנו הסברים כמפורט להלן:

כוכב הלכת מאדים, קבוצת אריה וסרטן	3, 10 ליוני
כוכב הלכת מאדים, קבוצת הדובה הגדולה	17, 24 ליוני
כוכב הלכת מאדים, נוגה, קבוצת רועה הדובים, כתר צפוני והרקולס	1, 8, 15 לאוגוסט
כוכב הלכת מאדים, נוגה, גלקסיות, קבוצת בתולה, קבוצת עורב	22, 29 לאוגוסט
כוכב הלכת מאדים, צבירים פתוחים בקבוצת סרטן	5-3 ליוני
כוכב הלכת מאדים, כוכבים כפולים בקבוצת סרטן ואריה	12-10 ליוני
הירח, מאדים, גלקסיות בקבוצת אריה	19-17 ליוני
מאדים, כוכבים כפולים בקבוצת הדובה הגדולה	26-24 ליוני
נוגה, מאדים	3-1 ליולי
נוגה, מאדים, כוכבים כפולים בקבוצת רועה הדובים	10-8 ליולי
נוגה, הירח, מאדים, קבוצת כתר צפוני	17-15 ליולי
נוגה, מאדים, צבירים כדוריים בהרקולס וכלבים ציידים	24-22 ביולי
נוגה, צבירים כדוריים בקבוצת נושא הנחש	31-29 ביולי
צבירים פתוחים בקבוצת עקרב וקשת	7-5 לאוגוסט
הירח, צדק, כוכבים כפולים בקבוצת ברבור	14-12 לאוגוסט
צדק, ערמיליות פלנטריות בגבל ובברבור	21-19 לאוגוסט
צדק, אורנוס, נפטון, צבירים פתוחים בברבור ובקבוצת מגן	28-26 לאוגוסט

דמי כניסה - 13 ש"ח

לפרטים נוספים, טל. 03-5722227 בשעות הבוקר

לחברי האגודה 6.5 ש"ח

פעילות במקווה ישראל בחולון

מצפה הכוכבים בבית הספר החקלאי במקווה ישראל בחולון מקיים תצפיות לקהל הרחב בימים א' ו-ד'. במקום נמצא טלסקופ בקוטר 15 ס"מ. מחיר כניסה להרצאה - 10 ש"ח (לחברי האגודה 5 ש"ח).

כל כוכבי אור, כרך 24 גליון 3



קוסמוס

המרכז הגדול בארץ לצורכי אסטרונומיה ומדע

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

E:MAIL: cosmos@goldnet.net.il

טלפון: 03-6724303 פקס 03-5799230

מבצע לחברי האגודה

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

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

בקרו באתר Meade באינטרנט - www.meade.com

למבקשים לטייל בחו"ל

☆ 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 דג'יל והליך פיתוח סטנדרטי.

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

לחברי האגודה במחיר מבצע מיוחד !

ו...המבחר הרגיל

- ☆ פלנטריומים מקצועיים תוצרת GOTO יפן
- ☆ פוסטרים, שקופיות, תוכנות, מפות, אטלסים ומיטב ספרי האסטרונומיה
- ☆ 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

שביט הייל-בופ

שביט הייל בופ הולך ומתרחק וזו העת להתחיל ולעשות מספר סיכומים מדעיים ראשוניים שמאספו בעת הופעתו בימות האביב.

גרעין השביט

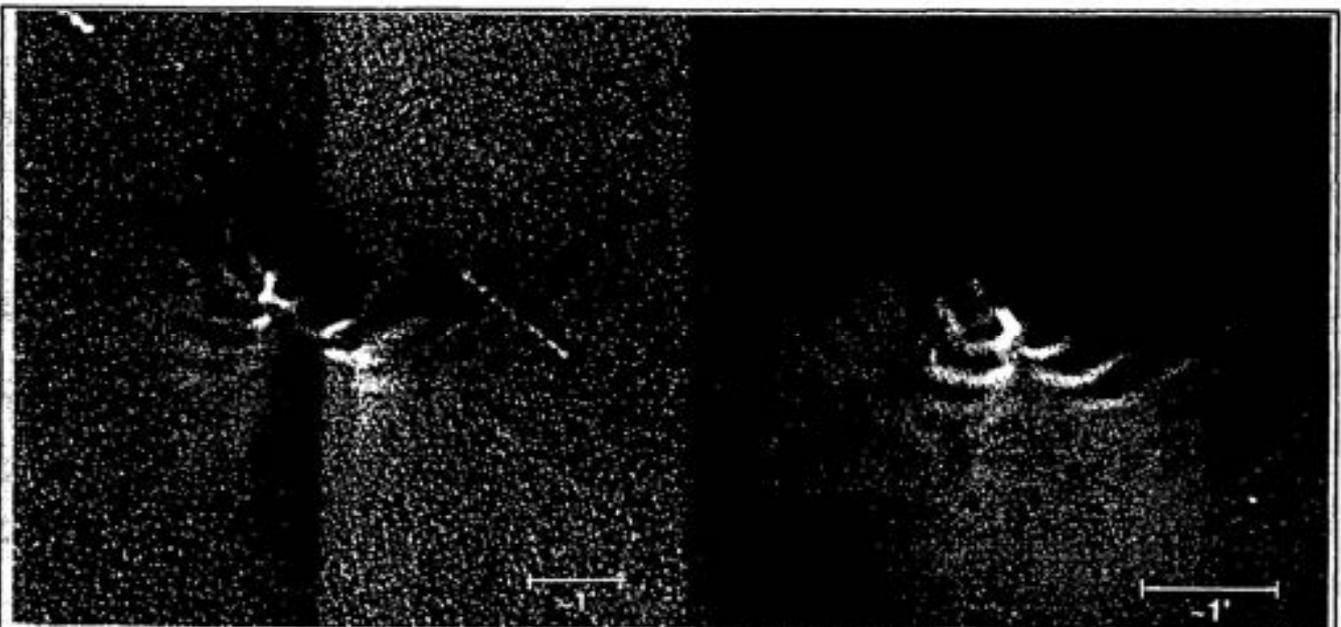
שביט הייל בופ הינו אחד מכוכבי השביט הגדולים שמוכרים. מאחר שאין אפשרות לצמת בגרעין השביט ישירות, יש להעריך את גודל הגרעין על פי מספר פרמטרים תצפיתיים. על פי בהירותו של השביט בעת שהיה מרוחק כ- 6 יחידות אסטרונומיות מכדור הארץ, הוערך גודל הגרעין ב- 40 ק"מ לפחות. הערכה זו התבססה על הבהירות יוצאת הדופן של השביט במרחק זה. על מנת להגיע לעוצמת אור כה גדולה במרחק כה רב על השביט להיות מרשים ויוצא דופן בגודלו. (לשם השוואה, גודלו של שביט האלי הוא 16 ק"מ על 8 ק"מ). מאידך, כאשר פעילות השביט ירדה במרחק של 3 עד שתי יחידות אסטרונומיות מחשמש, הביעו מספר חוקרים את ההשערה כי בהירותו של השביט במרחק כה רב עשויה היתה להיות פועל יוצא של התפרצות ולא דוקא של שביט עצום מימדים. (ראה כל כוכבי אור, כרך 24 גליון 2 עמ' 61).

על סמך קצב פליטת החומר שנצפה סמוך למעבר השביט בפריהליון (הנקודה הקרובה ביותר במסלולו לשמש), גודל הגרעין נאמד בלפחות 30 ק"מ. הערכה זו מתבססת על קצב פליטת ההידרוקסיל (OH) של השביט.

על פי המדידות התצפיתיות, קצב פליטת המים של השביט הגיע לערך שנע בין 64 ל- 100 טון בשניה אחת. קצב פליטת האבק על ידי השביט, שנמדד במחצית פברואר היה 400 טונות בשניה אחת. (דויד שליכר - David Schleicher, מצפה לוול). על פי שליכר, קצב פליטת האבק גדול פי 200 מאשר נפלט על ידי שביט האלי בשנת 1986 ופי 100 מאשר נפלט על ידי שביט היאקוטיקיי אשתקד. קצב פליטת המים גדול פי 20 מאשר נצפה בשביט האלי ופי 50 מאשר נצפה בשביט היאקוטיקיי. קצב כזה של פליטת מים ואבק מחייב שטח פנים מינימלי של השביט המתאים לגרעין שגודלו 30 ק"מ לפחות.

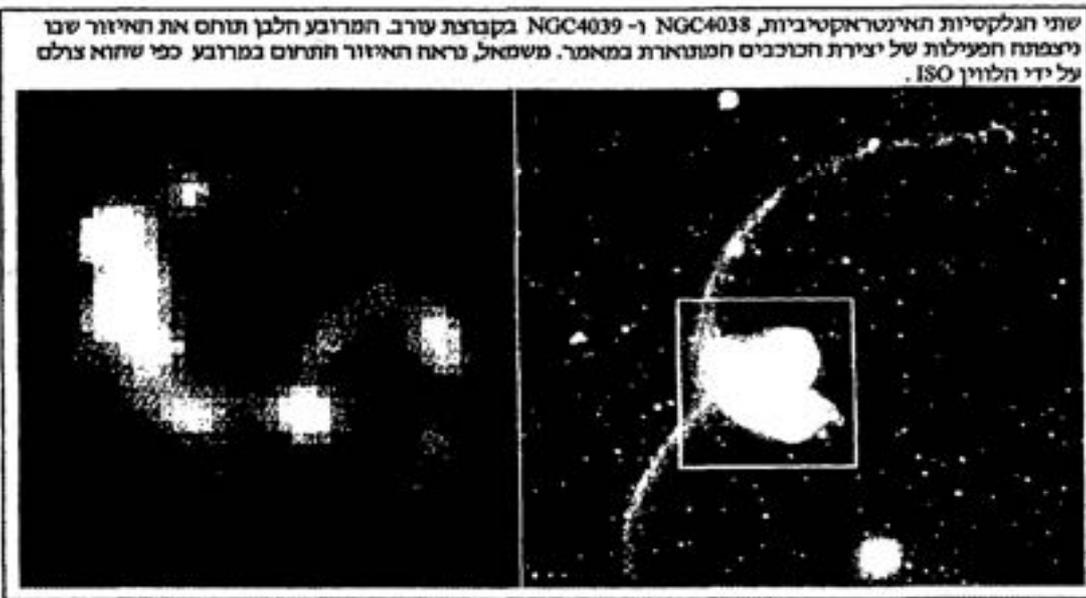
סיבוב השביט סביב צירו

מדידות ראשוניות של סיבוב השביט סביב צירו אמדו את קצב הסיבוב של השביט בכמה ימים עד כמה שבועות. בסוף שנת 1996 נמסר על מדידות שאמדו את קצב סיבוב הגרעין של השביט ב- 18 עד 25 יום. מדידות שבוצעו במצפה הכוכבים בגבעתיים, הראו שקצב סיבוב



שתי תמונות של שביט הייל-בופ כפי שצולמו על ידי גיימס דח יונג בעזרת הטלסקופ בקוטר 24 אינץש במצפה חימי האמריקאי ב- 20 לפברואר (תמונה ימנית) וב- 23 לפברואר (תמונה שמאלית).

השביט סביב צירו הינו בסדר גודל של מספר שבועות. קצב הסיבוב שנמדד על ידי מיה בוסטן עמד על 30 יום. מדידה זו התבססה על תצפיות אופטיות של העתקת המיקום של הסילונוט שנפלטים על ידי גרעין השביט. גם אם הדיוק של של המדידה אינו גבוה מאוד, עדיין התוצאה נכונה בתחום של 20% והיא מצביעה על סדר הגודל שבו השביט סובב סביב צירו. באותה עבודה לא נמצאה עדות לכך כי קיימת העתקה של מיקום הסילונוט בתחום של מספר שעות.



שתי הגלקסיות האינטראקטיביות, NGC4038 ו-NGC4039 בקבוצת ערב. המרובע הלבן תוחם את האיזור שבו ניצפתה הפעילות של יצירת הכוכבים המונגרת במאמר. משמאל, נראה האיזור התחום במרובע כפי שהוא צולם על ידי הלויין ISO.

יצירת כוכבים בגלקסיית האנטנה ?

גלקסיית האנטנה בקבוצת ערב, הנראית בימים אלו מעל האופק הדרומי בשעות הערב, מורכבת משתי גלקסיות אינטראקטיביות, NGC4038 ו-NGC-4039. המעבר הקרוב של שתי הגלקסיות זו בתוך זו, יצר כוחות גאות שכתוצאה מהם נוצרו שני סילונוט של גז ואבק שנפלטים בכיוונים מנוגדים ומעניקים לצמד הגלקסיות את שמן המיוחד. בנקודת המפגש של שתי הגלקסיות יש כמויות אבק וגז הנדחסות ומתחממות כתוצאה מההתנגשות. כתוצאה מכך, יש באיזור ההתנגשות יצירת כוכבים מוגברת. למסקנה הזו הגיעה קבוצת חוקרים בראשותו של לורן ויגרו (Laurent Vigroux) מהמרכז הלימודים של סקליי בצרפת. הקבוצה צפתה על שתי הגלקסיות באמצעות הלויין לקרינה תת אדומה (ISO) באורכי גל של 6.7 ו-15 מיקרון. איזור המפגש של שתי הגלקסיות תורם למעלה ממחצית הקרינה התת אדומה של הגלקסיות ומקורו באבק המתחמם כתוצאה מחקרניה של כוכבים צעירים שנוצרו 'זה עתה'. הממצאים פורסמו בגליון 10 לנובמבר של Astronomy & Astrophysics.

שכנה חדש לשביל החלב

לקבוצה המקומית של הגלקסיות, אותה קבוצת גלקסיות המונה כ-30 גלקסיות המרוכזות סביב שתי הגלקסיות הספירליות הגדולות, שביל החלב והגלקסיה באנדרומדה, נתווספה חברה חדשה. החברה החדשה היא גלקסיה אליפטית ננסית, שמידותיה הן 4000 על 6000 שנות אור והיא מונה בסך הכל כמליון כוכבים. על הגילוי בישרו מיכאל אירוויין (Michael Irwin) מהממצפה המלכותי הבריטי בגריניץ' שעבד בשיתוף עם אלן וויטינג וג'ורג' חיו (Alan Whiting, George Hau) מאוניברסיטת קיימברידג'.

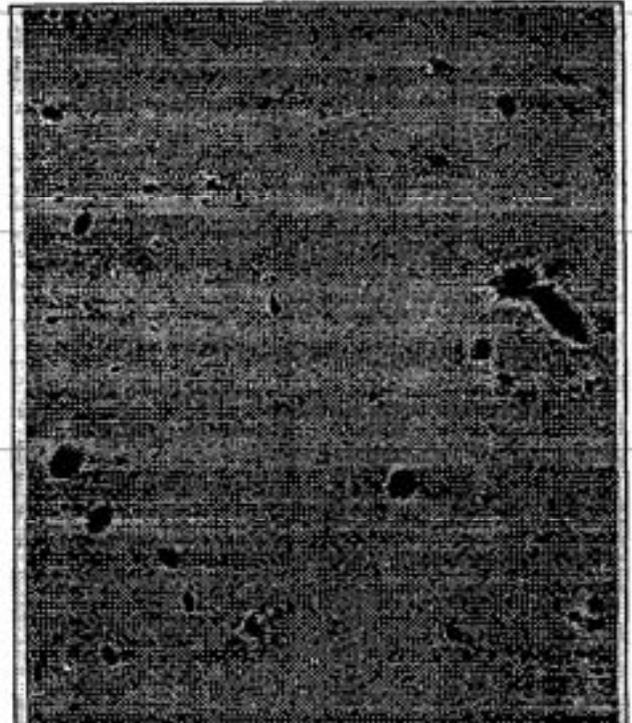
מכאן, מפתיעה התוצאה שנתקבלה בשיטה דומה על ידי ז'אן לקשו (Jean Lecacheux) הצרפתי ועמיתיו בסדרת תצפיות בממצפה פיק דו מידי בצרפת. התוצאה שנתקבלה היתה שהשביט משלים סיבוב סביב צירו אחת ל-11.47 שעות בלבד. הקבוצה מדדה את ההעתקה במיקומו של אחד הסילונוט בעזרת טלסקופ 40 אינטש. תוצאה זו נתמכה על ידי סדרת תצפיות ובהן נראה השביט זורק חומר בתנועה המזכירה ממטרה.

כתוצאה מזריקת החומר המסיבית, נוצרו סביב הגרעין מספר חזיתות גל הלם בכיוון השמש (ראה איור). חזיתות אלו שנראו כטבעות התאבכות, נצפו היטב גם בעזרת טלסקופים קטנים. מדידות שבוצעו בטלסקופ המצוי בפרובנס בצרפת הראו שטבעות האבק מצויות במרחק של 150 אלף ק"מ מהגרעין בכיוון השמש וכי הן מתרחקות ממנו במהירות של 300 מטר בשניה.

אף על פי שהדבר ייראה כסתירה, ייתכן והמדידה של מחצית היממה של קצב סיבוב עשויה לאשש את המדידות שבוצעו שנה קודם לכן ואמדו את קצב הסיבוב של השביט סביב צירו אחת למספר שבועות. באף תצפית מהתצפיות המוקדמות לא נצפו סילונוט משמעותיים כמו שני הסילונוט שנצפו סמוך לפריהליון וקצב יצירת חומר כה מסיבי כמו זו שהביאה לתופעת הגלים שנוצרה על ידי שני הסילונוט. ייתכן וסמוך לפריהליון נוצרו שני סילונוט שפלטו גז ואבק בקצב גדול בכמה סדרי גודל מאשר נפלט שנה קודם לכן. סילונוט אלו האיצו בהכרח את מהירות הסיבוב של השביט סביב צירו והביאו למהירות סיבוב של 11.47 שעות בלבד.

מאתר שאין מדידות רבות של קצב סיבוב השביט סביב צירו במרחק של 2 יחידות אסטרונומיות ויותר, יישאר קצב הסיבוב שלו במרחק זה בבחינת תעלומה.

הגלקסיה הננסית מצויה במרחק של 3.3 מיליון שנות אור מעימנו, כמיליון שנות אור רחוק יותר מאשר הגלקסיה הגדולה באנדרומדה אך היא יוצאת דופן לא רק במרחקה הרב: מלבד גלקסיה אחת, גלקסיה ננסית המצויה בקבוצת טוקנה, כל יתר הגלקסיות בקבוצה המקומית נתונות לחשפעת הכבידה של אחת משתי הגלקסיות



תמונת תשליל של האזור המרוחק של הגלקסיות כפי שצולם באמצעות המצלמה לשדה עמוק שסותקנת בטלסקופ החלל ע"ש האבל (Hubble) על פי ניתוח התוצאות מתברר, כי היקום שזיה בגיל הצעיר בכמהצית מגילו היום, אוכלס בעיקר בגלקסיות קטנות וקומפקטיות.

הגדולות בקבוצה. לפיכך, גילוייה של הגלקסיה השוכנת בקבוצת הכוכבים הדרומית אנטליה (משאבת מים), עשוי ללמד את החוקרים רבות על המבנה והדינמיקה של הגלקסיות בקבוצה המקומית.

אל נבכי העבר

האם התפלגות הגלקסיות ביקום לפני מיליארדי שנים הייתה שונה מהתפלגותן ביקום כיום? לכאורה, הדרך לענות על שאלה זו הינה פשוטה ביותר: כל שיש לעשות הוא לצפות ביקום הצעיר ולבצע מדידה סטטיסטית של סוגי הגלקסיות אז ולהשוות להתפלגותן הסטטיסטית כיום. אולם אין הדבר פשוט כל כך; אם ברצוננו להשוות את היחס בין מספר הגלקסיות הננסיות לגלקסיות הינורמליות אזי גם כיום יש קושי רב לצפות בגלקסיות קטנות המצויות במרחק רב, על אחת כמה וכמה אם הן מצויות במרחקים של מיליארדי שנות אור.

הפתרון הגיע הודות לטלסקופ החלל של האבל והשימוש במצלמת השדה העמוק שלו - Hubble Deep Field (HDF). בעזרת טלסקופ החלל ניתן לצפות רחוק בזמן

כל כוכבי אור, כך 24 גליון 3

ומרחב, עד למרחקים בהן היה היקום בגיל השווה לכמה אחוזים מגילו הנוכחי. במשך 10 ימים סקר טלסקופ החלל אזור שמים ובו למעלה מ-3000 גלקסיות, שהחיוורות ביניהן הינן בבחירות 30, שעוצמת אורן הינן החלק ה-10 מיליארד מעוצמת אורו של הכוכב החיוור ביותר שניתן לראותו בעין חבלתי מזויינת. בעזרת הטלסקופים הענקיים במפתח 10 מטר המצויים במצפה קק (Keck), נותח הצבע של גלקסיות ומכאן יכלו האסטרונומים להעריך מהי ההסתחה לאדום של הגלקסיות הנבדקות ולמצוא את מרחקן מעימנו. אורן של הגלקסיות הנבדקות הוא כה קלוש ושני הטלסקופים הענקיים של מצפה קק הצליחו בקושי רב להעריך רק את מרחקן של 100 גלקסיות מאלו שצולמו על ידי טלסקופ החלל של האבל.

על ידי לימוד של הגלקסיות שהיו מצויות ביקום בעת שהיה בגיל השווה למחצית גילו כיום, נראה שבעת ההיא מספרן של הגלקסיות הננסיות היה גדול יותר יחסית לגלקסיות הינורמליות. נשאלת, אם כן, השאלה, מה עלה בגורלן של כל אותן גלקסיות ננסיות מאז ועתה ומדוע שכוחותן פחתה.

לשאלה זו ישנן שתי תשובות: קבוצה אחת של אסטרונומים מאמינה כי הגלקסיות הננסיות התמזגו אט אט ונבלעו בגלקסיות ספירליות או בגלקסיות האליפטיות גדולות שפשוט גדלו ותפחו על חשבון הגלקסיות הננסיות. שרידים לכך נראים ככתמים בהירים בזרועות הגלקסיות הספירליות. המתנגדים לדעה זו טוענים כי הכתמים הבהירים הינם אזורים שבהם נוצרים כוכבים צעירים. כתמים אלו חמים וקורנים יותר מאשר הממוצע ולפיכך הם זוהרים. המתנגדים טוענים כי יתכן ולגלקסיות הננסיות פשוט לא היו עתודות גז ליצירה רציפה של כוכבים חדשים ולפיכך, ברגע שאזל מלאי הגז, נותרו הגלקסיות עם כוכבים אדומים וחיוורים, זוהרן ירד ולפיכך הן פשוט דעכו ונעלמו בחשכת היקום. כך או כך, יש להמתין לתצפיות מפורטות יותר על מנת להבין מה היה הרכב היקום בימי ילדותו ובחרותו.

חיים על אירופה?

אירופה, הירח השני בסדרת הירחים הגליליאניים של כוכב הלכת צדק אינו יורד מן הכותרות. המעברים של המקפת גלילאו, שנשלחה לעבר כוכב הלכת צדק, סמוך לירחים, מספק למדענים היושבים במעבדה להניע סילוני (JPL) מקור תעסוקה רב. התמונות ששיגרה גלילאו במעברה ב-20 לפברואר השנה אל כדור הארץ ששותרו על ידי נאס"א לפירסום ב-7 באפריל, עשויות לספק את החוכחה הטובה ביותר בדבר קיומם של תנאים העשויים לאפשר התפתחות חיים.

התמונות ששיגרה גלילאו צולמו במרחק של כ-500 ק"מ מלבד מפניו של אירופה, הירח הצהבהב של צדק. על פניו של אירופה נראים קרחונים עצומים סדוקים שכנראה צפים על אוקיינוס אדיר שמכסה את כל פני השטח של הירח. קרחונים אלו נסדקים ומתרחקים זה מזה. יש לזכור כי על פניו של אירופה אין אטמוספירה ולפיכך

ברם, חיזוק לטענה כי המדובר באסטרוואיד דווקא מגיעה מכיוונו של וודימיר סווסטוב (Vladimir V. Svestov), מהמכון לדינמיקה גאוספרית שבאקדמיה הרוסית למדעים. סווסטוב פרסם בגיליון 24 לאוקטובר של הירחון Nature את מסקנותיו. על פי סווסטוב, אסטרוואיד העשוי מסלע או המכיל פחמן (קונדריטיים פחמניים), ישרף בגובה של 15 עד 20 ק"מ מעל פני הקרקע. המהירות הרבה שבה נכנס גרם השמיים לתוך האטמוספירה תיצור חום רב וחום זה יצור את תופעת כדור האש שנראית כאשר גרם שמים כזה נכנס לאטמוספירה. כדור האש יהיה אפוף גזים להטים שישמרו על רסיס הסלע המצוי בפנים. בינתיים, גרם השמים יתפרק לאינספור רסיסים קטנים שמרביתם יתאדו לפני שיגיעו לפני הקרקע. עם זאת, מעריך סווסטוב כי רסיסים מעטים נמלטו מאותה מעטפת אש וכי הם עשויים להימצא בחורשות הרבות המקיפות את איזור הפגיעה.

מה גילו של פומלהו

פומלהו, α בקבוצת דגים דרומיים הינו אחד מהכוכבים מטיפוס A שסביבו נתגלתה טבעת אבק, העשויה ליצור מאוחר יותר כוכבי לכת סביב הכוכב. (שני כוכבים בולטים נוספים הם הכוכב β בקבוצת צייר וכן הכוכב γ , הכוכב הזוהר ביותר בקבוצת נבל. כוכבי A צעירים הינם כוכבים שמסתם הינה פי שניים או שלוש ממסת השמש והם כנראה החסם העליון לכוכבים שסביבם עשויה להיווצר טבעת אבק בעת היווצרותם. הקרינה העזה של כוכבים חמים יותר לא תאפשר, כנראה, יצירה יעילה של טבעות אבק סביב הכוכב. לפיכך, ישנה משמעות רבה לגיל כוכבי סוג A צעירים שסביבם קיימת טבעת אבק אך יש קושי לאמוד את

הסיבה היחידה לשבירת הקרחונים והתרחקותם זה מזה היא מים נוזלים המצויים מתחת לקרחונים. כמו כן, קיום של מים מתחת קרחונים פרושו קיום מקור חום המאפשר למים להימצא במצב הצבירה הנוזלי. קיום של חום ומים בכפיפה אחת הינו אחד התנאים העשויים לאפשר יצירת מיקרואורגניזמים.

התמונות ששיגרה גלילאו מראות ים אדום המצופה קרח בעובי של קילומטר. בתוך הים האדום נראה קרחון שקוטרו כמה ק"מ. על פי די"ר גיסלר (Paul Geisser) מאוניברסיטת אריוונה, הצבע האדום של הים נגרם כתוצאה מבוץ המצוי בתוך המים. ריצרד טריל, מהמעבדה לחניע סילוני סביר כי בתחתית האוקיינוס, שעומקו מוערך בכ- 97 ק"מ. מצוייה שכבה של חומר אורגני. תחתית האוקיינוס קרובה יותר למקור החום המצוי בתוכו של אירופה. ייתכן והתנאים המצויים בתחתית האוקיינוס דומים לאלו המצויים בקרקעיות האוקיינוסים של כדור הארץ. חיים אלו אינם צורכים אור שמש או אוויר והם מתקיימים הודות לחום הנפלט על ידי הרי געש המצויים על קרקעית האוקיינוסים.

כך או כך, למדענים המטפלים בעיבוד המידע הרב המשוגר מגלילאו יש תעסוקה רבה אך קרוב לוודאי שלא יהיה מנוס לשלוח חללית מיוחדת שתחקור את אירופה, שכפי הינו המועמד המוביל להיות בעל הסיכויים הטובים ביותר לאכסן חיים מחוץ לכדור הארץ.

סונגוסקה מחכה לצידי מטאוריטים

הארוע של נפילת גרם שמים בטונגוסקה שבסיביר ב-30 ביוני 1908, הינו אחד הארועים החמורים ביותר של קטסטרופה שמימית שארעה לכדור הארץ מאז החל התיעוד של ארועים אסטרונומיים. יחד עם זאת, המרחק של איזור הפגיעה, רחוק מכל איזור ישוב לא איפשר תיעוד מיידי של איזור האסון מיד לאחר הפגיעה, למרות שכדור האש שחצה את השמיים נראה בכל רחבי אירופה. עוצמת הפגיעה היתה כמה מיליוני מגאטון.

בשני העשורים הראשונים התגבשה הדעה כי הארוע היה כתוצאה מפגיעה של גרם שמים קטן כלשהוא בכדור הארץ, אלא שהמדענים נחלקים בדעותיהם באשר לטיבו. משלחות רבות שביקרו באיזור הנידח החל מכמה שנים אחר הארוע ועד היום לא גילו כל שרידים לאותו גרם שמים. אחת האסכולות טוענת כי המדובר ברסיס של כוכב שביט, כנראה השביט המחזורי אנקה והאחרת טוענת כי המדובר באסטרוואיד קטן. הקבוצה הטוענת כי המדובר בשביט תומכת את טיעוניה בעובדה כי כוכב שביט העשוי רובו ככולו מים יתאדה כתוצאה מהחום הרב שנוצר עם כניסתו לאטמוספירה ולפיכך לא ניתן לצפות למצוא שרידים כלשהם.



סדק בין קרחונים על מניו של אירופה. צולם ב-20 לפברואר, בעת שגלילאו חלפה מרחק של 580 ק"מ בלבד מפני של אירופה.

בפריטים. בתצפיות שנערכו בשנתיים האחרונות, הצליחו גייסון פן (Jason Pun) ממרכז החלל גודארד ורוברט קירשנר (Robert Kirshner) ממרכז הרוארד סמית'סוניאן לאסטרונומיה, לצלם את צורת הענבל המפתיעה שגודלה כעשירית שנת אור, המורכבת משתי בועות מתרחבות. "זוהי הפעם הראשונה שאנו מסוגלים לצפות בגיאומטריה של הפיצוץ ולקשר אותה לגיאומטריה של מערכת הטבעות הזוהרת סביב הסופרנובה", אומר פן. "התמונות יכולות לתת רמזים חשובים בדבר הדינמיקה של הסופרנובה ושל מבנה הכוכב שנשאר".

חורים שחורים בגלקסיות

אסטרונומים העורכים מחקר על גלקסיות קרובות הגיעו למסקנה כי לרוב המכריע של הגלקסיות חור שחור במרכזן. החורים השחורים, שגודלם משתנה בין כמה מיליונים לכמה ביליונים של מאסות שמש, חיממו בעבר קוואזרים ועתה שוכנים בשקט במרכז הגלקסיות.

בעזרת טלסקופ החלל האבל וטלסקופ קנדה-צרפת-הוואי בהוואי, קבוצת אסטרונומים בראשות דאגלס ריצ'יסטון מאוניברסיטת משיגן חקרו 15 גלקסיות. מתוך אלה, נראה כי ל-14 יש חורים שחורים ענקיים. הקבוצה לקחה ספקטרום של גרעיני הגלקסיות בהפרדה גבוהה בכדי למדוד את בהירות הכוכבים באזור. עליה חדה במהירותם לכיוון מרכז הגלקסיה מעידה על

הימצאות גוף סופר-מאסיבי במרכז-חור שחור.

בנוסף למציאת חורים שחורים סופר-מאסיביים בכמעט כל גלקסיה גדולה שנחקרה, האסטרונומים מצאו גם שמאסת החור השחור פרופורציונית למאסת הגלקסיה כולה. דבר זה מצביע על כך שהתפתחות החור השחור קשורה להוצרות והפתחות הגלקסיה. הם מסיקים כי מספר החורים השחורים ומאסתם הנצפית הייתה מספיקה בכדי ליצור קוואזר.

"אנו מאמינים שאנחנו צופים בקוואזרים מאובנים ושרוב הגלקסיות בזמן

גילם. חוקרים מהמרכז ההרוורד-סמית'סוני לאסטרונומיה הצליחו למדוד את הגיל של הננס הכתום, Gliese 879, שכנראה מקיף את פומלהו. כוכב זה נע במהירות זהה ולאותו כיוון אליו נע פומלהו ושני הכוכבים יוצרים כפי הנראה מערכת פיסיקלית אחת. החוקרים העריכו את גילו של Gliese 879 בכ-200 מיליון שנה בלבד. גיל זה הינו צעיר במונחי התפתחות כוכבים ועשוי להסביר את הימצאות דיסקת האבק סביב הכוכב, דיסקה שממנה עשויים, אולי, להיווצר כוכבי לכת.

סופרנובה 1987A מתבהרת

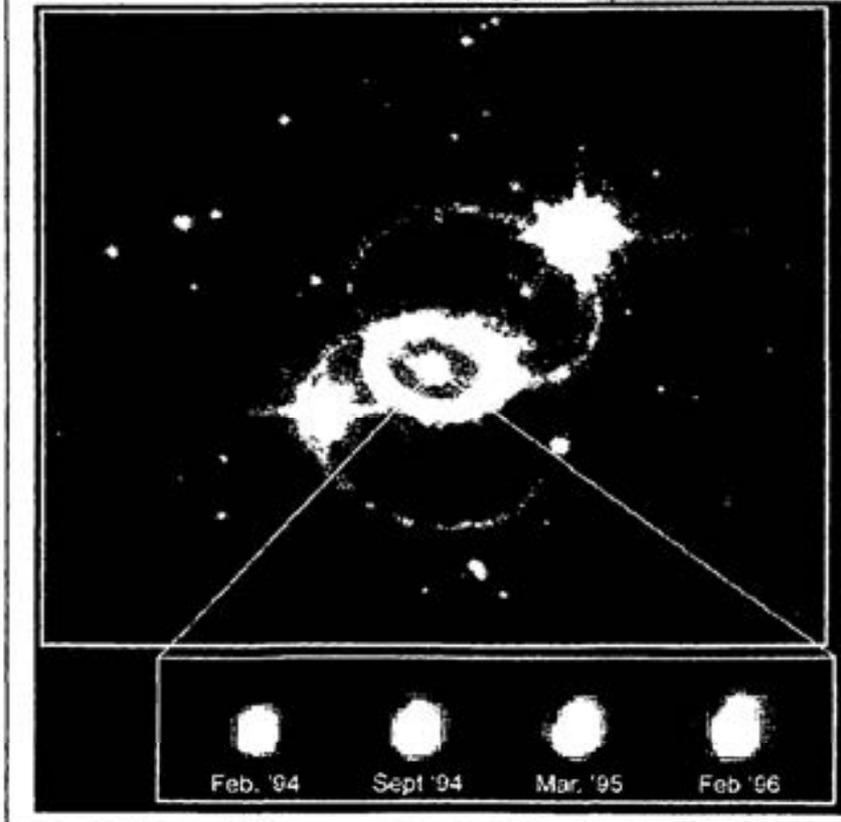
כעשר שנים לאחר הופעתה הראשונה בשמי הדרום, סופרנובה 1987A נשאר מוקד עניין לאסטרונומים רבים. בתור הסופרנובה הבהירה והקרובה ביותר מאז המצאת הטלסקופ, סופרנובה 1987A שבען המגלני הגדול מציעה לאסטרונומים הזדמנות פז לבחינת ההתפתחות של כוכב שהתפוצץ. תצפיות שנערכו לאחרונה מאשרות את ההתחלה של הלידה מחדש הצפויה, שאמורה לחכיל באלף את בהירותה.

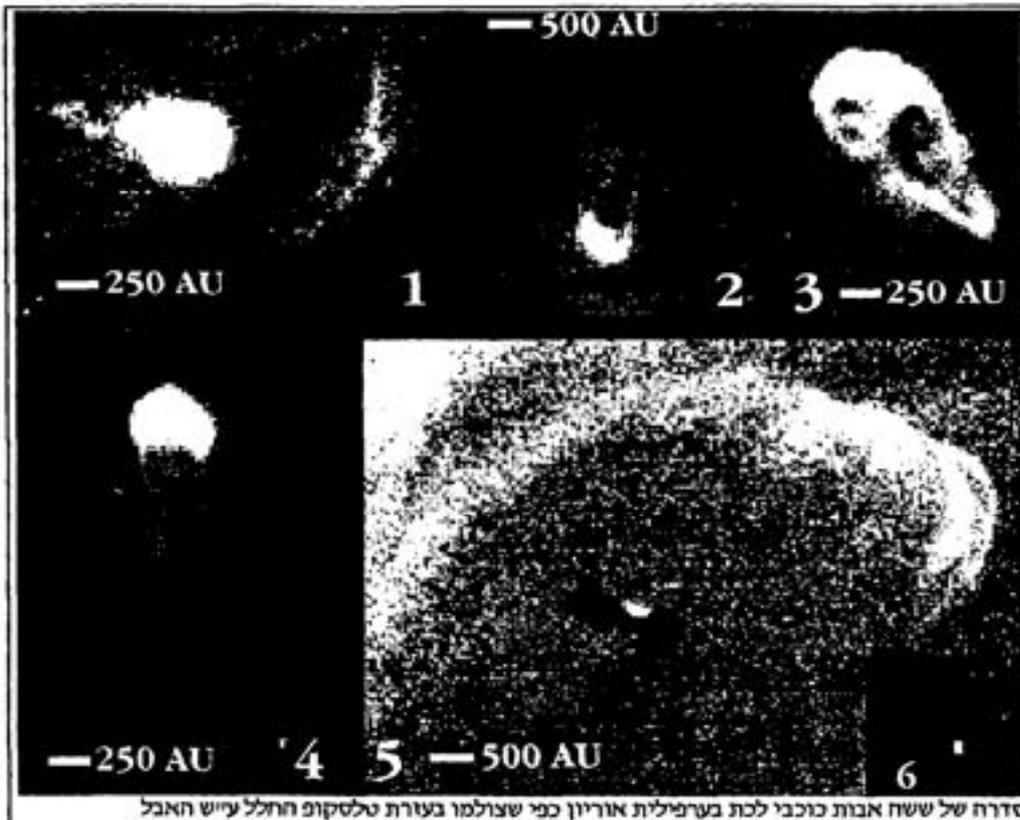
הכוכב אינו עומד להתפוצץ בשנית. במקום זאת, החומר המועף מהסופרנובה יתנגש עם חומר ששותרר באיטיות על ידי הכוכב עשרות אלפי שנים לפני הפיצוץ. הרמז הראשון לכך הופיע לאחרונה בעליה בקרינת X ורדיו. המופע האמיתי יגיע רק בעוד 10 שנים לפחות, על פי קזימיר בורקובסקי (Kazimierz Borkowski) ועמיתיו

מאוניברסיטת צפון קרוליינה. אז החומר החדש יתנגש בעוצמה רבה בטבעת הגז הצמופה הרבה יותר, ויצית בעירה שאמורה לגרום לסופרנובה להתבהר פי אלף. (החומר החדש עף במהירות של 8 מיליון קמ"ש בהשוואה למהירות הטבעת הגזית-32000 קמ"ש). אף על פי שההתבהרות לא תחזיר לסופרנובה את זוהרה השמימי מ-1987, היא תגיע לכל היותר לבהירות 13, המראה יהיה נהדר דרך טלסקופ גדול.

