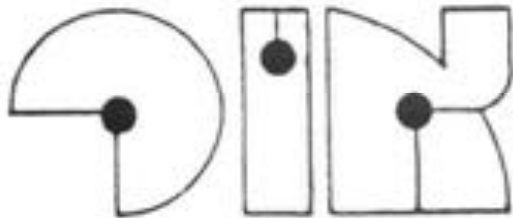
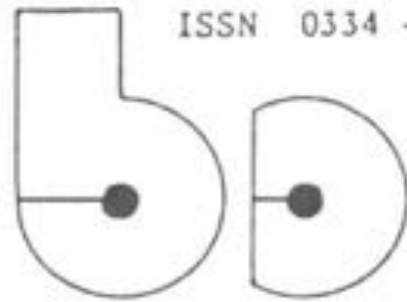


ISSN 0334 - 1127

אסטרונומיה  
אסטרופיסיקה  
חקר החלל



1-2/1992



\*75\*

כרך 19, גליון 1-2  
ינואר - מאי 1992  
אדר - אייר - תשנ"ב

מוציא לאור: האגודה הישראלית לאסטרונומיה, עמותה מס. 6-867-004-58

מצפה הכוכבים, גן העליה השניה, גבעתיים.

מערכת/עורך: יגאל פת-אל, ת.ד. 149, גבעתיים 53101, טל. 03-731727

"STARLIGHT" JANUARY - MAY 1992 VOL. 19 NO. 1-2  
PUBLISHERS: ISRAELI ASTRONOMICAL ASSOCIATION, THE GIVATAYIM  
OBSERVATORY, SECOND ALIYA PARK, GIVATAYIM 53101  
EDITOR: IGAL PAT-EL, P.O.B. 149, GIVATAYIM 53101, TEL. 03-731727

שרותי משרד על ידי 'קוסמוס', דרך בן גוריון (מודיעין) 67, בני-ברק טלפון: 03-793639.

שעות פתיחה: ימים ב', ד', ר' 10.00-13.00 ימים א', ב', ד', ה' 16.00-18.00

OFFICE SERVICES BY, 'COSMOS', BEN GURION ROAD. (MOD'IN) 67, BNEI BRAK,  
TEL. 03-793639

דמי מנוי שנתיים - 40 ש"ח

### תוכן המאמרים

|                |                              |    |
|----------------|------------------------------|----|
|                | מה באגודה                    | 3  |
|                | חדשות אסטרונומיה וחלל        | 5  |
| יגאל פת-אל     | מה במערכת השמש               | 8  |
| עמנואל גרינגרד | מגיד הרקיע -                 | 14 |
| ערן אופק       | פינת החובב                   | 27 |
| אמוץ שמי       | מחילות תולעים ביקום          | 30 |
| חיים מזר       | נפיצותם של הרי געש על המאדים | 38 |
| שמואל פרלמוטר  | היווצרות כוכבי לכת           | 34 |

#### שער קדמי:

תמונות ממערכת השמש: האסטרוואיד גספרה כפי שצולם על-ידי החללית גלילאו ב-29.10.91.

#### שער אחורי:

מרכז הלאקסיה שלנו. התמונה בעלת ההפרדה הטובה ביותר שהושגה אי פעם. צולם על-ידי טלסקופ 3.5 מ' NTT המצפה האירופי הדרומי ESO.

עריכה גרפית - יגאל פת-אל

דפוס: טליגרף, טל. 5700163

# מה באגודה

הכנס יתקיים ביום ראשון, 23 באוגוסט, באולם בר שירה באוניברסיטת ת"א. הוצאת החוברת התעכבה עד לקבלת התאריך המדוייק של הכנס ומיקומו. על תוכנית הכנס תישלח לחברים הודעה מיוחדת.

## מה בחוברת

חוברת זו, יצאה במתכונת כפולה. החוברת כוללת את יומן השמיים עד חודש אוקטובר השנה, כולל. יומן השמיים בחוברת זו כולל את האירועים ברבעון השלישי של השנה. המאמר המרכזי בחוברת הינו מאמרו של אמוץ שמי מאוניברסיטת תל-אביב, הדן בכמה היבטים של תורת הקוואנטים. המאמר הינו באדיבות "מחשבות" הוצאת IBM. פינת החובב בחוברת זו תחרוג ממתכונתה הרגילה, ולא תתמקד בקבוצת שמיים כלשהיא כי אם באטלסי שמיים. מאמרו של חיים מזר עוסק בנפיצות של הרי הגעש על המאדים. חברנו שמואל פרלמוטר פותח בסדרת מאמרים שנושאים הוא האפשרות ליצירת מערכות חיים סביב כוכבים אחרים.

## חידוש דמי חבר

על-מנת להקל על החברים, נשלחות לחברים, בצירוף ההודעה בגין חידוש החברות, מעטפה מבוילת. בנושא זה מושקע זמן רב וכסף. אנו מבקשים מהחברים להקדים לשלוח את הספח בצירוף המעטפה מוקדם ככל האפשר.

בישיבת הוועד שקיימה במצפה הכוכבים בגבעתיים ב-29 לחודש אפריל, הוחלט על השתתפות האגודה הישראלית לאסטרונומיה ברכישת טלסקופ חדש, במפתח של 16 אינטש למצפה הכוכבים בגבעתיים, בשיתוף עם עיריית גבעתיים. טלסקופ זה שיוצב במרפסת התצפית, ישפר לאין ערוך את מספר האובייקטים שיהיה ניתן לראות מהמצפה. נסיון של שימוש בטלסקופ 13.1 אינטש בתנאי התאורה הגרועים של גוש דן הראה, שניתן לראות אובייקטים רבים באיכות שהפתיעה גם את הפסימיים ביותר מבינינו. המפתח הגבוה מחפה על זיהום האור ושימוש במסננים מיוחדים משפר שיפור נוסף.

חברים הרוצים להשתמש בטלסקופ למטרת לימודים, עבודות בגרות וכדומה, מוזמנים להתקשר לאגודה או למצפה הכוכבים בגבעתיים.

## סוף שבוע

כבכל שנה, מתוכנן סוף שבוע לחברי האגודה באחד מבתי-ספר שדה בארץ. המועד המשוער הינו בסביבות חודש ספטמבר. על המועד והמיקום תבוא הודעה בחוברת הבאה.