החומר החדש גדל מספיק לאחרונה בכדי שעניו החדש של טלסקופ החלל האבל (HST) תבחין

סדרה של ארבע תמונות של מרכז שארית סופרנובה 1987 A במרווח זמן של שנתיים, כפי שצולמו באמצעות טלסקופ החלל עייש האבל.





סדרה של ששה אבות כוכבי לכת בערפילית אוריון כפי שצולמו בעזרת טלסקופ החלל עייש האבל

מסוים בערו בכחירות כקוואזרים, " אומר ריצ'רד טון. מסקנות אלו מתאימות לתצפיות קודמות מהאבל שקוואזרים קיימים ברוב הגלקסיות, מגלקסיות יחידות נרמליות עד זוגות מתעשות. יעילות המחקר של החורים השחורים תגבר בהרבה עם הכנסת השיפורים בהאבל. הספקטרוגרף על גבי האבל יכול לקחת בו זמנית ספקטרום מכמה מקומות על אובייקט אחד, דבר המקצר בהרבה את הזמן הדרוש לחקירת גלקסיה בודדת.

שאריות מלידת שביל החלב

עננים מסתוריים של מימן המקיפים את גלקסיית שביל החלב הם כנראה שאריות מהווצרות החבורה המקומית ויכולים לשמש כחומר גלם ליצירת דור כוכבים חדש. עננים אלו בבלו אסטרונומים רבים מאז גילויים ב-1963. רוב המימן בשביל החלב שוכן תוך הדיסק, שם הוא סובב באיטיות סביב המרכז ביחד עם הכוכבים והאבק. אך ה"עננים המהירים" נעים במהירויות גבוהה מכדי להיות חלק מהגלקסיה. חלק מעננים אלו נראים כאילו הם נופלים לתוך הגלקסיה, בעוד שאחרים נראים כנעים הרחק ממנה.

לאו בליץ מאוניברסיטת קליפורניה בברקלי ועמיתיו מארה"ב וחולנד ניתחו מידע מתצפיות רדיו חדשות, תצפיות קודמות מחלווין לקרינת רקע קוסמית (Cosmic Background Explorer) וטלסקופ החלל האבל. הם מצאו שהעננים המהירים גדולים יותר, רחוקים יותר ומאסיביים יותר ממה שחשבו בעבר. למעשה, נראה כי העננים סובבים סביב מרכז המאסה של צביר הגלקסיות המקומי, קבוצה של יותר מ-30 גלקסיות הנשלטות על ידי שביל החלב וגלקסיית אנדרומדה. החוקרים הריצו תוכנה ששחזרה את ההיסטוריה של החבורה המקומית וגילתה שהחבורה המקומית יכלה לספק את מיקומם ומחירותם של העננים. דבר זה מצביע על כך שהעננים שאנו רואים היום הם כנראה שאריות מלידת החבורה המקומית כולה. רובם של העננים בהדמיה נבלעים על ידי אחת משתי הגלקסיות, כלומר יכולים לשמש כחומר גלם ליצירת כוכבים חדשים. זה מנחם ממני שבקצב הנוכחי של יצירת כוכבים, שביל החלב תחסל את מלאי הגז שלה ליצירת כוכבים חדשים בתוך מאה מיליון שנים, קריצת עין ביחס לשעון הזמן הקוסמולוגי.

לאו בליץ מאוניברסיטת קליפורניה בברקלי ועמיתיו מארה"ב וחולנד ניתחו מידע מתצפיות רדיו חדשות, תצפיות קודמות מחלווין לקרינת רקע קוסמית (Cosmic Background Explorer) וטלסקופ החלל האבל. הם מצאו שהעננים המהירים גדולים יותר, רחוקים יותר ומאסיביים יותר ממה שחשבו בעבר. למעשה, נראה כי העננים סובבים סביב מרכז המאסה של צביר הגלקסיות המקומי, קבוצה של יותר מ-30 גלקסיות הנשלטות על ידי שביל החלב וגלקסיית אנדרומדה. החוקרים הריצו תוכנה ששחזרה את ההיסטוריה של החבורה המקומית וגילתה שהחבורה המקומית יכלה לספק את מיקומם ומחירותם של העננים. דבר זה מצביע על כך שהעננים שאנו רואים היום הם כנראה שאריות מלידת החבורה המקומית כולה. רובם של העננים בהדמיה נבלעים על ידי אחת משתי הגלקסיות, כלומר יכולים לשמש כחומר גלם ליצירת כוכבים חדשים. זה מנחם ממני שבקצב הנוכחי של יצירת כוכבים, שביל החלב תחסל את מלאי הגז שלה ליצירת כוכבים חדשים בתוך מאה מיליון שנים, קריצת עין ביחס לשעון הזמן הקוסמולוגי.

כוכבי לכת מתאדים באוריון

זה אירוני כאשר רוב התמונות האסטרונומיות היפות ביותר מראות את התהליכים האלימים וההרסניים

ביותר. תמונות חדשות של ערפילית אוריון מטלסקופ החלל האבל מראות דיסקות סביב אבות כוכבים הנחרסות ע"י כוכבים חמים ומאסיביים בקרבת מקום. באווירה ניטוחה יותר היו דיסקות אלו יוצרות כוכבי לכת. "זה די עצוב לראות את ההרס של דיסקות מוטו פלנטריות, דיסקות שכנראה לא ייצרו כוכבי לכת," אומר דאג ג'ונסטון מהמכון הקנדי לאסטרופיסיקה תאורטית.

הדיסקות ממוקמות במרחק של שנת אור מארבעת הכוכבים המרכזיים והחמים של ערפילית אוריון-הטרפזיום. כוכבי הטרפזיום, ובייחוד תטה C אוריון (הבחיר מהארבעה), מקרינים קרינת אולטרא סגול בעוצמה גבוהה. כאשר הקרינה מגיעה לחלקי החיצוניים של הדיסק היא מתחממת את הגז והאבק וגורמת להם "להתאדות". התהליך עובד ביעילות רבה- הדיסק נעלם אחרי מיליון שנה.

מודלים של התפתחות כוכבי לכת מנבאים כי לכוכבים ענקיים כצדק לוקח 10 מיליון שנה, כלומר אם כוכבי לכת ייווצרו באזור הא צריכים לחווצר מהר או בחלקיה הפנימיים של הדיסק. אך ג'ונסטון שומר על אופטימיות: "אני לא יכול למסול אפשרות לחיים בגלקסיה מפני שישנם אזורים רבים אחרים בהם נוצרות דיסקות וללא כוכבים גדולים וחמים על ידם."

מתחמם הויכוח על החיים במאדים

הטענה בדבר החיים על המטאוריט ממאדים ממשיכה ליצור מחלוקת בקרב מדענים. קבוצה אחת של מדענים טוענת כי מחקרם שולל את האפשרות של אורגניזמים זעירים שחיו פעם בתוך המטאוריט ALH84001. הקבוצה

מנאס"א שהודיעה על עדות לחיים בתוך ALH84001 אומרת כי דבר לא השתנה.

הארי מקסווין מאוניברסיטת טנסי, רלף הרווי מאוניברסיטת השמורה המערבית, וג'ון ברדלי מהמכון הטכנולוגי בג'ורג'יה, בדקו מגנטיט בתוך המטאוריט בעזרת מיקרוסקופ אלקטרוניס מתוחכם. הקבוצה מנאס"א קבעה כי יצורים חיים יכלו לצור את המגנטיט. הקבוצה של מקסווין מצאה מבנה ספירלי בתוך גבישי המגנטיט. בכדור הארץ, מבנה כזה של מגנטיט נראה רק במגנטיט שנוצר בתוך לועות וולקניים בטמפרטורות של 900°C עד 1600°F . חיים בצורה שאנו מכירים לא יכולים להתקיים בתנאים אלו, עובדה שלדעת מקסווין ועמיתיו מטילה בספק הימצאות חיים בעבר ב-ALH84001.

דיויד מאקיי ממכון ג'ונסון של נאס"א, ראש הקבוצה מנאס"א, מתנגד "המגנטיט שמקסווין, הארווי ובראדלי מצאו וצילמו הוא לא זה שאנו מצאנו. דבר זה לא מכריע לצד זה או אחר. אני די מוטרד מהעובדה שעל סמך מחקר אחד הכריזו על חיים במאדים כמתים. זה מסובך ביותר ואין תשובות פשוטות וקלות. לדעתי האישית היא שנצטרך להביא דגימות קרקע ממאדים לפני שנקבל תשובה חד משמעית לצד זה או אחר."

לראות את קצוות החור השחור

למתנגדים הספורים שנתרו, עדויות חדשות מראות שחורים שחורים הם אמיתיים. קבוצה ממכון הארוורד סמיתסוניאן לאסטרופיסיקה דווחה על עדות לקיום של אופק מאורעות, הגבולות החיצוניים של החור השחור. אופק המאורעות מוגדר כאזור שממנו שום דבר, אף לא אור, יכול לברוח ממנו. לכל דבר החולף דרך אופק המאורעות ישנה רק דרך אחת- אובדן לעולמי עולמים.

הקבוצה מתארוורד, בראשות ראמש נאריאן (Ramesh Narayan), מבססת את מסקנותיה על תצפיות על נובות

קרני X, כוכבים ביטאריים פולטי קרינת X (X Ray Binaries) הכוללים כוכב נורמלי ושותף קומפקטי בלתי נראה (חור שחור או כוכב נייטרונים). עצמות כוח המשיכה החזקה של הגוף הקומפקטי מושכת גז מהכוכב הנורמלי, היוצר דיסקת ספיחה מסביב לגוף הקומפקטי. לפי קבוצתו של נאריאן, הגז בדיסקה מתחמם לטמפרטורה של טריליון מעלות קלוין. הגז נופל לבסוף לתוך הגוף הקומפקטי. אם הגז פוגע בכוכב נייטרונים הוא גורם לשחרור של קרני X. אך אם הגז נופל לתוך אופק המאורעות של חור שחור הוא נעלם מהיקום.

תצפיות ב-9 נובות X מחלווין היפני ASCA מראות שב-5 מערכות שבחן נראה כי לגוף הקומפקטי פחות מ-3 מאסות שמש, המאסה המקסימלית לכוכב נייטרונים, ישנה פליטה גבוהה מאוד של קרני X. אך ב-4 המערכות האחרות, בחן לגוף הקומפקטי יותר מ-3 מאסות שמש, מעל המסה המקסימלית לכוכב נייטרונים, פליטת קרני ה-X מינימלית, כאילו שהגז בדיסקת הספיחה נעלם. נאריאן מצביע על מערכת אחת בייחוד: V404, ברבור: "הכוכב הזה נראה כבולע פי 100 יותר אנרגיה מזו שהוא מלט. דבר זה יכול לקרות רק אם הוא חור שחור."

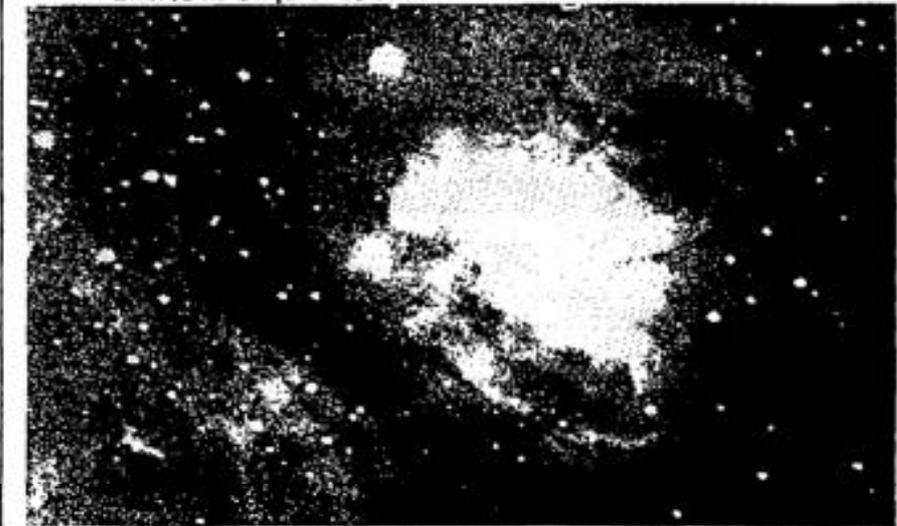
יצירת כוכבים בערפילית M8

הערפילית המאירה M8 (ערפילית הלגונה). בקבוצת קשת היא את מהמראות היפים הנגלים לצופה בשמיים בשמי הקיץ. היא מצויה מעט מזרחית לגבול שבין קבוצת עקרב לקשת, מזרחית לשני הצבירים הפתוחים הבהירים M7 ו-M6 ביזנב' העקרב. למביטים בטלסקופ או במשקפת שדה קטנה, תראה הערפילית ככתם ערפילי מוארך, שבמרכזו צביר כוכבים בהיר.

ערפילית הלגונה היא מערך של איזור HII (מימן מיון) ואבק מולקולרי צפוף, שמצוי במרחק של 5000 שנות אור, על דיסקת שביל החלב. ערפילית זו, כמו גם ערפילית הנשר (M16) בקבוצת מגן והערפילית הגודלה באוריון (M42), היא מן הסתם בית יולדות עצום של כוכבים צעירים. הכוכבים המסיביים יותר שבין היולדים, הינם כוכבים כחולים וחמים מטיפוסים O ו-B, שקרינתם העזה היא תמאירה את הערפיליות וגורמת להן להראות לעינינו בשלל צבעי הקשת. הקרינה העזה של הכוכבים הצעירים והחמים דוחסת את הגז והאבק ומשמשת זרז ליצירת כוכבים נוספים.

לפני למעלה משנה, צולם אחד האזורים שבערפילית על ידי המצלמה בעלת השדה הרחב והמצלמה הפלנטרית המוצבות על גבי טלסקופ החלל עייש האבל. התמונה עובדה על ידי אדלין קולט (Adeline Caulet) מהמצפה האירופאי הדרומי והתוצאה, בה נראים העננים המולקולריים הכהים הדחוסים על רקע אזורי המימן המיון, מוצגת על גבי הכריכה הקדמית של החוברת. ■

ערפילית הלגונה, כפי שצולמה על ידי מיכל נגות ואסף ברוולד ממצפה הכוכבים של גבעתיים, בעזרת טלסקופ בקוטר 12 אינץ', מדגם Meade LX200 שעבד ביחס מוקד f/6.3 ומצלמת CCD מדגם SBIG ST6. התמונה מורכבת מ-15 תמונות של 30 שניות זמן חשיפה כל אחת.



NEOs

אילן מנוליס



"מה זה בכלל NEOs?"

"מדוע זקוקה האגודה לקבוצת תצפית של NEOs?"

אלו ואחרות הן מן הסתם שאלות אשר יצוצו כאשר יגיע לידך גליון זה של "כל כוכבי אור", ובו הידיעה כי האגודה הקימה קבוצת תצפית של NEOs ואשר החתום מטה התבקש לעמוד בראשה ולרכז את פעילותה. מאמר נוקדים זה יסביר את נטרות ההתארגנות החדשה, הרקע להקמותה, הפעילות אותה היא מעונינת לבצע ודרכי פעולתה.

השמש. לטבעם של גופים אלו, הרכבם, הסיבה להמצאותם באותן רצועות ותכונותיהם יוקדש פרק נפרד.

אולם לא כל הגופים הללו, המונים טריליונים רבים, מקיפים את השמש באופן אחיד. קבוצות של אסטרואידים מקיפות את השמש במסלולים קרובים יותר לכדור-הארץ מאשר הקבוצה הראשית ברצועת האסטרואידים. במקביל, קורה ושביט עוזב את מעטפת אורט ומתחיל במסע אל פנים מערכת השמש, כאשר בקרבתו אליה הוא מפתח את ההילה והזנב המרהיבים, אותם הודמן לכולנו לראות בשנה שעברה בדמות השביט חיקוטקיי (Hyakutake) והשנה בדמותו של השביט הייל-בופ (Hale-Bopp).

כאשר מסלול הגופים הללו מביאם לקרבת מסלולו של כדור-הארץ באופן שקיימת סכנת התנגשות, מכונים הם אז **גופים לוכחי-ארץ**, או **Near-Earth Objects** (NEOs). הכינוי הקולקטיבי לכל הגופים הללו, אם-כן, הוא קיצור שמש באנגלית, וכך אכנה אותם להבא בסדרת המאמרים שבכוונתי לפרסם כחלק מן הפעילות של קבוצת ה-NEOs באגודה.

במהלך ההיסטוריה והאבולוציה ארעו התנגשויות רבות של NEOs בכדור-הארץ, וחשאיירו את חותמם, אם בצורת מכתשי פגיעה כגון מכתש המטאור באריזונה (Baringer Meteor Crater) ואם ברשומות ההיסטוריות

המודעות לכך כי אנו חיים על מטרה נעה - קרי כדור-הארץ - במטווח קוסמי לא חדרה בקלות לתודעה הכללית, ובקושי רב אף יותר בקרב הקהילה המדעית על כל הדיסציפלינות שבה. מחקרים מתקדמים אשר נערכו בעשרים השנים האחרונות, הבנה מעמיקה ומבוססת של עובדות אשר לא ניתן להן הסבר מניח את הדעת עד כה ומספר אירועים אשר התרחשו במהלך אותה תקופה של שני העשורים האחרונים הביאו להכרה כי כדור הארץ פגיע, ועמו כל הביוספירה שעל-פניו. הסכנה לובשת פנים בדמות גופים אסטרונומיים מוכרים לכל - אסטרואידים ושביטים.

אסטרואידים ושביטים, המכונים לעתים "הגופים הקטנים במערכת השמש", או "planetesimals" בלועזית, אינם מהווים בעיה עבורנו כל עוד הם מקיפים את השמש במסלוליהם הקלאסיים. עבור האסטרואידים זוהי **רצועת האסטרואידים הראשית** (Main Asteroid Belt) המצויה בין מסלולו של כוכב הלכת מאדים לזה של צדק, במרחק ממוצע של בין 2 ל-4 יחידות אסטרונומיות מן השמש (יחידה אסטרונומית אחת = המרחק הממוצע של כדור הארץ מן השמש = 150,000,000 ק"מ בקירוב). השביטים מצויים בשני אזורים - **רצועת קויפר** (Kuiper) המצוייה מעבר למסלולו של כוכב הלכת נפטון, במרחק ממוצע של בין 30 ל-100 יחידות אסטרונומיות מן השמש, ו**עננת אורט** (Oort) שהינה מעטפת כדורית (ספרית) במרחק ממוצע של בין 30,000 יחידות אסטרונומיות לשנת אור אחת מן

של האולוגיה של הפלנטה שלנו, המתעדות סדרות של הכחדות המוניות של מינים רבים של בעלי-חיים באופן פתאומי. הכחדות אלו משויכות היום, על-סמך הידע שנצבר בשנים האחרונות, לתוצר הלואי של התנגשויות מעין אלו. המפורסמת שבהן היא ההכחדה החמונית של הדינוזאורים, אשר התרחשה לפני כ- 65 מיליון שנה, והמכונה **אירוע ה-K/T** (The K/T Event). גם נושאים אלו יובהרו בסדרת מאמרים זו.

גם המאה שלנו חזתה באירועים הדרמטיים של התנגשויות. האירוע המוכר **כטונגוסקה (Tunguska)** אשר אירע בשנת 1908 באזור סיבירי נידח ואשר נגרם מהתפרקותו של אסטרואיד קטן או שבר שביט בגובה נמוך באטמוספירה, והביא לנוק רב לשטח של למעלה מ- 2,000 קמ"ר באזור היער מעליו אירעה ההתפרקות, הוא אחד מהם. השני, והדרמטי אף יותר אם כי לא אירע על-מני כוכב הלכת שלנו, היה התנגשות שברי השביט **שומקר-לוי 9 (Shoemaker-Levy 9)** בכוכב-הלכת צדק, אשר אירעה במהלך מספר ימים החל מן ה- 16 ליולי, 1994.

מן המחקר שנערך לאחר אירועים אלו ומחקרים נוספים שנעשו במקביל, הלכה והצטיירה בביור התמונה כי אכן כדור-הארץ פגיע. הוא "הופצץ" בעבר, ולדאבונו כך יהיה גם בעתיד. אלא שקיים הבדל עקרוני בין פגיעת NEO לבין אסונות הטבע אותם אנו מכירים מחיי היום-יום, כגון התפרצויות הרי-נעש, רעידות אדמה, גלי צונמי וכי. בעוד נזקם של האחרונים, גם אם הוא גדול הינו מקומי, הרי שבמקרה של התנגשות עם NEO גדול הנזק יכול להיות גלובלי, ואף להעמיד בסכנה את קיום כלל המין האנושי. לא אכנס בשלב זה לדיון מקיף בסיכוי הסטטיסטי של התרחשות אירוע מעין זה, הסבר זה יימסר במאמר קרוב. מספיק אם אציין כי משערים שנמצאים כ- 2,000 **אסטרואידים אשר מסלולם חוצה את זה של כדור הארץ (Earth-Crossing Asteroids (ECAs))**, ואשר קוטרם גדול מ- 1 ק"מ. התנגשות עם גוף בגודל כזה יכולה לגרום לנוק גלובלי אשר עלול להביא להכחדת המין האנושי ומינים נוספים. כיום ידועים למדע (כלומר זהו ומסלולם מופה) כ- 170 מתוכם, הווה אומר קצת פחות מ- 10%, יתרם עדיין לא זוהה. התנגשות עם גוף שקוטרו מעל 1 ק"מ מתרחשת בממוצע אחת ל- 100,000 עד 1,000,000 שנים.

בניגוד לאסונות טבע ארציים, אותם אין בכוחנו למנוע (ובקושי לצפות מראש בשלב זה), הרי דווקא במקרה של התנגשויות עם NEOs, במידה וההתראה תהיה מוקדמת דיה, ניתן יהיה למונעה. אך בטרם נדון באפשרויות ההגנה, עלינו להבין טוב יותר את הסכנה שלפנינו. לצורך כך החל בשנים האחרונות מאמץ מרוכז של ניסיון לרדת לשורש הבעיה. המחקר הראשון בנושא זה, אשר חוגש בשנת 1992 לקונגרס האמריקאי על-ידי סוכנות החלל האמריקאית (NASA), הוגדר כפרוייקט **"משמר החלל"** (The Spaceguard Survey: Report of the NASA International Near-Earth-Object Detection Workshop), ואיפיון ארבעה שלבים בלימוד הסכנה:

• הערכת גודל הסכנה (Hazard Assessment)

- סקר ה- NEOs (NEOs Survey)
- קביעת המסלול ומעקב (Orbit determination and follow-up)
- הדיפת או הכחדת הגוף המסכן (Deflection or annihilation of potentially hazardous objects)

השלב הראשון הושלם, ויובחר במהלך המאמרים הקרובים. השלב החשוב כרגע הוא השני, העוסק בלימוד והכרת הגופים המסכנים את כדור-הארץ. לצורך מאמץ זה הוקמו מצפים מיוחדים, העוסקים אך ורק בנסיון לאתר ולמפות את אותם גופים. ביניהם ניתן לציין את פרוייקט **"תצפית החלל"** (Spacewatch), אותו מוביל **טום גהרלס (Tom Gehrels)**, ופרוייקט NEAT (Near-Earth Asteroid Tracking) בראשות **אלינור הלין (Eleanor Helin)**. בפרוייקטים אלו משתמשים בציד דיגיטלי מתקדם, כגון מצלמות CCD, על-מנת לגלות את אותם אובייקטים. קדמו להם מספר פרוייקטים בהם השתמשו בבלטות צילום רגילות, רובם בעזרת מצלמת השמידט (Schmidt Camera) במצפה הר פלומר (Palomar Mountain Observatory).

באופן מעניין, הוכח לאחרונה כי ניתן לתרום משמעותית למאמץ זה גם בעזרת ציוד שאינו בהכרח בידי אסטרונומים מקצועיים. גם קבוצה קטנה, בארץ שאינה ברוכה במשאבים כספיים, יכולה לתרום רבות מאחר וכה מעט נעשה בנושא על-ידי אסטרונומים מקצועיים. לצורך כך הוחלט להקים קבוצת תצפית של האגודה, אשר תרכז את הפעילות בנושא בארץ. בכך מקדימה האגודה קבוצות חובבים בארצות אחרות, אשר רק כעת מתחילות להכיר בחשיבות הנושא.

הפעילות של קבוצת התצפית ב- NEOs תתמקד בפעילויות הבאות:

1. קידום המחקר בנושא בארץ.
2. מאמץ להקמת מצפה לגילוי NEOs בארץ, בשיתוף פעולה בין האגודה לבין אסטרונומים מקצועיים.
3. החדרת המודעות לנושא בציבור הישראלי.
4. העמקת הידע של חברי האגודה בנושא ה- NEOs.

במאמר ראשון זה ניסיתי לפתוח צוהר אל נושא מרתק זה. מאמרי הבאים ידונו בפירוט רב יותר בגופים הנדונים, בסכנה אותה הם מהווים לכולנו, בדרכים להתמודד איתה ובחוקרים העוסקים במדע זה. אגב, כל המונחים אשר הובאו בגוף מאמר זה **מודגשים** יובהרו במאמרים אלו בהרחבה.

בברכת שמיים צלולים לכולם,

אילן מנוליס

על כוכבי שביט

מיה בושתן¹

הופעתו של שביט הייל-בופ בשמי ישראל וחצו כדור הארץ הצמוני הייתה מאורע אסטרונומי מרשים שייחרט היטב בזיכרון. הודות לבהירותו הגבוהה מאוד של השביט, היו רבים מאוד שותפים לחוויה של תצפית הבלתי אמצעית בתופעה אסטרונומית יוצאת דופן זו. כל שנותר בעת, לאחר ששביט הייל-בופ הולך ומתרחק מעמנו הוא להבין מעט ממסתוריהם של גרמי שמים אלו.

הוא מסמל רעות. שמו הלטיני של השביט הוא : Cometa, על פי צורתו : כוכב שער.

עדויות על הופעת שביטים קיימות כבר מלפני הספירה. לדוגמה : בשנת 44 לפני הספירה הופיע שביט וכמקובל באותם ימים נקשרה הופעתו להירצחו של יוליוס קיסר באותה שנה.

רק ב-1472 הייתה התייחסות ראשונה לשביט כאל תופעה אסטרונומית. האסטרונום הגרמני יוהן מילר הביא את עצמו לצפייה רגועה ושלוה בשביט. יוהן ציין את שינוי מיקומו של השביט ביחס לכוכבי השמים במשך כמה ימים התווה בשמים קו דמיוני שסימן את מסלול השביט. זו הייתה הפעם הראשונה שמישהו ניסה לעשות תצפית מדעית מעין זו על כוכב שביט.

משלב זה וחלואה החלו האסטרונומים לצפות בשביט ולחקור אותו. בשנת 1538 פרסם אסטרונום איטלקי בשם ג'ירולאמו פראקאסטורו ספר בו הוא קובע כי זנבם של השביטים פונה תמיד לכיוון הנגדי לשמש. ג'ירולאמו לא היה היחיד שעלה על חוקיות זו.

תצפיות היסטוריות על שביטים

עדויות על שביטים שחלפו מעל כדור הארץ קיימות כבר אלפי שנים. בעבר הופעה של שביט נחשבה כאות מבושר רעות וזאת משום שהשביטים לא נהגו לפי הכללים של שאר גרמי השמים. השביטים לא היו בעלי תנועה אחידה וסדירה, ולא היה ניתן לצפות את בואם ואת מראם. בחופעה אחת יכול השביט להיות בהיר ואילו שנתיים לאחר מכן יכול השביט להיות עמום ובקושי נראה.

בתקופה הקדומה הייתה חשיבות רבה לפענוח מסלולי גרמי השמים כך שיהיה ניתן לחזות את הופעתם. את הופעת השביטים לא היה ניתן לפענח ולחזות ולכן הם נחשבו כמבשרים ומתריעים על התקרבות מאורע תריג. בנוסף, צורתם של השביטים גם כן עוררה תרדה. לשביט בניגוד לשאר גרמי השמים היה עיגול זותר של אובך וזנב ארוך שהיה דומה לשיערן תפזור של הנשים חשוריות אבל מה שהוביל גם כן למסקנה שהשביט

יותר, בהירה יותר ומפורטת יותר ממה שראו ללא שימוש בטלסקופ.

היו מספר אסטרונומים שהסכימו עם התיאוריה של קפלר אך היו גם כאלו שלא. המדען האיטלקי, ג'ובני אלמונסו בורלי (1608-1679) טען כי לא יתכן שמסלולו של השביט הוא קו ישר כיוון שאז אין שום היגיון בתנועתו של השביט. לדעתו של בורלי יתכן כי השביט יגיע למערכת השמש בקו ישר יחסית, אך כאשר השביט יתקרב לשמש מסלולו יתעקם, וכיוון השביט ישתנה. לאחר הסיבוב מסלולו של השביט שוב יתיישר. בעצם מסלול השביט לפי בורלה דומה לאות U כלומר מסלול השביט הוא בעצם פרבולה. השביט לפי תיאוריה זו חוצה רק פעם אחת את מערכת השמש, הוא מגיע ממרחק אינסופי ומתרחק למרחק אינסופי. תיאוריה זו לא התקבלה אצל כל המדענים, כיוון שהיה קושי בקבלת הרעיון שהשביט מגיע ממרחק אינסופי ועוזב למרחק אינסופי.

במקום התיאוריה שמסלולו של השביט הוא בצורת פרבולה העלה מדען גרמני בשם אוטו פון גריקה (1686-1602) תיאוריה חדשה שאומרת שמסלולו של השביט הוא בעצם בצורת אליפסה ארוכה ושטוחה. תיאוריה זו של גריקה אמנם נחשבה למעניינת אך בשלב זה היא נראתה כחסרת תועלת כיוון שלא היה ניתן לחשב את מסלול השביט ולחזות את בואו, ולכן גם השביט לא נחשב עדיין כחבר אמיתי במערכת השמש. התיאוריה של גריקה התגלתה כנכונה לאחר מותו. בשנת 1687 פרסם מדען אנגלי בשם אייזק ניוטון (1727-1642) ספר, בו ניסח את חוק כוח הכבידה העולמי.

לפי חוקיו של ניוטון מסלולו של השביט יכול להיות אליפסה או פרבולה. ניתן לקבוע מהו מסלולו של שביט מסוים ע"י קביעת מרחק השביט מהשמש ומהירותו באותו מרחק. אם תנועת השביט היא איטית במידה מספקת אז מסלול השביט חייב להיות אליפסה ולא פרבולה. הנקודה הקרובה ביותר של השביט לשמש נקראת פריהליון, ואילו הנקודה הרחוקה ביותר נקראת אפליהליון.

האסטרונום האנגלי אדמונד האלי (1656-1742) היה הראשון שניסה לחשב מסלולו של שביט לאחר פרסום חוקי ניוטון. האלי ניסה לחשב את מסלולו של שביט בהיר שעבר בשמים בשנת 1682. חישוב המסלול היה דבר קשה מאוד והאלי נעזר גם בנתונים על שביטים אחרים שהוא הצליח למצוא. במהלך עבודתו של האלי על חישוב מסלול שביט ב-1682 הוא הבחין כי לשביט זה ולשביטים של שנת 1607, שנת 1531 ושנת 1456 יש אותו מסלול בשמים. האלי מצא כי בין הופעת שביטים אלו יש הפרש של 75 שנה בערך, והוא הגיע למסקנה כי שביטים אלו הם בעצם אותו שביט עצמו. האלי הסיק ששביט זה נע במסלולו של אליפסה ארוכה מאוד ולכן השביט מתגלה רק כל 75 שנה כאשר הוא מגיע לקצה הקרוב של האליפסה.

אסטרונומים נוספים ברחבי העולם עלו גם הם על חוקיות זו. זו הייתה הפעם הראשונה בה הצטיירו השביטים כגרמי שמים שאינם חסרי חוק וסדר לגמרי. השביטים החלו להראות בהדרגה כגופים אסטרונומיים רגילים. הפילוסוף היווני אריסטו, שחי בין שנים 322-384 לפני הספירה, לא חשב כך. אריסטו האמין כי כל גרמי השמים הם ברי חיזוי ומאחר שהשביטים אינם ברי חיזוי והוא הסיק, שהם אינם נמנים על גרמי השמים. לדעתו של אריסטו השביטים הם בעצם דליקות באטמוספירה העליונה שנמשכות פרק זמן מסוים הנע בין שבוע לחודשים. כיון שהשביט הוא בעצם דליקה באטמוספירה אז מרחקו מכדור הארץ קטן מאוד, קטן אפילו ממרחקו של הירח מכדור הארץ.

יוקרתו של אריסטו הייתה רמה מאוד, עד כדי כך שהשקפותיו היו מקובלות עוד אלפיים שנה לאחר מותו. בשנת 1577 החליט אסטרונום דני בשם טיכו ברהה (1546-1601) לנסות לקבוע מהו מרחקו של כוכב השביט שנצפה באותה תקופה מכדור הארץ. טיכו בדק מהו ריחוקו של השביט מכדור הארץ בעזרת שיטת הפרלקסה, והבדיקה הראתה שהשביט רחוק מהארץ במרחק הגדול פי ארבעה לפחות ממרחקו של הירח מכדור הארץ. ממצאו זה של טיכו ביטל את התיאוריה של אריסטו, כיוון שאם השביט הוא בעצם דליקה באטמוספירה אז השביט צריך להיות קרוב יותר ממרחקו של הירח מכדור הארץ. כמו כן ממצאיו של טיכו הוכיחו מעל לכל ספק, שהשביטים הם גופים אסטרונומיים בדיוק כמו כוכבי הלכת.

במהלך השנים הבאות השתנתה התפיסה בעולם לגבי יחסי כדור הארץ עם הכוכבים סביבו. עד לתקופה זו הדעה הרווחת הייתה כי השמש וכוכבי הלכת סובבים את כדור הארץ, כפי שהאמינו אריסטו והפילוסופים היוונים. אך בשנת 1543 פרסם אסטרונום פולני בשם ניקולואס קופרניקוס (1473-1543) ספר בו כתב, כי לדעתו השמש וכוכבי הלכת לא מקיפים את כדור הארץ אלא, כדור הארץ ושאר כוכבי הלכת מקיפים את השמש. גילוי של קופרניקוס הביא לשינוי בתפיסה העולמית ומאותה תקופה ועד היום אנו מדברים על "מערכת השמש".

בשנים הבאות עלתה השאלה מהו מסלולם של כוכבי השביט: האם הם נעים במסלול הקפה כמו כוכבי הלכת או שיש להם מסלול שונה? תצפיות שטחיות הראו כי מסלולו של השביט אינו דומה כלל למסלולם של כוכבי הלכת.

אסטרונום גרמני בשם יוהנס קפלר (1571-1630) ששימש כעוזרו של טיכו בשנותיו האחרונות, צפה בשביט בשנת 1607. בתצפיותיו השביט נראה לו כנע בקו ישר, לכן קפלר הניח כי השביטים באים ממרחקים גדולים מאוד, חוצים את מערכת השמש, ואחר נעלמים במרחקים הגדולים שבכיוון הנגדי. בשנת 1609 הורכב הטלסקופ הראשון ע"י גלילאו גלילאי (1564-1642). משנה זו ואילך יכלו הצופים בכוכבים לראות דברים בצורה חדה

האלי היסס במרסוס ממצאיו ברבים כיוון שרעיונו היה נועז ביותר, והוא בעצמו לא היה בטוח כל כך בממצאיו. לכן רק בשנת 1705, לאחר שהאלי סיים את כל החישובים והגיע למסקנה כי אכן ממצאיו נכונים, הוא פרסם את רעיונו. פרסומו של האלי כלל גם תחזית לחופעתו הבאה של השביט: האלי קבע כי השביט יראה שוב בשנת 1758.

האלי לא יכל היה להיווכח אם תחזיתו נכונה או לא, כיוון שהופעתו הבאה של השביט כפי שחזה הייתה אמורה להיות בשנה ה-102 לחייו והאלי מת לפני כן, בגיל 85. לכן בדיקת תחזיתו של האלי הוטלה על האסטרונומים הצעירים יותר. במהלך השנים עד לחזרתו המשוערת של שביט האלי החליטו שני אסטרונומים צרפתים בשם אלכסי קלוד קלרו (1765-1713) וג'וזף ז'רום ללנד (1732-1807) לעבור על חישוביו של האלי ולעבד את מסלולו של השביט בצורה יותר מדויקת. חישוביהם של שני אסטרונומים אלו העלו כי השביט יאחר קצת ויופיע רק ב-13 באפריל 1759 וזאת כיוון שכוחות המשיכה של כוכבי הלכת שבתאי וצדק, לידם הוא עובר, ישפיעו עליו. חישוביהם של שני אסטרונומים אלו היו קרובים לתוצאה שהתגלתה: השביט הגיע בסופו של דבר לפריהליון חודש לפני המועד שנקבע ע"י קלרו וללנד. חישוביהם לא היו מדויקים כיוון שחס לא היו מודעים לכוכבי הלכת המרוחקים יותר שגם להם יש השפעה על השביט. אך למרות חוסר הדיוק שלהם ובהתחשב במידע הרב שחסר להם, תוצאתם מרשימה מאוד.

התיאוריה של האלי הוכחה כנכונה ומשנת 1682 והלאה נקרא השביט "שביט האלי", ומועדי הופעתו בשמים היו ידועים. משלב זה ואילך השביטים נחשבו כתברים מן השורה במערכת השמש וניתן היה לחשב את מסלולם וכן את מועדי הופעתם של חלק מן השביטים. גם לאחר שהתברר כי השביט הוא בעצם כוכב מיוחד בעל מסלול אליפטי גדול ושניתן לחזות חלק מהופעותיו, הפחד ממנו לא נעלם. הפעם הפחד נבע מסיבה אחרת. זה לא היה פחד מן הסוג הקדמון ולא היו מעורבות בו דעות קדומות, הפחד אצל האדם נבע כעת מחשש כי השביט יתנגש בכדור הארץ. האנשים חששו שכיוון שיש כל כך הרבה שביטים חסיכי שאחד מהם יתנגש בכדור הארץ הוא גדול ולכן בכל פעם שעבר שביט קרוב לכדור הארץ עבר גל אימה על תושבי הכוכב שהיו מודעים למעברו.

קיים חשד שבעבר חלה כבר התנגשות בין חלק של שביט לכדור הארץ. ההתנגשות ארעה ב-30 ביוני 1908. ביום זה האיר כדור אש את השמים באזור מיוער ונידח במזרח סיביר ליד מקום הנקרא טונגוסקה. מיד לאחר שנראה כדור האש חלה התפוצצות אדירה וכל העצים ברדיוס של למעלה מ-30 קילומטר הומתו והוטחו ארצה, עדר של 1500 אילים שהיה במקום נמחה כליל ואדם שנמצא במרחק שמונים קילומטר הועף ארצה. לקח זמן עד שהצליחו להגיע למקום חוקרים כיוון שהגישה למקום קשה וכן זמן קצר לאחר ההתפוצצות פרצה מלחמת העולם הראשונה ובעקבותיה פרצה מלחמת האזרחים ברוסיה.



שביט האלי, כפי שנצפה בשנת 1910, 205 שנים בדיוק לאחר שאדמונד האלי הצליח לחשב את מסלולו.

לאחר מספר עשורים הצליחו להגיע למקום חוקרים. התיאוריה הראשונית של החוקרים הייתה, שמטאור גדול פגע במקום אך בדיקת ממצאי השטח הוכיחה תיאוריה זו כמוטעית כיוון שלא היו שרידי מטאוריטים באתר וכן לא נוצר מכתש במקום. לכן החוקרים הסיקו שההתפוצצות של העצם חלה באוויר. החוקרים ניסו לגלות מהו אותו עצם שהתפוצץ. הם תיארו לעצמם מה יקרה כאשר שביט יפגע בכדור הארץ וראו שפגיעת שביט תואמת את הפגיעה שהייתה בטונגוסקה. כאשר שביט קטן מתנגש בכדור הארץ, הוא חולף במהירות עצומה דרך האטמוספירה ומתחמם עד כדי כך שכל התומר הקרחי שלו מתאייד בבת אחת בהתפוצצות אדירה. לאחר ההתפוצצות לא נשאר דבר לפליטה מלבד אדים שמתערבבים עם האטמוספירה.

לאחר שחוקרים הגיעו למסקנה, שהפיצוץ בטונגוסקה ארע עקב פגיעת שביט, הם ניסו להעריך מה היה גודלו. חישוביהם העלו כי קוטרו של השביט שפגע בטונגוסקה היה כ-60 מטר בערך. רוב השביטים הם בעלי קוטר גדול בהרבה מ-60 מטר לכן החוקרים מעריכים שרק נתח של שביט פגע בטונגוסקה ולא שביט שלם. הנתח החוקרים הייתה שבהשפעת להט השמש בפריהליון נקרע נתח קטן משביט גדול ונתח זה התנגש בכדור הארץ, בטונגוסקה.

במקרה זה נתח קטן פגע בכדור הארץ וגרם להרס עצום, מה שגורם לתהות מה יקרה כאשר שביט שלם יפגע בכדור הארץ. יש חוקרים המאמינים ששביט גדול כבר פגע בכדור הארץ. הם משערים שההתנגשות ארעה לפני 65 מיליון שנה. עד לפני 65 מיליון שנה היו על כדור הארץ סוגים שונים של חיות: דינוזאורים וזוחלים שונים. אך לפני 65 מיליון שנה הושמדו כמעט כל החיות על כדור הארץ בפרק זמן קצר מאוד. מדענים העלו במהלך השנים מספר תיאוריות לגורם להיכחדות החיות. אחת התיאוריות היא ששביט גדול פגע בכדור הארץ וגרם להרס עצום בו ולהשמדת רוב החיות עליו.

קיומה של עננת אורט עונה על מקורם של השביטים ארוכי המחזור אך לא פותר את הבעיה, מהו מקורם של השביטים קצרי המחזור.

חגורת קוויפר:

בשנת 1951 העלה ג'רארד קוויפר את ההשערה כי מקורם של השביטים קצרי המחזור הינו בחגורה שטוח השל שביטים המצויה מעבר למסלולו של נפטון. עננת זו היא כנראה שרידיה של דיסקת הספיחה.

חלק מהשביטים קצרי המחזור הם שביטים ארוכי מחזור שמקורם הוא מעננת אורט, ועקב השפעות של כוחות המשיכה של כוכבי הלכת השונים, הם נקלעו בתוך מערכת השמש במסלול של שביט קצר מחזור. ממחקרים מסתבר כי מערכת השמש יעילה פי שלוש מאות לערך ביצור שביטים מאשר עננת אורט. מסתה של חגורת קוויפר היא 0.01 עד 1.0 ממסת כדור הארץ, ומספר השביטים בה הוא בין 10^8 ל- 10^7 .

סוגי שביטים:

שביטים קצרי מחזור-

מחזורם של שביטים מסוג זה נע בין מספר חודשים לעשרים שנה, ומקורם הוא בחגורת קוויפר שנמצאת מעבר למסלולו של נפטון. מסלולם של השביטים קצרי המחזור חוצה את מסלוליהם של כוכבי הלכת ולכן הם מושפעים מאוד מכוחות המשיכה של כוכבי הלכת, ומסלוליהם משתנים. (השפעת כוח המשיכה על השביט נקראת פרטורבציה - Perturbation).

השביטים קצרי המחזור נשחקים בשל מעבריהם התכופים סמוך לשמש. בכל מעבר חומר רב מגרעין השביט מתפזר בחלל והגרעין קטן, ולכן אורך החיים של השביטים קצרי המחזור קצר יחסית.

שביטים בעלי מחזור ביניים (intermediate period comets) -

שביטים אלו הם בעלי מחזור הנע בין עשרים שנה למאתיים שנה. הדוגמה לשביט בעל מחזור כזה הוא שביט האלי ומכאן כינויים "שביטים מסוג האלי". אין שביטים רבים בעלי מחזור מסוג זה ולכן קשה לדעת נתונים סטטיסטיים על שביטים מסוג זה.

שביטים בעלי מחזור ארוך-

מחזורם של שביטים מסוג זה ארוך ממאתיים שנה ועשוי להגיע למאות אלפי שנים. מקורם של השביטים ארוכי המחזור הוא מעננת אורט שנמצאת סביב מערכת

אם אכן שביט פגע בכדור הארץ, יתכן שבעתיד שביט בעל מסלול זה יפגע בכדור הארץ ויגרום להשמדת רוב החיים עליו. אמנם הסבירות לפגיעת שביט בכדור הארץ היא נמוכה אך היא קיימת ומאוד מאיימת, אולם אין לחשוש מכל שביט שעובר שמה יפגע בכדור הארץ כיוון שהסיכוי להתנגשות נמוך.

עננת אורט וחגורת קוויפר

במשך שנים רבות תחו האסטרונומים מהו מקורם של השביטים. כיום, התיאוריה הרווחת היא שישנם שני מקורות לשביטים: עננת אורט, שהיא מקור השביטים ארוכי המחזור, וחגורת קוויפר שהיא מקור השביטים קצרי המחזור.

עננת אורט:

קיומה של עננת אורט הוצע לראשונה ע"י האסטרונום ההולנדי יאן אורט (Jan Oort) בשנת 1950. אורט חישב את מסלוליהם ההתחלתיים של כ-20 שביטים ארוכי מחזור, לפני שמסלולם הופרע ע"י כוכבי הלכת. אורט מצא שלרוב השביטים ישנו ציר אורך של 100000 עד 150000 יחידות אסטרונומיות. ממצאיו של אורט התבררו כבלתי מדויק וכיום רדיוסה של עננת אורט מוערך בכ 30000 עד 50000 יחידות אסטרונומיות.

התיאוריה של אורט לגבי מקורם של השביטים היא שכתוצאה מהפרעות כבידתיות הנגרמות ע"י כוכבים חולפים בקרבת מערכת השמש כל כמה מאות אלפי שנים, נזרקים שביטים אל פנים מערכת השמש. בעבר הוערך מספר השביטים בעננת אורט בכ - $2 \cdot 10^{11}$ ואילו כיום מספר השביטים המוערך הוא בין 10^{12} ל- 10^{13} , ומסתה של עננת אורט מוערך בכ 15 עד 1000 מסות כדור הארץ.

ישנם שלושה גורמים המביאים לנפילת שביטים לחלקים הפנימיים של מערכת השמש:

1. השפעות הכבידה של כוכבים חולפים על יציבותה של עננת אורט, גורם זה הועלה ע"י אורט עצמו.
2. מעבר של מערכת השמש באזורים של גז ואבק בגלאקסיה.
3. השפעת הפרטורבציה הכבידתית הכולל של הגלאקסיה על עננת אורט עצמה.

בעקבות חישובים שנעשו נתגלה כי קצב ההתבלות של השביטים שנפלים מעננת אורט הוא גבוה מאוד. על מנת לפתור בעיה זו הציעו את קיומה של עננת פנימית בתוך עננת אורט שמעשירה אותה. עננת אורט הפנימית מפוזרת אף היא סביב השמש בצורת מעטפה כדורית והיא מכילה מספר שביטים גדול יותר מעננת אורט חיצונית. לתיאוריה זו של קיום עננת אורט פנימית ישנם חיזוקים ממודלים דינמיים של מסלולי השביט.

עוד יותר לשמש, הוא מפתח זנב אשר מגיע לגודלו המקסימלי בפריהליון. גרעין השביט יחד עם ההילה, נקראים ראש השביט (head).

גרעין השביט:

עד שנת 1986 בה הייתה הופעה נוספת של השביט האלי לא נראה השביט בתצפיות, אך למרות זאת כבר במאה ה-19 התפתח הרעיון שמרכז השביט מורכב מיחידה קטנה ומוצקה-גרעין. תיאוריה זו התבססה על הופעת זרמי מטאורים סמוך להופעת שביט. החוקרים בתקופה זו האמינו כי גרעין השביט, המורכב מחלקיקים מוצקים, משמש מעין "בנק חולי". הגרעין מספק את החומרים להיווצרות ההילה והזנב. עם הופעת השביט האלי בשנת 1986 התאמתה התיאוריה מהמאה ה-19 והתברר כי אכן במרכז

השמש שלנו. אחת התיאוריות גורסת שחלק מהשביטים ארוכי המחזור נקלעים לתוך מערכת השמש הפנימית והופכים לשביטים קצרי מחזור (בגלל תופעת הפרטובציה). תיאוריה זו מתאימה לעובדה שמספר השביטים קצרי המחזור נשאר קבוע ולכן מספר השביטים ארוכי המחזור הנקלעים למערכת השמש הפנימית צריך להיות שווה למספר כוכבי השביט ש"מתים".

שביטים לוחכי שמש (sun grazing comets)

שביטים מסוג זה הם בעלי תכונה אחת משותפת שהיא: הפריהליון שלהם מאוד קרוב לשמש. השביטים מסוג זה מגיעים כל כך קרוב לשמש עד לכדי מצב בו הם מושמדים.

השביטים לוחכי השמש הם בדרך כלל מאוד מרשימים, לדוגמה השביט של 1843 שהיה כה גדול ובהיר, שנראה באור יום. לשביטים מסוג זה ישנו רק מחזור אחד שגם אותו הם אינם מסיימים וזאת כיוון שהמסלול שלהם מתקרב יותר מדי לשמש. עד היום נצפו מספר גדול יחסית של שביטים לוחכי שמש שנעלמו בה.

Extrasolar comets

התיאוריה הנוכחית לגבי מקור השביטים בעננת אורט טוענת, שעננה זו נוצרה בזמן היווצרות מערכת השמש, ונפלטת ממערכת השמש בזמן ההיווצרות. לפי תיאוריה זו לרוב מערכות השמש באזור יש עננה בדומה לעננת אורט שנוצרה בתהליך זהה, ולכן יכול להיות שיש כ- 10^{13} שביטים בפרסק מעוקב² באזור השמשי. כלומר במרחק שתי יחידות אסטרונומיות מהשמש ימצאו 6.0 שביטים בשנה. לשביטים אלו צריך להיות מסלול היפרבולי, אך עד עתה לא ניצפה שביט מסוג זה (בשל מספרם הקטן של שביטים אלו, כפי שחושב ע"י מדענים, ומרחקם הגדול, אין אנו יכולים להבחין בהם, גם כיוון שהציוד המצוי כיום לא מאפשר צפייה למרחקים כאלו). ולכן לא ניתן לדעת בוודאות מהו מסלול של שביט מסוג זה והאם הם באמת קיימים.

מבנה של שביטים

השביט מורכב משלושה חלקים עיקריים: גרעין, הילה וזנב.

השביט מבלה את רוב זמנו במרחקים גדולים מהשמש וזאת בשל מסלולו המיוחד. השביט הוא בעצם גרעין המורכב מיסודות ותרבות כימיות שונים. עם התקרבותו אל השמש השביט מפתח בהדרגה הילה שנקראת באנגלית: coma. ההילה נוצרת כתוצאה מהשתחררות גז ואבק מהגרעין. כאשר השביט מתקרב

² פרסק שווה ל-3.26 שנות אור.



הופעתו של השביט לוחך השמש, איקיה סאקי, בשנת 1965, חיתה אחת ההופעות המרהיבות ביותר של שביטים במאה הנוכחית. כאן נראה זנב השביט מתנשא מעל האופק.

השביט ישנו גרעין מוצק. התצפית על גרעינו ישל שביט האלי סיפקה נתונים מדויקים על גודלו של הגרעין ועל צורתו.

עד 1950 התיאוריה הרווחת לגבי גרעין השביט הייתה שהוא מעין "בנק חולי", אך הערכות חדשות לגבי ספיגת ופליטת חלקיקים הראו, שלא יתכן שגרעין השביט הוא בנק חול כיוון שאז חיי השביט יהיו קצרים מאוד. במקום תיאוריה זו שנפסלה קמה תיאוריה חדשה, שגרסה כי גרעין השביט הוא בעצם גוש מוצק המורכב מקרח ואבק כדור שלג מלוכלך. לפי תיאוריה זו, כאשר השביט מתקרב לפריהליון, השמש מכלה את השכבה

החיצונית של הגרעין, וממנה נוצרת ההילה והזנב ואילו השכבה הפנימית של השביט נשמרת מה שגורם לכך שלשביט יהיו חיים ארוכים. תיאורית כדור השלג המלוכלך היא התיאוריה הרווחת גם כיום.

התכלות השכבה העליונה בגרעין השביט מתבצעת ע"י **סובלימציה** של הקרח, הפיכה ממוצק ישירות לגז. תופעה זאת מתאפשרת בגלל הלחץ מיוחדים.

המבנה הגבישי של הקרח בגרעין השביט הוא מגוון ומשתנה עם התקרבות השביט לשמש. בטמפרטורות נמוכות מאוד מולקולות המים מוגבלות בתנועתן ולא מצליחות להתגבר על הכוחות הקושרים אותן ולכן מסתדרות בצורה אקראית. סידור זה של המולקולות נקרא **קרח אמורפי**. כאשר השביט מתקרב אל השמש והטמפרטורה עולה, המולקולות מסתדרות במבנה קובי תוך שחרור אנרגיה בתהליך אקסוטרמי (136°K). כאשר השביט מתקרב עוד לשמש והטמפרטורה שוב עולה, הקרח מקבל מבנה הקסונולי, תוך שחרור אנרגיה בתהליך אקסוטרמי (173°K). כאשר מים מוקפאים הם מסתדרים בצורת כדור, הודות לכוח חזק בין המולקולות הפועל ברמה המולקולרית. בנוכחות זיהומים הקרח יכול ללכוד אותם במבנה הני"ל הנקרא Clathrate hydrate.

מנייתוח מבנה הקרח ניתן להניח כי ישנן מולקולות שונות הלכודות בקרח השביט במבנה Clathrate hydrate, וכאשר השביט מתקרב לשמש והקרח עובר סובלימציה משתחררות מולקולות שונות ממנו כגון: פחמן (C_2), פחמן חד חמצני (CO), פחמן חנקני (CN) ועוד. מולקולות אלו שמשתחררות הן אלו שנצפות. ישנם מולקולות יותר מורכבות המשתחררות בתהליך כגון: H_2CO , HNCO , HCOOH , אך קשה לצפות בהן כיוון שאור אולטרה סגול מהשמש מפרק אותן כאשר הן משתחררות, לרכיבים קטנים יותר כמו (photodissociation) OH.

כאשר השביט נמצא רחוק מהשמש, אור השמש מעניק לו אנרגיה והגרעין פולט אותה כקרינת גוף שחור על מנת לשמור על שיווי משקל. עם התקרבות השביט אל השמש, הטמפרטורה בו עולה ומתחיל תהליך הסובלימציה במקביל לקרינת גוף שחור. כאשר השביט קרוב מאוד לשמש רק סובלימציה מתרחשת על מנת לשמור ביעילות על טמפרטורה קבועה בשביט.

הסובלימציה של הקרח יוצרת קרום של חלקיקי אבק, המבודד את הקרח ומוסת את תהליך הסובלימציה. לכן התהליך מתרחש כמה סנטימטרים מתחת לפני השטח, ושואף לפרץ את הקרום. תהליך הסובלימציה בשביט אינו אחיד לאורך זמן ולכן נוצרים jets - שהם סילוני גז ואבק המתאפשרים ע"י

סובלימציה מוגברת, שגורמת לאי אחידות של פני השביט.

סילוני הגז שנוצרים גורמים לרוטציה של הגרעין. הסילונים אינם קבועים והם פורצים מזוויות שונות ולא ידוע עדיין אם הם גורמים לסיבוב קבוע של הגרעין.

למולקולות השונות בשביט יש חשיבות רבה. המצאות מולקולת ה- $\text{polymerized formaldehyde (H}_2\text{CO)}_n$, מסבירה את פני השטח השחורים של הגרעין, כיוון שמולקולות אלו מחזירות אור שמש רב דבר הגורם לירידה באור המוחזר מהשביט ולפני שטח שחורים וקרים (300°K). תופעה זו גורמת ל**אלבדו** נמוך/אחוז האור המוחזר.

הרכבו הפנימי של גרעין השביט עדיין אינו ידוע אך ישנן מספר השערות לגביו השערה אחת טוענת, שהחלק הפנימי של השביט מורכב מסלעים קטנים המוחזקים יחד ע"י תערובת של קרח ואבק. השערה אחרת גורסת שפנים גרעין השביט מורכב מחלקיקי קרח ואבק בגודל של מיקרונים המסודרים בקבוצות.

הילה:

צורתה של ההילה היא ספרית. גודלה של ההילה קשה להערכה אך מתצפיות ניתן להבחין, שככל שזמן החשיפה גדול יותר כך ההילה הנראית גדולה יותר. בהירות ההילה קטנה ככל שהמרחק מהגרעין גדל ונהוג להגדיר את גודלה כמרחק מהגרעין עד לנקודה בה הבהירות ירדה ב 50% (הגודל נע בין 10^2 ל 10^7 קילומטרים).

ככל שהשביט מתקרב לשמש כך ההילה מתפתחת וגדלה. במרחקים גדולים מאוד מהשמש רק גרעין השביט נראה. ההילה מגיעה לשיא גודלה במרחק של כ- 1.5 עד 2



דוגמה לזנב יונים מתלתל (שביט יומאסון, 1962).

יחידות אסטרונומיות, מהשמש. כאשר השביט מתקרב עוד יותר לשמש ההילה מפסיקה לגדול והיא אף מתכווצת (למרות תהליך הסובלימציה) בגלל שיש ספיחת חומר מההילה לזנב.

בתצפיות אולטרה סגולות על שביטים נתגלה כי לשביט יש הילת מימן הגדולה בהרבה מההילה הנראית בתצפיות רגילות. גודלה של הילת המימן מגיע עד ל- 1 יחידות אסטרונומיות. הילת המימן נוצרת מפירוק מולקולות מים (H_2O) למולקולות OH ולאטומי מימן (H), תהליך זה נקרא photodissociation.

בנוסף להילת המימן נוצר ענן קטן יותר של OH, שנוצר גם בפירוק מולקולות המים. התיאוריה הרווחת היא שכוחות הגרוויטציה של הגרעין חלשים מכדי להחזיק את החלקיקים שמרכיבים את ההילה, לכן הגז

המשתחרר בתהליך הסובלימציה זורם בהשפעת הרוח השימשית (solar wind), הפלסמה הנפלטת מהשמש. תרשים של ראש השביט.

קיימות מספר תופעות חריגות בשביטים :

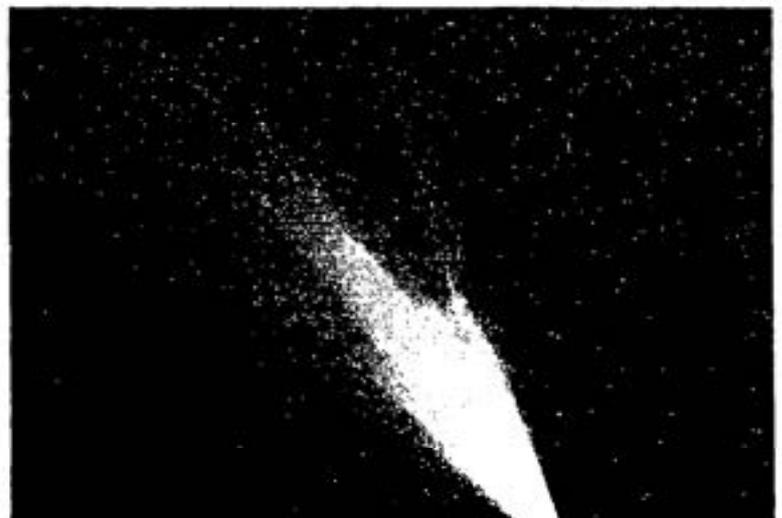
Split Comets - בשביטים מסוג זה גרעין השביט מתפצל ונוצרים מספר שביטים הנעים צמוד אחד לשני. כוחות הגרוויטציה מאוד חלשים בשביט ולכן במצבים מסוימים גרעין השביט מתפצל. אחד הגורמים למצבים אלו יכול להיות רוטציה של הגרעין, שגורמת לכוחות צנטרופוגלים ששואפים למרק את השביט. גורם נוסף הוא תהליך הסובלימציה של הקרח בגרעין שגורם להחלשות הקשרים המנימים בשביט דבר המוביל להתפצלות הגרעין. לפי תיאוריה זו שביטים זקנים הם בעלי פוטנציאל גבוה יותר להתפרק.

בשנת 1839 נצפה השביט Biela. כאשר השביט הגיע למריהליון הוא נעלם בוהר השמש ונצפה שוב רק ב 1846, אך נראו שני שביטים צמודים ולא אחד. המסקנה הייתה שהשביט התפצל. תופעה זו נראתה שוב בשנת 1976 בתצפיות על השביט West, במקרה זה גרעין השביט התפצל לארבעה חלקים.

Outbursts - שם זה ניתן לתופעה מיוחדת בה בהירות השביט גדלה באופן פתאומי למשך תקופה של כמה ימים עד כמה שבועות. תופעה זו מתרחשת בעיקר בשביטים הרחוקים מהשמש ולא קרובים כפי שניתן לחשוב, כיוון שאז השביט נתון לעוצמת חום גדולה מאוד.

לתופעה זו אין הסבר מלא עדין. אחת התיאוריות טוענת, שלגרעין השביט יש מעין כלובים של גז בתוכו שנבנים עם הזמן. בשלב מסוים הלחץ בגרעין עולה עד כדי כך שכלוב הגז מתפוצץ ומשתחרר גז שגורם לעלייה בהירות השביט. הצדקה לתיאוריה זו היא שחרור

דוגמה לזנב שביט ממותח - שביט וסט 1976. ניכר ההבדל בין זנב הגז הישר לזנב האבק המרוש כמינפה.



מוגבר של גזים מהשביט במהירות גבוהה מיד לאחר עלית בהירות השביט.

זנבות שביטים

כאשר השביט מתקרב למערכת השמש, הוא מפתח זנב, שנוצר עקב סובלימציה של חומרים מגרעין השביט שנמשכים מהשביט בכיוון ההפוך מכיוון השמש. התנהגות זו של זנב השביט התגלתה כבר בתקופות קדומות בהיסטוריה.

במהלך השנים, ככל שהטלסקופים התפתחו החלו הצופים בשביט להבחין כי לשביט יש שני זנבות. זנב אחד של השביט הוא בעל גוון כחלחל ומעוצב בצורה מסולסלת כמו עשן סיגריה. הזנב השני של השביט הוא בעל גוון לבנבן והוא חלק וישר יחסית.

לאחר מחקרים רבים הגיעו המדענים למסקנה, כי ההבדל בין שני זנבות השביט הוא הרכבם הכימי, והם נתנו שם מתאים לפי ההרכב לכל זנב. הזנב בעל הגוון הכחלחל נקרא זנב יוניס (פלסמה), והזנב הלבן נקרא זנב גזים ואבק.

זנב גזים ואבק:

זנב הגז והאבק נוצר מספיחת חומר מהילת השביט לכיוון המנוגד לשמש, עקב לחץ הקרינה של השמש. החומר ממנו מורכב השביט הוא גרגירי אבק המשתחררים מגרעין השביט בתהליך הסובלימציה וגזים הנפלטים בתהליך.

זנב זה נצפה כיוון שקרני השמש מוחזרות מחלקיקי האבק שנמצאים בזנב. ככל שהשביט מתרחק מהשמש זנב האבק והגזים נהיה יותר ויותר חיוור וזאת עקב התפזרות גרגירי האבק אל החלל הבין כוכבי.

צורתו של זנב הגז והאבק נוצרת כתוצאה מלחץ קרינת השמש. פוטונים בעלי תנע קטן פוגעים בחלקיקי האבק הקטנים שמשתחררים מהגרעין ודוחפים אותם בכיוון הנגדי מהשמש.

כתוצאה מכך נוצר זנב בעל צורת מינפה. זנב האבק המתקבל מושפע מגודל גרגירי האבק. ככל שגרגירי האבק קטן יותר וקל יותר כך פגיעתו של הפוטון גורמת לו להידחף למרחק רב יותר, ואילו חלקיקים כבדים יותר של אבק נשארים קרוב לראש השביט ויוצרים מבנים מסוימים שאחד מהם הוא ה - antitail.

צורתו של זנב האבק של השביט, שנראה לנו, מושפע מעמדתו של כדור הארץ ביחס למסלול המישורי של השביט. הזווית שנוצרת בין וקטור שביט - כדור הארץ, למסלולו המישורי של השביט היא שקובעת כיצד זנב האבק של השביט יראה.

מגנטי אליו נכלאות מולקולות מיוננות המאפשרות את ראייתו ומעניקות לו את צבעו.



איור של סילוונות הנפליטים מגרעין השביט

זנב היונים מחובר לגרעין השביט ברוב המקרים ואין לראות אותו כגוף נפרד. הזנב מחובר לגרעין ע"י משיכה של השדות המגנטיים של הרוח השמשית ושל השביט. אולם ישנה תופעה מיוחדת לזנב היונים: פעמים רבות הזנב מתנתק מהגרעין ונחשף בכיוון האנטי שמש ובמקומו נוצר זנב יוני חדש. זנב היונים מתנתק מהגרעין בשל הפרעה כלשהי. ההפרעות, שעלולות לגרום לניתוק הזנב הן: קצב היצירה של הספירה היונית יכול להשתנות באופן חד, לחץ גבוה מדי בספירה היונית יכול לגרום להקטנתה עד כדי כך שקווי השדה ייעלמו או שפשוט היא תדחף מחוץ לשביט, כמו כן שינויים בקוטביות של הרוח השמשית יכולים לגרום להתנתקות זנב היונים מהגרעין.

אורכו של זנב היונים נע בין 10^7 ל 10^8 קילומטרים, ורוחבו הוא בערך כעשירית מאורכו.

זנב היונים הוא די ישר וכיוונו הוא כ 5° מהכיוון האנטי שמש. את זנב היונים החלו לחקור רק בתחילת המאה העשרים והרעיון לגבי תנוכה בין השביט לרוח השמשית פותח בשנות ה-60, לאחר שבתחילת שנות ה-50 גילה Ludwig Biermann את הרוח השמשית. בין השנים 1985 ל-1986 חלה התקדמות במחקר זנב היונים בשביט וזאת כיוון ששתי חלליות נשלחו לצפות בשני כוכבי שביט וחביאו איתן מידע חדש על השביט כולו וכן על זנב היונים. ניתוח המידע הוביל להתקדמות בחננה התאורטית של זנב היונים. ■

גורמים נוספים המשפיעים על הצורה בה אנו רואים את זנב האבק והגז של השביט הם: בהירותו של הזנב (כמות גרגירי האבק בזנב), בהירות האטמוספירה, רקע הגלקסיה (שביל החלב) ואור הירח.

מבנים בזנב האבק:

Streamers (זרמים) - הזרמים מופיעים מחוץ למבנה המרכזי של זנב האבק. מוצאם של הזרמים הוא מגרעין השביט. הזרמים מופיעים בעיקר כאשר יש פליטה מוגברת של אבק מהגרעין, כגון התפרצויות והתפוצצויות בו. תופעת הזרמים נצפית בקרב שביטים רבים.

Spikes - צורות חדות הנראות בזנב השביט, כאשר הוא מתקרב לכדור הארץ. צורות אלו נוצרות עקב התנהגות פיסיקלית מסוימת של גרגירי האבק. גרגירי האבק, עקב כוחות משיכה מסוימים בגרעין, מתחילים להסתובב סביבו בצורה אליפטית. כאשר כדור הארץ קרוב למסלול המישורי של השביט אז האליפטות נראות חדות לפעמים יש מספיק ניגוד. ואנו רואים מעין חודים, spikes.

Striae - במבט הראשון ה-striae נראים כמו זרמים (streamers) ופעמים רבות בעבר לא מרשו נכון בתצפיות. ה-striae הם מערכת של רצועות נבדלות או קרניים שכיוונם שונה בצורה נכרת והם אינם מתכנסים לגרעין. ה-striae נצפו ואובחנו עד היום רק כחמש פעמים ואין עדיין תיאוריה מגובשת לגמרי עליהם ומתחילים לראותם שוב בשביטים.

זנב יונים (פלסמה):

זנב היונים מאופיין בגוון כחלחל, והוא מעוצב בצורה מסולסלת כמו עשן סיגריה. צבעו הכחול של זנב היונים נובע מנוכחות גבוהה של יוני פתמן חד חמצני (CO^+), בנוסף ליונים אלו בזנב היונים ישנה נוכחות גבוהה של היונים הבאים: H_2O^+ , OH^+ , CO_2^+ . תהליך היווצרות זנב היונים בשביט מתחיל בסובלימציה של גזים (עיקר מים) מהגרעין, כמו תופעות אטמוספריות רבות בשביט. הגזים שנפליטים בסובלימציה לא מוחזקים סביב גרעין השביט בשל כוח הגרביטציה הנמוך שלו ולכן הם מתפזרים סביבו ויוצרים ענן ספירלי שהוא הילת השביט (coma). הגזים בהילה מורכבים ממולקולות טבעיות (בעיקר מולקולות מים) שחלקן מתייבשות ע"י הקרינה האולטרה סגולה מהשמש ומהרוח השמשית. כתוצאה מכך נוצרת מעין ספירה יונית סביב השביט שמהווה מחסום לרוח השמשית, כיוון שהרוח השמשית נושאת איתה שדה מגנטי ולכן היא איננה מצליחה לחזור דרך הספירה היונית. כתוצאה מכך הקווים של השדה המגנטי הסולרי מתעקמים סביב הספירה היונית והזרם של הרוח השמשית מואט בצורה משמעותית ליד השביט. אך במרחק רב ממנו הרוח השמשית אינה מואטת, ולכן הקווים המגנטיים מתעצבים בהדרגה סביב גרעין השביט בכיוון המנוגד לשמש ויוצרים זנב

¹ מבוסס על עבודת בורות שהגישה מיה בוסתן, בית הספר התיכון ע"ש אלון

רמתיש. הביבליוגרפיה המלאה רשומה בגוף עבודת המחקר. הנושאים המפורטים בחלק המופיע כאן מבוססים בעיקר על הספרים הבאים:

1. Jean Audouze and Guy Israel (editors), The Cambridge Atlas of Astronomy, New York, 1986
2. Ed P. Moran, The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia, Van Nostrand Reinhold, 1992

אינשטיין ותורת הקוונטים

חן אופק

בשנת 1934 התפרסם מאמר בשם "למה תורת הקוונטים היא לא שלמה?". את המאמר פרסמו שלשה מדענים: אינשטיין, מודולסקי ורוזן. במאמר זה נעשה ניסיון לתאר ניסוי מחשבתי שהחזוי של תורת הקוונטים לגביו סותר, לכאורה, מסקנות של תורת היחסות הפרטית. ניסוי זה נקרא כיום "פראדוקס *EPR*" (זה ראשי התיבות של שלושת כותבי המאמר). על מנת להבין את פראדוקס *EPR* צריך להבין את יסודות תורת הקוונטים ותורת היחסות הפרטית. אנסה לתאר בקצרה שתי תורות אלה.

תורת היחסות הפרטית

בשנת 1905 פירסם אלברט אינשטיין מאמר המתאר את תורת היחסות הפרטית. תורה זו באה לתקן את המכניקה הניוטונית.

אינשטיין הניח שתי הנחות יסוד:

- א. אפשר לתאר את הפיסיקה בעזרת כל מערכת אינרציאלית, כלומר אין מערכת אחת מוחלטת (מערכת אינרציאלית היא מערכת שנעה במהירות קבועה).
- ב. מהירות האור היא קבועה בכל מערכת, ללא תלות בתנאי פליטתו של האור.

הנחה ב' היא הנחה מוזרה ולא אינטואיטיבית, אבל היא ניתמכת בניסויים. ניתן לתאר הנחה זו באמצעות הניסוי הבא: נניח כי מולי רץ אדם עם פנס בידו והוא מאיר עלי. מהירות אור הפנס שאני אמדוד לא תהיה גדולה יותר מאשר המהירות של אור הפנס שהייתי מודד לו האדם לא היה רץ אלא עומד במקום.

אחת המסקנות הידועות של תורת היחסות הפרטית היא שמהירות האור היא גבול עליון למהירות של עצמים ומסרים.

לפי תורת היחסות, אם היתה אינטראקציה שפועלת במהירות הגדולה ממהירות האור, אז היינו יכולים למצוא מערכת אינרציאלית שבה התוצאה מקדימה את הסיבה. מערכת כזו סותרת את עקרון הסיבתיות שעליו מושתת המדע.

תורת הקוונטים

במקביל לתורת היחסות התפתחה תורת הקוונטים. תורת הקוונטים היא תורה מסובכת ומוזרה. ננסה להבין את העקרונות הפורמליים שעליה מתבססת תורת הקוונטים.

בתורת הקוונטים, מצב מערכת מתואר על ידי מושג מתמטי שניקרא: פונקציית גל. פונקציית הגל מתארת את מצבו של כל אלמנט במערכת. מצב זה יכול להיות מצב מוגדר (למשל, חלקיק נמצא במקום מסוים), או סופר-פוזיציה של מצבים (למשל, חלקיק נמצא גם במקום א' וגם במקום ב').

את מבנה המערכת (מהם הכוחות הפועלים במערכת) מתארת תורת הקוונטים בעזרת מושג מתמטי שניקרא - המילטוניאן.

כדי לחזות את התפתחות המערכת בציר הזמן משתמשת תורת הקוונטים בכלי מתמטי שניקרא משוואת שרדינגר. זהו כלי המקבל כקלט את ההמילטוניאן ואת פונקציית הגל ההתחלתית ובעזרתו ניתן לחזות איך תתפתח פונקציית הגל של המערכת. משוואת שרדינגר היא משוואה דטרמיניסטית, כלומר, בהנתן פונקציית גל התחלתית והמילטוניאן מסויימים פונקציית הגל תתפתח בצורה מסויימת אחת.

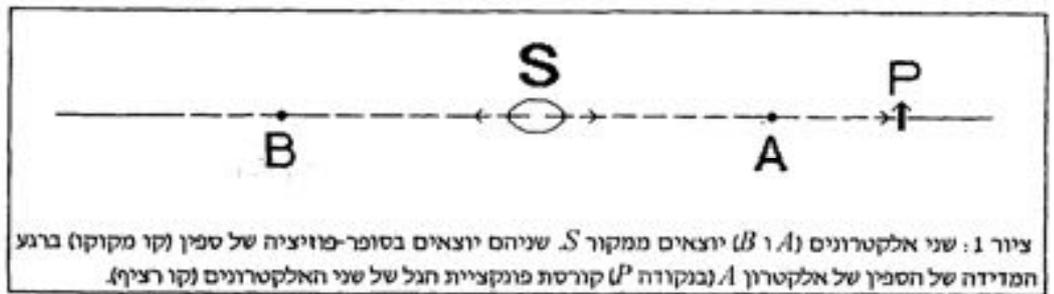
לפי פרוש קופנהגן לתורת הקוונטים, ההסתברות ניכנסת לתורת הקוונטים ברגע שעושים מדידה על המערכת. אז קורסת פונקציית הגל, כלומר המערכת לא תהיה עוד בסופר-פוזיציה של מצבים אלא במצב אחד מוגדר, הוא המצב הנמדד. ברוב המקרים תורת הקוונטים לא יכולה לדעת מראש בדיוק לאיזה מצב תיקרוס פונקציית הגל. בעזרת התורה ניתן לחזות רק מהי ההסתברות שפונקציית הגל תיקרוס למצב מסויים.

ניסוי 1

את פראדוקס *EPR* ניתן להדגים בעזרת מספר תופעות שונות, אבל העקרון הפרדוקסלי דומה בכל התופעות האלה. ננסה להבין ניסוי של התאמה (קורלציה) של הספין. ספין הוא תכונה של חלקיקים כדוגמת האלקטרון והפרוטון. אפשר לראות תכונה זו כאנלוגית למהירות הסיבוב של החלקיק סביב עצמו. לפי תורת הקוונטים הספין של האלקטרון הוא 0.5. אם נמדוד את הספין שלו לפי אחד הצירים (Z, Y, X) נקבל תמיד ערך שהוא פלוס או מינוס 0.5. כלומר הגודל של ספין האלקטרון לא יכול להיות שונה מ 0.5 אבל הכיוון שלו יכול להיות עם כיוון הציר או נגדו.