## הכנס השנתי של האגודה

הכנס השנתי של האגודה יתקיים השנה באוניברסיטת תל-אביב, בשיתוף עם היחידה לפעילות נוער של אוניברסיטת תל-אביב.

## **חוגים במצפה**

### **חוג הכרת השמיים**

יתקיים כל יום רביעי בין השעות 08:00 ל-09:30 בערב. במסגרת החוג יערכו תצפיות בטלסקופ, יילמד השימוש במכשירים אסטרונומיים וכן יסודות הצילום האסטרונומי. חברים המעוניינים להצטרף לקורס מוזמנים למצפה.

משך החוגים: 4 חודשים (סמסטר אקדמאי).

המחיר: -300 ש"ח לקורס.

תושבי גבעתיים וחברי אגודה - 200 ש"ח  
חיילים, נוער, סטודנטים וחיילים - 220 ש"ח.  
הרשמה: מדי יום שלישי וראשון בין השעות 08:00 ל-09:00 בערב.

### **סניפי האגודה**

**סניף ירושלים** - רח' הלני המלכה 13, ירושלים  
רכזת הסניף - תמר אוליצקי, 02-662869

**סניף באר שבע** - בית יציב, רח' הרצפלד,  
באר-שבע  
במקום טלסקופים "6", "10 ומשקפות.

**בית גורדון** - קיבוץ דגניה א'

במקום טלסקופ ממוחשב "14.

המעוניינים יפנו בטלפון 06-750040 או  
בכתב.

מכיון שרשימת החברים החייבים בחידוש מונפקת מהמחשב כחודש לפני הוצאת החוברת, קורה לעיתים רחוקות שהחבר מקבל הודעה על סיום תקופת החברות למרות שהוא חידש את חברותו. במקרה זה מתבקשים החברים לשלוח את הספח בצירוף ההערה שהמנוי חודש.

## **אלמנך השמיים**

אלמנך השמיים ג' מצורף לכל חוברת בדומה לחוברות רבות של אגודות אסטרונומיות בחו"ל. לאור פניות רבות של חברים, האלמנך מכיל נתונים 6 חודשים קדימה. כמו כן, ניתנת אינפורמציה רבה במדור מה במערכת השמש לגבי אירועים עד 4 חודשים קדימה.

## **מצפה הכוכבים גבעתיים**

מצפה הכוכבים בגבעתיים ששופץ בחלקו פותח שוב את שעריו לקהל הרחב. המצפה מציג תוכנית משופרת לקהל הרחב שבמרכזו הסברים על השמיים וכן תצפיות בטלסקופ. אנו מקווים, שהרכישה של הטלסקופ במפתח 16 אינטש תאושר ותעיד את המצפה לעידן חדש.

# חדשות

## אסטרונומיה וחלל

### גוף חדש מסוג "חירון"

נראה, של-AD 1992 קוטר של 140 ק"מ, ואלבדו של 0.08 (לשם השוואה, האלבדו של חירון מוערך ב-0.1). בתצפיות שנעשו במצפה הדני בלה סילה, לא נתגלתה כל הילה (COMA) סביב הכוכבון וכן לא נמצאה עדות לאטמוספירה קלושה (כפי שנמצא במקרה של חירון עצמו). כללית, AD 1992 הינו בלתי פעיל. נקודה מעניינת היא, שלאחר גילוי, נבדקו לוחות צילום ישנים, ו-AD 1992 אותר במספר לוחות שהקדום ביותר הוא משנת 1977.

### SS433 חור שחור?

אחד מהאובייקטים המוזרים ביותר אשר העמידו את קהילת המדע על רגליה בשנות ה-70, היה האובייקט SS433 בקבוצת נשר. העצם המוזר, המצוי במרחק של כ-18 אלף שנות אור מאתנו, הינו מערכת של שני גופים, האחד מהם הינו גוף קומפקטי הסובב כוכב ממוצע. המרחק בין שני הכוכבים הינו 1/4 יחידות אסטרונומיות. סביב הכוכב הקומפקטי נוצרה דיסקת ספיחה. עד כאן, מזכיר המבנה אין ספור דוגמאות של מערכות בינאריות שאחד ממרכיביהן הינו כוכב קומפקטי. המיוחד במערכת של SS433 היה סילון הגז שנזרק מהמערכת במהירות הקרובה לרבע ממהירות האור. בשל תנועת הפרסציה של הכוכב הקומפקטי, שמחזוריה היה 163 יום, נראה היה לצופה על כדור הארץ שסילון הגז מתקרב ומתרחק בו זמנית (ההסבר נובע מכך שהצופה רואה הן את שני

הודעה על גוף חדש במערכת השמש, פורסמה ב-23 לינואר השנה. גוף זה התגלה על ידי דייב ל. רבינוביץ' ב-9 לינואר בטלסקופ 91 ס"מ באריזונה. תצפיות מאוחרות יותר אששו את המידע הזה.

הגוף החדש, המסומן כ-AD 1992 הינו בעל המסלול הקיצוני ביותר מכל האסטרואידיים הידועים עד כה. מחצית הציר של מסלולו הינה 20.5 יחידות אסטרונומיות, והאקסנטריות שלו היא 0.58, מביאה אותו לנקודת אפהליון (הנקודה הרחוקה ביותר מהשמש) במרחק של 32.4 יחידות אסטרונומיות! מעבר למסלולו של נפטון, נקודת הפריהליון מצויה במרחק 8.7 יחידות אסטרונומיות. לכוכבון החדש גם נטיה גבוהה יחסית, של 25 מעלות ממישור המלקה. AD 1992 משלים הקפה סביב השמש ב-92.5 שנים. על פי בדיקת האלמנטים של מסלולו, הגיע AD 1992 לפריהליון בשלהי ספטמבר 1991.