נוכל להכין מערכת מיוחדת שבה שני אלקטרונים יוצאים מאותו מקור ונעים בכיוונים מנוגדים (ראה ציור 1). האלקטרונים נימצאים בסופר-פוזיציה של הספין, כלומר אין להם ספין מוגדר ורק ברגע שנימדוד את הספין שלהם הם "יחליטו" מה הוא יהיה. ישנה עוד תכונה מעניינת של אלקטרונים אלה: אם אחד לאחד האלקטרונים ימדד ספין +0.5 האלקטרון השני תמיד ימדד בספין -0.5, ולהפך. הווה אומר, אלקטרונים אלה מתואמים ביניהם בכיוון הספין שלהם.

משנה את מצבו ממצב סופר-
מוזיחה של מצבי ספין למצב
ספין מוגדר, למרות שהמדידה
לא בוצעה עליו ישירות!



בניסוי זה אין בעיה עם עקרון
הסיבתיות כי מדידה על
אלקטרון A כמוה כמדידה על
אלקטרון B .

ניסוי 1 הוא הניסוי שתיאר איינשטיין. לפי דעתי, ניתן
לתאר ניסויים יותר מורכבים הבנויים על אותו רעיון.
ניסויים אלה יכולים ללמד אותנו על אופיה ומושגיה של
תורת הקוונטים.

ניסוי 2

בניסוי זה נסיף למערכת קופסא שנקראת מתקן שטרן-
גרלך (מסומן ב- SG בצויר 2). מתקן זה מפצל קרן
אלקטרונים שניכנסת אליו לשתי קרניים בעלות ספין
מוגדר. כלומר, אם ניכנס אלקטרון עם ספין $+0.5$ הוא
יעוף לצד אחד ואם ניכנס אלקטרון עם ספין -0.5 הוא
יעוף לצד השני. אם נכניס למתקן קרן אלקטרונים
בסופר-מוזיחה של ספין נקבל שתי קרניים. מתקן שטרן-
גרלך אינו מבצע מדידה על האלקטרונים אלא רק
מפריד בין המצבים השונים של פונקציית הגל.
כמו בניסוי 1 גם כאן נשתמש במקור אלקטרונים
מצומדים (מסומן ב- S). את אלקטרון B נכניס למתקן
שטרן-גרלך. אלקטרון B (וגם אלקטרון A) יוצא מ- S
בסופר-מוזיחה של הספין, לכן מתקן שטרן-גרלך יפצל
את פונקציית הגל שלו לשתי אלומות ($B1$ ו- $B2$ בצויר 2).
ניקח את האלומה $B1$ ונכניס למכשיר שהופך את כיוון
הספין של האלקטרון (מסומן U). את שתי האלומות
נקרין על מסך פלואורצנטי כך שהן יפגעו באותה נקודה.
אם ברגע פגיעת האלקטרון במסך הוא היה בסופר-
מוזיחה אז נקבל על המסך תופעת התאבכות (תופעת זו
מתקבלת כתוצאה מחיבור של
שני גלים, על המסך נקבל
רצועות אור וחושך לפי
ההתאמה בין שני הגלים) לעומת
זאת אם ברגע הפגיעה במסך יש
לאלקטרון ספין מוגדר, לא נקבל
תופעת התאבכות. המצב של
אלקטרון B יכול להקבע על-ידי
מדידה או אי-מדידה של
אלקטרון A (כמו שראינו בניסוי
1).

ניסוי 3

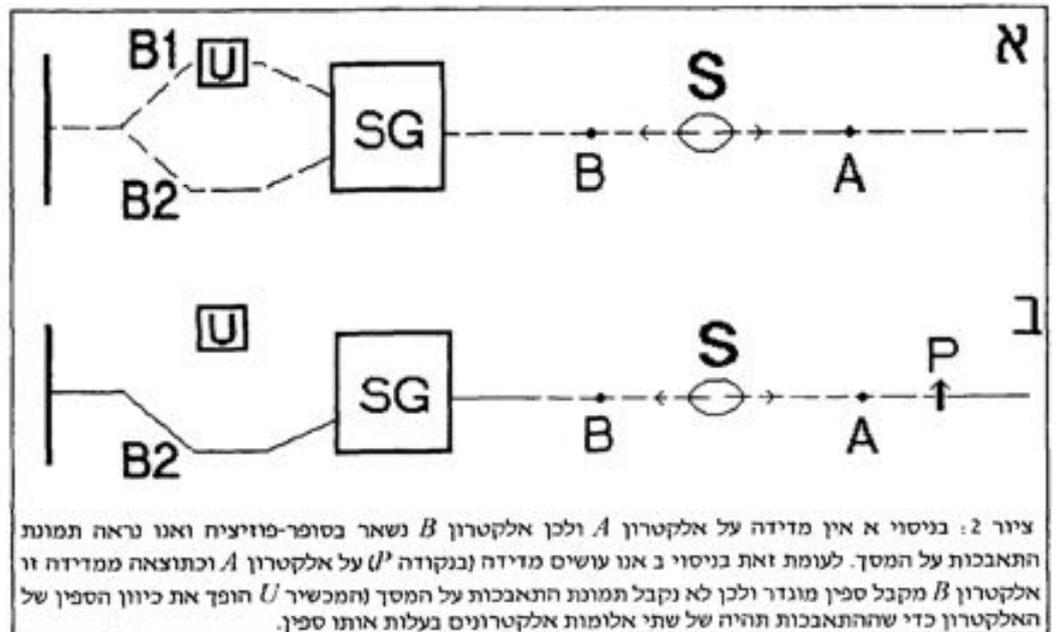
נוכל להשתמש בתופעה אחרת
הקשורה בפוטונים (חלקיקי
אור), כדי לקבל את אותו אפקט.
לפוטונים יש תכונה שניקראת
קיטוב. כיוון הקיטוב של פוטון
יכול להיות אנכי או אופקי (או,

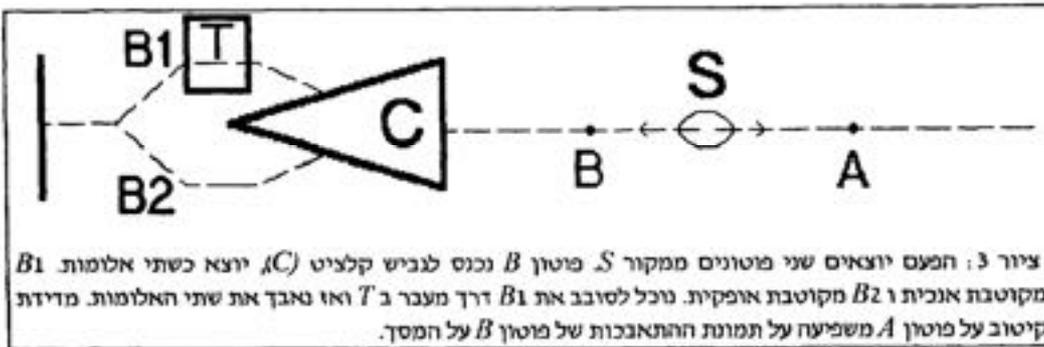
לפי תורת הקוונטים, ברגע שנימדוד את הספין של
אלקטרון A ייקבע הספין של שני האלקטרונים בו
זמנית. כלומר, פעולה שלי על אלקטרון A (מדידה)
תשפיע מיידית על מצבו של אלקטרון B , למרות
שאלקטרון B יכול להמצא במרחק שנות אור
מאלקטרון A . השפעה מיידית זו סותרת לכאורה את
המסקנה של תורת היחסות הפרטית שמהירות האור
היא גבול עליון. (הסתירה נובעת מהניבוי של תורת
הקוונטים על התאמת הספינים של שני האלקטרונים
והתאמה זו תתאפשר רק אם אלקטרון B יידע בו
ברגע שבוצעה המדידה על אלקטרון A מהו הספין
שנמדד עבור אלקטרון A על מנת להתאים את הספין
שלו עצמו. ומכאן, שאינפורמציה זו נעה במהירות
אינסופית, כיוון שהיא מגיעה לאלקטרון B תוך פרק זמן
השווה 0).

לפי התאור הפרמלי של תורת הקוונטים ניתן לתאר
את שני האלקטרונים בעזרת פונקציית גל אחת.
פונקציית הגל הזו מורכבת משני מצבים :

- א. אלקטרון A בספין $+0.5$ ואלקטרון B בספין -0.5
- ב. אלקטרון A בספין -0.5 ואלקטרון B בספין $+0.5$

כאשר לכל מצב הסתברות שווה.
לפי פרוש קופנהגן לתורת הקוונטים, ברגע המדידה
קורסת פונקציית הגל לאחד המצבים. וכך אלקטרון B





צילור 3: המעם יוצאים שני פוטונים ממקור S. פוטון B נכנס לבגיש קלציט (C), יוצא כשתי אלומות B1 ומקוטבת אנכית ו B2 מקוטבת אופקית. נוכל לסובב את B1 דרך מעבר T ואז נאבד את שתי האלומות. מדידת קיטוב על פוטון A משפיעה על תמונת ההתאבכות של פוטון B על המסך.

כמוכן, סופר-פוזיציה של השניים).
גביש קלציט הוא גביש שמפצל קרן פוטונים (אור) לקרן עם קיטוב אנכי וקרן עם קיטוב אופקי.
ניתן להכין מערכת שבה זוגות פוטונים ניפלטים ממקור אחד בסופר-פוזיציה של הקיטוב אבל בהתאמה. כלומר, כאשר נמדוד את הקיטוב של פוטון אחד הקיטוב של השני יקבע.

במידה והאטום התפרק אך אינו פועל אם האטום לא התפרק. כל זמן שקופסא לא ניפתחה החתול יהיה בסופר-פוזיציה של חתול חי וחתול מת.

ניקח מערכת כזו ונערוך ניסוי דומה לניסוי 2. את פוטון B נעביר בתוך גביש קלציט ונאבד את שתי הקרניים שיוצאות מהגביש (ראה צילור 3). אם נמדוד את כוון הקיטוב של פוטון A לפני שפוטון B פוגע במסך נהרוס את תמונת ההתאבכות. אך אם לא נמדוד, נקבל תמונת התאבכות על המסך.

המסקנה האחרונה מתבססת על הנחה שרק אנתנו (בני אדם) יכולים לגרום לפונקציית הגל לקרוס (כלומר, רק ביכולתנו לעשות מדידה). אבל יכול להיות שגם חתול גורם לקריסת פונקציית הגל וכך חתול לא יכול להיות בסופר-פוזיציה.

בניסוי זה אנו מאבכים שתי קרניים בעלי כיווני קיטוב הניצבים זה לזה ולכן נקבל תמונת התאבכות לא ברורה, נוכל לקבל תמונת התאבכות ברורה אם נעביר את אחת הקרניים בתוך חומר שמסובב את הקיטוב ב-90 מעלות (מסומן ב T בצילור 3) כך שנקבל שתי קרניים עם אותו כוון קיטוב.

ניקח, למשל, את ניסוי 4 ונשים חתול ליד מכשיר המדידה שמודד את הספין של אלקטרון A. אם נראה בצד השני תמונת התאבכות נדע שחתול לא גורם לקריסת פונקציית הגל. אם לא נראה תמונת התאבכות נדע שהחתול גרם לקריסת פונקציית הגל ונוכל למדוד מתי בדיוק היא קרסה.

ניסוי 4

נוכל לדעת אם החתול נימצא בסופר-פוזיציה בצורה ישירה יותר: ניקח מכשיר שבודק את פעימות הלב של החתול. אם הלב פועם המכשיר יפלוט קרן לייזר בכיוון מסויים, אם הלב הפסיק לפעום המכשיר יפלוט קרן לייזר בכיוון אחר. נאבד את שתי הקרניים ונקריין על מסך. אם קיבלנו צורת התאבכות החתול היה בסופר-פוזיציה. אם לא קיבלנו צורת התאבכות אז פונקציית הגל קרסה והחתול חי או מת.

בניסוי זה נשתמש בהתאבכות של שתי קרני לייזר (התאבכות שיותר קל לבצע במעבדה).

שוב נשתמש במקור אלקטרונים עם קורלציית ספין ומתקן שטרן-גרלך. את הקרניים שיוצאות ממתקן שטרן-גרלך נכניס למתקן שפולט קרן לייזר בו ברנע שניכנס אליו אלקטרון (מסומן ב L1 ו-L2 בצילור 4). את שתי קרני הלייזר האלה נאבד על מסך.

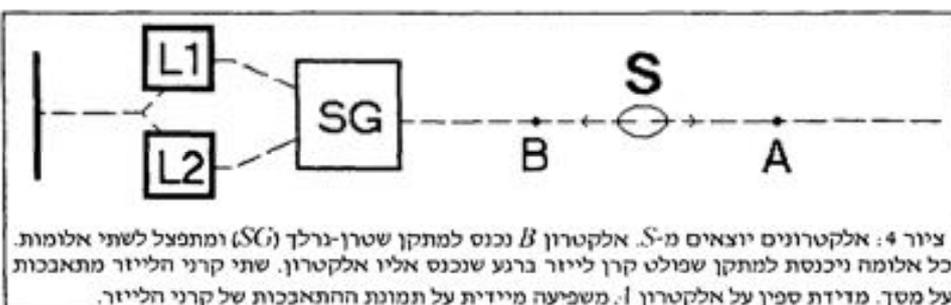
למרות שתורת הקוונטים היא אחת התורות המתקדמות ביותר בפיסיקה היא מלאה במוזרויות ובעיות פילוסופיות. הפיסיקאים חוקרים תורה זו במשך כמה עשרות שנים. לרוב הפיסיקאים ישנה הרגשה שצריך לשפר את תורת הקוונטים או למצוא תורה אחרת (בעיקר בהקשר של איחוד תורת הקוונטים עם הגרואיטציה). זהו אחד הנושאים המרתקים בפיסיקה ועוד נכונו לו הפתעות רבות בתחום זה. ישנה תקווה שכל שאנו חוקרים את תורת הקוונטים אנו מתקרבים יותר להבנת פעולתו של הטבע, אבל יכול להיות שלעולם לא נבין את הטבע בצורה שלמה.

בדומה לניסויים הקודמים, נקבל תמונת התאבכות אם לא נעשה מדידה על אלקטרון A ונהרוס את תמונת ההתאבכות אם נמדוד את הספין של אלקטרון A.

החתול של שרדינגר

בעזרת ניסויים 3, 2 ו-4 נוכל לפתור בעיה הידועה בשם "החתול של שרדינגר". שרדינגר היה אחד ממפתחי תורת הקוונטים. אחת השאלות שמתעוררות כאשר מנסים לעבוד עם הפורמליזם של תורת הקוונטים היא מי עושה מדידה ומתי המדידה מתרחשת.

שרדינגר חשב על הפרדוקס הבא: ניקח חתול ונשים אותו בקופסא אטומה. בתוך הקופסא נשים אטום רדיואקטיבי שיש לו 50% סיכוי להתפרק בשעה הקרובה. על יד האטום יש מכשיר שמפוצץ מיכל ציאניד



צילור 4: אלקטרונים יוצאים מ-S. אלקטרון B נכנס למתקן שטרן-גרלך (SG) ומתפצל לשתי אלומות. כל אלומה ניכנסת למתקן שפולט קרן לייזר ברנע שניכנס אליו אלקטרון. שתי קרני הלייזר מתאבכות על מסך. מדידת ספין על אלקטרון A משפיעה מייזית על תמונת ההתאבכות של קרני הלייזר.

פינת החובב

כיצד לצפות בלווינים

מאת יואב מרחב



למצוא עיני חישוב במחשבון או בטבלה. מי שהדיוק אינו כל-כך חשוב לו יוכל לחשב לפי הטבלה שאביא כאן:

$$\begin{aligned} \sin 50 &\approx \frac{3}{4} & \sin 60 &\approx \frac{5}{6} & \sin 90 &= 1 \\ \sin 20 &\approx \frac{1}{3} & \sin 30 &= \frac{1}{2} & \sin 40 &\approx \frac{2}{3} \\ & & & & \sin 10 &\approx \frac{1}{6} \end{aligned}$$

להלן גבהים אופייניים של לווינים:
מעבורת החלל 250 ק"מ
טלסקופ החלל 500 ק"מ
תחנת החלל "מיר" 400 ק"מ
לוויני קוסמוס 100 ק"מ

לדוגמה, אם רואים לוויין שנע בשמיים ועבר 20 מעלות ב-5 שניות בקירוב אז מרחקו מאיתנו

$$\text{הוא: } \omega = \frac{20}{5} = 4$$

$$\text{בשנייה, } D = \frac{450}{4} \approx 110 \text{ ק"מ}$$

ולכן גובהו בערך 100 ק"מ, כי ה-sin של 70-90 מעלות קרוב ל-1. לוויין כזה חייב להיות נמוך משל לוויין קוסמוס.

אני אשמח לשמוע על דיווחים על תצפיות בלווינים עם הערכות של גובה וסוג הלוויין

בשעות שאחרי השקיעה או לפני הזריחה נוצר מצב בו השמיים חשוכים, אך לווינים המסתובבים מעלינו עדיין מוארים על ידי השמש, שמנקודת מבטם טרם שקעה. לווינים אלו מחזירים את אור השמש אלינו וכך ניתן לראות אותם כמו כוכבים שזזים בשמיים. אפשר להראות שכאשר לוויין כזה מגיע לשיא גובהו בשמיים (הכי הרבה מעלות מעל האופק), הוא גם נע הכי מהר (הוא זז הכי הרבה מעלות בשנייה) והוא הכי קרוב אלינו.

המהירות של לוויין כזה היא כ-7.5 ק"מ בשנייה. עיני מציאת המהירות הזוויתית שלו (כמה מעלות הוא עובר בשנייה) ניתן למצוא את מרחקו המקורב מאיתנו לפי

$$\text{הנוסחה: } D = \frac{450}{\omega} \text{ (נוסחה 1.1) כאשר } D \text{ הוא מרחקו}$$

מאיתנו בק"מ, ו- ω מהירותו הזוויתית. למשל, אם נמדוד שבעשר שניות שבחן הוא חיך בערך בשיא גובהו בשמיים, הוא נע 20 מעלות (באורך כף יד מרושה, שהזרוע פשוטה קדימה) אז הוא עבר כ-2 מעלות בשנייה, לכן

$$\text{מרחקו מאיתנו הוא בקירוב: } D = \frac{450}{2} = 225 \text{ ק"מ.}$$

הגובה של הלוויין מעל פני האדמה נתון בקירוב עיני הנוסחה: $H = D \sin \alpha$ (נוסחה 1.2) כאשר D מרחק הלוויין מאיתנו ו- α גובהו בשמיים במעלות (כאשר הוא היה בשיא גובהו). את α ניתן לקבוע בכל מיני שיטות, כמו למשל הערכה בהשוואה לגובה כוכב-הצפון מעל האופק (33 מעלות) או שיטות של מדידת הזווית במד-זווית. אפשר גם להעזר בהכרת השמיים, ולזכור ליד אילו כוכבים הוא עבר בשיא גובהו. את $\sin \alpha$ ניתן

כל כוכבי אור, כך 24 גליון 3

אבולוציה של חיים תבוניים

חיים מזר

שאלת קיומם של חיים מחוץ לכדור הארץ מעסיקה את חוקרי האסטרונומיה מזה עשרות שנים. חוד החנית של מחקר זה הוא שאלת קיומם של חיים תבוניים על מני כוכבי לכת שונים. בדיקת הנושא נעשית כיום בשני כיוונים. כיוון אחד הוא הכיוון הספרותי והוא מוצא את ביטוי בספרות המדע הבדיונית והכיוון השני הוא הכיוון המעשי הבא לידי ביטוי במסגרת תוכנית SETI. מציאת חיים תבוניים היא אתגר אינטלקטואלי בעל חשיבות רבה ביותר, שאת חשיבותה קשה אפילו לתאר, ראשית מציאתם של חיים תבוניים תוכיח קטגורית שאין אנו לבד ביקום. שנית מפגש עם חוצניים אלה יהיה בעצם מפגש עם עולמות תוכן שונים לחלוטין ממה שהכרנו עד כה. דפוס ההתנהגות הטוב ביותר היכול לתאר את המפגש איתם הוא תופעת "הלם התרבות". על פי הגדרה "הלם התרבות" הוא כלל התגובות למפגש עם תרבות זרה ושונה ממה שהכרנו אותה. המחשה טובה לכך היא ביקור ראשון למשל של מי מאתנו, ללא הכנה מוקדמת בסין או בהודו. זהו מפגש בעצם בין עולם החשיבה המערבית לעולם החשיבה המזרחי.



הקוגניציה של ציבור גדול של פרטים הפועלים במשותף מתוך מטרה בראשית דרכם לשרוד ובהמשך התפתחותם מגיעים גם להישגים אינטלקטואליים וטכנולוגיים. כל צורת חיים תבונית הקיימת על פני כוכבים אחרים, חייבת לעבור מסלול זה. אותם נסיונות שנעשים במסגרת SETI בעצם מניחה שאותה חברה שקיימת אי שם היא בעצם חברה טכנולוגית המסוגלת לשרד תשדורות לחלל. רמה טכנולוגית כזאת לא מופיעה בבת אחת. חייב להיות מה שהוא קודם לכן, והוא האבולוציה של הקוגניציה ברמה הסוציולוגית - אנתרופולוגית. זהו בעצם תנאי יסוד להתפתחותם של חיים תבוניים.

יכולה להישאל שאלת מפתח, מהם חיים תבוניים ובעצם מהי תבונה. כניסה לשאלה זו תחייב דיון פילוסופי נרחב למדי. לצורך דיונו נסתפק בהגדרה המילוטאית והיא שתבונה היא "היכולות הנפשיות להבין דברים ולהסיק מהם מסקנות הגיוניות".¹ (כמאמר מוסגר יש לשים לב שההגדרה בעברית משתמשת בשורש המילה תבונה ה.ב.ן. להגדרת עצמה). בשלב הבא נעלה את השאלה: האם תנאי היסוד הוא התנאי האולטימטיבי להתפתחותם של חיים תבוניים? כדי להשיב על שאלה זו, נציג מאפייני מסגרת של מספר חברות במהלך ההיסטוריה האנושית.

חברה אורלית

פרק חשוב בחקירתה של ההסטוריה האנושית הוא הכרתה של החברה הפרה - היסטורית. אותם ימים שבני אדם החלו לראשונה לפעול במסגרת קהילתית. בני האדם החלו לחוש בראשונה את תחושת הביחד. וכפועל יוצא הם החלו להחזין את הפוטנציאל האינטלקטואלי שלהם. גם אם הוא היה היולי במהותו. זיקוקו ועידונו של פוטנציאל זה באו מאוחר יותר משעה שהחל להתפתח הכתב. קשה לדעת באיזה

מפגש עם חוצניים יהיה בעל עוצמה הרבה יותר גדולה. זהו מפגש עם חוצניים שביולוגית יכולים להיות שונים מאיתנו, הבאים מאקולוגיות זרות לחלוטין לאלה הקיימות על כדור הארץ, דוברים בשפות לא מוכרות ואשר עולם התוכן שלהם הוא בבחינת נעלם עבורנו. כלים בסיסיים שישמשו אותנו להכרתם יהיו בראש וראשונה סוציולוגיה ואנתרופולוגיה. הסיבה לכך נעוצה בעובדה שדבר ראשון שנצטרך לעשות הוא ללמוד לתקשר ולהבין אותם. זה בעצם ללמוד שפה חדשה ולהפנים מונחי יסוד של קודים התנהגותיים שלהם. על מנת להמחיש זאת נעשה תרגיל מחשבתי שיראה ציורי על גבול הפיקנטריה. נניח שקיים כוכב לכת שבכל הנתונים שלו זהה לכדור הארץ, למעט צפיפות האטמוספירה. צפיפות האטמוספירה שלו היא פי 1.5 מאטמוספירת הארץ (כמו האטמוספירה של טיטן).

מסקנה מתחייבת היא שזמן חימום נוזלים כאן גבוה יותר מאשר על כדור הארץ.

לכך, עובדה חשובה בתרבות האירות. לזמן חימום מים להכנת תה או קפה חשיבות רבה באשר למה שקורה בסלון ביתנו כאשר אנו מארחים קרובי משפחה וידידים. אם זמן החימום הדרוש לחימום ארוך יותר, נבחין בוודאי בהבדלים בסגנון ההתנהגות של היושבים סביב השולחן. יכול להיות שההבדלים יהיו דקים, אבל בדרך של אקסטרפולציה נוכל להקיש מכך אולי עוד מספר דברים בסימולציה זו.

מהכרתנו את ההיסטוריה האנושית ברור שהחברה הטכנולוגית בה אנו חיים לא צמחה פתאומית מתוך האין. היה זה תהליך ארוך וממושך של מאות אלפי שנים.

אם נרצה להגדיר התפתחות זו הרי שמדובר באבולוציה של התבוניות וביתר דיוק אבולוציה של

שפות הם דיברו ועוד יותר קשה לדעת מה היה הנפת המילולי של שפות אלה. דרך אפשרית לקבל מושג ולו גם מינימלי על שפות אלה הוא לבדוק את כלל המחקרים האנתרופולוגיים שנעשים כיום בקרב שבטים שונים ברחבי העולם ואשר אינם יודעים קרוא וכתוב. לשם המחשה נביא פסקה מדבריו של האנתרופולוג קלוד לוי שטראוס שיש בו כדי להעיד על פן לשוני חשוב ביותר: "כשריהם המחודדים של הילידים (שבט פאנג של גאבון) אפשרו להם לעמוד בדיוק נמרץ על תכונות הסוג של כל מיני החיות, בין ביבשה ובין בים. ובאותה מידה על החילופים הדקים ביותר החלים בתופעות הטבע: ברוחות, באור, בצבעי העונות. באדוות הגלים ובתנודות המשברים, בזרמי המים והאוויר".² ממחקרים שנעשו אצל שבט האנוני שבפיליפינים מתברר ש"כל הפעילויות של האנוני, או כמעט כולן, מצריכות הכרות קרובה עם הצמחיה מקומית והבחנה מדויקת בין זני הצמחים. בניגוד לדעה שהחברות החיות בדוחק אינן מנצלות אלא חלק זעום מן הצמחיה המקומית, חברה זו עושה שימוש ב- 95% מזני הצומח שבסביבתה... אנשי האנוני ממינים את בעלי הכנף שבסביבתם ל-75 קטגוריות. הם מבחינים ב-12 מיני נחשים... 60 טיפוסים דגים... יותר

מתריסר "צורות" של בעלי קונניות שבים ושבמים מתוקים וכן גם עכבישים ומרבה רגליים... החרקים לאלפי צורותיהם מחולקים ל-108 קטגוריות שלכל אחת מהן ניתן שם. ושמהן

השפה אם כן משמשת את חברי הקהילה לא רק עבור תקשורת בינם לבין עצמם, אלא גם בבחינת זיכרון קולקטיבי לשימור המסגרת הקהילתית

13 מתייחסות לנמלים ולטרמיטים. הם יכולים להצביע על יותר מ-60 קבוצות של רכיכות שבים ועל יותר מ-25 קבוצות רכיכות שביבשה ובמים מתוקים... 4 טיפוסים עלוקות... סך הכל רשמו החוקרים 461 טיפוסים של חיות שהילידים יודעים לזהותם".³

בני שבטים אלה אמנם נוקטים בצעד רציונלי שמאפשר להם לארגן את חייהם המשותפים. הם ממציאים מילים לתופעות הטבע השונות שהם רואים. אותן מילים המוסכמות על כולם משמשות אותם לצורך תקשורת בינם לבין עצמם. הם נותנים שמות לצמחים, הם נותנים שמות לבעלי חיים והם נותנים שמות לתופעות טבע.

משעה שהם נתנו שמות אלה הם ממיינים שמות אלה לקטגוריות שונות. כלומר הם מקבצים קבוצות שמות בעלי מאפיינים דומים ולקבוצות אלה נותנים שמות משלהם ובכך יוצרים מילים חדשות. בני שבטים אלה מתגלים גם כבעלי חשיבה מופשטת. הם עדיין לא מנסחים בצורה מילולית את תהליכי חשיבתם, אך הם מודעים לצורך שבמילים מקשרות בין מילים אחרות - אלה המילים המכלילות בקטגוריזציה זו. הם בעצם יוצרים מדרוג לשוני, מה נמצא בדרגה נמוכה ומה נמצא בדרגה עליונה.

יכולת הפשטה זו באה לידי ביטוי בהיבטים שונים של החיים, שהיו חיוניים לחייהם של חברי הקהילה. הבולט שבתחומים אלה הוא התחום הסיפורי והכוונה היא למיתולוגיה. לשם כך נביא דוגמה מהמיתולוגיה הפולינזית: "אש ומים התאחדו ומזיווג זה נולדו האדמה, הסלעים, העצים וכל השאר.

הזיכרון הקולקטיבי מקבל מפנה דרמטי עם המצאת הכתב. מאפשר לחברה המשתמשת בו לשמר במודע את ההיסטוריה שלה ולהעביר אותו בצורה מסודרת לדורות הבאים

הדיונון טאבק עם האש והוכה. האש טאבקה עם הסלעים שניצחו, האבנים הגדולות לחמו בקטנות. האחרונות זכו בנצחון. האבנים הקטנות טאבקו עם העשב, והעשב הוא שזכה. העשב טאבק עם העצים, הוא הוכה והעצים זכו, העצים

טאבקו עם צמחי הליאנה, הם הוכו וצמחי הליאנה זכו בנצחון. צמחי הליאנה נרקבו. התולעים התרבו בתוכם ומתולעים הפכו לבני אדם".⁴ הסיפור מתאר את התפתחות האדם. בחינה לשונית ראשונית תראה שמדובר בטקסט בעל נפח מילים גדול, הכולל בתוכו שמות עצם, פעלים שמות גופים (דקדוקיים) מילות קישור ושימוש במימד הזמן כדי לתאר רצף של אירועים.

מכיון שחברות אלה לא הכירו את הכתב הרי שסיפורים אלה הועברו מאב לבנו במשך דורות. השפה אם כן משמשת את חברי הקהילה לא רק עבור תקשורת בינם לבין עצמם, אלא גם בבחינת זיכרון קולקטיבי לשימור המסגרת הקהילתית. מה קדם למה, המצאת מילים חדשות לצורך פיתוח הזיכרון הקולקטיבי, או שמא הזיכרון הקולקטיבי להמצאת מילים חדשות קשה לדעת, אך אפשר להניח בסבירות גבוהה ששני משתנים אלה תלויים זה בזה בקשרי גומלין הדדיים ומסיבה זו הם הופיעו כנראה באותו זמן.

התפתחות הכתב והזיכרון הקולקטיבי

הזיכרון הקולקטיבי מקבל מפנה דרמטי עם המצאת הכתב. הכתב מאפשר לחברה המשתמשת בו לשמר במודע את ההיסטוריה שלה ולהעביר אותו בצורה מסודרת לדורות הבאים. החברה העתיקה ביותר שידוע לנו כי היה לה כתב היא החברה השומרית שהופיעו באיזור מסופוטמיה בערך בשנת 3500 לפנה"ס.⁵ יכולת שימור זו של הזיכרון הקולקטיבי מאפשרת להעלות על הכתב מגוון רחב של נושאים שלהם נגיעה מהותית לעצם קיומם של השומרים כחברה מסודרת והם סדרי ממשל, קודים התנהגותיים בדמותם של חוקים, חינוך, קבלה החלטות, ידע טכנולוגי ורפואה, תיאולוגיה, מיתוסים ואפוסים, פילוסופיה וספרות ואכן הממצאים הארכיאולוגיים מגלים שפע בלתי רגיל של חומר כתוב. קשה להעריך

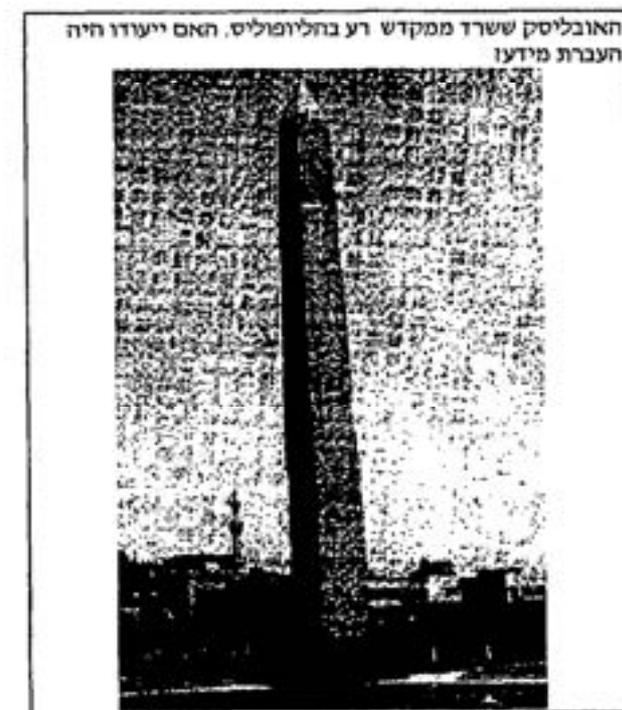
בצורה מדוייקת איזה תחום ממכלול זה של נושאים חשוב יותר.

הנסיון המצטבר של המחקר האנתרופולוגי והנסיון הסוציולוגי, מראים שברמת המקרו תחומים אלה משתזרים אחד בשני לתוך מסכת אחת המגדירה את מהותה של חברה

כדי להסביר את מהלכו ופעולתו של העולם נזקקו הפילוסופים השומריים לא בלבד לאלים למיניהם, אלא גם לכוחות בלתי אישיים, לחוקים ולמשפטים אלוהיים

נתונה. מכל מקום מן הראוי להתייחס למספר היבטים בעלי חשיבות יוצאת מן הכלל. קרמר מצוין שבין הממצאים הנמצאים במוזיאון הלובר ישנו לוח זעירי שבעליו "חילק כל צד של הלוח לשני טורים. ותוך שימוש בכתב זעירי הצליח לרשום בלוח קטן זה שמותיהם של ששים ושניים חיבורים ספרותיים".⁶

החברה השומרית הבינה שלא די להעלות על הכתב את מכלול הפעילות שלהם, אלא יש למיין מידע זה בצורה מסודרת, כדי שגם אחרים יוכלו להשתמש בו. יש כאן סיווג של המידע הספרותי וזאת כבר עליית מדרגה אינטלקטואלית מבחינת דפוסי הפעולה הקוגניטיביים של חברה זו. קפיצת מדרגה זו מוצאת את ביטוייה גם בניצניה של כתיבה היסטורית. אין זו כתיבה היסטורית כמקובל כיום, אלא בבחינת אזכורים של אירועים מעבר קדום יותר של השומרים. קרמר מצוין



האובליסק ששרד ממקדש רע בהליופוליס. האם ייעודו היה העברת מידע?
ש"אחת התעודות בולטת בין השאר, בשפע פרטיה ובבהירות משמעותה. היא מעשה ידיו של אחד הארכיונאים של אנטמן, השליט התמישי בשורת

מושלי לגש אחרי אר ננש. עיקר מטרתו של הכותב היה לציין את שיקומה של תעלת הגבול בין לגש לבין אממ. אחר שזו נהרסה במאבק בין שתי הערים. כדי להעמיד את המאורע במספקטיבה ההיסטורית הנאותה, ראה הארכיונאי הזה צורך לתאר את הרקע המדיני. הוא מזכיר אמנם, בקיצור שבקיצור כמה מן הפרטים החשובים על מאבק השלטון בין לגש לבין אממ, למין הימים שמהם נשתמרו תעודות בכתב - זאת אומרת מימי משלם, שליט שומר ואכד בשנת 2000 לפנה"ס בקירוב.⁷ הטיפול ההיסטורי הוא נקודתי והוא מוזכר בשל הרלבנטיות שלו למושא טיפולו של הכותב.

באשר לתפישות עולם פילוסופיות מהחומר הכתוב שנמצא בחפירות ארכיאולוגיות, עולה כי לשומרים חיתה אכן פילוסופיה משלהם, אבל אין זו צומחת מתוך תהייה וחקירה, אלא בדרך תיאורית - סיפורית שבה מתואר המתרחש בעולמם. הפילוסופים השומריים אם אפשר להשתמש במונח זה היו בעצם מספרי סיפורים. "כדי להסביר את מהלכו ופעולתו של העולם נזקקו הפילוסופים השומריים לא בלבד לאלים למיניהם, אלא גם לכוחות בלתי אישיים, לחוקים ולמשפטים אלוהיים. חוקי האלים, קבעו לדעתם את מהלכו של עולם מקדמא דנא... באופן מיוחד נקבע ש- כי ה"מ" (חוקי האלים) קובעים את דרכו של האדם ותרבותו".⁸

חברה חוקרת

כנגד החברה השומרית החברה היוונית היא חברה חוקרת. זאת חברה שמוציאה מקרבה אנשים ששואלים שאלות. לא קיים אצלם הרעיון כי ישנם דברים שהם מחוץ לתחומי העיסוק והעניין. אחד העקרונות המקודשים של מרביתם של היוונים... הוא שלחקירה ולמחשבה אין סוף, אין הגבלות על היקף החקירה ואין נושא שאסור לחקור אותו.⁹ החברה היוונית היא חברה סקרנית ומתוך רצון אין סופי לא רק לדעת, אלא גם להבין הם מוצאים חסמים פסיכולוגיים שחברות קדומות וגם בני זמנם הטילו על עצמם, וחוקרים בכל נושא שעולה על דעתם. החקירה היא בעצם צורך בסיסי ביותר, כדוגמת הצרכים הביולוגיים השונים. מילוי של צורך זה בא בדמותם של המחשבה, החקירה, הוויכוח והדיון דבר זה הוא חלק מהטבע האנושי, לתפישתם, אולי החלק החשוב ביותר של הטבע זה מקרה שאריסטו מתחיל את המטפיסיקה שלו במילים: "כל בני האדם מטבעם משתוקקים לדעת".¹⁰ עולם התוכן היווני מפתח דבר חדש, אשר על פי המקורות הידועים כיום לא היה קודם לכן והוא המודעות העצמית. ראשיתה של ההגות היוונית מתחילה במאה ה-6 לפנה"ס בדמותם של חוגי חדעות תלס, אנקסימנדר, אנקסימנוס. שלושתם פעלו בעיר מילטוס והיא נמשכת מאות שנים לאחר מכן ולאחד משיאייה הגדולים ביותר הגיעה בכתביהם של אפלטון ואריסטו.