נתונים אלו מראים ש-AD 1992 דומה לחירון, שהתגלה ב-1977. שני כוכבונים אלו הינם היחידים הידועים כבעלי מסלול המתמשך מעבר למסלולו של שבתאי. יתכן, ו-AD 1992 לא היה מתגלה, לפחות לא בטווח הקצר, אילולא היה בקירבת הפריהליון, אז עמדה בהירותו על 16.9 בלבד. לכן, סוברים מספר חוקרים, שישנה קבוצה גדולה של אובייקטים מסוג זה באיזור החיצוני של מערכת השמש, שיש קושי לגלותם עקב בהירותם הנמוכה. על ידי מדידות שנעשו במספר מצפים בעולם

לשחררה. הקיטון המיוחל היה אמור להיות בסדר גודל של כ-2 מ"מ. מאחר ונסיון זה לא הצליח, מנסים הטכנאים ב-JPL לנסות לקרר ולחמם את האנטנה בו זמנית, על-מנת לנסות ולשחרר. כפי שנאמר "הכל בגלל מסמר קטן".

### ג'יוטו מבקרת שביט חדש

חלפו כ-6 שנים מאז המפגש המוצלח בין החללית ג'יוטו לבין השביט האלי וכבר מתוכנן לה מפגש עם שביט נוסף. השביט המחזורי גריג סקלארופ 1992 (1992 P/GRIGG - SKJELLERUP). החללית הוחזרה לכושר מבצעי ב-19 בפברואר 1990 והיא מסוגלת לבצע יותר ממחצית המשימות שביצעה בעת המפגש עם האלי. שניים מהמכשירים שכן ניזוקו הם ספקטרומטר המסות וכן המצלמה הרב גונית (HMC). השביט המחזורי הינו בעל מרחק מקסימלי מהשמש של 4.94 יחידות אסטרונומיות ופריהליון של 0.99 יחידות אסטרונומיות. מסלול זה מציב אותו במשפחה של שביטים המצויים סמוך למסלולו של צדק. המפגש יתקיים ב-10 ביולי השנה, שעה 15:25 זמן אוניברסלי, 12 ימים לפני מעבר הפריהליון של השביט. בעת המפגש יהיה השביט 1.01 יחידות אסטרונומיות מהשמש ו-1.43 יחידות אסטרונומיות מכדור הארץ והחללית תחלוף על פניו במהירות של 14 ק"מ לשניה. השביט יראה ממרבית כדור הארץ החל מחודש מאי כאשר יעבור סמוך לקו המשווה השמימי. ברם, בהירותו הצפויה של השביט במקסימום לא תעלה, כנראה על בהירות 13.

### צורתו של מירה

אחד הכוכבים המשתנים המפורסמים ביותר בשמיים הינו מירה (המופלאה) בקבוצת לוייתן. כוכב זה הינו כוכב משתנה ארוך

סילונות הגז משני עברי קוטבי הכוכב, כאשר הסילון האחד מתקרב, הסילון הנגדי מתרחק).

ברם, הנקודה המעניינת ביותר היתה המסה הגבוהה של הכוכב הקומפקטי שהוערכה בערך של 4 מסות שמש. מאחר והגבול העליון לכוכב נייטרונים הינו 3 מסות שמש, לא היה מן הנמנע ואפילו הכרח, שהכוכב הקומפקטי יהיה חור שחור. מאחר ומספר המועמדים מבין המערכות הבינאריות הפעילות בהן עשוי להמצא חור שחור הינו זעום, היתה חשיבות רבה למחקר על SS433.

לאחרונה, שפכו מספר אסטרונומים אירופאיים מים צוננים על SS433 ונכון לעכשיו "צימקו" את החור השחור לממדי כוכב נייטרונים. במאמר שפורסם בגליון ספטמבר 26, 1991 של NATURE פורסם, שהמסית של רכיבי המערכת הבינארית פשוט היו גבוהות בכ-400% מהערכים האמיתיים. בעזרת טלסקופ בקוטר 3.6 מטר בצ'ילה (NTT), נבדקה התנועה המדוייקת של הליום מיונן בדיסקת הספיחה של הכוכב הקומפקטי. על ידי חישוב התנועה של דיסקת הספיחה נמצא, שמסת הכוכב הקומפקטי אינה עולה על 8.0 מסות שמש. מסה נמוכה כזו עשויה להתאים גם לננס לבן, אך בהתחשב בעוצמת התהליכים המתרחשים ב-SS433, סביר להניח שמדובר בכוכב נייטרונים.

### ומה עם גלילאו

ככל שעובר הזמן, כך אוזלים הסיכויים לשחרר את האנטנה התקועה בחללית גלילאו. הנסיון האחרון בוצע בסוף שנה שעברה, ב-13 בדצמבר 1991.

החללית סובבה למצב בו האנטנה התקועה נמצאה בצל למשך 50 שעות. נסיון זה נועד לקרר את האנטנה ועל ידי כך לכווצה ולנסות

הינו זקן מאוד וכשאר כוכבי ההילה הוא נע במהירות רבה יחסית סביב מרכז הגלאקסיה. גילו של הכוכב המצוי כ-200 שנות אור מאתנו עשוי להגיע לכ-15 מיליארד שנים. שני היסודות שנבדקו בכוכב הינם היסודות הקלים בורון ובריליום, אשר אינם נוצרים על ידי היתוך גרעיני במרכז הכוכב, כי אם בתהליכים אלימים אחרים כדוגמת סופר-נובות.

קבוצה של חוקרים שנעזרה במיכשור המצוי על טלסקופ החלל מצאה ששכיחות אטומי הבורון יחסית לאטומי הבריליום הוא 6 ל-1 בעוד שבאופן נורמלי היחס צריך להיות 12 אטומי בורון לאטום בריליום אחד. אטומים אלו, עשויים להיווצר כאשר קרינה קוסמית המורכבת מחלקיקים אנרגטיים, הנוצרים בדרך כלל בתהליכים אלימים כסופר-נובות, מתנגשים ביסודות כבדים כפחמן, חנקן וחמצן וקורעים מהם פרוטונים וניוטרונים. אם יימצא ששכיחות היסודות בכוכב זה הינה אופיינית לכוכבי הילה שגילם כגיל הגלאקסיה, עשוי להראות שסופר-נובות היו אירוע שכיח יותר בעבר מאשר היום. מכיון שסופר-נובה נוצרת כשכוכב מאסיבי מאוד מגיע לקץ חייו, הרי שריבוי סופר-נובות מצביע על קצב יצירת כוכבים מהיר יותר מהקצב הנוכחי.

אם יתברר שה"אשם" ביצירת הבורון והבריליום אינה באותה קרינה קוסמית, הרי אז יש לתלות את האשמה בתהליכים שארעו בעת המפץ הגדול. מאחר והמודלים של המפץ הגדול מנבאים שכיחות שונה של אותם יסודות מכפי שנמצאה בכוכב HD140283 אזי יש לחפש ליקויים במודלים של המפץ הגדול עצמו.

מתוך:

SKY AND TELESCOPE – FEBRUAR 1992

SKY AND TELESCOPE – MARCH 1992

THE MESSENGER, N. 65, SEPTEMBER 1991

THE MESSENGER, N. 67, MARCH 1992

מחזור, שבהירותו נעה מבהירות מקסימלית הקרובה ל-2 עד לבהירות 10. הכוכב הינו כוכב ענק אדום הפועם במחזוריות של כ-330 יום. גודלו של הכוכב ומרחקו הקרוב יחסית (275 שנות אור) מאפשרים לבצע עליו עבודות מדידה מדוייקות יחסית, המיועדות לגלות פרטים כלשהם על פני הכוכב.

מדידות שנעשו בעזרת הטלסקופ 4 מטר בקיט פיק, גילו, שצורתו של הכוכב אינה עגולה כי אם מוארכת (אורך הציר הארוך כ-0.07"). היחס בין הציר הארוך לקצר הוא 1.2:1. עד עתה, טרם ידועה הסיבה שבעטייה הכוכב אינו בעל צורה עגולה. יתכן והסיבה נעוצה במבנה האטמוספירה החיצונית של הכוכב המושפעת מסיבוב הכוכב סביב צירו או מלווה בלתי מזוהה. מאידך, יש לזכור שמירה הינו כוכב ענק בשלבי חייו האחרונים טרם יהפוך לערפילית פלנטרית. מאחר שמרבית הערפיליות הפלנטריות הינן בעלות צורה לא סימטרית, יתכן והבנה ומחקר של כוכבים מטיפוס מירה תגלה טפח חדש בשלבי ההתפתחות הסופיים של כוכבים במסות קטנות.

## עברה של שביל החלב

גלאקסית שביל החלב, בה מצויה מערכת השמש שלנו הינה גלאקסיה לולינית ממוצעת, אשר מידת הפעילות שלה מוגבלת לאיזור קטן במרכזה. ישנן גלאקסיות פעילות רבות שהפעילות מתרחשת גם באיזורים מחוץ לגרעין הגלאקסיה. על העבר של הגלאקסיה שלנו ועל ההיסטוריה שלה ניתן ללמוד מתצפיות על כוכבים זקנים שגילם מתקרב לגיל הגלאקסיה. הרכב הכוכבים ושכיחות היסודות הכימיים עשוי להצביע על תהליכים בעברה של הגלאקסיה. אחד הכוכבים שנבדקו הוא כוכב המצוי בהילת הגלאקסיה ושמו HD140283. כוכב זה

# מה במערכת השמש

מה במערכת השמש  
ברבעון השני ולקראת  
הרבעון השלישי של 1992

נוגה - במהלך חודש אפריל הולך נוגה, שהוא כוכב בוקר ומתקרב אל השמש. במהלך חודש מאי נוגה יהיה קרוב מדי לשמש וגם גודלו הזוויתי יהיה מינימלי בשל היותו בצדו המרוחק של מסלולו. נוגה יתקבץ עם השמש התקבצות עליונה ב-13 ליוני אך יתחיל להיות נוח לתצפית רק בתחילת חודש אוגוסט לאורך כל יתרת שנת 1992. במשך המחצית השנייה של השנה יגדל קוטרו הזוויתי וצורתו תלך ותתמעט. נוגה יראה בקבוצת בתולה החל מסוף חודש אוגוסט.

נוגה יתקבץ התקבצות קרובה לצדק ב-23 באוגוסט, בשעה 6 לפנות בוקר (שעון קיץ) ויעבור 17' בלבד צפונית לצדק. נוגה הוא הבהיר יותר. ההתקבצות תהיה במרחק 19 מעלות מהשמש ולפיכך די קשה אך עדיין אפשרית לתצפית.

**מאדים** - מאדים מתחיל את הרבעון השני של השנה ככוכב בוקר, אך הוא הולך ומתרחק מהשמש בהדרגה מערבה תוך כדי עליה בבהירותו. לקראת מחצית השנה, זורח מאדים 4 שעות לאחר הזריחה ובסביבות אוגוסט-ספטמבר מאדים כבר נוח לתצפית במשך כמחצית הלילה. קוטרו הזוויתי של מאדים הולך וגדל מ-4.8" בלבד באפריל עד ל-14" בסוף השנה. כמו כן, הולך הכוכב ומתמעט ובהגדלות גבוהות (X100 ומעלה), ניתן לראות שמאדים חסר בשפה המערבית. מאדים יגיע לפאזה של 0.87 מהחלק המואר בסוף אוקטובר.

מאדים מגיע לפירהליון ב-17 למאי בשעה 17:00 לפי שעון ישראל.

**צדק** - צדק שוהה בקבוצת אריה והוא נראה בשעות הערב המוקדמות במשך כל הרבעון

ב-15 ביוני יתרחש ליקוי צל חלקי של הירח. הליקוי לא יראה בארץ משום שיתרחש לאחר שקיעת הירח. שבועיים מאוחר יותר, יגיע כדור הארץ לאפהליון, ב-3 ליולי השנה. בעוד שהרבעון הראשון אופיין על ידי כוכב לכת אחד - צדק - ששלט בשמי הערב והיווה מטרה מצויינת לבעלי טלסקופים בכל גודל, הרי שלקראת הרבעון השני, ניתן לצפות במרבית כוכבי הלכת הנראים בתחילה ככוכבי בוקר ומאוחר יותר בשעות הערב.

**כוכב חמה** - כוכב חמה מתקבץ התקבצות עליונה עם השמש ב-31 למאי השנה, ולאחר מכן הוא יראה ככוכב ערב עד לאלונגציה מזרחית מקסימלית של 26 מעלות מהשמש ב-6 ליולי. במשך התקופה, יגיע כוכב חמה לבהירות מקסימלית של 2.3- עם ההתקבצות ולאחר מכן תלך הבהירות ותרד, אך תישאר גבוהה יחסית במשך כל חודש יוני. ב-19 ליולי כוכב חמה יעמוד, אך אז בהירותו תקטן במהירות ותוך מספר ימים יעלם בדמדומי הערב. ב-2 לאוגוסט יתקבץ כוכב חמה עם השמש. כוכב חמה יראה ככוכב בוקר החל ממחצית חודש אוגוסט ועד מחצית חודש ספטמבר.