יש לנו אם כן חברה שמעמידה מפעל פילוסופי אדיר מימדים, המשמרת מפעל זה בכתובים. אמנם חלק

מכתביהם של חוגי דעות אלה חלק לאיבוד ברבות השנים.

אך אותו חלק שנשמר יש בו כדי להעיד על עוצמתה של הפילוסופיה היוונית ומתוך כתבים אלה מתברר שפילוסופיה זה בחנה וחקרה תופעות טבע ותופעות חברתיות כאחד לתחומיהם השונים. אנו מוצאים כאן מחקר אסטרונומי מחקר מתמטי וחקירה היסטורית, בניגוד לתרבויות אחרות במסופוטמיה למשל. התברר היוונית הצמיחה היסטוריונים שנתנו דיווח מפורט ביותר, על תקופתם ועל תקופות קדומות להם.

שאלה מתבקשת היא מדוע חברות אחרות לא הגיעו לחישיגים אינטלקטואליים כה יוצאי דופן. מבין מכלול הסיבות האפשריות נציין כאן שתיים מרכזיות והן הסיבה הלשונית והסיבה פסיכולוגית. מקריאתם של יצירותיו של הומרוס "האיליאדה" וה"אודיסיאה" עולה שחשפה היוונית הגיעה בעת העתיקה לעושר מילונאי כה גדול, עד כדי יכולת מצידם של המשתמשים בה לתאר דקויות שונות בתיאור סיבתם ובתיאור רגשותיהם וביכולת אבחון הגדרתית גבוהה. יכולת זו היא בסיס חיוני ביותר לחקירה פילוסופית.

דוגמה בולטת לכך הוא ספרו של אריסטו "הזמאטיקה".¹¹ בספר זה אריסטו בוחן את מכלול הפיוט היווני 500 שנים אחורה בזמן. זהו הספר

הראשון עד כמה שידוע בספרות העולם העוסק בבעיות השירה מבחינה מדעית, והרי לכתובת מחקר מסוג זה יש צורך בהגדרתם של סוגי הספרות השונים. בעצם אי אפשר לבצע שום מחקר שהוא בהגדרתם של סוגי

החקירה הפילוסופית מממשת את היכולת הלשונית רק משעה שהיא עוברת סף מסוים וזהו הסף הקוגניטיבי

הספרות השונים. בעצם אי אפשר לבצע שום מחקר מבלי שלחקר תהיה יכולת לשונית עשירה לתיאור התופעות הנחקרות. כלל זה חשוב הן במחקרים ספרותיים והן במחקרים של תופעות טבע שונות. החקירה הפילוסופית מממשת את היכולת הלשונית רק משעה שהיא עוברת סף מסוים וזהו הסף הקוגניטיבי. הסף הקוגניטיבי הוא אותה נקודת זמן בתולדותיה של תרבות נתונה, בה אנשים בקהילה זו מתחילים לשאול שאלות על עולמם האנושי ועל עולם התופעות הפועל בסביבתם, מעלים את הגותם על הכתב וחזורות הבאים האחרים מתווכחים עם הגות זו, ועם בני דורם שלהם ומפתחים משנות פילוסופיות שלהם במושאי עניינים אלה ועניינים אחרים היכולים לתגור מהם.

החקירה הפרגמטית האמפירית

החקירה שהיוונים כה הצטיינו בה חסרה את המימד המעשי. לא היה זה מחקר אמפירי. היו אמנם נסיונות ללכת לכיוון זה, אך אלה היו שוליים באופיים. הם היו אי שם בפריפריה של הקהילה המדעית היוונית וגם מאוחר מאד במפעל המדעי היווני. הדוגמה

הבולטת לכך היה חרון שפעל באלכסנדריה במאה ה-1 לספירה.¹² המחקרים האמפיריים הראשונים מתבצעים לראשונה בצורה שיטתית במאה ה-17 ע"י גלילאו גליליי בין שמדובר בניסויים במכניקה ובין שמדובר באסטרונומיה.

המימד האמפירי החל לצמוח באיטיות עד שכלל את הקהילייה האקדמית כולה וחוא בא לידי ביטוי בחכמה שיטתית של ניסויים, תכנון וייצור מכשירי מחקר ופרסום תוצאות הניסויים בצורה מסודרת בכתובים. המדע החל לקבל מבנה ארגוני וממוסד המתקצב במידה רבה על ידי המדינה.

אחד העקרונות המקודשים של מרביתם של היוונים... הוא שלחקירה ולמחשבה אין סוף, אין הגבלות על היקף החקירה ואין נושא שאסור לחקור אותו

יש להבחין כאן בשני שלבים היסטוריים של המחקר. שלב ראשון הוא המחקר הפרטני, הנעשה על ידי חוקר בודד אשר מתקצב באופן פרטי את ניסוייו והשלב השני הוא התקצוב שנעשה בתוך מסגרות מתאימות אל האוניברסיטאות ויוזמי מחקר פרטיים. שלב זה החל מתפתח במאה ה-19. אז גם החלו להופיע כתבי עת מדעיים כפי שהם מוכרים כיום. המחקרים המדעיים מתחילים לקבל אפיון פרגמטי. חידע איננו נשאר על מדפיהם של החוקרים, אלא מוצא שימוש בתייחוס יום. התוצאה היא שכיום אנו מדברים על מדע וטכנולוגיה.

במבט רטרוספקטיבי אפשר לומר שהחברה בכללותה עברה שני סיפים קוגניטיביים נוספים. סף אחד בו חקחילה המדעית איננה מסתפקת יותר במחקרים תיאורטיים ופותרת נתיב מחקר הבא לגבות (בין אם לצורך אישוש ובין אם לצורך הפרכת) את התיאוריה בניסויים וחסף השני הוא ארגון ותיעוש המחקר. המחקר הוא תוצר של החברה, כאשר מתפתחת מגמה לחפיק מכך תועלת מעשית.

את אי יכולתם של היוונים לעבור את הסף הקוגניטיבי הראשון אפשר להסביר בסיבות שונות.

1. ארתור סי. קלרק במאמרו "טכנולוגיה וגבולות חידע".¹³ טוען שכשלונם של היוונים נבע מאי יכולתם לשלב ידע וטכנולוגיה וכי זאת אחת מהטרנדיות הגדולות של האנושות. למרות כישוריהם האינטלקטואליים יוצאי הדופן הם כשלו במדע אמפירי. היוונים הניחו את היסודות למדע ולכל התרבות המערבית. אך נכשלו ביישומו. חלק מכישלונם זה אפשר להסביר ברתיעתם מיישום המדע לחיי היום יום. הם אפילו בזו לכך.

2. סמברסקי שמואל טוען שהתובנות שלחם הם "פרי ניצוץ גאוני של חוגי דעות שנתנו ביטוי מובהק ובהיר לרעיון מדעי בחלל ריק כביכול בלי כל גיבוי מקצועי ותוך העדר כל תהודה שהיא בסביבתם הואיל והקדימו

את ההתפתחות ההיסטורית נשארנו דבריהם בבחינת קולות קוראים במדבר.¹⁴

3. כלכלתה של יוון היתה ביסודה כלכלת עבדים. חיוונים לא מצאו לנכון לפתח כלי עבודה שיוכלו להחליף את העבדים. העבדים היו מכשיר עבודה זול שנמצא בשפע וללא הגבלה.

מסקנות

הצגתם של מאפייני מסגרת של חברות שונות על ציר הזמן החל מהתקופה הפרה היסטורית ועד לימינו אלה מראה תהליך אבולוציוני בהתפתחותם של חיים תבוניים והיא כוללת את השלבים הבאים:

1. התפתחותם של חיים קומונליים תוך פיתוח זהות קולקטיבית.

2. במקביל חלה התפתחות לשונית בקרב החיים באותן מסגרות חברתיות.

התפתחות לשונית זו חיונית ובעצם מתחייבת מצורת חיים זו, כדי לאפשר תקשורת יעילה בין החברים במסגרות אלה, לביצוען של מטלות משותפות.

3. התפתחות מקבילה של הזיכרון הקולקטיבי על ידי הגדלת הנפח המילולי של השפה, תוך יצירת מדרג פנימי בתוך השפה של אוצר המילים לצורך מיונו של עולם התופעות והתפתחותה של סיפירת מיתולוגית המועברת מאב לבנו.

4. שיפור הזיכרון הקולקטיבי על ידי המצאת הכתב ורישום מפורט של אוצר הידע הקיים.

5. שבירת מחסום קוגניטיבי חבא לידי ביטוי בנכונותה של החברה נתונה לחקור את עולם התופעות הפועל סביבה ואת עצמה, כאשר נכונות זו מותנית בקיומו של נפח מילולי גדול דיו לצורך זה ובהתפתחות בלתי פוסקת של השפה.

6. שבירתו של מחסום קוגניטיבי נוסף המוצא את ביטויו בפיתוחן של טכנולוגיות שונות.

כפי שאפשר לראות מדברים אלה, הרי שתבוניות היתה קיימת כבר בשלבים המוקדמים של החיים הקומונליים והיא קשורה ליכולת התקשור בין בני אדם הפועלים במסגרת קומונלית, גם אם אוצר המילים שלחם הוא בסיסי. תבוניות שיש בה מרכיב טכנולוגי נמוך כמו החברה היוונית או עתירת טכנולוגיה כמו החברה בת ימינו מחייב כבר תהליכים אבולוציוניים בתבוניות. מכאן שאם במסגרת פרויקט

SETI מחפשים חיים תבוניים ביקום, הרי שאותן חברות טכנולוגיות אשר אותן מחפשים ביקום, הרי שבמהלך אבולוציה של התבוניות אצלם, מה שקובע אם טכנולוגיה זו תחייב נמוכה מזו הקיימת על כדור הארץ שווה לה, או מתקדמת יותר תלויה בקצבם של תהליכים אבולוציוניים אלה, באם היו איטיים או מחירים.

מרכיבים חשובים נוספים הקובעים את קצב ההתפתחות הטכנולוגית הם הנכונות להמניס ידע חדשני והקבלה בין הידע התיאורטי לידע המעשי. לנכונות הפגמת הידע יכולה לשמש יוון. אם היוונים במאה ה-1 לספירה היו מאמצים את מכוונת הקיסור של חרון, קרוב לוודאי שהיום כבר היינו עמוק בחלל.¹⁵ הזדמנות אחרת והרבה יותר מאוחרת היתה בימיו של ליאונרדו דה וינצ'י (-1452 1519). אם בימיו היתה פועלת טכנולוגיה שמאפשרת את יישום כל התוכניות שלו, הרי שהקידמה הטכנולוגית היתה מואצת במספר סדרי גודל וההשגים הטכנולוגיים של תקופתנו היו מופיעים מוקדם יותר.

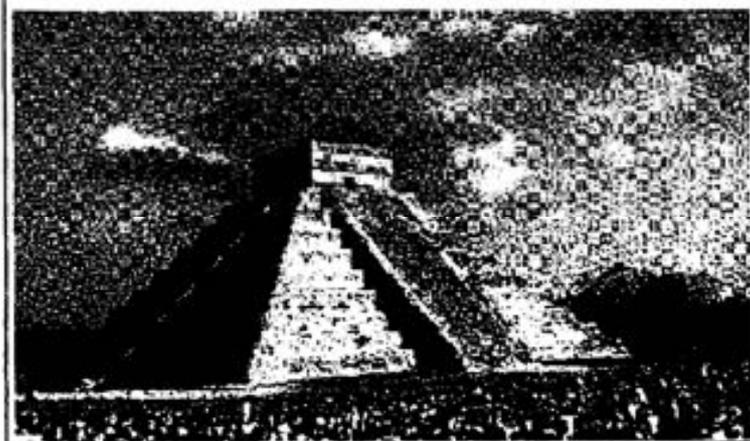
סיכום

מושכל מתבקש מדיון זה, גם אם הוא תמציתי, הוא שאבולוציה של חיים תבוניים היא בעצם אבולוציה של קוגניציה ברמת המקרו, כאשר בעלי קוגניציה עתירת טכנולוגיה אינם פוסלים ולא יכולים לפסול את חוכמת החיים של בעלי קוגניציה דלת טכנולוגיה. חוכמתם המדינית למשל של מלכי בבל, לא היתה נמוכה מחוכמתם המדינית של מדינאים בימינו

מקורות:

- 1 מילון אבן שושן
- 2 קלוד לוי שטראוס - החשיבה הפראית, ספריית פועלים 1987 עמ' 15.
- 3 שם, עמ' 16.
- 4 שם, עמ' 243.
- 5 קרמה נ.ש - החיסטוריה מתחילה, הקיבוץ הארצי 1983, עמ' 15.
- 6 שם, עמ' 283.
- 7 שם, עמ' 92.
- 8 שם, עמ' 155.
- 9 גליקר יוחנן - עליונותה של הפילוסופיה היוונית, האוניברסיטה המשודרת, הוצאת משרד הבטחון, 1982, עמ' 15.
- 10 שם, עמ' 15-16.
- 11 אריסטו - על אומנות הפיוט, הוצאת מחברות לספרות, 1972.
- 12 מזר חיים, האם חרון הקדים את ניוטון, כל כוכבי אור, כרך 23 גליון 1, אביב 1995, עמ' 27.
- 13 Arthur C. Clark, Technology and the limit of knowledge, In the view of Seren dip Pum Books, ks, 1983, p237.
- 14 סמבורסקי שמואל - מוקדם ומאחר בהגות המדעית, מדע, כו' 5, 1982, עמ' 241.
- 15 מזר חיים - האם חרון הקדים את ניוטון, שם, עמ' 27.

הפירמידה בקוקולקן. בני המאיה ניסו להעביר באמצעותה מידע על שינויי העונות.



מה במערכת השמש

יגאל פת-אל

בחודשים מאי - אוגוסט של שנת 1997 ישנם שני ארועים בולטים: הראשון, הוא התרחקותו של שביט הייל בופ מאיתנו והעלמותו משמי הערב. מאמר על שביטים מתפרסם בחוברת זו. המאורע השני הינו רצף מאורעות הקשורים בסדרת התקבצויות קרובות ביותר בין כוכב הלכת שבתאי והירח. התקבצויות אלו הינן מחזה מרהיב, מה גם שבין ההתקבצויות יש גם התכסות של שבתאי על ידי הירח.

כוכבי לכת

הוא כוכב ערב, בחירותו מגיעה לערך מרבי של 2.2- ב- 27 ליוני, כך שניתן לראותו היטב מיד לאחר חשקיעה, צפונית (ימינה) לשמש. למביטים בכוכב חמה בטלסקופ לא ייצפה מראה מרהיב כיוון שקוטרו הזוויתי קטן ביותר והוא נראה כמעט מלא.

כוכב חמה מגיע לאלונגציה מזרחית מרבית מהשמש ב- 4 לאוגוסט, עת הוא יהיה מרוחק ממנה מרחק זוויתי של $19^{\circ}27'$. המרחק הזוויתי גדול במיוחד והנטיה הצפונית של כוכב חמה הופכים את החופעה של כוכב חמה ככוכב ערב לניתנת לצפיית פרק זמן רב יחסית. ב- 5 ליולי, כוכב חמה חולף במחצית הדרך בין פולקס השוקע לירח. בחירותו של כוכב חמה נותרת גבוהה (נמוכה מבחירות 0) וניתן להבחין בו בקלות, אם כי קוטרו הזוויתי נותר קטן. ב- 5 לאוגוסט, יום לאחר שחוא מצוי במרחק הזוויתי המרבי מהשמש, חולף כוכב חמה 2° דרומית לכוכב רגולוס באריה ומעלה אחת צפונית לירח. בחירותו הגבוהה יחסית, 1.0-, יהפכו את המאורע למאורע מרהיב. הירח יהיה בן יומיים בלבד ויראה כחרמש דק. כוכב חמה ינע מערבה לקראת ההתקבצות עם השמש תוך שגודלו הזוויתי עולה עד לערך של $10''.6$ ובחירותו חולף וקטנה עד שהוא מגיע

כוכב חמה מתחיל את חודש מאי ככוכב בוקר. תוך כדי כך הוא עובר התקבצות קרובה מאוד עם חירח בבוקר של ה- 5 במאי, עת הוא חולף $1^{\circ}2$

כוכב חמה

אלונגציה¹ מערבית מירבית של $22^{\circ}25'$ מהשמש ב- 22 למאי. בשיא הראותו ככוכב בוקר הוא יהיה בבחירות 0.6 וקוטר זוויתי $8''.4$ (8.4 שניות קשת) בלבד. למשכימי הקום שיביטו בו בטלסקופ בעל הגדלה גבוהה, הוא יראה כחרמש עבה. לאחר מכן, כוכב חמה מתקרב במהירות לשמש תוך שבהירותו עולה ומאידיך, קוטרו הזוויתי קטן עד לערך של $5''.2$ בעת ההתקבצות. ב- 3 ליוני כוכב חמה מתקבץ עם חירח, כשהוא חולף $1^{\circ}6$ צפונית לירח. ההתקבצות לא תראה מישראל כיוון שהיא מתרחשת באור יום מלא. כוכב חמה מתקבץ עם השמש התקבצות עליונה² (הוא מצוי בצד המרוחק של מסלולו) ב- 25 ליוני. כעת, כוכב חמה

¹ אלונגציה - מרחק זוויתי של כוכב הלכת מהשמש. אלונגציה מערבית כאשר כוכב הלכת מערבית מהשמש (שוקע אחרי שקיעת החמה), אלונגציה מזרחית כאשר כוכב הלכת מזרחית מהשמש (זורח לפני זריחת השמש).

² התקבצות עליונה - התקבצות של כוכב לכת עם השמש כאשר הוא מצוי בצד הרחוק של מסלולו.

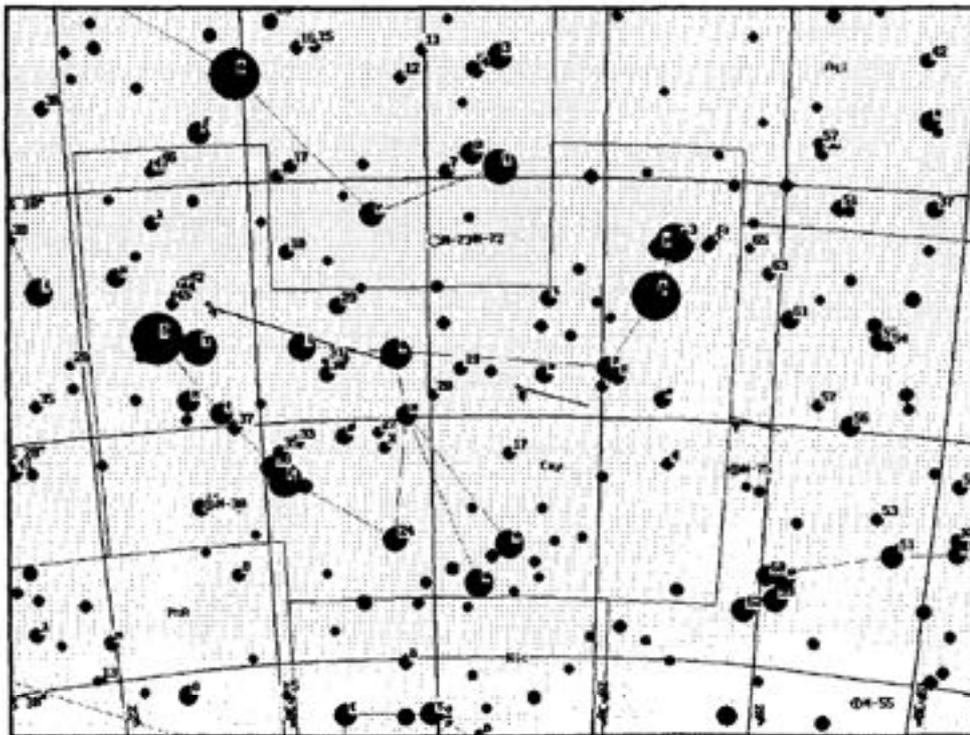
בסוף חודש אוגוסט, מאדים מגיע לבחירות 1.0 וקוטרו הזוויתי יורד מתחת לערך של 6 שניות קשת בלבד.

ב-13 ביוני, מיד לאחר השקיעה, מאדים יחלוף 0.3° בלבד צפונית לירח. לצופים ממרכז ישראל, מאדים יראה קרוב מאוד לשפתו הצפונית של הירח. מומלץ לצפות בטלסקופ גדול. ב-9 לאוגוסט, הירח, מאדים והכוכב ספיקה בקבוצת בתולה יצרו משולש יפה שיראה מיד לאחר השקיעה. הירח ימצא בין מאדים לספיקה כשהוא מרוחק כ-4 מעלות מכל אחד מגרמי השמים הבחירים. ניגוד הצבעים בין ספיקה הכתלחל למאדים האדמדם שביניהם חצי ירח יהווה מראה מרהיב.



כוכב הלכת צדק מצוי בקבוצת גדי, בחלקה הצפוני. בתחילת חודש מאי צדק זורח מעט לאחר חצות ולמעשה מחדש יוני הוא הופך לכוכב נוח לתצפית בשעות סבירות. בחירותו של צדק היא 2.3° והוא גרס השמים הבחיר ביותר בשמי הלילה כשהוא זורח באורו הצחחב מעל האופק הדרום מזרחי. צדק הולך ומתקרב אל כדור הארץ וגודלו הזוויתי הולך וגדל. בתחילת חודש יוני קוטרו הזוויתי של צדק מגיע לערך של $41.8''$ והוא הולך וגדל עד לערך של $48.6''$ בעת הניגוד ב-9 לאוגוסט (מצב בו כוכב הלכת מצוי 180° מחשמש. בעת הניגוד, כוכב הלכת זורח עם השקיעה של השמש ומרחקו מכדור הארץ הוא הקטן ביותר). מרחקו של צדק מכדור הארץ יממה לאחר הניגוד יחיה 606 מליון ק"מ בלבד. יחיה זה המרחק הקרוב ביותר בינינו לבין

צדק, אורנוס ונפטון בקבוצת גדי, בחודשים יוני, יולי, אוגוסט, סימנים כל 10 ימים.



לבחירות 0.4 בעת ההתקבצות התחתונה² עם השמש. לאחר מכן, כוכב תמה הופך לחיות כוכב בוקר. תוך שהוא הולך ומתקרב לכדור הארץ, גודלו הזוויתי הולך וגדל עד לערך של $10.6''$ בתחילת ספטמבר והוא נראה כחרמש דק ביותר.



נוגה הינו כוכב ערב והוא הולך ומתרחק מהשמש לאחר ההתקבצות העליונה שלו ב-2 לאפריל. מאחר ונוגה מצוי בצד המרוחק של מסלולו, בחירותו **נוגה** קרובה לערך המינימלי, -3.9° , אך עדיין הוא גרס השמיים הזוהר ביותר אחרי השמש והירח וניתן לראותו בקלות רבה ביותר. גודלו הזוויתי של נוגה בעת ההתקבצות הוא $10''$. לאחר ההתקבצות, נוגה הולך ומתקרב אל כדור הארץ ולפיכך הוא הולך ומתבאר וגודלו הזוויתי גדל. בסוף אוגוסט, נוגה יגיע לבחירות -4.0° , גודלו הזוויתי יגיע לערך של $14.4''$ והוא יראה כמעט מלא.

ב-7 ביולי, נוגה חולף 5 מעלות צפונית לחרמש הירח בן שלושת הימים. ב-6 לאוגוסט, הוא ימצא 1.6° צפונית לחרמש הירח בן היומיים. כוכב תמה ורגולוס ימצאו קרוב לאופק.



מאדים, כוכב הלכת הכתום - אדמדם, הוא השולט בכיפה. מאדים מצוי בתחילת חודש מאי דרומית לכוכבים הבחירים של קבוצת אריה ויוצר שילוב יפה מעט דרומית לזניט מיד עם תום הדימדומים. בחודש מאי מאדים עדיין קרוב למדי לכדור הארץ לאחר ההתקרבות של שני כוכבי הלכת זה לזה ב-17 למרץ.

בתחילת חודש מאי, בחירותו של מאדים היא -0.3° אך הוא הולך ומחוויר תוך שגודלו הזוויתי הולך וקטן. במהלך חודש מאי ויוני עדיין ניתן לראותו, בקושי רב אם לא משתמשים בטלסקופ גדול והגדלה גדולה, את כיפות הקרח והמדבריות על פניו האדומות של המאדים. במשך הקיץ מאדים נע מזרחה תוך שהוא מדרים לכיוון קבוצת בתולה. בסוף חודש יולי בחירותו של מאדים יורדת עד לערך של 0.8° וגודלו הזוויתי יורד עד ל- $6.3''$ בלבד, תוך שהוא ממשיך לחתמעט. למעשה,

² התקבצות תחתונה - התקבצות של כוכב לכת עם השמש כאשר הוא מצוי בצד הקרוב של מסלולו. התקבצות כזו תיתכן רק לכוכבי הלכת הפנימיים, נוגה וכוכב תמה.

והוא בולט ביותר לא בשל בהירות גבוהה במיוחד אלא חודות לבדידותו באיזור זה של השמים שחסר כוכבים בחירים.

שבתאי חולך ומתקרב אלינו תוך שהוא מתבחר וקוטר הזוויתי גדל אל מעבר ל-16" (ללא הטבעות). בטלסקופ קטן ניתן לראות את הטבעות אפילו בהגדלה מינימלית ולפחות שניים מירחים.

בטלסקופים גדולים ובהגדלות גדולות, ניתן לראות גם פרטים של תגורות העננים חכחות על פניו של שבתאי וכן מספר ירחים. הזווית של נטית הטבעות גדולה וחמראה מרהיב יותר מאשר נטילה לצופה אשתקד. במשך כל החודשים מאי, יוני

ויולי שבתאי מצוי בתנועה קדומנית. ב-2 לאוגוסט שבתאי עומד ולאחר מכן הוא מתחיל בתנועה אחורנית.

שבתאי חולך ומקרב אל כדור הארץ עד הניגוד ב-10 לאוקטובר. בסוף אוגוסט בהירותו של שבתאי היא 0.4 והוא נראה היטב באופק הדרום מזרחי בשעות הערב המאוחרות. קוטר הזוויתי מגיע בסוף אוגוסט לערך של 19 שניות קשת.

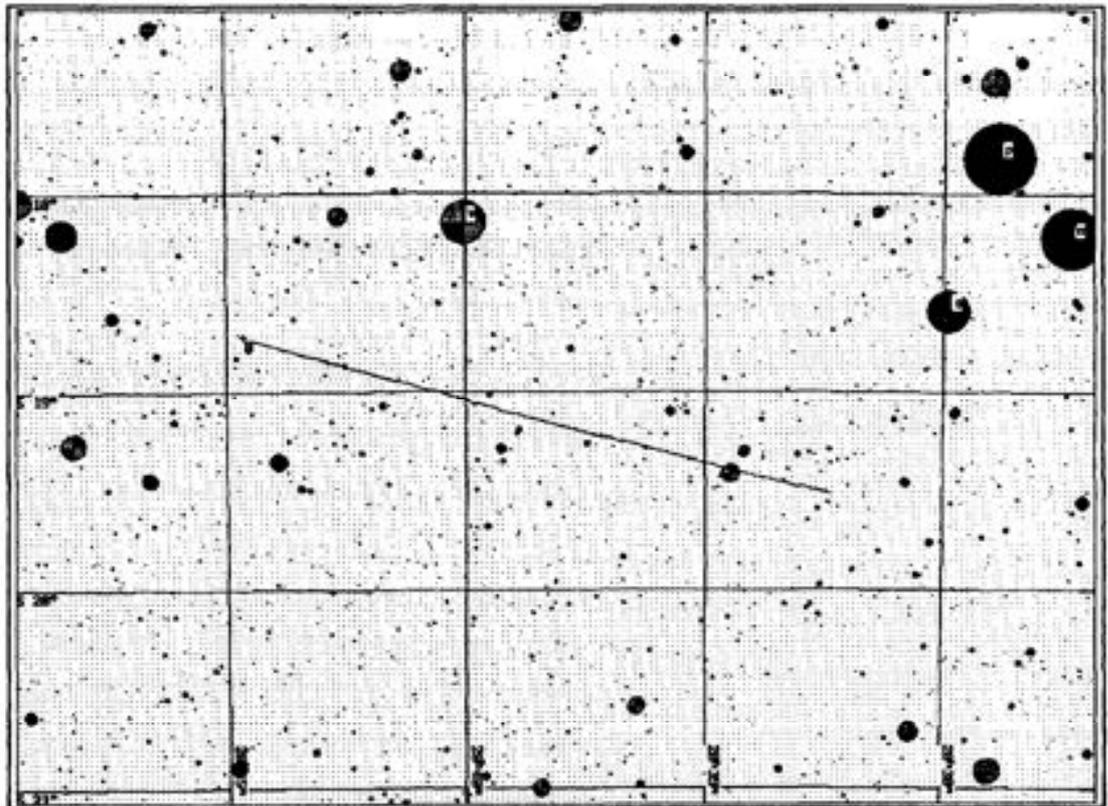
שבתאי והירח

שבתאי עובר מתודש אפריל סדרת התקבצויות עם הירח שחלקן יראו מישראל אך בשעות היום דווקא.

ההתקבצות הראשונה שתראה מישראל היא התכסות שבתאי על ידי הירח ב-1 ליוני, בשעה 5 בבוקר שעות ישראל (שעות חורף).. את ההתקבצות יהיה קשה לראות בעין מכיוון שהשמש תזרח כמחצית השעה קודם לכן ולכן יש צורך לצפות בטלסקופ גדול על מנת לראות את הירח מכסה את שבתאי.

ההתכסות השנייה תראה אף היא בשעות היום, ב-28 ליוני בשעה 14 שעות ישראל (שעות חורף). גם במקרה זה יש להצטייד בטלסקופ אם כי בשל מרחקו של הירח מהשמש, יהיה קל לאתר את הירח ולפיכך ניתן יהיה לאתר את שבתאי בקלות אם הצופה מצויד בטלסקופ.

למרות ששתי ההתכסויות תראנה בשעות היום, הצופים בשבתאי והירח יזכו למראה מרהיב לפני הזריחה עת



אורנטס בנדי בתדשים יוני, יולי, אוגוסט. סימנים כל 10 ימים.

צדק מאז ה-11 לנובמבר 1964, עת המרחק בינינו היה 600 מליון ק"מ בלבד. הפעם הבאה שצדק יתקרב אל כדור הארץ למרחק כזה יהיה ב-26 לנובמבר 2000 והמרחק ביניהם יהיה שוב 606 מליון ק"מ.

צדק נע בתנועה קדומנית⁴ עד ה-10 ביוני, אז הוא עומד ולאחר מכן הוא מתחיל בתנועה אחורנית. בתחילת אוגוסט, ימצא צדק כחצי מעלה צפונית לכוכב הבחיר; בקבוצת גדי.

תופעות ירחי צדק

לצדק 4 ירחים גדולים (המכונים הירחים הגליליאנים, ע"ש מגלס - גלילאו גלילאי), שניתן לראותם גם במשקפת שדה פשוטה. בטלסקופ המגדיל פי 80 ומעלה ניתן לצפות בתופעות של ירחי צדק כדוגמת צל שמטילים הירחים על צדק וכן ליקויים של ירחי צדק על ידי צדק עצמו.



שבתאי
כוכב הלכת שבתאי הינו כוכב בוקר בתדשים מאי ויוני. הוא משייט לו אי שם בין קבוצות דגים ולוויתן, כשהוא זוהר בהירות 0.8 ואורו כתום צהבהב. שבתאי נראה לפנות בוקר בחודשים אלו מעל האופק הדרום מזרחי

⁴ תנועה קדומנית - תנועה של כוכב לכת מחטב למרחק על פני כיפת השמיים. תנועה אחורנית הינה תנועה ממרחק למערב.

מה במערכת השמש

יגאל פת-אל

שני גרמי השמיים יהיו קרובים מאוד. המחזה המרהיב ביותר יהיה, כמובן, ב-1 ליוני.

ההתכנסות הבאה של שבתאי עם הירח תהיה ב-25 ליולי, אך היא תתרחש בשעה 21 שעות ישראל, כאשר הירח ושבתאי יהיו מתחת לאופק עבור צופה מישראל. כמה שעות מאוחר יותר, שני גרמי השמיים יזרחו צמודים, מיד לאחר ההתגלות של שבתאי.

ההתקבצות המשמעותית ביותר תהיה ב-22 לאוגוסט, עת שבתאי יחלוף מספר דקות קשת צפונית לירח עבור צופים המצויים במרכז הארץ. צופים שימצאו דרומית לקו רוחב 31 מעלות עשויים לראות התכנסות גנישה (Grazing) של שבתאי

המשיק לשפתו הצפונית של הירח. ההתכנסות תהיה בשעה 04 שעות ישראל (שעות חורף), כאשר שבתאי והירח יהיו מעל האופק המערבי לקראת שקיעת, כשעה לפני זריחת החמה. כל הלילה קודם לכן, שבתאי יהיה קרוב ביותר לירח והמחזה יהיה מרהיב.

ב-18 לספטמבר יהיה מעבר קרוב מאוד של שבתאי צפונית לירח, אך זה יהיה בדיוק בשעת צהריים כך שניתן יהיה לראות את שני גרמי השמים קרובים בלילה הקודם. מסכת הריקוד הצמוד ירח - שבתאי שהחלה ב-7 לאפריל, 1997, תמשך עד מרץ 1998. הפעם הבאה בה תהיה סדרה של התקבצויות בין הירח ושבתאי תהיה בשנת 2004.

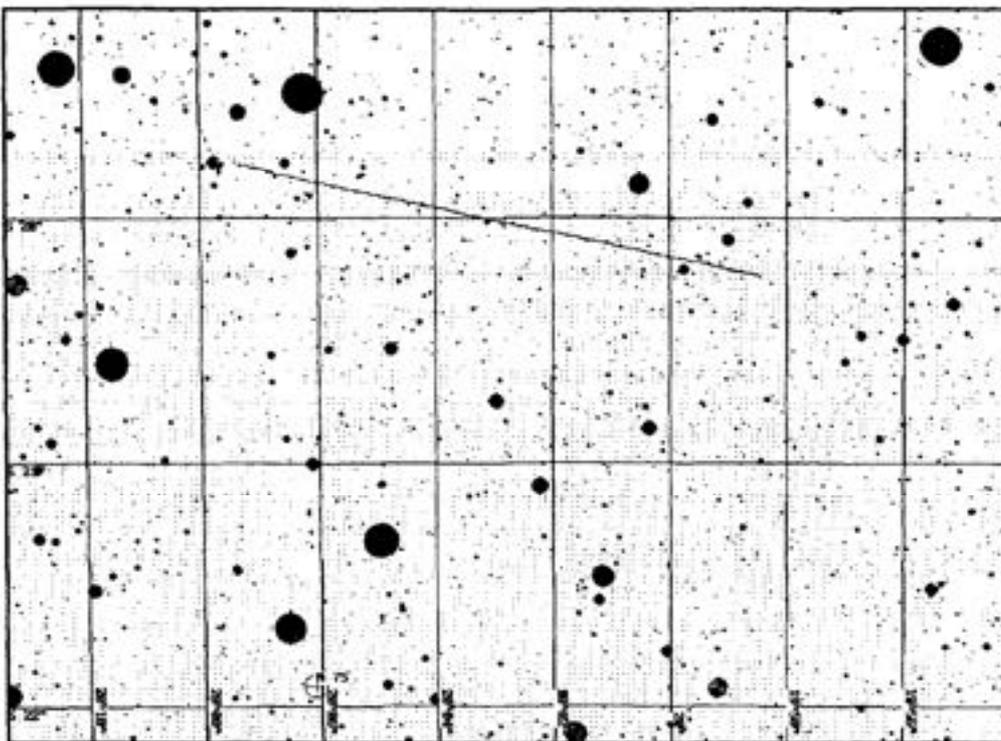


אורנוס מצוי בקבוצת גדי כל האביב והקיץ. כל אותה עת הוא מצוי בתנועה אחורנית לכיוון קבוצת קשת. בהירותו של כוכב הלכת הירקרק הינה 5.8 וקוטר הזוויתי 3"6 בלבד. את אורנוס ניתן לראות במשקפת שדה קטנה ויש להיעזר לשם כך במפה המצורפת. יש לעקוב אחר תנועתו משך כמה ימים על מנת לוודא שאכן זהו אורנוס. בטלסקופ גדול, בהגדלות של $\times 120$ ומעלה, אורנוס יראה כדיסקה קטנה בצבע ירקרק - תכולה. אורנוס מתקרב אל כדור הארץ עד לניגוד ב-29 ליולי, עת בהירותו תהיה בדיוק 6.0. יממה קודם לכן, ב-28 ליולי, אורנוס יהיה במרחק הקרוב ביותר לכדור הארץ בשנה זו, 2 מיליארד ו-814 מיליון ק"מ.



נפטון מצוי לו מעט מערבית לאורנוס, בתחומיה של קבוצת גדי, קרוב מאוד לגבול עם קבוצת קשת. גם

כל כוכבי אור, כך 24, גליון 3



נפטון בקבוצת קשת בחודשים יוני, יולי, אוגוסט. סימנים כל 10 ימים.

נפטון, כמו אורנוס, מצוי בעיצומה של תנועה אחורנית של מסלולו על פני כיפת השמים ובתחילת יוני הוא חוצה את הגבול לתוככי קבוצת קשת. גודלו הזוויתי של נפטון הינו 2"2 בלבד ויש להזדקק לטלסקופ בקוטר 20 ס"מ לפחות והגדלה של $\times 180$ על מנת להבחין בדיסקה בעלת הגוון הכחול עמוק. בהירותו של נפטון הינה 7.9, גבוהה דיה על מנת להבחין בו במשקפת שדה גדולה אך בשל תנועתו האיטית על פני כיפת השמיים, יש להיזדקק לסבלנות מרובה על מנת לוודא שאכן נפטון הוא הכוכב החיוור שבשדה הראיה. (אלא אם כן ניתן להגדיל את דמותו ולראותו כדיסקה).