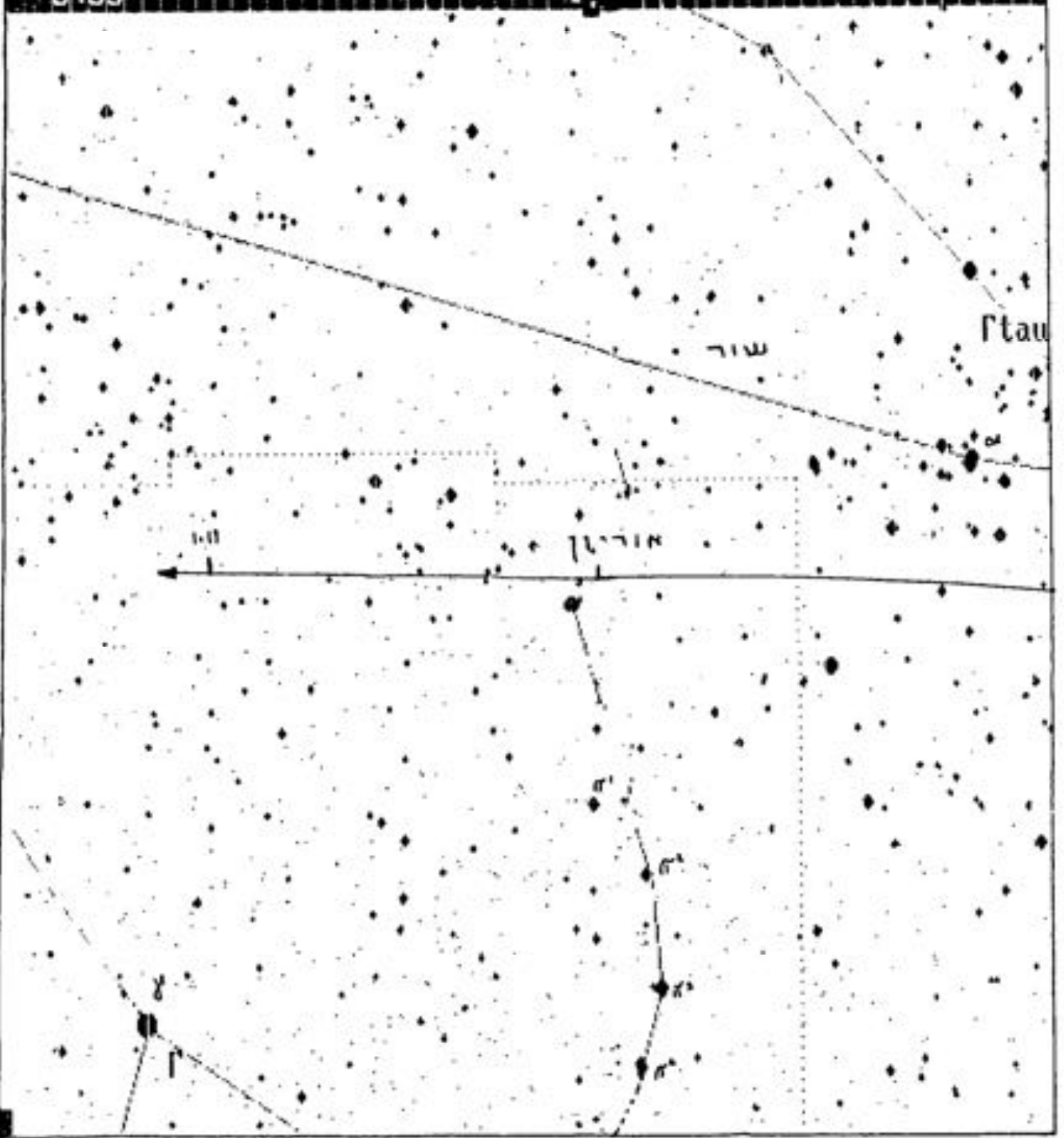
כוכב חמה ונוגה עוברים סדרת התקבצויות המתחילה ב-5 לאפריל. ההתקבצות השנייה מתרחשת ב-23 למאי והשלישית ב-25 ליולי. כל ההתקבצויות קרובות מדי לשמש ולא ניתנות לתצפית.



5:33

4

4



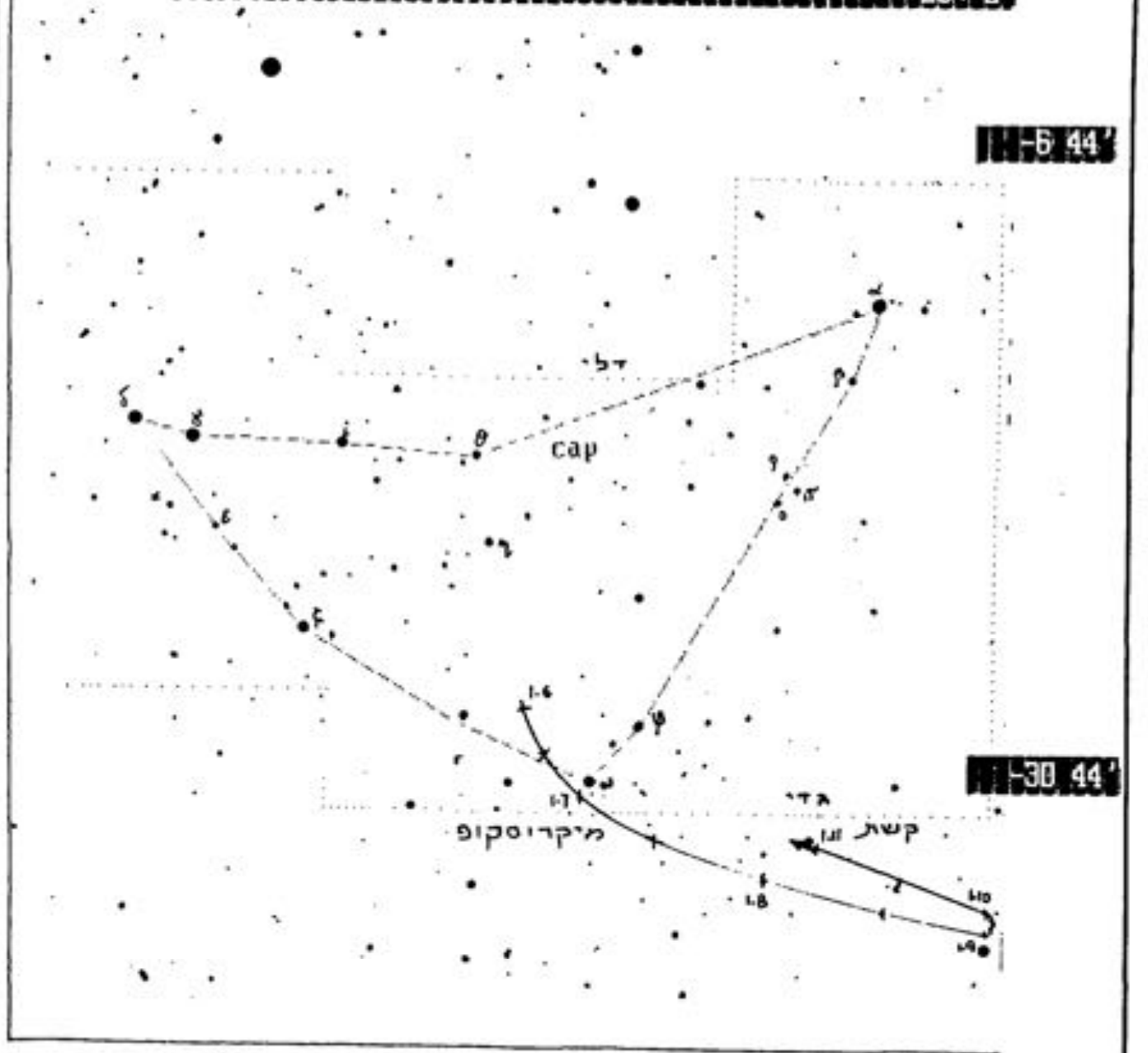
יוני מפה מזרחית

22: 2

21: 2

20: 2

-5 44'



-30 44'

קריס בקבוצות גדי  
 מוכבים עד בהירות 8  
 החל מ-1.6.92. מרווחים כל 15 יום

במפתחים הגדולים מ-8". פלוטו מצוי על הגבול בין קבוצות בתולה ונושא נחש.

### אסטרואידיים

האסטרואידי קיס יראה בקבוצת גדי במשך החודשים מאי-יולי. בתקופה זו תלך בהירותו ותגדל מבהירות 8.8 בתחילת מאי, עד לבהירות 7.5 בשלהי יולי ואז תרד שוב באופן חד. למרות זאת, ניתן לראות את האסטרואידי במפתחים החל מ-60 מ"מ ובשיא הבהירות גם במשקפת קטנה.

פלוטו מצוי גבוה מעל מישור המילקה והוא נע בקבוצת הרקולס בחודש מאי עד ספטמבר. בהירותו עולה במעט בחודש מאי, מבהירות 9.6 ל-9.4 אך יורדת שוב עד בהירות 10 באוגוסט. פלוטו הוא האסטרואידי החיור ביותר בין ארבעת האסטרואידיים הבהירים.

יונו מצוי קרוב לפלוטו בחודש מאי, עת בהירותו הינה 9.9 והוא נע לקראת קבוצת שור בחודשים יוני עד ספטמבר. בהירותו של יונו עולה עד בהירות 7.8 בסוף השנה.

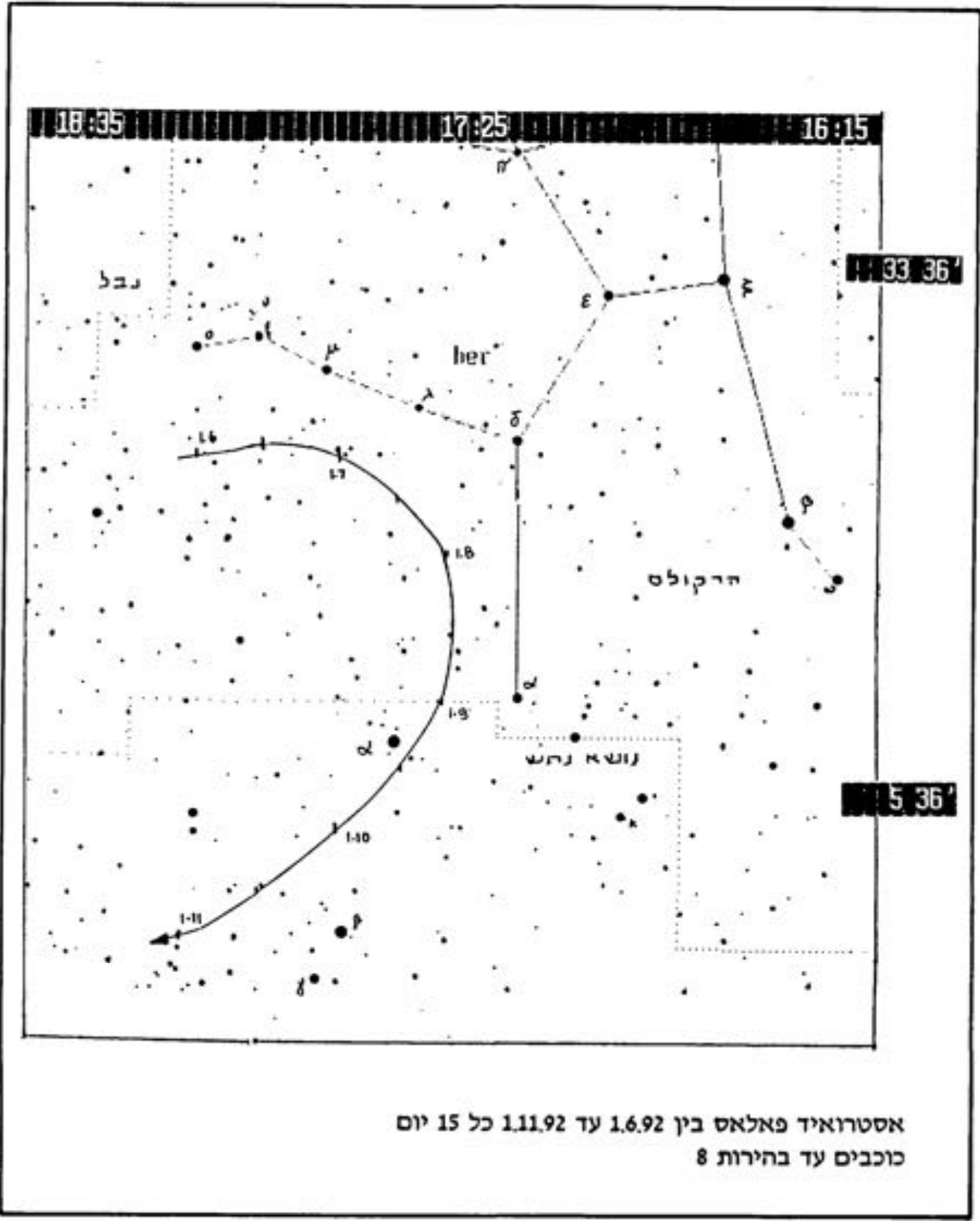
וויסטה ממשיך את מסעו מקבוצת אריה בחודש מאי עת בהירותו ירדה ל-6.9 (מבהירות 6.2 בחודש מרץ, על גבול הראיה בעין לא מצויידת), ולאחר מכן הוא נע בקבוצת בתולה עד חודש יולי. כל התקופה בהירותו עומדת על 7.8, עדיין, האסטרואידי הבהיר ביותר.