נפטון

נפטון עדיין הינו כוכב הלכת הרחוק ביותר במערכת השמש, מאחר ומסלולו מצטלב עם מסלולו של פלוטו. נפטון יהיה בניגוד ב-21 ליולי 1997, עת מרחקו יהיה מכדור הארץ 4 מיליארד ו-358 מיליון ק"מ.

אורנוס ונפטון נראים היטב בשעות הערב המאוחרות בתחילת האביב מעל האופק הדרום מזרחי ובקיץ ניתן לצפות בהם מיד לאחר השקיעה.



פלוטו משייט לו בפינה הצפון מערבית של קבוצת עקרב, סמוך לכוכב 18 בעקרב. פלוטו מצוי לו בעיצומה של תנועה אחורנית, כאשר הוא ניתן לצפייה רק בטלסקופים גדולים. בתחילת האביב הוא זורח לקראת חצות ולאחר מכן מקדים לזרוח. הוא מצוי בניגוד ב-25 למאי עת הוא ימצא 'דק' 4 מיליארד - 335 מיליון ק"מ מעימונו.

ליקוי ירח מלא של 16 בספטמבר

באטמוספירה תהיה גדולה יותר, כך יהיה תגוון של הירח אדום יותר.

בשעה 21:18:00 יסתיים שלב הליקוי המלא ונקודת אור ראשונה תראה בכיוון דרום מזרח והירח יצא לחלוטין מאיזור הצל המלא בשעה 22:25:24 (נקודה U4 באיור), כאשר נקודת הצל האחרונה תצא מצידו המערבי של הירח. בשעה 23:22:24 יסתיים הליקוי לחלוטין (נקודה P4).

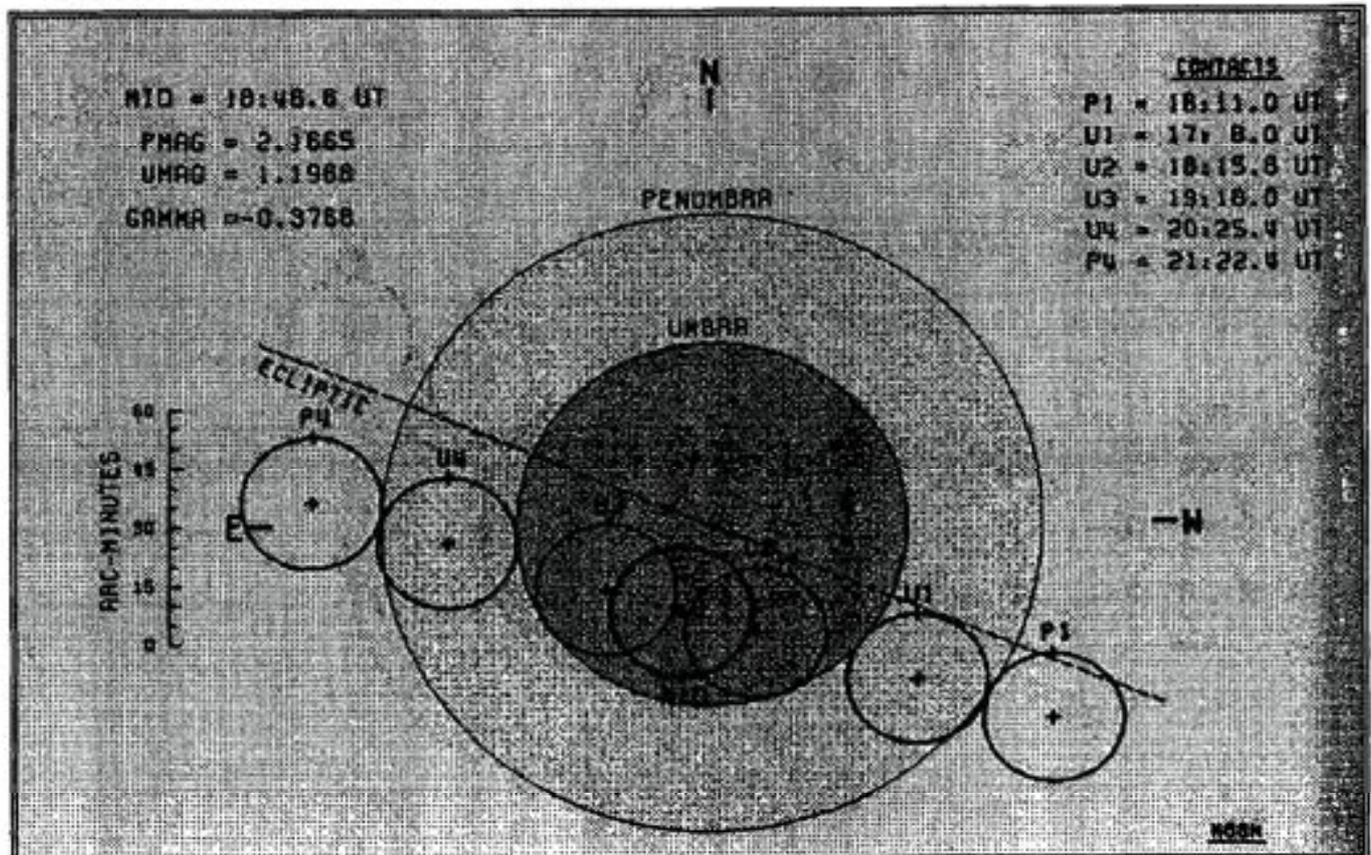
בעת שיא הליקוי יחלוף מרכז הירח דרום מזרחית למרכז הצל. גודל הליקוי בעת הליקוי המלא הוא 1.1968 ומספר זה מבטא את המרחק (בקוטרי ירח), משולי הצל המלא עד למרכז הירח בעת שיא הליקוי.

הירח יהיה לאחר חקשר היורד של מסלולו (הוא חוצה את מישור המלקה מצפון לדרום). ליקוי זה יהיה הליקוי ה-27 מתוך 81 ליקויים במחזור הליקויים (סארס) מספר 137. הליקוי חבא במחזור זה יתרחש ב-28 לספטמבר שנת 2015. ליקוי הירח המלא חבא שיראה מישראל יהיה ב-9 לינואר שנת 2001. ■

ליקוי ירח מלא יראה בישראל ב-16 לספטמבר. שיא הליקוי יראה בשעה 20:46:48 (שעון חורף).

תחילת הליקוי, שלב U1 באיור, עת הירח יכנס לצל החלקי שמטיל כדור הארץ יהיה בשעה 18:11:00. שלב זה לא יראה בעין כיוון שאיזור חצי הצל (פנאומברה), אינו מוצל כליל וחלק מקרני השמש מאיר אותו. בשעה 19:08:00 תראה נקודת הצל הראשונה (שלב U2), בצידו הצפון מזרחי של הירח. מאחר שהירח קרוב לאופק, צפון הירח מונה שמאלה (לכיוון כוכב הצפון) ולפיכך צידו המזרחי של הירח יפנה לכיוון אופק מזרח. בשעה 20:15:48, שלב U3 באיור, יחל שלב הליקוי המלא, עת הירח יכנס כולו לתוך איזור הצל המלא. שיא הליקוי יראה בשעה 20:46:48. בכל שלבי הליקוי המלא, הירח יראה אדמדם עקב שבירה של קרני השמש החודרות לתוך איזור הצל מבעד לאטמוספירה של כדור הארץ. קרני השמש החודרות לפנים איזור הצל עוברות דרך השכבות הנמוכות של האטמוספירה ולפיכך צבע אדום. צידו הדרומי של הירח הקרוב לשולי אזור הצל עשוי להראות בגוון כחלחל-אפור, חודות לקרני שמש החודרות מבעד לשכבות עליונות יותר של האטמוספירה, שכמות האבק בהן קטנה יותר. ככל שכמות האבק

שלבי ליקוי הירח המלא כפי שיראו מישראל. הזמנים בפינה העליונה נתונים בזמן עולמי. בפינה השמאלית העליונה גודל ליקוי המלא וגודל חצי הצל. גמא מבטא את המרחק (בקוטרי כדור הארץ), של מרכז הירח ממרכז הצל בשיא הליקוי (מתוך Fifty Year Canon of Lunar Eclipses, Nasa).



מגיל הרקיע

מאי 1997 - ספטמבר 1997

מגיל הרקיע הינו כלי עזר לתיכנון תצפיות בגרמי השמים הנמונים על מערכת השמש. הזמנים הנתונים במגיל מחושבים עבור מרכז ישראל ונתונים תמיד בשעון חורף (שעתיים ותוספת מזמן עולמי). המגיל מותאם ללוח האזרחי וכן ללוח העברי. מומלץ להשתמש במגיל הרקיע בתוספת לפינה - מה במערכת השמש המופיעה בחוברת.

הנחיות לעיון בטבלאות המגיל (מימין לשמאל)

- יומן השמים - תאריך בחודש העברי, שעה (שעון חורף), תאריך לעזי, תופעה.
- כוכבי 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 זוויתי בשניות קשת, מרחק זוויתי (אלונגציה) במעלות קשת מהשמש (סימן חיובי, אלונגציה מערבית - כוכב הלכת מצוי מערבית מהשמש והוא כוכב ערב, סימן שלילי, אלונגציה מזרחית, כוכב הלכת מצוי מזרחית מהשמש והוא כוכב בקר), חלק מואר (מופע - פאזה) באחוזים משטח פני כוכב הלכת, דרגת בהירות של כוכב הלכת (ככל שחמסטר גדול יותר, עצמת האור קטנה יותר).
- שמש, זריחה, שקיעה - יום בשבוע, תאריך עברי, תאריך לעזי. זריחה ושקיעה - שעה (שעון חורף), אוימוט - מצפון מזרחה. צהירה - שעה (שעון חורף, גובה במעלות מעל האופק. משוואת הזמן - הפרש בדקות בין תאריך האמיתי של היממה ל- 24 שעות. מספר חיובי מבטא אורך יממה ארוך מ- 24 שעות.
- 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 זוויתי בדקות קשת (דקות, שניות קשת), מרחק זוויתי במעלות מהשמש, חלק מואר (מופע הירח - פאזה) באחוזים משטח פני הירח, גיל הירח - פרק הזמן (בימים) שחלף מרגע המולד.
- 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 אזרחיים - השמש 6 מעלות מתחת לאופק. הערה - נתוני הדימדומים אינם מופיעים בחוברת כי אם באתר האינטקנט של האגודה הישראלית לאסטרונומיה.

תוכן העניינים:

	140	יומן השמיים
141		נטיית מישור הסככות של שבתאי
	142	כוכבי לכת, זריחה, שקיעה, מיקום, נתונים פיזיקליים
147		השמש, זריחה, שקיעה, מיקום, משוואת זמן
	152	הירח, זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, מופע
באתר האינטרנט		דימדומים - אסטרונומיים, ימיים, אזרחיים

יומן השמיים

1997

מאי

כה	01	2	נפטון עומד
כו	13	3	הירח בפריגאה
כז	18	4	שבתאי 0.8° דרומית לירח
כח	18	5	כוכב-חמה 1.2° 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 התשנז

א	16	8	הירח 0.6° צפונית לאלדברן
ב	00	10	נוגה 4° דרומית לאלקיון
ו	11	13	אורנוס 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	אורנוס 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

1997

יוני

כה	05	1	שבתאי 0.5° דרומית לירח
כו	15	3	כוכב-חמה 1.6° צפונית לירח
כח	03	4	הירח 9° דרומית לאלקיון
כט	00	5	הירח 0.6° צפונית לאלדברן
כט	09	5	* 09:04 מולד הירח

סיון התשנז

א	19	6	נוגה 6° צפונית לירח
ב	07	8	כוכב-חמה 6° דרומית לאלקיון
ה	13	10	צדק עומד
ו	11	11	הירח 3° דרומית לרגולוס
ז	07	12	הירח באפוגאה
ח	06	13	* 06:52 סוף הרבע הראשון של הירח
ח	18	13	מאדים 0.3° צפונית לירח
ט	16	14	כוכב-חמה 5° צפונית לאלדברן
י	18	15	הירח 5° צפונית לספיקה
יד	03	19	פלוטו 8° צפונית לירח

כל כוכבי אור, כרך 24 גליון 3

יד	08	19	הירח 10° צפונית לאנטרס
טו	21	20	* 21:09 ירח מלא
טז	10	21	* 10:20 מפנה יוני
יח	00	23	נפטון 4° דרומית לירח
יח	15	23	אורנוס 4° דרומית לירח
יט	01	24	נוגה 5° דרומית לפולוקס
יט	07	24	הירח בפריגאה
יט	14	24	צדק 4° דרומית לירח
כ	21	25	כוכב-חמה בהתקבצות עליונה
כב	14	27	* 14:42 תחילת הרבע האחרון של הירח
כג	14	28	שבתאי 0.2° דרומית לירח

1997

יולי

כו	10	1	הירח 9° דרומית לאלקיון
כו	07	2	הירח 0.6° צפונית לאלדברן
כט	20	4	* 20:40 מולד הירח
כט	21	4	כדור-א באפיחיליון
ל	06	5	כוכב-חמה 5° דרומית לפולוקס
ל	23	5	כוכב-חמה 6° צפונית לירח

תמוז התשנז

ב	04	7	נוגה 5° צפונית לירח
ג	19	8	הירח 2° דרומית לרגולוס
ה	00	10	הירח באפוגאה
ז	03	12	מאדים 1.8° דרומית לירח
ז	23	12	* 23:44 סוף הרבע הראשון של הירח
ח	03	13	הירח 5° צפונית לספיקה
יא	11	16	פלוטו 8° צפונית לירח
יא	18	16	הירח 10° צפונית לאנטרס
טו	05	20	* 05:20 ירח מלא
טו	08	20	נפטון 4° דרומית לירח
טו	23	20	אורנוס 4° דרומית לירח
טז	07	21	נפטון בניגוד
טז	19	21	צדק 4° דרומית לירח
יז	01	22	הירח בפריגאה
יח	03	23	נוגה 1.2° צפונית לרגולוס
כ	21	25	שבתאי 0.01° צפונית לירח
כא	20	26	* 20:28 תחילת הרבע האחרון של הירח
כב	02	27	כוכב-חמה 0.5° דרומית לרגולוס
כג	15	28	הירח 9° דרומית לאלקיון
כד	13	29	הירח 0.4° צפונית לאלדברן
כה	02	30	אורנוס בניגוד

1997

אוגוסט

כח	21	2	שבתאי עומד
כט	02	3	מאדים 1.7° צפונית לספיקה
כט	14	10	* 3:10 מולד הירח

יומן השמיים

ל 02:02 * ליקוי-חמה חלקי בגודל 9. (לא יראה מהארץ)
 ל 23 2 הירח באפוגאה

אלול התשנז

ג	14	5	נוגה 3° דרומית לירח
ג	16	5	הירח 5° צפונית לספיקה
ד	07	6	נוגה 1.9° צפונית לספיקה
ה	11	7	מאדים 5° דרומית לירח
ו	03	9	פלוטו 7° צפונית לירח
ז	08	9	כוכב-חמה עומד
ז	10	9	הירח 10° צפונית לאנטרס
ח	03	10	סוף הרבע הראשון של הירח * 03:31
יא	03	13	נפטון 4° דרומית לירח
יא	16	13	אורנוס 4° דרומית לירח
יב	06	14	צדק 4° דרומית לירח
יד	17	16	הירח בפריגאה
יד	18	16	ליקוי-ירח: תחילת ליקוי חצי-צל * 18:14
יד	19	16	תחילת הליקוי החלקי * 19:10
יד	20	16	תחילת הליקוי המלא * 20:17
יד	20	16	שיא הליקוי בגודל 1.19 * 20:47
יד	20	16	ירח מלא (לו לא לקח) * 20:50
יד	21	16	סיום הליקוי המלא * 21:18
יד	22	16	סיום הליקוי החלקי * 22:25
יד	23	16	סיום ליקוי חצי-צל * 23:21
טו	00	17	כוכב-חמה במרחק וויתי מירבי מערבי 18°
טו	12	18	שבתאי 0.2° דרומית לירח
יט	05	21	הירח 9° דרומית לאלקיון
כ	02	22	הירח 0.3° צפונית לאלדברן
כא	01	23	שוריון ספטמבר * 01:56
כא	01	23	תחילת הרבע האחרון של הירח * 15:35
כו	4	28	הירח 2° דרומית לרגולוס
כח	02	30	הירח באפוגאה
כח	21	30	כוכב-חמה 1.2° צפונית לירח

אב התשנז

א	02	4	כוכב-חמה במרחק וויתי מירבי מזרחי 27°
ב	02	5	הירח 2° דרומית לרגולוס
ב	21	5	כוכב-חמה 1° דרומית לירח
ג	11	6	נוגה 1.6° צפונית לירח
ג	15	6	הירח באפוגאה
ו	10	9	הירח 5° צפונית לספיקה
ו	17	9	מאדים 4° דרומית לירח
ו	22	9	צדק בניגוד
ח	14	11	סוף הרבע הראשון של הירח * 14:43
ט	20	12	פלוטו 8° צפונית לירח
י	03	13	הירח 10° צפונית לאנטרס
יג	18	16	נפטון 4° דרומית לירח
יד	05	17	כוכב-חמה עומד
יד	07	17	אורנוס 4° דרומית לירח
טז	00	18	צדק 4° דרומית לירח
טז	12	18	ירח מלא * 12:55
טז	07	19	הירח בפריגאה
יט	04	22	שבתאי 0.01° צפונית לירח
כא	21	24	הירח 9° דרומית לאלקיון
כב	04	25	תחילת הרבע האחרון של הירח * 04:24
כב	19	25	הירח 0.3° צפונית לאלדברן
כו	19	30	כוכב-חמה בהתקבצות תחתונה

1997

ספטמבר

כט	08	1	הירח 2° דרומית לרגולוס
כט	19	1	כוכב-חמה 3° דרומית לירח
ל	01	2	מולד הירח * 01:52

נסית טבעות שבתאי

נסיית סיפור טבעות שבתאי	תאריך													
	לועזי	עברי												
- 11.2	3/9	א	- 11.6	4/8	א	- 11.5	6/7	א	- 10.8	6/6	א	- 9.6	8/5	א
- 11.0	10/9	ח	- 11.6	11/8	ח	- 11.6	13/7	ח	- 11.0	13/6	ח	- 9.9	15/5	ח
- 10.8	17/9	טז	- 11.5	18/8	טז	- 11.6	20/7	טז	- 11.2	20/6	טז	- 10.2	22/5	טז
- 10.6	24/9	כב	- 11.4	25/8	כב	- 11.7	27/7	כב	- 11.4	27/6	כב	- 10.5	29/5	כב
- 10.3	1/10	כט	- 11.2	1/9	כט	- 11.6	3/8	כט	- 11.5	4/7	כט	- 10.8	5/6	כט

כוכבי לכת - זריחה, שקיעה, מיקום, נתונים פיזיקליים

מאי - יוני 1997, אייר התשנ"ז

דרגת בהירות	חלק מזרח	מרחק זוויתי '	קוטר '	מרחק ממזרח (.א.י.)	נטיה '	עליה ישרה		תאריך		שם כוכב הלכת
						שן דק סט	מ' דק סט	לועזי	עברי	
+2.2	0.130	- 18.07	10.9	0.6143	+ 9 19 52	1 52 43.3	8/ 5	א	כוכב-חמה	
+1.2	0.252	- 23.44	9.6	0.6974	+ 8 51 27	1 59 46.8	15/ 5	ז		
+0.6	0.376	- 25.34	8.4	0.8039	+ 10 11 53	2 18 46.0	22/ 5	טו		
+0.2	0.503	- 24.41	7.3	0.9255	+ 12 51 59	2 47 52.8	29/ 5	כז		
-0.3	0.643	- 21.11	6.4	1.0555	+ 16 20 31	3 26 28.5	5/ 6	כט		
-3.9	0.987	+ 9.20	9.8	1.6990	+ 19 13 55	3 37 33.6	8/ 5	א	(נונה)	
-3.9	0.982	+ 11.05	9.9	1.6858	+ 21 16 51	4 13 14.7	15/ 5	ז		
-3.9	0.975	+ 12.91	10.0	1.6697	+ 22 50 59	4 49 44.7	22/ 5	טו		
-3.9	0.967	+ 14.78	10.1	1.6509	+ 23 53 17	5 26 53.2	29/ 5	כז		
-3.9	0.957	+ 16.65	10.2	1.6293	+ 24 21 34	6 04 24.4	5/ 6	כט		
-0.3	0.921	+ 119.90	10.9	0.8592	+ 6 34 21	11 16 10.9	8/ 5	א	מאדים	
-0.1	0.910	+ 114.23	10.3	0.9082	+ 5 54 09	11 19 48.7	15/ 5	ז		
+0.0	0.902	+ 109.06	9.8	0.9589	+ 5 03 57	11 25 12.0	22/ 5	טו		
+0.1	0.894	+ 104.31	9.3	1.0106	+ 4 05 04	11 32 06.1	29/ 5	כז		
+0.2	0.889	+ 99.92	8.8	1.0629	+ 2 58 35	11 40 19.3	5/ 6	כט		
-2.3	0.990	- 87.19	39.0	5.0418	- 15 19 34	21 31 27.9	8/ 5	א	צדק	
-2.3	0.990	- 93.33	39.9	4.9311	- 15 09 08	21 33 57.3	15/ 5	ז		
-2.4	0.990	- 99.58	40.8	4.8211	- 15 01 19	21 35 54.0	22/ 5	טו		
-2.4	0.991	- 105.96	41.8	4.7132	- 14 56 18	21 37 16.6	29/ 5	כז		
-2.5	0.991	- 112.48	42.7	4.6086	- 14 54 16	21 38 03.6	5/ 6	כט		
+0.8	0.999	- 32.66	16.1	10.2681	+ 3 47 39	0 58 11.0	8/ 5	א	שבתאי	
+0.8	0.999	- 38.64	16.2	10.2006	+ 4 04 30	1 01 03.4	15/ 5	ז		
+0.8	0.999	- 44.63	16.3	10.1235	+ 4 20 16	1 03 47.3	22/ 5	טו		
+0.8	0.998	- 50.66	16.5	10.0379	+ 4 34 50	1 06 21.8	29/ 5	כז		
+0.7	0.998	- 56.73	16.6	9.9444	+ 4 48 05	1 08 45.4	5/ 6	כט		
+5.8	0.999	- 98.78	3.6	19.6347	- 18 41 05	20 45 01.9	8/ 5	א	אורנוס	
+5.7	0.999	- 112.31	3.6	19.4094	- 18 41 54	20 44 57.4	22/ 5	טו		
+5.7	1.000	- 125.91	3.6	19.2054	- 18 45 08	20 44 14.8	5/ 6	כט		
+7.9	1.000	- 107.50	2.2	29.8334	- 19 44 50	20 08 07.7	8/ 5	א	[109]	
+7.9	1.000	- 121.10	2.3	29.6165	- 19 46 01	20 07 43.5	22/ 5	טו		
+7.9	1.000	- 134.72	2.3	29.4289	- 19 48 26	20 06 55.6	5/ 6	כט		
+13.7	1.000	- 158.55	0.1	29.0334	- 8 19 42	16 20 33.1	8/ 5	א	שבתאי	
+13.7	1.000	- 166.62	0.1	28.9925	- 8 15 54	16 19 05.6	22/ 5	טו		
+13.7	1.000	+ 163.43	0.1	29.0074	- 8 13 28	16 17 35.5	5/ 6	כט		

שקיעה	צריחה	זריחה	תאריך		שם כוכב הלכת
			לועזי	עברי	
16:54	10:28	4:01	8/ 5	א	כוכב-חמה
16:34	10:08	3:42	15/ 5	ז	
16:30	10:00	3:30	22/ 5	טו	
16:40	10:02	3:25	29/ 5	כז	
17:01	10:13	3:26	5/ 6	כט	
19:10	12:15	5:19	8/ 5	א	נונה
19:24	12:23	5:22	15/ 5	ז	
19:38	12:32	5:26	22/ 5	טו	
19:51	12:41	5:32	29/ 5	כז	
20:02	12:51	5:41	5/ 6	כט	
2:13	19:50	13:31	8/ 5	א	מאדים
1:48	19:26	13:09	15/ 5	ז	
1:23	19:04	12:49	22/ 5	טו	
1:00	18:44	12:31	29/ 5	כז	
0:38	18:25	12:14	5/ 6	כט	
11:31	6:07	0:44	8/ 5	א	צדק
11:07	5:42	0:18	15/ 5	ז	
10:41	5:17	23:48	22/ 5	טו	
10:15	4:51	23:22	29/ 5	כז	
9:49	4:24	22:55	5/ 6	כט	
15:46	9:34	3:21	8/ 5	א	שבתאי
15:22	9:09	2:56	15/ 5	ז	
14:58	8:44	2:30	22/ 5	טו	
14:34	8:19	2:05	29/ 5	כז	
14:09	7:54	1:39	5/ 6	כט	
10:36	5:21	0:06	8/ 5	א	אורנוס
9:40	4:26	23:07	22/ 5	טו	
8:45	3:30	22:12	5/ 6	כט	
9:56	4:44	23:29	8/ 5	א	[109]
9:00	3:49	22:33	22/ 5	טו	
8:04	2:53	21:38	5/ 6	כט	
6:39	0:57	19:11	8/ 5	א	שבתאי
5:43	0:01	18:15	22/ 5	טו	
4:47	23:00	17:18	5/ 6	כט	

כוכבי לכת - זריחה, שקיעה, מיקום, נתונים פיזיקליים

יוני - יולי 1997, סיון התשנ"ז

דרגת כוכב הלכת	הלק	מרחק זוויתי	קוטר	מרחק מהארץ (א.א.)	נטיה	תאריך		ס
						לזריחה	לשקיעה	
כוכב-חמה	-0.4	20.46	6.3	1.0742	+ 16 52 20	3 32 47.2	6/ 6	א
	-0.9	14.70	5.6	1.1987	+ 20 32 17	4 22 57.4	13/ 6	ה
	-1.4	7.10	5.2	1.2925	+ 23 27 02	5 23 26.7	20/ 6	ט
	-2.1	1.98	5.1	1.3263	+ 24 34 54	6 30 12.0	27/ 6	כ
	-1.2	9.78	5.2	1.2953	+ 23 30 05	7 34 57.9	4/ 7	כז
זנוה	-3.9	16.92	10.3	1.6259	+ 24 22 45	6 09 46.7	6/ 6	א
	-3.9	18.79	10.4	1.6011	+ 24 10 57	6 47 19.1	13/ 6	ה
	-3.9	20.65	10.6	1.5735	+ 23 24 25	7 24 29.6	20/ 6	ט
	-3.9	22.50	10.8	1.5434	+ 22 04 47	8 01 00.0	27/ 6	כ
	-3.9	24.33	11.0	1.5108	+ 20 14 35	8 36 37.2	4/ 7	כז
מאדים	+0.3	99.33	8.7	1.0704	+ 2 48 31	11 41 35.7	6/ 6	א
	+0.4	95.31	8.3	1.1226	+ 1 34 27	11 51 07.8	13/ 6	ה
	+0.5	91.57	8.0	1.1743	+ 0 14 48	12 01 39.3	20/ 6	ט
	+0.5	88.06	7.6	1.2253	- 1 09 36	12 13 02.5	27/ 6	כ
	+0.6	84.76	7.3	1.2755	- 2 38 00	12 25 13.0	4/ 7	כז
צדק	-2.5	113.42	42.9	4.5941	- 14 54 13	21 38 07.4	6/ 6	א
	-2.6	120.10	43.8	4.4952	- 14 55 29	21 38 12.4	13/ 6	ה
	-2.6	126.93	44.7	4.4029	- 15 00 08	21 37 40.9	20/ 6	ט
	-2.7	133.90	45.6	4.3186	- 15 07 32	21 36 33.3	27/ 6	כ
	-2.7	141.02	46.4	4.2435	- 15 17 43	21 34 51.0	4/ 7	כז
שבתאי	+0.7	57.60	16.7	9.9305	+ 4 49 52	1 09 04.9	6/ 6	א
	+0.7	63.72	16.8	9.8293	+ 5 01 28	1 11 14.5	13/ 6	ה
	+0.7	69.88	17.0	9.7227	+ 5 11 31	1 13 10.5	20/ 6	ט
	+0.7	76.11	17.2	9.6119	+ 5 19 57	1 14 51.9	27/ 6	כ
	+0.7	82.41	17.4	9.4979	+ 5 26 40	1 16 17.5	4/ 7	כז
אורנוס	+5.7	126.89	3.6	19.1919	- 18 45 27	20 44 10.3	6/ 6	א
	+5.7	140.59	3.7	19.0239	- 18 50 57	20 42 50.9	20/ 6	ט
	+5.7	154.38	3.7	18.8997	- 18 58 04	20 41 03.7	4/ 7	כז
[109]	+7.9	135.69	2.3	29.4169	- 19 48 39	20 06 51.3	6/ 6	א
	+7.9	149.35	2.3	29.2724	- 19 52 09	20 05 42.0	20/ 6	ט
	+7.9	163.03	2.3	29.1767	- 19 56 23	20 04 18.2	4/ 7	כז
179 J 2000.0	+13.7	162.81	0.1	29.0106	- 8 13 21	16 17 29.2	6/ 6	א
	+13.7	151.93	0.1	29.0842	- 8 12 41	16 16 03.6	20/ 6	ט
	+13.7	139.44	0.1	29.2081	- 8 13 48	16 14 48.8	4/ 7	כז

ס	תאריך	זריחה	צדקה	שקיעה	כוכב הלכת	
					לזריחה	לשקיעה
כוכב-חמה	א	6/ 6	3:27	10:16	17:05	דק גט
	ה	13/ 6	3:39	10:39	17:40	דק גט
	ט	20/ 6	4:03	11:13	18:22	דק גט
	כ	27/ 6	4:39	11:52	19:05	דק גט
	כז	4/ 7	5:20	12:29	19:37	דק גט
זנוה	א	6/ 6	5:42	12:53	20:03	דק גט
	ה	13/ 6	5:53	13:03	20:13	דק גט
	ט	20/ 6	6:05	13:12	20:19	דק גט
	כ	27/ 6	6:18	13:21	20:24	דק גט
	כז	4/ 7	6:31	13:29	20:26	דק גט
מאדים	א	6/ 6	12:12	18:22	0:35	דק גט
	ה	13/ 6	11:57	18:04	0:14	דק גט
	ט	20/ 6	11:43	17:47	23:51	דק גט
	כ	27/ 6	11:31	17:31	23:31	דק גט
	כז	4/ 7	11:19	17:16	23:12	דק גט
צדק	א	6/ 6	22:51	4:20	9:45	דק גט
	ה	13/ 6	22:24	3:53	9:17	דק גט
	ט	20/ 6	21:56	3:24	8:49	דק גט
	כ	27/ 6	21:27	2:56	8:20	דק גט
	כז	4/ 7	20:59	2:27	7:50	דק גט
שבתאי	א	6/ 6	1:35	7:50	14:06	דק גט
	ה	13/ 6	1:09	7:25	13:41	דק גט
	ט	20/ 6	0:43	6:59	13:15	דק גט
	כ	27/ 6	0:17	6:34	12:50	דק גט
	כז	4/ 7	23:47	6:07	12:24	דק גט
אורנוס	א	6/ 6	22:08	3:26	8:41	דק גט
	ט	20/ 6	21:12	2:30	7:44	דק גט
	כז	4/ 7	20:15	1:33	6:47	דק גט
[109]	א	6/ 6	21:34	2:49	8:00	דק גט
	ט	20/ 6	20:38	1:53	7:04	דק גט
	כז	4/ 7	19:41	0:56	6:07	דק גט
179 J 2000.0	א	6/ 6	17:14	22:56	4:43	דק גט
	ט	20/ 6	16:17	22:00	3:46	דק גט
	כז	4/ 7	15:21	21:03	2:50	דק גט

כוכבי לכת - זריחה, שקיעה, מיקום, נתונים פיזיקליים

יולי - אוגוסט 1997, תמוז התשנ"ז

שם	תאריך		נטיה	מרחק (א.א.)	קוטר	מרחק זרחי	מרחק	דוגת
	זריחה	שקיעה						
כוכב-חסה	א	6/7	+ 22 50 26	1.2775	5.3	+ 11.86	0.902	-1.0
	ה	13/7	+ 19 39 58	1.1967	5.6	+ 18.13	0.795	-0.5
	ו	20/7	+ 15 41 02	1.1005	6.1	+ 22.84	0.692	-0.1
	ז	27/7	+ 11 26 43	0.9987	6.7	+ 25.95	0.595	+0.1
	כ	3/8	+ 7 23 37	0.8957	7.5	+ 27.30	0.494	+0.4
11נה	א	6/7	+ 19 37 57	1.5011	11.1	+ 24.85	0.902	-3.9
	ה	13/7	+ 17 13 33	1.4654	11.4	+ 26.65	0.887	-3.9
	ו	20/7	+ 14 26 59	1.4275	11.7	+ 28.43	0.871	-3.9
	ז	27/7	+ 11 22 22	1.3876	12.0	+ 30.17	0.853	-3.9
	כ	3/8	+ 8 03 44	1.3459	12.4	+ 31.88	0.835	-3.9
מאדים	א	6/7	- 3 03 54	1.2896	7.3	+ 83.86	0.880	+0.6
	ה	13/7	- 4 36 24	1.3382	7.0	+ 80.79	0.880	+0.7
	ו	20/7	- 6 11 11	1.3855	6.8	+ 77.89	0.881	+0.8
	ז	27/7	- 7 47 28	1.4314	6.5	+ 75.12	0.883	+0.8
	כ	3/8	- 9 24 30	1.4759	6.3	+ 72.47	0.885	+0.9
צדק	א	6/7	- 15 21 05	4.2239	46.6	- 143.08	0.996	-2.7
	ה	13/7	- 15 34 21	4.1629	47.3	- 150.36	0.998	-2.7
	ו	20/7	- 15 49 11	4.1140	47.9	- 157.76	0.999	-2.8
	ז	27/7	- 16 06 05	4.0783	48.3	- 165.25	0.999	-2.8
	כ	3/8	- 16 23 26	4.0565	48.5	- 172.79	1.000	-2.8
שבתאי	א	6/7	+ 5 28 16	9.4649	17.5	- 84.22	0.997	+0.5
	ה	13/7	+ 5 32 39	9.3490	17.7	- 90.62	0.997	+0.6
	ו	20/7	+ 5 35 13	9.2334	17.9	- 97.10	0.997	+0.6
	ז	27/7	+ 5 35 53	9.1193	18.1	- 103.66	0.997	+0.6
	כ	3/8	+ 5 34 41	9.0084	18.4	- 110.32	0.997	+0.5
אורנוס	א	6/7	- 18 59 11	18.8860	3.7	- 156.35	1.000	+5.7
	ו	20/7	- 19 07 27	18.8213	3.7	- 170.22	1.000	+5.7
	כ	3/8	- 19 15 59	18.8131	3.7	+ 175.78	1.000	+5.7
19טן	א	6/7	- 19 57 02	29.1674	2.3	- 164.99	1.000	+7.9
	ו	20/7	- 20 01 43	29.1343	2.3	- 178.65	1.000	+7.8
	כ	3/8	- 20 06 26	29.1583	2.3	+ 167.52	1.000	+7.9
19טן J 2000.0	א	6/7	- 8 14 07	29.2295	0.1	+ 137.61	1.000	+13.7
	ו	20/7	- 8 17 19	29.4019	0.1	+ 124.66	1.000	+13.7
	כ	3/8	- 8 22 16	29.6063	0.1	+ 111.59	1.000	+13.7

שם	תאריך		נטיה	מרחק (א.א.)	קוטר	מרחק זרחי	מרחק	דוגת
	זריחה	שקיעה						
כוכב-חסה	א	6/7	+ 22 50 26	1.2775	5.3	+ 11.86	0.902	19:44
	ה	13/7	+ 19 39 58	1.1967	5.6	+ 18.13	0.795	20:00
	ו	20/7	+ 15 41 02	1.1005	6.1	+ 22.84	0.692	20:05
	ז	27/7	+ 11 26 43	0.9987	6.7	+ 25.95	0.595	20:02
	כ	3/8	+ 7 23 37	0.8957	7.5	+ 27.30	0.494	19:51
11נה	א	6/7	+ 19 37 57	1.5011	11.1	+ 24.85	0.902	20:26
	ה	13/7	+ 17 13 33	1.4654	11.4	+ 26.65	0.887	20:26
	ו	20/7	+ 14 26 59	1.4275	11.7	+ 28.43	0.871	20:24
	ז	27/7	+ 11 22 22	1.3876	12.0	+ 30.17	0.853	20:20
	כ	3/8	+ 8 03 44	1.3459	12.4	+ 31.88	0.835	20:15
מאדים	א	6/7	- 3 03 54	1.2896	7.3	+ 83.86	0.880	23:07
	ה	13/7	- 4 36 24	1.3382	7.0	+ 80.79	0.880	22:48
	ו	20/7	- 6 11 11	1.3855	6.8	+ 77.89	0.881	22:31
	ז	27/7	- 7 47 28	1.4314	6.5	+ 75.12	0.883	22:14
	כ	3/8	- 9 24 30	1.4759	6.3	+ 72.47	0.885	21:57
צדק	א	6/7	- 15 21 05	4.2239	46.6	- 143.08	0.996	7:42
	ה	13/7	- 15 34 21	4.1629	47.3	- 150.36	0.998	7:11
	ו	20/7	- 15 49 11	4.1140	47.9	- 157.76	0.999	6:40
	ז	27/7	- 16 06 05	4.0783	48.3	- 165.25	0.999	6:09
	כ	3/8	- 16 23 26	4.0565	48.5	- 172.79	1.000	5:37
שבתאי	א	6/7	+ 5 28 16	9.4649	17.5	- 84.22	0.997	12:17
	ה	13/7	+ 5 32 39	9.3490	17.7	- 90.62	0.997	11:50
	ו	20/7	+ 5 35 13	9.2334	17.9	- 97.10	0.997	11:24
	ז	27/7	+ 5 35 53	9.1193	18.1	- 103.66	0.997	10:57
	כ	3/8	+ 5 34 41	9.0084	18.4	- 110.32	0.997	10:29
אורנוס	א	6/7	- 18 59 11	18.8860	3.7	- 156.35	1.000	6:39
	ו	20/7	- 19 07 27	18.8213	3.7	- 170.22	1.000	5:41
	כ	3/8	- 19 15 59	18.8131	3.7	+ 175.78	1.000	4:43
19טן	א	6/7	- 19 57 02	29.1674	2.3	- 164.99	1.000	5:59
	ו	20/7	- 20 01 43	29.1343	2.3	- 178.65	1.000	5:02
	כ	3/8	- 20 06 26	29.1583	2.3	+ 167.52	1.000	4:06
19טן J 2000.0	א	6/7	- 8 14 07	29.2295	0.1	+ 137.61	1.000	2:42
	ו	20/7	- 8 17 19	29.4019	0.1	+ 124.66	1.000	1:46
	כ	3/8	- 8 22 16	29.6063	0.1	+ 111.59	1.000	0:50