השני של השנה. לקראת חודש אוגוסט, מתקרב צדק לשמש והוא נבלע בדמדומי הערב מיד עם השקעה. גם בהירותו הולכת ופוחתת במשך התקופה. צדק יתקבץ עם השמש ב-17 בספטמבר.

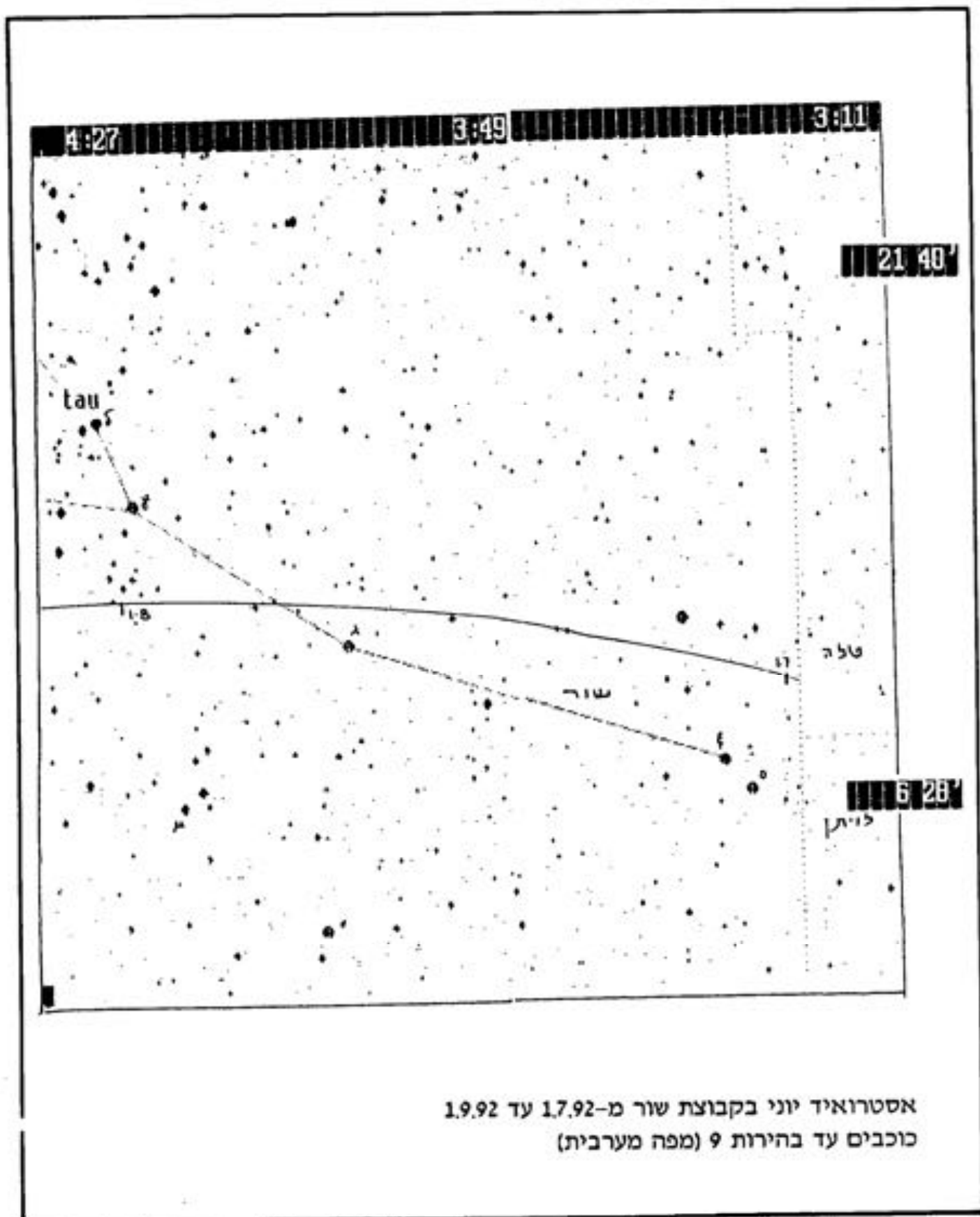
שבתאי - כוכב בוקר נוח לתצפית החל מחודש אפריל. לקראת חודש אוגוסט ניתן לראות את שבתאי גם בשעות הערב המאוחרות. בחודש אוגוסט מגיעה בהירותו למקסימום - 0.2, כאשר מגיע שבתאי לניגוד ב-7 לאוגוסט ולאחר מכן מתחילה לרדת עד לסוף השנה. למבקשים לצפות בירחי שבתאי, מצויינת מיקום הירחים של שבתאי ליום בניגוד ב-7 לאוגוסט השנה. כל התקופה מצוי שבתאי בקבוצת גדי. יש לשים לב לאסטרואידי קיס המצוי בסביבה.