כוכבי לכת - זריחה, שקיעה, מיקום, נתונים פיזיקליים

אוגוסט - ספטמבר 1997, אב התשנ"ז

דוגמ	חלק	סדוק	קוטר	סדוק הראש (.א.')	נטיה	עליה יסדה		תאריך		סם
						ס דק סט	ס לזכוי	צברי	צברי	
+0.4	0.478	+ 27.32	7.6	0.8811	+ 6 51 21	10 39 58.2	4/ 8	א	כוכב-נסה	
+0.7	0.360	+ 26.04	8.6	0.7811	+ 3 35 40	10 57 41.5	11/ 8	ז		
+1.4	0.221	+ 21.50	9.7	0.6921	+ 1 43 25	11 03 04.2	18/ 8	טו		
+2.8	0.078	+ 12.82	10.6	0.6320	+ 2 06 14	10 53 12.4	25/ 8	כז		
+4.8	0.009	- 4.00	10.6	0.6323	+ 5 00 23	10 31 58.7	1/ 9	כט		
-3.9	0.833	+ 32.12	12.4	1.3398	+ 7 34 27	11 02 07.8	4/ 8	א	יונה	
-4.0	0.814	+ 33.77	12.9	1.2961	+ 4 04 46	11 32 44.5	11/ 8	ז		
-4.0	0.794	+ 35.38	13.3	1.2509	+ 0 29 42	12 02 54.1	18/ 8	טו		
-4.0	0.773	+ 36.93	13.8	1.2043	- 3 06 55	12 32 49.5	25/ 8	כז		
-4.0	0.752	+ 38.42	14.4	1.1565	- 6 41 20	13 02 44.6	1/ 9	כט		
+0.9	0.886	+ 72.10	6.3	1.4822	- 9 38 23	13 27 18.1	4/ 8	א	חמרים	
+0.9	0.888	+ 69.58	6.1	1.5250	- 11 15 19	13 43 01.3	11/ 8	ז		
+0.9	0.891	+ 67.15	6.0	1.5662	- 12 51 13	13 59 21.1	18/ 8	טו		
+1.0	0.895	+ 64.82	5.8	1.6060	- 14 25 09	14 16 17.4	25/ 8	כז		
+1.0	0.898	+ 62.56	5.7	1.6443	- 15 56 12	14 33 51.6	1/ 9	כט		
-2.8	1.000	- 173.86	48.6	4.0545	- 16 25 57	21 21 53.3	4/ 8	א	צדק	
-2.8	1.000	+ 178.16	48.6	4.0492	- 16 43 28	21 18 17.2	11/ 8	ז		
-2.8	1.000	+ 170.76	48.5	4.0585	- 17 00 25	21 14 41.9	18/ 8	טו		
-2.8	0.999	+ 163.18	48.2	4.0820	- 17 16 16	21 11 15.0	25/ 8	כז		
-2.8	0.998	+ 155.63	47.8	4.1194	- 17 30 31	21 08 03.6	1/ 9	כט		
+0.5	0.997	- 111.28	18.4	8.9929	+ 5 34 22	1 19 05.0	4/ 8	א	שבתאי	
+0.5	0.998	- 118.05	18.6	8.8875	+ 5 31 02	1 18 52.2	11/ 8	ז		
+0.4	0.998	- 124.92	18.8	8.7887	+ 5 25 55	1 18 20.9	18/ 8	טו		
+0.4	0.998	- 131.88	19.0	8.6979	+ 5 19 06	1 17 31.7	25/ 8	כז		
+0.4	0.999	- 138.93	19.2	8.6165	+ 5 10 44	1 16 25.6	1/ 9	כט		
+5.7	1.000	+ 174.79	3.7	18.8147	- 19 16 35	20 36 11.2	4/ 8	א	אורנוס	
+5.7	1.000	+ 160.84	3.7	18.8682	- 19 24 39	20 33 58.0	18/ 8	טו		
+5.7	1.000	+ 146.86	3.7	18.9761	- 19 31 37	20 31 59.2	1/ 9	כט		
+7.9	1.000	+ 166.53	2.3	29.1622	- 20 06 46	20 00 51.8	4/ 8	א	נפטון	
+7.9	1.000	+ 152.76	2.3	29.2459	- 20 11 09	19 59 24.7	18/ 8	טו		
+7.9	1.000	+ 138.96	2.3	29.3805	- 20 14 55	19 58 10.8	1/ 9	כט		
+13.7	1.000	+ 110.66	0.1	29.6219	- 8 22 40	16 13 06.8	4/ 8	א	זלזט	
+13.8	1.000	+ 97.56	0.1	29.8481	- 8 29 16	16 12 57.6	18/ 8	טו		
+13.8	1.000	+ 84.46	0.1	30.0818	- 8 37 06	16 13 13.8	1/ 9	כט		

סם	תאריך	זריחה	צריחה	שקיעה	כוכב הלכת	
					צברי	לזכוי
כוכב-נסה	19:49	13:29	7:09	4/ 8	א	
	19:30	13:19	7:06	11/ 8	ז	
	19:02	12:56	6:48	18/ 8	טו	
	18:25	12:17	6:10	25/ 8	כז	
	17:44	11:28	5:14	1/ 9	כט	
יונה	20:14	13:52	7:29	4/ 8	א	
	20:08	13:55	7:41	11/ 8	ז	
	20:02	13:57	7:53	18/ 8	טו	
	19:55	14:00	8:04	25/ 8	כז	
	19:48	14:02	8:15	1/ 9	כט	
חמרים	21:55	16:16	10:37	4/ 8	א	
	21:39	16:04	10:29	11/ 8	ז	
	21:23	15:53	10:22	18/ 8	טו	
	21:09	15:42	10:16	25/ 8	כז	
	20:55	15:32	10:10	1/ 9	כט	
צדק	5:33	0:12	18:47	4/ 8	א	
	5:01	23:36	18:16	11/ 8	ז	
	4:29	23:05	17:46	18/ 8	טו	
	3:57	22:34	17:16	25/ 8	כז	
	3:26	22:04	16:46	1/ 9	כט	
שבתאי	10:25	4:08	21:47	4/ 8	א	
	9:57	3:41	21:20	11/ 8	ז	
	9:29	3:13	20:52	18/ 8	טו	
	9:00	2:44	20:24	25/ 8	כז	
	8:31	2:16	19:56	1/ 9	כט	
אורנוס	4:39	23:22	18:09	4/ 8	א	
	3:41	22:25	17:12	18/ 8	טו	
	2:44	21:28	16:16	1/ 9	כט	
נפטון	4:02	22:47	17:36	4/ 8	א	
	3:05	21:50	16:40	18/ 8	טו	
	2:08	20:54	15:44	1/ 9	כט	
זלזט	0:46	19:00	13:18	4/ 8	א	
	23:46	18:05	12:23	18/ 8	טו	
	22:51	17:10	11:29	1/ 9	כט	

כוכבי לכת - זריחה, שקיעה, מיקום, נתונים פיזיקליים

ספטמבר 1997, אלול התשנ"ז

דרגת בהירות	חלק סוזאר	סודק זרחי	קוטר	סודק שומרין (א.י)	נמיה	עליה ישרה		תאריך		כוכב הלכת
						סודק	סודק	סודק	סודק	
+4.2	0.019	- 5.69	10.4	0.6481	+ 6 05 39	10 26 03.6	3/ 9	א	כוכב-חמה	
+1.3	0.181	- 14.68	8.8	0.7630	+ 9 17 22	10 16 44.2	10/ 9	ז		
-0.3	0.482	- 17.88	7.1	0.9457	+ 9 47 50	10 33 04.2	17/ 9	ט		
-1.0	0.767	- 15.39	5.9	1.1359	+ 7 11 30	11 09 53.4	24/ 9	כז		
-1.2	0.929	- 10.24	5.2	1.2821	+ 2 35 35	11 54 49.1	1/10	כט		
-4.0	0.746	+ 38.83	14.6	1.1427	- 7 41 39	13 11 19.2	3/ 9	א	ונוה	
-4.0	0.723	+ 40.24	15.3	1.0935	- 11 07 38	13 41 31.6	10/ 9	ז		
-4.1	0.708	+ 41.56	16.0	1.0433	- 14 22 36	14 12 08.6	17/ 9	ט		
-4.1	0.676	+ 42.78	16.8	0.9924	- 17 22 40	14 43 17.8	24/ 9	כז		
-4.1	0.651	+ 43.91	17.7	0.9408	- 20 04 03	15 15 04.1	1/10	כט		
+1.0	0.899	+ 61.92	5.7	1.6550	- 16 21 34	14 38 59.8	3/ 9	א	מאדים	
+1.0	0.903	+ 59.76	5.5	1.6914	- 17 47 30	14 57 23.4	10/ 9	ז		
+1.1	0.907	+ 57.65	5.4	1.7264	- 19 08 14	15 16 25.2	17/ 9	ט		
+1.1	0.911	+ 55.60	5.3	1.7601	- 20 22 39	15 36 05.0	24/ 9	כז		
+1.1	0.915	+ 53.60	5.2	1.7925	- 21 29 43	15 56 22.7	1/10	כט		
-2.8	0.998	+ 153.48	47.6	4.1325	- 17 34 13	21 07 12.8	3/ 9	א	צדק	
-2.7	0.997	+ 146.03	47.0	4.1866	- 17 45 46	21 04 31.8	10/ 9	ז		
-2.7	0.996	+ 138.68	46.3	4.2524	- 17 54 52	21 02 20.7	17/ 9	ט		
-2.7	0.994	+ 131.44	45.5	4.3287	- 18 01 21	21 00 43.5	24/ 9	כז		
-2.6	0.993	+ 124.32	44.6	4.4141	- 18 05 07	20 59 43.1	1/10	כט		
+0.4	0.999	- 140.96	19.3	8.5952	+ 5 08 05	1 16 03.8	3/ 9	א	שבתאי	
+0.3	0.999	- 148.12	19.4	8.5281	+ 4 57 57	1 14 38.1	10/ 9	ז		
+0.3	1.000	- 155.35	19.5	8.4735	+ 4 46 45	1 12 59.6	17/ 9	ט		
+0.3	1.000	- 162.61	19.6	8.4322	+ 4 34 43	1 11 10.8	24/ 9	כז		
+0.2	1.000	- 169.85	19.7	8.4052	+ 4 22 10	1 09 14.1	1/10	כט		
+5.7	1.000	+ 144.87	3.7	18.9957	- 19 32 29	20 31 44.0	3/ 9	א	אורנוס	
+5.7	1.000	+ 130.90	3.7	19.1584	- 19 37 35	20 30 13.7	17/ 9	ט		
+5.7	0.999	+ 116.96	3.6	19.3587	- 19 40 37	20 29 16.4	1/10	כט		
+7.9	1.000	+ 136.98	2.3	29.4035	- 20 15 23	19 58 01.6	3/ 9	א	נפטון	
+7.9	1.000	+ 123.17	2.3	29.5869	- 20 18 08	19 57 09.6	17/ 9	ט		
+7.9	1.000	+ 109.35	2.2	29.8016	- 20 19 46	19 56 41.2	1/10	כט		
+13.8	1.000	+ 82.59	0.1	30.1151	- 8 38 18	16 13 18.2	3/ 9	א	פלוטו	
+13.8	1.000	+ 65.52	0.1	30.3417	- 8 47 10	16 14 03.2	17/ 9	ט		
+13.8	1.000	+ 56.49	0.1	30.5491	- 8 56 29	16 15 11.8	1/10	כט		

שקיעה	צהריה	זריחה	תאריך		כוכב הלכת
			לוחמי	סודק	
17:33	11:15	4:57	3/ 9	א	כוכב-חמה
17:06	10:39	4:13	10/ 9	ז	
16:58	10:29	4:00	17/ 9	ט	
17:01	10:39	4:17	24/ 9	כז	
17:07	10:57	4:46	1/10	כט	
19:47	14:03	8:18	3/ 9	א	ונוה
19:40	14:05	8:30	10/ 9	ז	
19:35	14:09	8:42	17/ 9	ט	
19:31	14:12	8:53	24/ 9	כז	
19:27	14:16	9:05	1/10	כט	
20:51	15:30	10:08	3/ 9	א	מאדים
20:38	15:20	10:03	10/ 9	ז	
20:25	15:12	9:58	17/ 9	ט	
20:14	15:04	9:54	24/ 9	כז	
20:04	14:57	9:50	1/10	כט	
3:17	21:55	16:37	3/ 9	א	צדק
2:46	21:25	16:08	10/ 9	ז	
2:16	20:55	15:39	17/ 9	ט	
1:47	20:26	15:10	24/ 9	כז	
1:18	19:58	14:41	1/10	כט	
8:23	2:07	19:48	3/ 9	א	שבתאי
7:54	1:38	19:19	10/ 9	ז	
7:24	1:09	18:50	17/ 9	ט	
6:54	0:40	18:21	24/ 9	כז	
6:24	0:10	17:53	1/10	כט	
2:36	21:20	16:08	3/ 9	א	אורנוס
1:39	20:23	15:11	17/ 9	ט	
0:43	19:27	14:16	1/10	כט	
2:00	20:46	15:36	3/ 9	א	נפטון
1:04	19:50	14:40	17/ 9	ט	
0:09	18:55	13:45	1/10	כט	
22:43	17:02	11:21	3/ 9	א	פלוטו
21:49	16:08	10:27	17/ 9	ט	
20:55	15:14	9:34	1/10	כט	

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

מאי - יוני 1997, אייר התשנ"ז

תאריך	עליה ישרה	נסיה	קוטר	משוואת הזמן	סדרק	
					סדרק (א.י.)	ש"ס
א	8/5	2 59 56.07	31 41.5	1.00935	+ 17 02 15.1	30.6
ב	9/5	3 03 49.47	31 41.0	1.00958	+ 17 18 26.5	33.8
ג	10/5	3 07 43.44	31 40.6	1.00981	+ 17 34 20.6	36.4
ד	11/5	3 11 37.96	31 40.2	1.01004	+ 17 49 57.1	38.4
ה	12/5	3 15 33.04	31 39.8	1.01026	+ 18 05 15.5	39.9
ו	13/5	3 19 28.67	31 39.4	1.01048	+ 18 20 15.7	40.8
ז	14/5	3 23 24.86	31 39.0	1.01069	+ 18 34 57.3	41.2
ח	15/5	3 27 21.59	31 38.6	1.01090	+ 18 49 20.1	41.0
ט	16/5	3 31 18.87	31 38.2	1.01111	+ 19 03 23.7	40.3
י	17/5	3 35 16.70	31 37.8	1.01131	+ 19 17 07.9	39.0
יא	18/5	3 39 15.07	31 37.4	1.01152	+ 19 30 32.4	37.2
יב	19/5	3 43 13.99	31 37.0	1.01172	+ 19 43 37.0	34.8
יג	20/5	3 47 13.44	31 36.7	1.01191	+ 19 56 21.4	31.9
יד	21/5	3 51 13.42	31 36.3	1.01211	+ 20 08 45.4	28.5
טו	22/5	3 55 13.94	31 35.9	1.01230	+ 20 20 48.6	24.5
טז	23/5	3 59 14.98	31 35.6	1.01249	+ 20 32 31.0	20.0
יז	24/5	4 03 16.54	31 35.2	1.01268	+ 20 43 52.2	15.0
יח	25/5	4 07 18.62	31 34.9	1.01287	+ 20 54 52.1	9.5
יט	26/5	4 11 21.21	31 34.5	1.01305	+ 21 05 30.4	3.5
כ	27/5	4 15 24.30	31 34.2	1.01323	+ 21 15 46.9	56.9
כא	28/5	4 19 27.87	31 33.9	1.01341	+ 21 25 41.4	49.9
כב	29/5	4 23 31.92	31 33.5	1.01358	+ 21 35 13.7	42.4
כג	30/5	4 27 36.44	31 33.2	1.01375	+ 21 44 23.6	34.5
כד	31/5	4 31 41.42	31 32.9	1.01392	+ 21 53 10.8	26.0
כה	1/6	4 35 46.83	31 32.6	1.01408	+ 22 01 35.2	17.2
כו	2/6	4 39 52.66	31 32.3	1.01424	+ 22 09 36.6	7.9
כז	3/6	4 43 58.89	31 32.0	1.01439	+ 22 17 14.9	58.2
כח	4/6	4 48 05.51	31 31.8	1.01454	+ 22 24 29.8	48.2
כט	5/6	4 52 12.47	31 31.5	1.01468	+ 22 31 21.2	37.8

תאריך	זריחה - כיוון	צורה - גובה	שקיעה - כיוון	סדרק		
				סדרק (א.י.)	ש"ס	
ה	8/5	69.2	11:36	75.1	18:25	291.0
ו	9/5	68.9	11:36	75.4	18:26	291.3
ז	10/5	68.5	11:36	75.7	18:27	291.6
א	11/5	68.2	11:36	75.9	18:27	291.9
ב	12/5	67.9	11:36	76.2	18:28	292.2
ג	13/5	67.6	11:36	76.4	18:29	292.5
ד	14/5	67.3	11:36	76.7	18:30	292.8
ה	15/5	67.0	11:36	76.9	18:30	293.1
ו	16/5	66.8	11:36	77.1	18:31	293.4
ז	17/5	66.5	11:36	77.4	18:32	293.7
א	18/5	66.2	11:36	77.6	18:32	293.9
ב	19/5	65.9	11:36	77.8	18:33	294.2
ג	20/5	65.7	11:36	78.0	18:34	294.5
ד	21/5	65.4	11:37	78.2	18:34	294.7
ה	22/5	65.2	11:37	78.4	18:35	294.9
ו	23/5	65.0	11:37	78.6	18:36	295.2
ז	24/5	64.7	11:37	78.8	18:36	295.4
א	25/5	64.5	11:37	79.0	18:37	295.6
ב	26/5	64.3	11:37	79.2	18:38	295.8
ג	27/5	64.1	11:37	79.3	18:38	296.0
ד	28/5	63.9	11:37	79.5	18:39	296.2
ה	29/5	63.7	11:37	79.6	18:39	296.4
ו	30/5	63.5	11:37	79.8	18:40	296.6
ז	31/5	63.3	11:38	79.9	18:41	296.8
א	1/6	63.2	11:38	80.1	18:41	296.9
ב	2/6	63.0	11:38	80.2	18:42	297.1
ג	3/6	62.8	11:38	80.3	18:42	297.3
ד	4/6	62.7	11:38	80.5	18:43	297.4
ה	5/6	62.5	11:38	80.6	18:43	297.5

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

יוני - יולי 1997, סיון התשנ"ז

מיקום	זריחה - כיוון	שקיעה - כיוון	זריחה - זמן	שקיעה - זמן	מיקום		מיקום	זריחה - זמן	שקיעה - זמן
					זריחה	שקיעה			
א	6/6	4 56 19.78	+ 22 37 49.0	1.01481	31 31.2	+ 1 27.0			
ב	7/6	5 00 27.38	+ 22 43 53.0	1.01494	31 31.0	+ 1 16.0			
ג	8/6	5 04 35.28	+ 22 49 33.1	1.01506	31 30.8	+ 1 04.6			
ד	9/6	5 08 43.43	+ 22 54 49.2	1.01518	31 30.6	+ 0 53.1			
ה	10/6	5 12 51.81	+ 22 59 41.1	1.01529	31 30.3	+ 0 41.2			
ו	11/6	5 17 00.41	+ 23 04 08.0	1.01540	31 30.1	+ 0 29.2			
ז	12/6	5 21 09.10	+ 23 08 11.9	1.01550	31 30.0	+ 0 16.9			
ח	13/6	5 25 18.15	+ 23 11 50.6	1.01560	31 29.8	+ 0 04.5			
ט	14/6	5 29 27.25	+ 23 15 04.8	1.01570	31 29.6	- 0 08.0			
י	15/6	5 33 36.47	+ 23 17 54.3	1.01579	31 29.4	- 0 20.7			
יא	16/6	5 37 45.79	+ 23 20 19.2	1.01587	31 29.3	- 0 33.4			
יב	17/6	5 41 55.19	+ 23 22 19.3	1.01595	31 29.1	- 0 46.3			
יג	18/6	5 46 04.65	+ 23 23 54.7	1.01603	31 29.0	- 0 59.2			
יד	19/6	5 50 14.15	+ 23 25 05.3	1.01610	31 28.8	- 1 12.1			
טו	20/6	5 54 23.67	+ 23 25 51.1	1.01617	31 28.7	- 1 25.1			
טז	21/6	5 58 33.18	+ 23 26 12.0	1.01624	31 28.6	- 1 38.0			
יז	22/6	6 02 42.68	+ 23 26 08.0	1.01631	31 28.5	- 1 51.0			
יח	23/6	6 06 52.13	+ 23 25 39.7	1.01637	31 28.4	- 2 03.9			
יט	24/6	6 11 01.52	+ 23 24 46.3	1.01642	31 28.2	- 2 16.7			
כ	25/6	6 15 10.83	+ 23 23 28.2	1.01648	31 28.1	- 2 29.4			
כא	26/6	6 19 20.03	+ 23 21 45.4	1.01653	31 28.1	- 2 42.1			
כב	27/6	6 23 29.12	+ 23 19 37.9	1.01657	31 28.0	- 2 54.6			
כג	28/6	6 27 38.06	+ 23 17 05.8	1.01662	31 27.9	- 3 07.0			
כד	29/6	6 31 46.84	+ 23 14 09.0	1.01665	31 27.8	- 3 19.2			
כה	30/6	6 35 55.44	+ 23 10 48.1	1.01668	31 27.8	- 3 31.3			
כו	1/7	6 40 03.82	+ 23 07 02.6	1.01671	31 27.7	- 3 43.1			
כז	2/7	6 44 11.98	+ 23 02 52.9	1.01673	31 27.7	- 3 54.7			
כח	3/7	6 48 19.87	+ 22 58 19.0	1.01674	31 27.7	- 4 06.0			
כט	4/7	6 52 27.47	+ 22 53 21.2	1.01675	31 27.6	- 4 17.1			
ל	5/7	6 56 34.76	+ 22 47 59.4	1.01675	31 27.6	- 4 27.8			

מיקום	זריחה - כיוון	שקיעה - כיוון	זריחה - זמן	שקיעה - זמן	מיקום		מיקום	זריחה - זמן	שקיעה - זמן
					זריחה	שקיעה			
א	6/6	62.4	11:39	18:44	80.7	297.7	א	6/6	04:34
ב	7/6	62.3	11:39	18:44	80.8	297.8	ב	7/6	04:34
ג	8/6	62.2	11:39	18:45	80.9	297.9	ג	8/6	04:33
ד	9/6	62.1	11:39	18:45	80.9	298.0	ד	9/6	04:33
ה	10/6	62.0	11:39	18:46	81.0	298.1	ה	10/6	04:33
ו	11/6	61.9	11:40	18:46	81.1	298.2	ו	11/6	04:33
ז	12/6	61.8	11:40	18:46	81.2	298.2	ז	12/6	04:33
ח	13/6	61.7	11:40	18:47	81.2	298.3	ח	13/6	04:33
ט	14/6	61.7	11:40	18:47	81.3	298.4	ט	14/6	04:33
י	15/6	61.6	11:40	18:47	81.3	298.4	י	15/6	04:33
יא	16/6	61.6	11:41	18:48	81.4	298.5	יא	16/6	04:34
יב	17/6	61.5	11:41	18:48	81.4	298.5	יב	17/6	04:34
יג	18/6	61.5	11:41	18:48	81.4	298.5	יג	18/6	04:34
יד	19/6	61.5	11:41	18:48	81.4	298.5	יד	19/6	04:34
טו	20/6	61.4	11:42	18:49	81.4	298.6	טו	20/6	04:34
טז	21/6	61.4	11:42	18:49	81.4	298.6	טז	21/6	04:34
יז	22/6	61.4	11:42	18:49	81.4	298.6	יז	22/6	04:35
יח	23/6	61.4	11:42	18:49	81.4	298.5	יח	23/6	04:35
יט	24/6	61.5	11:42	18:50	81.4	298.5	יט	24/6	04:35
כ	25/6	61.5	11:43	18:50	81.4	298.5	כ	25/6	04:35
כא	26/6	61.5	11:43	18:50	81.3	298.4	כא	26/6	04:36
כב	27/6	61.6	11:43	18:50	81.3	298.4	כב	27/6	04:36
כג	28/6	61.6	11:43	18:50	81.3	298.3	כג	28/6	04:36
כד	29/6	61.7	11:43	18:50	81.2	298.3	כד	29/6	04:37
כה	30/6	61.8	11:44	18:50	81.2	298.2	כה	30/6	04:37
כו	1/7	61.8	11:44	18:50	81.1	298.1	כו	1/7	04:37
כז	2/7	61.9	11:44	18:50	81.0	298.0	כז	2/7	04:38
כח	3/7	62.0	11:44	18:50	80.9	297.9	כח	3/7	04:38
כט	4/7	62.1	11:44	18:50	80.9	297.8	כט	4/7	04:39
ל	5/7	62.2	11:45	18:50	80.8	297.7	ל	5/7	04:39

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

יולי - אוגוסט 1997, תמוז התשנ"ז

מסוואת הזמן	קוטר	סדרק סדרק (.א.)	נמיה	עליה ישרה		תאריך	
				שן דק טע	שן דק טע	לופזי	עברי
- 4 38.2	31 27.6	1.01675	+ 22 42 13.9	7 00 41.72	6/ 7	א	
- 4 48.2	31 27.7	1.01674	+ 22 36 04.7	7 04 48.31	7/ 7	ב	
- 4 57.9	31 27.7	1.01672	+ 22 29 32.1	7 08 54.52	8/ 7	ג	
- 5 07.1	31 27.7	1.01670	+ 22 22 36.2	7 13 00.32	9/ 7	ד	
- 5 16.0	31 27.8	1.01667	+ 22 15 17.2	7 17 05.70	10/ 7	ה	
- 5 24.3	31 27.8	1.01664	+ 22 07 35.1	7 21 10.63	11/ 7	ו	
- 5 32.3	31 27.9	1.01660	+ 21 59 30.3	7 25 15.11	12/ 7	ז	
- 5 39.7	31 28.0	1.01656	+ 21 51 02.9	7 29 19.11	13/ 7	ח	
- 5 46.7	31 28.1	1.01651	+ 21 42 13.0	7 33 22.62	14/ 7	ט	
- 5 53.1	31 28.2	1.01646	+ 21 33 00.9	7 37 25.62	15/ 7	י	
- 5 59.1	31 28.3	1.01640	+ 21 23 26.8	7 41 28.11	16/ 7	יא	
- 6 04.5	31 28.4	1.01634	+ 21 13 30.9	7 45 30.07	17/ 7	יב	
- 6 09.0	31 28.5	1.01628	+ 21 03 13.5	7 49 31.50	18/ 7	יג	
- 6 13.6	31 28.6	1.01621	+ 20 52 34.7	7 53 32.38	19/ 7	יד	
- 6 17.4	31 28.8	1.01614	+ 20 41 34.9	7 57 32.71	20/ 7	טו	
- 6 20.6	31 28.9	1.01607	+ 20 30 14.1	8 01 32.48	21/ 7	טז	
- 6 23.3	31 29.1	1.01599	+ 20 18 32.7	8 05 31.69	22/ 7	יז	
- 6 25.4	31 29.2	1.01591	+ 20 06 30.9	8 09 30.33	23/ 7	יח	
- 6 26.9	31 29.4	1.01583	+ 19 54 08.9	8 13 28.40	24/ 7	יט	
- 6 27.8	31 29.5	1.01574	+ 19 41 26.9	8 17 25.91	25/ 7	כ	
- 6 28.2	31 29.7	1.01565	+ 19 28 25.3	8 21 22.84	26/ 7	כא	
- 6 28.0	31 29.9	1.01555	+ 19 15 04.2	8 25 19.20	27/ 7	כב	
- 6 27.3	31 30.1	1.01545	+ 19 01 23.9	8 29 14.99	28/ 7	כג	
- 6 25.9	31 30.2	1.01535	+ 18 47 24.8	8 33 10.19	29/ 7	כד	
- 6 24.0	31 30.5	1.01524	+ 18 33 07.1	8 37 04.81	30/ 7	כה	
- 6 21.4	31 30.7	1.01513	+ 18 18 31.2	8 40 58.85	31/ 7	כו	
- 6 18.3	31 30.9	1.01500	+ 18 03 37.2	8 44 52.28	1/ 8	כז	
- 6 14.6	31 31.1	1.01488	+ 17 48 25.6	8 48 45.12	2/ 8	כח	
- 6 10.3	31 31.4	1.01475	+ 17 32 56.5	8 52 37.35	3/ 8	כט	

תאריך		זריחה - כיוון		צורה - גובה		שקיעה - כיוון	
י	ס	לופזי	דק:טע	דק:טע	דק:טע	דק:טע	דק:טע
א	א	6/ 7	04:40	11:45	80.7	18:50	297.6
ב	ב	7/ 7	04:40	11:45	80.6	18:49	297.4
ג	ג	8/ 7	04:41	11:45	80.4	18:49	297.3
ד	ד	9/ 7	04:41	11:45	80.3	18:49	297.2
ה	ה	10/ 7	04:42	11:45	80.2	18:49	297.0
ו	ו	11/ 7	04:42	11:45	80.1	18:48	296.8
ז	ז	12/ 7	04:43	11:46	79.9	18:48	296.7
ח	ח	13/ 7	04:43	11:46	79.8	18:48	296.5
ט	ט	14/ 7	04:44	11:46	79.6	18:48	296.3
י	י	15/ 7	04:44	11:46	79.5	18:47	296.1
יא	יא	16/ 7	04:45	11:46	79.3	18:47	295.9
יב	יב	17/ 7	04:46	11:46	79.2	18:46	295.7
יג	יג	18/ 7	04:46	11:46	79.0	18:46	295.5
יד	יד	19/ 7	04:47	11:46	78.8	18:45	295.3
טו	טו	20/ 7	04:47	11:46	78.6	18:45	295.0
טז	טז	21/ 7	04:48	11:46	78.4	18:44	294.8
יז	יז	22/ 7	04:49	11:46	78.2	18:44	294.6
יח	יח	23/ 7	04:49	11:46	78.0	18:43	294.3
יט	יט	24/ 7	04:50	11:46	77.8	18:43	294.1
כ	כ	25/ 7	04:51	11:46	77.6	18:42	293.8
כא	כא	26/ 7	04:51	11:46	77.4	18:41	293.5
כב	כב	27/ 7	04:52	11:46	77.2	18:41	293.3
כג	כג	28/ 7	04:53	11:46	76.9	18:40	293.0
כד	כד	29/ 7	04:53	11:46	76.7	18:39	292.7
כה	כה	30/ 7	04:54	11:46	76.5	18:39	292.4
כו	כו	31/ 7	04:54	11:46	76.2	18:38	292.1
כז	כז	1/ 8	04:55	11:46	76.0	18:37	291.8
כח	כח	2/ 8	04:56	11:46	75.7	18:36	291.5
כט	כט	3/ 8	04:56	11:46	75.4	18:35	291.2

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

אוגוסט - ספטמבר 1997, אב התשנ"ז

משוואת הזמן	קוטר	סדרק סדרק (.א.י)	נטיה		עליה ישרה		תאריך	
			'	"	שן דק עט	לועזי	סברי	לועזי
- 6 05.3	31 31.6	1.01461	+ 17	17 10.4	8 56 28.98	4/ 8	א	
- 5 59.8	31 31.9	1.01447	+ 17	01 07.5	9 00 19.99	5/ 8	ב	
- 5 53.7	31 32.2	1.01432	+ 16	44 48.1	9 04 10.40	6/ 8	ג	
- 5 46.9	31 32.4	1.01417	+ 16	28 12.5	9 08 00.21	7/ 8	ד	
- 5 39.6	31 32.7	1.01401	+ 16	11 21.0	9 11 49.41	8/ 8	ה	
- 5 31.6	31 33.0	1.01385	+ 15	54 14.0	9 15 38.01	9/ 8	ו	
- 5 23.1	31 33.4	1.01368	+ 15	36 51.7	9 19 26.02	10/ 8	ז	
- 5 14.0	31 33.7	1.01351	+ 15	19 14.4	9 23 13.43	11/ 8	ח	
- 5 04.2	31 34.0	1.01334	+ 15	01 22.5	9 27 00.26	12/ 8	ט	
- 4 53.9	31 34.3	1.01316	+ 14	43 16.3	9 30 46.52	13/ 8	י	
- 4 43.1	31 34.7	1.01297	+ 14	24 56.0	9 34 32.21	14/ 8	יא	
- 4 31.6	31 35.0	1.01279	+ 14	06 22.1	9 38 17.34	15/ 8	יב	
- 4 19.6	31 35.4	1.01260	+ 13	47 34.8	9 42 01.92	16/ 8	יג	
- 4 07.1	31 35.7	1.01241	+ 13	28 34.3	9 45 45.97	17/ 8	יד	
- 3 54.1	31 36.1	1.01222	+ 13	09 21.2	9 49 29.49	18/ 8	טו	
- 3 40.6	31 36.5	1.01202	+ 12	49 55.5	9 53 12.50	19/ 8	טז	
- 3 26.5	31 36.8	1.01182	+ 12	30 17.7	9 56 55.03	20/ 8	יז	
- 3 12.0	31 37.2	1.01163	+ 12	10 27.9	10 00 37.08	21/ 8	יח	
- 2 57.1	31 37.6	1.01142	+ 11	50 26.5	10 04 18.68	22/ 8	יט	
- 2 41.7	31 38.0	1.01122	+ 11	30 13.8	10 07 59.84	23/ 8	כ	
- 2 25.9	31 38.3	1.01102	+ 11	09 50.1	10 11 40.59	24/ 8	כא	
- 2 09.0	31 38.7	1.01081	+ 10	49 15.7	10 15 20.93	25/ 8	כב	
- 1 53.1	31 39.1	1.01060	+ 10	28 31.0	10 19 00.88	26/ 8	כג	
- 1 36.1	31 39.5	1.01038	+ 10	07 36.2	10 22 40.45	27/ 8	כד	
- 1 18.8	31 40.0	1.01016	+ 9	46 31.6	10 26 19.67	28/ 8	כה	
- 1 01.1	31 40.4	1.00994	+ 9	25 17.7	10 29 58.52	29/ 8	כו	
- 0 43.0	31 40.8	1.00971	+ 9	03 54.8	10 33 37.04	30/ 8	כז	
- 0 24.7	31 41.2	1.00948	+ 8	42 23.2	10 37 15.24	31/ 8	כח	
- 0 06.0	31 41.7	1.00925	+ 8	20 43.2	10 40 53.12	1/ 9	כט	
+ 0 13.0	31 42.1	1.00901	+ 7	58 55.2	10 44 30.69	2/ 9	ל	

תאריך		זריחה - כיוון		צהריה - נובה		שקיעה - כיוון	
יום	לועזי	דק:עט	'	דק:עט	'	דק:עט	'
א	4/ 8	04:57	69.0	11:46	75.2	18:35	290.8
ב	5/ 8	04:58	69.3	11:46	74.9	18:34	290.5
ג	6/ 8	04:58	69.6	11:46	74.6	18:33	290.2
ד	7/ 8	04:59	70.0	11:46	74.4	18:32	289.9
ה	8/ 8	05:00	70.3	11:46	74.1	18:31	289.5
ו	9/ 8	05:00	70.6	11:45	73.8	18:30	289.2
ז	10/ 8	05:01	71.0	11:45	73.5	18:29	288.8
ח	11/ 8	05:02	71.3	11:45	73.2	18:28	288.5
ט	12/ 8	05:02	71.7	11:45	72.9	18:27	288.1
י	13/ 8	05:03	72.1	11:45	72.6	18:26	287.7
יא	14/ 8	05:04	72.4	11:45	72.3	18:25	287.4
יב	15/ 8	05:04	72.8	11:44	72.0	18:24	287.0
יג	16/ 8	05:05	73.2	11:44	71.7	18:23	286.6
יד	17/ 8	05:06	73.6	11:44	71.3	18:22	286.2
טו	18/ 8	05:06	73.9	11:44	71.0	18:21	285.8
טז	19/ 8	05:07	74.3	11:44	70.7	18:20	285.5
יז	20/ 8	05:08	74.7	11:43	70.4	18:19	285.1
יח	21/ 8	05:08	75.1	11:43	70.0	18:17	284.7
יט	22/ 8	05:09	75.5	11:43	69.7	18:16	284.3
כ	23/ 8	05:10	75.9	11:43	69.4	18:15	283.9
כא	24/ 8	05:10	76.3	11:42	69.0	18:14	283.5
כב	25/ 8	05:11	76.7	11:42	68.7	18:13	283.0
כג	26/ 8	05:11	77.1	11:42	68.3	18:12	282.6
כד	27/ 8	05:12	77.6	11:41	68.0	18:10	282.2
כה	28/ 8	05:13	78.0	11:41	67.6	18:09	281.8
כו	29/ 8	05:13	78.4	11:41	67.3	18:08	281.4
כז	30/ 8	05:14	78.8	11:41	66.9	18:07	281.0
כח	31/ 8	05:15	79.2	11:40	66.6	18:06	280.5
כט	1/ 9	05:15	79.7	11:40	66.2	18:04	280.1
ל	2/ 9	05:16	80.1	11:40	65.8	18:03	279.7

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

ספטמבר 1997, אלול התשנ"ז

משוואת הזמן	קוטר	סדרת מספר (י.א.)	נטיה		עליה ישרה		תאריך	
			'	"	ס' דק סט	ל' דק סט	עברי	לועזי
+ 0 32.2	31 42.6	1.00877	+ 7 36	59.4	10 48 07.99	3/ 9	א	
+ 0 51.8	31 43.0	1.00852	+ 7 14	56.3	10 51 45.01	4/ 9	ב	
+ 1 11.5	31 43.5	1.00827	+ 6 52	46.2	10 55 21.78	5/ 9	ג	
+ 1 31.6	31 44.0	1.00802	+ 6 30	29.3	10 58 58.30	6/ 9	ד	
+ 1 51.8	31 44.5	1.00776	+ 6 08	06.1	11 02 34.61	7/ 9	ה	
+ 2 12.3	31 45.0	1.00750	+ 5 45	36.8	11 06 10.70	8/ 9	ו	
+ 2 32.9	31 45.5	1.00724	+ 5 23	01.8	11 09 46.61	9/ 9	ז	
+ 2 53.7	31 46.0	1.00698	+ 5 00	21.4	11 13 22.34	10/ 9	ח	
+ 3 14.7	31 46.5	1.00671	+ 4 37	36.0	11 16 57.91	11/ 9	ט	
+ 3 35.8	31 47.0	1.00644	+ 4 14	45.9	11 20 33.35	12/ 9	י	
+ 3 57.1	31 47.5	1.00617	+ 3 51	51.5	11 24 08.67	13/ 9	יא	
+ 4 18.4	31 48.0	1.00590	+ 3 28	53.0	11 27 43.89	14/ 9	יב	
+ 4 39.8	31 48.5	1.00563	+ 3 05	50.8	11 31 19.03	15/ 9	יג	
+ 5 01.3	31 49.0	1.00536	+ 2 42	45.2	11 34 54.13	16/ 9	יד	
+ 5 22.7	31 49.5	1.00509	+ 2 19	36.5	11 38 29.19	17/ 9	טו	
+ 5 44.2	31 50.1	1.00481	+ 1 56	25.0	11 42 04.25	18/ 9	טז	
+ 6 05.7	31 50.6	1.00454	+ 1 33	11.0	11 45 39.34	19/ 9	יז	
+ 6 27.1	31 51.1	1.00427	+ 1 09	54.8	11 49 14.48	20/ 9	יח	
+ 6 48.4	31 51.6	1.00400	+ 0 46	36.7	11 52 49.70	21/ 9	יט	
+ 7 09.0	31 52.1	1.00373	+ 0 23	17.1	11 56 25.02	22/ 9	כ	
+ 7 30.8	31 52.7	1.00345	- 0 00	03.8	12 00 00.45	23/ 9	כא	
+ 7 51.8	31 53.2	1.00318	- 0 23	25.5	12 03 36.02	24/ 9	כב	
+ 8 12.6	31 53.7	1.00290	- 0 46	47.7	12 07 11.76	25/ 9	כג	
+ 8 33.2	31 54.2	1.00263	- 1 10	10.1	12 10 47.66	26/ 9	כד	
+ 8 53.7	31 54.8	1.00235	- 1 33	32.4	12 14 23.77	27/ 9	כה	
+ 9 13.9	31 55.3	1.00207	- 1 56	54.1	12 18 00.09	28/ 9	כו	
+ 9 33.9	31 55.8	1.00179	- 2 20	14.8	12 21 36.64	29/ 9	כז	
+ 9 53.7	31 56.4	1.00151	- 2 43	34.4	12 25 13.44	30/ 9	כח	
+ 10 13.1	31 56.9	1.00122	- 3 06	52.3	12 28 50.50	1/10	כט	

תאריך		זריחה - כיוון		צהריה - נובה		שקיעה - כיוון	
י	ס	דק:סט	'	דק:סט	'	דק:סט	'
3/ 9	א	05:16	80.5	11:39	65.5	18:02	279.2
4/ 9	ב	05:17	81.0	11:39	65.1	18:01	278.8
5/ 9	ג	05:18	81.4	11:39	64.7	17:59	278.4
6/ 9	ד	05:18	81.9	11:38	64.4	17:58	277.9
7/ 9	ה	05:19	82.3	11:38	64.0	17:57	277.5
8/ 9	ו	05:19	82.7	11:38	63.6	17:55	277.0
9/ 9	ז	05:20	83.2	11:37	63.2	17:54	276.6
10/ 9	ח	05:21	83.6	11:37	62.9	17:53	276.1
11/ 9	ט	05:21	84.1	11:37	62.5	17:51	275.7
12/ 9	י	05:22	84.5	11:36	62.1	17:50	275.2
13/ 9	יא	05:23	85.0	11:36	61.7	17:49	274.8
14/ 9	יב	05:23	85.4	11:36	61.3	17:47	274.3
15/ 9	יג	05:24	85.9	11:35	60.9	17:46	273.9
16/ 9	יד	05:24	86.3	11:35	60.6	17:45	273.4
17/ 9	טו	05:25	86.8	11:34	60.2	17:44	273.0
18/ 9	טז	05:26	87.3	11:34	59.8	17:42	272.5
19/ 9	יז	05:26	87.7	11:34	59.4	17:41	272.1
20/ 9	יח	05:27	88.2	11:33	59.0	17:40	271.6
21/ 9	יט	05:27	88.6	11:33	58.6	17:38	271.1
22/ 9	כ	05:28	89.1	11:33	58.2	17:37	270.7
23/ 9	כא	05:29	89.5	11:32	57.8	17:36	270.2
24/ 9	כב	05:29	90.0	11:32	57.5	17:34	269.8
25/ 9	כג	05:30	90.5	11:32	57.1	17:33	269.3
26/ 9	כד	05:31	90.9	11:31	56.7	17:32	268.8
27/ 9	כה	05:31	91.4	11:31	56.3	17:30	268.4
28/ 9	כו	05:32	91.8	11:31	55.9	17:29	267.9
29/ 9	כז	05:32	92.3	11:30	55.5	17:28	267.5
30/ 9	כח	05:33	92.8	11:30	55.1	17:26	267.0
1/10	כט	05:34	93.2	11:30	54.7	17:25	266.6

ירח - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, מופע

מאי - יוני 1997, אייר התשנ"ז

גיל הירח (ימים)	מ ל ק	מרחק זוויתי	קוטר	מרחק סמאוק (א.א.)	נטיה		מליה יסדה		תאריך
					'	"	טו דק סט	לונזי	
1.134	+ 0.017	+ 15.33	31 37.8	59.232	+ 16 02 35	4 03 47.9	8/ 5	א	
2.134	+ 0.059	+ 27.63	31 13.8	59.992	+ 17 40 49	4 59 47.5	9/ 5	ב	
3.134	+ 0.117	+ 39.69	30 49.3	60.788	+ 18 19 01	5 54 56.7	10/ 5	ג	
4.134	+ 0.192	+ 51.43	30 26.1	61.557	+ 17 59 22	6 48 40.9	11/ 5	ד	
5.134	+ 0.273	+ 62.87	30 06.1	62.241	+ 16 47 28	7 40 36.5	12/ 5	ה	
6.134	+ 0.362	+ 74.05	29 50.2	62.792	+ 14 50 46	8 30 35.8	13/ 5	ו	
7.134	+ 0.456	+ 85.04	29 39.5	63.171	+ 12 17 18	9 18 47.1	14/ 5	ז	
8.134	+ 0.552	+ 95.91	29 34.3	63.356	+ 9 14 49	10 05 31.6	15/ 5	ח	
9.134	+ 0.646	+ 106.76	29 34.7	63.342	+ 5 50 36	10 51 19.1	16/ 5	ט	
10.134	+ 0.735	+ 117.66	29 40.5	63.136	+ 2 11 35	11 36 45.1	17/ 5	י	
11.134	+ 0.815	+ 128.68	29 51.1	62.761	- 1 35 06	12 22 27.5	18/ 5	יא	
12.134	+ 0.883	+ 139.87	30 05.8	62.251	- 5 21 42	13 09 04.6	19/ 5	יב	
13.134	+ 0.937	+ 151.26	30 23.4	61.650	- 8 59 12	13 57 12.5	20/ 5	יג	
14.134	+ 0.978	+ 162.79	30 42.7	61.003	- 12 17 06	14 47 21.1	21/ 5	יד	
15.134	+ 0.997	+ 173.56	31 02.5	60.356	- 15 03 31	15 39 49.0	22/ 5	טו	
16.134	- 0.994	- 170.95	31 21.4	59.750	- 17 06 05	16 34 37.0	23/ 5	טז	
17.134	- 0.967	- 159.10	31 38.3	59.217	- 18 13 32	17 31 23.9	24/ 5	יז	
18.134	- 0.919	- 146.49	31 52.5	58.776	- 18 17 46	18 29 27.0	25/ 5	יח	
19.134	- 0.847	- 133.62	32 03.7	58.435	- 17 15 53	19 27 52.2	26/ 5	יט	
20.134	- 0.758	- 120.59	32 11.7	58.194	- 15 10 46	20 25 47.8	27/ 5	כ	
21.134	- 0.655	- 107.48	32 16.6	58.045	- 12 10 42	21 22 39.3	28/ 5	כא	
22.134	- 0.535	- 94.32	32 18.8	57.981	- 8 27 40	22 18 15.4	29/ 5	כב	
23.134	- 0.422	- 81.15	32 18.2	57.998	- 4 15 47	23 12 46.0	30/ 5	כג	
24.134	- 0.313	- 68.01	32 14.9	58.096	+ 0 09 57	0 06 35.5	31/ 5	כד	
25.134	- 0.213	- 54.93	32 08.0	58.280	+ 4 34 16	1 00 14.4	1/ 6	כה	
26.134	- 0.128	- 41.97	31 59.6	58.559	+ 8 42 09	1 54 10.9	2/ 6	כו	
27.134	- 0.063	- 29.19	31 47.3	58.937	+ 12 19 21	2 48 43.0	3/ 6	כז	
28.134	- 0.022	- 16.79	31 32.1	59.412	+ 15 13 22	3 43 53.0	4/ 6	כח	
29.134	- 0.003	- 6.08	31 14.4	59.973	+ 17 14 34	4 39 24.6	5/ 6	כט	

מ א ר י ן	זריחה - כיוון	זריחה - זמנים	שקיעה - כיוון					
							דק:ס	דק:ס
290.5	20:04	74.7	13:04	70.6	06:08	8/ 5	א	ה
291.6	21:00	75.9	13:58	68.8	06:57	9/ 5	ב	ו
291.4	21:52	76.0	14:51	68.3	07:49	10/ 5	ג	ז
290.1	22:38	75.2	15:41	69.0	08:41	11/ 5	ד	ח
287.8	23:21	73.4	16:29	70.8	09:35	12/ 5	ה	ט
284.7	24:00	71.0	17:16	73.5	10:28	13/ 5	ו	י
-----	-----	68.0	18:00	76.9	11:21	14/ 5	ז	יא
281.1	00:35	64.5	18:44	80.8	12:13	15/ 5	ח	יב
277.0	01:09	60.8	19:27	85.1	13:06	16/ 5	ט	יג
272.6	01:42	56.8	20:09	89.7	13:58	17/ 5	י	יד
268.0	02:16	52.9	20:53	94.3	14:52	18/ 5	יא	טו
263.5	02:50	49.0	21:38	98.9	15:47	19/ 5	יב	טז
259.1	03:25	45.5	22:26	103.1	16:43	20/ 5	יג	יז
255.1	04:04	42.5	23:16	106.9	17:41	21/ 5	יד	יח
251.7	04:47	-----	-----	109.7	18:40	22/ 5	טו	יט
249.3	05:34	40.3	00:08	111.5	19:38	23/ 5	טז	כ
248.1	06:26	39.0	01:03	111.9	20:35	24/ 5	יז	כא
248.3	07:23	38.9	01:59	110.9	21:30	25/ 5	יח	כב
250.0	08:24	40.1	02:56	108.5	22:20	26/ 5	יט	כג
252.9	09:27	42.3	03:52	105.0	23:07	27/ 5	כ	כד
257.0	10:30	45.5	04:46	100.5	23:50	28/ 5	כא	כה
261.8	11:34	49.5	05:40	-----	-----	29/ 5	כב	כו
267.2	12:38	54.0	06:32	95.4	00:32	30/ 5	כג	כז
272.7	13:42	58.7	07:24	90.1	01:11	31/ 5	כד	כח
277.9	14:45	63.2	08:15	84.7	01:51	1/ 6	כה	כט
282.7	15:48	67.5	09:07	79.7	02:32	2/ 6	כו	ל
286.7	16:50	71.1	10:00	75.3	03:14	3/ 6	כז	לא
289.7	17:51	73.8	10:53	71.8	03:59	4/ 6	כח	לב
291.4	18:48	75.6	11:47	69.4	04:47	5/ 6	כט	לג

ירח - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, מופע

יוני - יולי 1997, סיון התשנ"ז

גיל הירח (ימים)	ש ל ק	סדוק זריתי	קוטר	סדוק סמאך (.א.ך)	נטיה		עליה ירידה		תאריך
					'	"	כז דק סט	כז דק סט	
0.705	+ 0.008	+ 9.99	30 55.1	60.596	+ 18 17 25	5 34 45.7	6/ 6	א	
1.705	+ 0.033	+ 21.22	30 35.4	61.245	+ 18 21 06	6 29 16.0	7/ 6	ב	
2.705	+ 0.081	+ 32.69	30 16.7	61.878	+ 17 29 05	7 22 19.4	8/ 6	ג	
3.705	+ 0.140	+ 44.00	30 00.0	62.449	+ 15 48 01	8 13 32.6	9/ 6	ד	
4.705	+ 0.213	+ 55.11	29 46.8	62.912	+ 13 26 11	9 02 49.7	10/ 6	ה	
5.705	+ 0.297	+ 66.08	29 37.9	63.228	+ 10 32 08	9 50 21.9	11/ 6	ו	
6.705	+ 0.388	+ 76.95	29 34.0	63.366	+ 7 14 03	10 36 33.3	12/ 6	ז	
7.705	+ 0.483	+ 87.79	29 35.6	63.308	+ 3 39 21	11 21 57.2	13/ 6	ח	
8.705	+ 0.578	+ 98.70	29 42.8	63.052	- 0 04 54	12 07 12.1	14/ 6	ט	
9.705	+ 0.671	+ 109.74	29 55.4	62.610	- 3 51 36	12 52 59.6	15/ 6	י	
10.705	+ 0.758	+ 120.99	30 12.9	62.008	- 7 32 57	13 40 01.8	16/ 6	יא	
11.705	+ 0.841	+ 132.52	30 34.1	61.289	- 10 59 45	14 28 58.0	17/ 6	יב	
12.705	+ 0.905	+ 144.35	30 57.9	60.505	- 14 01 05	15 20 19.5	18/ 6	יג	
13.705	+ 0.957	+ 156.44	31 22.5	59.715	- 16 24 28	16 14 23.3	19/ 6	יד	
14.705	+ 0.991	+ 168.48	31 45.9	58.981	- 17 57 01	17 11 03.0	20/ 6	טו	
15.705	- 0.997	- 174.38	32 06.3	58.357	- 18 27 35	18 09 44.8	21/ 6	טז	
16.705	- 0.978	- 163.41	32 22.0	57.884	- 17 49 31	19 09 30.8	22/ 6	יז	
17.705	- 0.933	- 150.34	32 32.1	57.585	- 16 02 54	20 09 13.8	23/ 6	יח	
18.705	- 0.866	- 136.98	32 36.2	57.464	- 13 14 55	21 07 57.1	24/ 6	יט	
19.705	- 0.780	- 123.56	32 34.7	57.509	- 9 38 19	22 05 08.5	25/ 6	כ	
20.705	- 0.671	- 110.19	32 28.4	57.694	- 5 28 56	23 00 43.9	26/ 6	כא	
21.705	- 0.561	- 96.95	32 18.5	57.988	- 1 03 20	23 55 01.1	27/ 6	כב	
22.705	- 0.448	- 83.88	32 06.1	58.361	+ 3 22 37	0 48 10.3	28/ 6	כג	
23.705	- 0.337	- 70.99	31 52.1	58.790	+ 7 34 15	1 41 44.5	29/ 6	כד	
24.705	- 0.235	- 58.31	31 37.0	59.258	+ 11 18 26	2 35 11.3	30/ 6	כה	
25.705	- 0.153	- 45.84	31 21.2	59.754	+ 14 23 37	3 29 06.6	1/ 7	כו	
26.705	- 0.085	- 33.61	31 05.0	60.274	+ 16 40 30	4 23 29.4	2/ 7	כז	
27.705	- 0.036	- 21.68	30 48.6	60.809	+ 18 02 38	5 18 02.0	3/ 7	כח	
28.705	- 0.008	- 10.40	30 32.3	61.351	+ 18 27 16	6 12 13.3	4/ 7	כט	
0.222	+ 0.002	+ 5.30	30 16.5	61.884	+ 17 55 37	7 05 27.5	5/ 7	ל	

י ו ט	ל ו ט ו י	זריחה - כיוון		שקיעה - כיוון	
		דק:ס	דק:ס	דק:ס	דק:ס
291.8	19:42	76.2	12:40	68.3	05:37
291.0	20:31	75.8	13:31	68.4	06:30
289.1	21:16	74.5	14:21	69.7	07:23
286.4	21:57	72.3	15:09	72.0	08:17
282.9	22:34	69.5	15:55	75.1	09:11
279.0	23:09	66.2	16:39	78.9	10:04
274.7	23:42	62.6	17:22	81.1	10:56
-----	-----	58.7	18:04	87.5	11:49
270.2	00:15	54.7	18:47	92.1	12:41
265.6	00:48	50.8	19:31	96.7	13:35
261.1	01:22	47.2	20:17	101.2	14:30
256.9	01:59	43.9	21:05	105.2	15:27
253.2	02:40	41.2	21:57	108.5	16:26
250.3	03:25	39.4	22:51	110.9	17:25
248.5	04:15	38.8	23:48	112.0	18:24
248.0	05:11	-----	-----	111.6	19:21
249.0	06:12	39.3	00:46	109.8	20:15
251.5	07:16	41.2	01:44	106.5	21:04
255.3	08:21	44.1	02:41	102.3	21:50
260.0	09:27	48.0	03:36	97.3	22:33
265.3	10:32	52.4	04:29	91.9	23:13
270.8	11:35	57.0	05:21	86.6	23:53
276.1	12:38	61.7	06:13	-----	28/ 6
281.1	13:41	66.0	07:04	81.4	00:33
285.3	14:42	69.8	07:55	76.9	01:13
288.6	15:42	72.8	08:47	73.0	01:56
290.8	16:39	75.0	09:39	70.2	02:42
291.8	17:34	76.1	10:32	68.6	03:30
291.5	18:25	76.1	11:24	68.2	04:21
290.1	19:11	75.2	12:14	69.0	05:14

ירח - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, מופע

יולי - אוגוסט 1997, תמוז התשנ"ז

גיל הירח (ימים)	ש ל ק	סדק זריתי	קוטר	סדק סדוקין (.א.ר)	נפיה		עליה יסיה		תאריך	
					'	"	ס	ד	ק	ט
1.222	+ 0.017	+ 14.66	30 01.8	62.387	+ 16	32 25	7 57	14.5	6/ 7	א
2.222	+ 0.051	+ 25.59	29 49.1	62.831	+ 14	24 56	8 47	17.0	7/ 7	ב
3.222	+ 0.101	+ 36.55	29 39.1	63.183	+ 11	41 40	9 35	33.8	8/ 7	ג
4.222	+ 0.165	+ 47.45	29 32.7	63.413	+ 8	31 18	10 22	18.5	9/ 7	ד
5.222	+ 0.235	+ 58.28	29 30.6	63.489	+ 5	02 02	11 07	56.2	10/ 7	ה
6.222	+ 0.321	+ 69.11	29 33.3	63.390	+ 1	21 29	11 53	00.1	11/ 7	ו
7.222	+ 0.413	+ 80.01	29 41.4	63.102	- 2	23 10	12 38	08.0	12/ 7	ז
8.222	+ 0.509	+ 91.05	29 55.0	62.625	- 6	04 42	13 24	03.7	13/ 7	ח
9.222	+ 0.604	+ 102.30	30 13.8	61.976	- 9	35 09	14 11	26.8	14/ 7	ט
10.222	+ 0.703	+ 113.86	30 37.2	61.186	- 12	45 17	15 00	57.0	15/ 7	י
11.222	+ 0.794	+ 125.77	31 04.1	60.302	- 15	24 13	15 53	05.1	16/ 7	יא
12.222	+ 0.872	+ 138.08	31 32.8	59.388	- 17	19 36	16 48	05.3	17/ 7	יב
13.222	+ 0.937	+ 150.79	32 01.1	58.513	- 18	18 59	17 45	47.2	18/ 7	יג
14.222	+ 0.981	+ 163.76	32 26.5	57.750	- 18	12 10	18 45	31.2	19/ 7	יד
15.222	+ 0.998	+ 175.36	32 46.4	57.165	- 16	54 16	19 46	14.4	20/ 7	טו
16.222	- 0.989	- 167.64	32 58.9	56.805	- 14	28 00	20 46	47.4	21/ 7	טז
17.222	- 0.949	- 154.10	33 02.9	56.691	- 11	03 47	21 46	14.9	22/ 7	יז
18.222	- 0.883	- 140.32	32 58.4	56.818	- 6	57 51	22 44	07.8	23/ 7	יח
19.222	- 0.801	- 126.62	32 46.7	57.157	- 2	29 01	23 40	24.9	24/ 7	יט
20.222	- 0.695	- 113.14	32 29.6	57.659	+ 2	04 05	0 35	24.5	25/ 7	כ
21.222	- 0.587	- 99.95	32 09.1	58.271	+ 6	24 42	1 29	34.4	26/ 7	כא
22.222	- 0.474	- 87.07	31 47.2	58.942	+ 10	18 41	2 23	22.5	27/ 7	כב
23.222	- 0.371	- 74.50	31 25.2	59.627	+ 13	34 38	3 17	09.0	28/ 7	כג
24.222	- 0.265	- 62.23	31 04.3	60.295	+ 16	03 45	4 11	02.7	29/ 7	כד
25.222	- 0.179	- 50.22	30 45.0	60.927	+ 17	40 07	5 04	56.8	30/ 7	כה
26.222	- 0.111	- 38.46	30 27.5	61.510	+ 18	20 48	5 58	32.9	31/ 7	כו
27.222	- 0.054	- 26.94	30 12.0	62.038	+ 18	06 06	6 51	25.0	1/ 8	כז
28.222	- 0.019	- 15.67	29 58.4	62.508	+ 16	59 25	7 43	07.2	2/ 8	כח
29.222	- 0.002	- 5.23	29 46.8	62.914	+ 15	06 37	8 33	21.3	3/ 8	כט

י	ס	ל	ע	זריחה - כיוון		צנהיה - נובה		שקיעה - כיוון	
				דק	מ	דק	מ	דק	מ
287.7	19:54	73.4	13:03	70.8	06:08	6/ 7	א	א	
284.6	20:33	70.8	13:49	73.6	07:02	7/ 7	ב	ב	
280.8	21:09	67.7	14:34	77.1	07:55	8/ 7	ג	ג	
276.6	21:43	64.2	15:18	81.1	08:48	9/ 7	ד	ד	
272.2	22:15	60.5	16:00	85.5	09:40	10/ 7	ה	ה	
267.7	22:48	56.6	16:42	90.0	10:32	11/ 7	ו	ו	
263.2	23:21	52.7	17:25	94.6	11:25	12/ 7	ז	ז	
259.0	23:56	48.9	18:09	99.1	12:19	13/ 7	ח	ח	
---	---	45.5	18:56	103.2	13:14	14/ 7	ט	ט	
255.0	00:34	42.5	19:45	106.9	14:10	15/ 7	י	י	
251.8	01:16	40.3	20:37	109.7	15:09	16/ 7	יא	יא	
249.3	02:03	39.0	21:32	111.5	16:08	17/ 7	יב	יב	
248.1	02:56	38.9	22:30	111.9	17:06	18/ 7	יג	יג	
248.4	03:55	40.1	23:29	110.8	18:02	19/ 7	יד	יד	
250.1	04:58	---	---	108.2	18:55	20/ 7	טו	טו	
253.4	06:05	42.6	00:28	104.3	19:44	21/ 7	טז	טז	
257.8	07:12	46.2	01:26	99.5	20:30	22/ 7	יז	יז	
263.0	08:20	50.5	02:22	94.1	21:12	23/ 7	יח	יח	
268.6	09:26	55.2	03:16	88.6	21:53	24/ 7	יט	יט	
274.2	10:31	60.0	04:09	83.2	22:34	25/ 7	כ	כ	
279.4	11:34	64.5	05:01	78.4	23:14	26/ 7	כא	כא	
283.9	12:36	68.5	05:53	74.3	23:57	27/ 7	כב	כב	
287.5	13:36	71.8	06:44	---	---	28/ 7	כג	כג	
290.1	14:34	74.3	07:36	71.2	00:41	29/ 7	כד	כד	
291.5	15:29	75.7	08:28	69.1	01:28	30/ 7	כה	כה	
291.7	16:20	76.1	09:19	68.3	02:17	31/ 7	כו	כו	
290.7	17:08	75.6	10:09	68.6	03:09	1/ 8	כז	כז	
288.7	17:52	74.1	10:58	70.1	04:01	2/ 8	כח	כח	
285.8	18:32	71.9	11:45	72.5	04:55	3/ 8	כט	כט	

ירח - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, מופע

אוגוסט - ספטמבר 1997, אב התשנ"ז

גיל הירח (י"מ)	ז'ל ק' ז'ל	מופע	קוטר	מופע (ז'ל)	עליה יסדה		תאריך	
					ז'ל	ק' ז'ל	ז'ל	ק' ז'ל
0.656	+ 0.005	+ 7.75	29 37.4	63.245	+ 12 35 20	9 22 00.2	4/ 8	א
1.656	+ 0.024	+ 18.32	29 30.6	63.488	+ 9 33 55	10 09 09.9	5/ 8	ב
2.656	+ 0.063	+ 29.11	29 26.8	63.623	+ 6 10 50	10 55 07.3	6/ 8	ג
3.656	+ 0.117	+ 39.93	29 26.6	63.631	+ 2 34 13	11 40 17.7	7/ 8	ד
4.656	+ 0.185	+ 50.76	29 30.5	63.492	- 1 08 13	12 25 12.9	8/ 8	ה
5.656	+ 0.265	+ 61.66	29 39.0	63.190	- 4 49 00	13 10 28.5	9/ 8	ו
6.656	+ 0.354	+ 72.69	29 52.4	62.716	- 8 20 34	13 56 42.4	10/ 8	ז
7.656	+ 0.448	+ 83.93	30 10.9	62.074	- 11 34 43	14 44 32.0	11/ 8	ח
8.656	+ 0.552	+ 95.45	30 34.3	61.283	- 14 22 14	15 34 31.6	12/ 8	ט
9.656	+ 0.646	+ 107.33	31 01.9	60.376	- 16 32 39	16 27 05.8	13/ 8	י
10.656	+ 0.750	+ 119.63	31 32.2	59.406	- 17 54 40	17 22 23.8	14/ 8	יא
11.656	+ 0.835	+ 132.39	32 03.5	58.441	- 18 17 26	18 20 11.3	15/ 8	יב
12.656	+ 0.915	+ 145.62	32 33.0	57.559	- 17 32 51	19 19 50.0	16/ 8	יג
13.656	+ 0.967	+ 159.24	32 57.8	56.838	- 15 38 17	20 20 23.5	17/ 8	יד
14.656	+ 0.996	+ 173.01	33 14.9	56.349	- 12 38 33	21 20 52.9	18/ 8	טו
15.656	- 0.995	- 172.15	33 22.4	56.139	- 8 46 06	22 20 33.0	19/ 8	טז
16.656	- 0.964	- 158.13	33 19.4	56.223	- 4 19 04	23 19 00.9	20/ 8	יז
17.656	- 0.905	- 144.08	33 06.6	56.585	+ 0 21 47	0 16 15.8	21/ 8	יח
18.656	- 0.821	- 130.29	32 46.1	57.175	+ 4 56 13	1 12 31.0	22/ 8	יט
19.656	- 0.727	- 116.87	32 20.5	57.930	+ 9 06 36	2 08 04.8	23/ 8	כ
20.656	- 0.621	- 103.85	31 52.6	58.775	+ 12 39 07	3 03 12.6	24/ 8	כא
21.656	- 0.509	- 91.24	31 24.7	59.646	+ 15 23 54	3 58 01.0	25/ 8	כב
22.656	- 0.405	- 79.02	30 58.5	60.486	+ 17 14 56	4 52 26.3	26/ 8	כג
23.656	- 0.305	- 67.14	30 35.2	61.255	+ 18 09 42	5 46 15.1	27/ 8	כד
24.656	- 0.220	- 55.55	30 15.2	61.929	+ 18 08 50	6 39 08.9	28/ 8	כה
25.656	- 0.140	- 44.18	29 58.7	62.495	+ 17 15 39	7 30 49.4	29/ 8	כו
26.656	- 0.081	- 32.99	29 45.7	62.951	+ 15 35 32	8 21 03.8	30/ 8	כז
27.656	- 0.036	- 21.93	29 35.9	63.300	+ 13 15 22	9 09 48.3	31/ 8	כח
28.656	- 0.009	- 10.98	29 29.0	63.545	+ 10 22 51	9 57 08.4	1/ 9	כט
0.005	+ 0.000	+ 0.93	29 25.0	63.689	+ 7 06 05	10 43 18.7	2/ 9	ל

ח א ר י ג		זריחה - כיוון		צריחה - נובה		שקיעה - כיוון	
ז'ל	ק' ז'ל	ז'ל	ק' ז'ל	ז'ל	ק' ז'ל	ז'ל	ק' ז'ל
282.3	19:09	69.0	12:31	75.7	05:48	4/ 8	א
278.3	19:43	65.6	13:15	79.5	06:41	5/ 8	ב
274.0	20:17	62.0	13:57	83.7	07:33	6/ 8	ג
269.5	20:49	58.1	14:40	88.2	08:26	7/ 8	ד
265.1	21:22	54.3	15:22	92.7	09:18	8/ 8	ה
260.8	21:55	50.5	16:05	97.2	10:10	9/ 8	ו
256.8	22:31	47.0	16:50	101.4	11:04	10/ 8	ז
253.3	23:10	43.9	17:36	105.2	11:59	11/ 8	ח
250.5	23:54	41.4	18:26	108.4	12:55	12/ 8	ט
—	—	39.6	19:18	110.6	13:52	13/ 8	י
248.7	00:43	38.9	20:13	111.8	14:49	14/ 8	יא
248.2	01:37	39.4	21:11	111.5	15:46	15/ 8	יב
249.1	02:37	41.2	22:10	109.7	16:40	16/ 8	יג
251.6	03:42	44.2	23:09	106.5	17:32	17/ 8	יד
255.4	04:50	—	—	102.0	18:20	18/ 8	טו
260.4	05:59	48.2	00:07	96.8	19:05	19/ 8	טז
266.0	07:08	52.9	01:03	91.1	19:48	20/ 8	יז
271.8	08:16	57.8	01:59	85.5	20:30	21/ 8	יח
277.3	09:22	62.6	02:53	80.3	21:12	22/ 8	יט
282.2	10:27	67.0	03:47	75.8	21:55	23/ 8	כ
286.3	11:29	70.7	04:40	72.2	22:40	24/ 8	כא
289.3	12:28	73.5	05:32	69.8	23:26	25/ 8	כב
291.0	13:25	75.2	06:25	—	—	26/ 8	כג
291.6	14:17	76.0	07:16	68.6	00:15	27/ 8	כד
291.0	15:06	75.8	08:06	68.5	01:06	28/ 8	כה
289.4	15:51	74.6	08:55	69.6	01:58	29/ 8	כו
286.8	16:32	72.6	09:43	71.7	02:50	30/ 8	כז
283.5	17:09	70.0	10:28	74.6	03:43	31/ 8	כח
279.7	17:45	66.8	11:13	78.2	04:36	1/ 9	כט
275.5	18:18	63.3	11:56	82.3	05:28	2/ 9	ל

ירח - זריחה, שקיעה, מיקום, קוטר, מופע

ספטמבר 1997, אלול התשנ"ז

גיל הירח (ימים)	מ ל ק	מרחק ז'ני"ח	קוטר	מרחק מהארץ (א.ד.)	נמיה		מליה ישיה		תאריך	
					'	"	ס	דק	שני	לונזי
1.005	+ 0.009	+ 10.87	29 23.9	63.729	+ 3 33 11	11 28 40.5	3/ 9	א		
2.005	+ 0.036	+ 21.72	29 25.8	63.662	- 0 07 50	12 13 40.2	4/ 9	ב		
3.005	+ 0.081	+ 32.61	29 30.9	63.477	- 3 49 04	12 58 47.6	5/ 9	ג		
4.005	+ 0.140	+ 43.57	29 39.7	63.164	- 7 22 36	13 44 34.1	6/ 9	ד		
5.005	+ 0.213	+ 54.65	29 52.4	62.715	- 10 40 16	14 31 31.4	7/ 9	ה		
6.005	+ 0.297	+ 65.91	30 09.4	62.125	- 13 33 30	15 20 08.0	8/ 9	ו		
7.005	+ 0.396	+ 77.41	30 30.8	61.401	- 15 53 06	16 10 50.0	9/ 9	ז		
8.005	+ 0.491	+ 89.23	30 56.2	60.561	- 17 29 24	17 03 48.5	10/ 9	ח		
9.005	+ 0.604	+ 101.43	31 24.9	59.640	- 18 12 56	17 59 03.2	11/ 9	ט		
10.005	+ 0.703	+ 114.05	31 55.4	58.689	- 17 55 35	18 56 15.3	12/ 9	י		
11.005	+ 0.801	+ 127.14	32 25.6	57.776	- 16 32 31	19 54 50.8	13/ 9	יא		
12.005	+ 0.889	+ 140.67	32 52.9	56.979	- 14 04 00	20 54 07.9	14/ 9	יב		
13.005	+ 0.953	+ 154.60	33 14.0	56.375	- 10 36 48	21 53 27.8	15/ 9	יג		
14.005	+ 0.991	+ 168.79	33 26.3	56.031	- 6 24 15	22 52 24.5	16/ 9	יד		
15.005	- 0.999	- 176.87	33 27.8	55.987	- 1 44 52	23 50 47.5	17/ 9	טו		
16.005	- 0.978	- 162.64	33 18.4	56.251	+ 3 00 06	0 48 38.6	18/ 9	טז		
17.005	- 0.929	- 148.63	32 59.3	56.793	+ 7 29 37	1 46 05.4	19/ 9	יז		
18.005	- 0.854	- 134.98	32 33.1	57.555	+ 11 25 25	2 43 13.1	20/ 9	יח		
19.005	- 0.765	- 121.78	32 02.9	58.461	+ 14 33 46	3 39 59.4	21/ 9	יט		
20.005	- 0.663	- 109.05	31 31.5	59.429	+ 16 46 10	4 36 11.9	22/ 9	כ		
21.005	- 0.561	- 96.77	31 01.6	60.385	+ 17 59 05	5 31 31.0	23/ 9	כא		
22.005	- 0.456	- 84.90	30 34.7	61.269	+ 18 13 20	6 25 34.7	24/ 9	כב		
23.005	- 0.362	- 73.38	30 12.0	62.038	+ 17 32 50	7 18 04.8	25/ 9	כג		
24.005	- 0.265	- 62.12	29 53.8	62.665	+ 16 03 38	8 08 51.5	26/ 9	כד		
25.005	- 0.185	- 51.05	29 40.3	63.141	+ 13 52 52	8 57 55.7	27/ 9	כה		
26.005	- 0.117	- 40.12	29 31.2	63.466	+ 11 08 08	9 45 27.8	28/ 9	כו		
27.005	- 0.063	- 29.26	29 26.1	63.650	+ 7 57 10	10 31 46.1	29/ 9	כז		
28.005	- 0.024	- 18.44	29 24.5	63.707	+ 4 27 41	11 17 14.5	30/ 9	כח		
29.005	- 0.005	- 7.69	29 26.1	63.650	+ 0 47 29	12 02 19.9	1/10	כט		

ת א ר י	לונזי	זריחה - כיוון		צורה - גובה		שקיעה - כיוון	
		דק:שנ	'	דק:שנ	'	דק:שנ	'
271.1	18:51	59.5	12:38	86.6	06:21	3/ 9	א
266.6	19:23	55.6	13:20	91.2	07:13	4/ 9	ב
262.3	19:57	51.8	14:03	95.6	08:05	5/ 9	ג
258.2	20:32	48.2	14:47	99.9	08:58	6/ 9	ד
254.5	21:09	45.0	15:32	103.9	09:52	7/ 9	ה
251.5	21:50	42.3	16:19	107.2	10:46	8/ 9	ו
249.4	22:35	40.3	17:09	109.8	11:42	9/ 9	ז
248.3	23:25	39.2	18:02	111.4	12:37	10/ 9	ח
-----	-----	39.1	18:56	111.7	13:32	11/ 9	ט
248.6	00:21	40.3	19:53	110.7	14:26	12/ 9	י
250.2	01:22	42.6	20:50	108.2	15:18	13/ 9	יא
253.3	02:26	46.0	21:48	104.5	16:06	14/ 9	יב
257.7	03:34	50.3	22:45	99.6	16:53	15/ 9	יג
262.9	04:43	55.2	23:42	94.1	17:37	16/ 9	יד
268.7	05:52	-----	-----	88.3	18:21	17/ 9	טו
274.6	07:01	60.2	00:38	82.7	19:04	18/ 9	טז
280.0	08:09	65.0	01:33	77.7	19:48	19/ 9	יז
284.6	09:15	69.1	02:29	73.6	20:34	20/ 9	יח
288.2	10:18	72.4	03:23	70.6	21:21	21/ 9	יט
290.5	11:17	74.7	04:18	68.9	22:10	22/ 9	כ
291.5	12:12	75.8	05:11	68.4	23:01	23/ 9	כא
291.3	13:03	75.9	06:02	69.1	23:53	24/ 9	כב
290.0	13:49	75.1	06:52	-----	-----	25/ 9	ה
287.7	14:31	73.3	07:40	70.9	00:46	26/ 9	ו
284.6	15:10	70.9	08:27	73.6	01:39	27/ 9	ז
281.0	15:46	67.9	09:11	77.0	02:32	28/ 9	ח
276.9	16:20	64.4	09:54	80.9	03:24	29/ 9	ט
272.5	16:53	60.7	10:37	85.2	04:16	30/ 9	י
268.1	17:25	56.9	11:19	89.7	05:08	1/10	יא