אורנוס ונפטון - אורנוס ונפטון מצויים בקבוצת קשת והם זורחים לפנות בוקר לקראת חודש אפריל. שני כוכבי הלכת נעים במקביל והם נייחים באפריל (אורנוס ב-22 לאפריל ונפטון ב-20 לאפריל). ברבעון השני של השנה הם נראים רוב שעות הלילה כאשר הם מגיעים לניגוד ביולי (אורנוס ב-7 ליולי ונפטון ב-9 ליולי). אורנוס נראה במשקפת שדה קטנה ונפטון יראה במשקפת שדה גדולה או טלסקופ קטן.

פלוטו - "נוח" לתצפית ככוכב ערב ברבעון השני של השנה. ברבעון השלישי של השנה מתקרב פלוטו לשמש. פלוטו ניתן לתצפית רק



אסטרואיד פאלאס בין 1.692 עד 1.11.92 כל 15 יום  
 כוכבים עד בהירות 8



אסטרואיד יוני בקבוצת שור מ-17.92 עד 19.92  
 כוכבים עד בהירות 9 (מפה מערבית)

# מגיד הרקיע

יוני

שמש

| יום עלייה<br>לזמן 0 | נטיה<br>אפימריס | שעת כוכב<br>ET | תחילת זריחה<br>דמדומים | צהירה גבה<br>זמן מקומי | שקיעה<br>-- דמדומים | סוף   |
|---------------------|-----------------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|-------|
| 4:36.7 1            | 22°04'          | 2 16:38:54     | 2:57                   | 11:38                  | 13:41               | 20:19 |
| 5:30.3 14           | 23°16'          | 0 17:30:09     | 2:53                   | 11:40                  | 18:47               | 20:27 |
| 6:28.5 28           | 23°17'          | -3 18:25:21    | 2:56                   | 11:43                  | 13:50               | 20:30 |
| 6:36.8 30           | 23°10'          | -4 18:33:14    | 2:57                   | 11:44                  | 13:50               | 20:30 |

שמש - מפרטים פיסיקאליים

| יום מרחק קוטר<br>מארץ ' מע' בשעה 0 מקומית | מרכז-הדיסק<br>אורך רוחב | נטיה<br>הציר | יום מרחק קוטר<br>מארץ ' מע' בשעה 0 מקומית | מרכז-הדיסק<br>אורך רוחב | נטיה<br>הציר |
|---|-------------------------|--------------|---|-------------------------|--------------|
| 31.6 1.014 1                              | 208.8                   | -0.6         | 31.5 1.017 28                             | 211.6                   | 2.6          |
| 31.5 1.016 14                             | 36.9                    | .9           | 31.5 1.017 30                             | 185.2                   | 2.8          |

ירח

| יום עלייה<br>לשעה 0 | נטיה<br>אפימריס | < ליברציה ><br>אורך רוחב | גיל<br>בימים | קוטר<br>' | חלק<br>מואר | זריחה שקיעה<br>זמן מקומי |
|---------------------|-----------------|--------------------------|--------------|-----------|-------------|--------------------------|
| 4:26.0 1            | 23°42'          | -4.5                     | 29.3         | 32.2      | .00         | 4:30 19:13               |
| 7:32.8 4            | 19°48'          | -0.9                     | 2.8          | 32.7      | .11         | 7:47 21:50               |
| 10:20.6 7           | 5°14'           | 2.8                      | 5.2          | 32.3      | .40         | 11:09 23:41              |
| 13:46.1 11          | -15°52'         | 5.5                      | 9.3          | 31.3      | .82         | 15:23 1:21               |
| 16:29.1 14          | -23°45'         | 4.9                      | 12.8         | 30.5      | .98         | 18:19 3:38               |
| 17:24.2 15          | -24°00'         | 4.3                      | 13.2         | 30.2      | 1.00        | 19:10 4:30               |
| 19:10.1 17          | -21°01'         | 2.4                      | 15.8         | 29.8      | .97         | 20:34 6:22               |
| 22:16.5 21          | -5°39'          | -2.8                     | 19.8         | 29.5      | .72         | 22:37 10:01              |
| 1:16.8 25           | 13°24'          | -6.5                     | 23.3         | 30.6      | .34         | ..... 13:45              |
| 4:00.7 28           | 23°09'          | -6.1                     | 26.3         | 32.0      | .08         | 2:15 16:55               |

כוכבי-לכת

| שם<br>יום לשעה 0 | נטיה<br>אפימריס | מרחק<br>מארץ | קבוצה ריחוק<br>נויחי | קוטר<br>' | חלק<br>מואר | גודל | זריחה שקיעה<br>זמן מקומי |
|------------------|-----------------|--------------|----------------------|-----------|-------------|------|--------------------------|
| 4:38.0 1 כח      | 22°47'          | 1.321        | TAU                  | 5.1       | 1.00        | -1.9 | 4:35 18:43               |
| 5:34.5 7         | 24°49'          | 1.289        | TAU                  | 5.2       | .95         | -1.4 | 5:02 19:22               |
| 6:36.9 14        | 25°10'          | 1.201        | GEM                  | 5.6       | .82         | -.7  | 5:35 19:53               |
| 7:30.8 21        | 23°41'          | 1.037        | GEM                  | 6.1       | .68         | -.1  | 6:06 20:20               |
| 8:14.3 28        | 21°05'          | .967         | CAN                  | 6.9       | .55         | .3   | 6:30 20:28               |

| שם יום | על"ש    | נטיה    | מרחק   | קבוצה | ריחוק | קוטר | חלק  | גודל | נריחה | שקיטה |
|--------|---------|---------|--------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
| שם     | לשעה 0  | אפימריס | מארץ   | זויחי | זויחי | "    | מואר | זמן  | מקומי | שקיטה |
| 18:22  | 4:22.2  | 21°11'  | 1.731  | TAU   | 3°    | 9.7  | 1.00 | -3.5 | 4:24  | 18:22 |
| 18:34  | 4:53.5  | 22°27'  | 1.734  | TAU   | 2°    | 9.7  | 1.00 | -3.5 | 4:28  | 18:34 |
| 18:46  | 5:30.7  | 23°26'  | 1.736  | TAU   | 0°    | 9.7  | 1.00 | -3.5 | 4:35  | 18:46 |
| 18:58  | 6:03.2  | 23°52'  | 1.734  | GEM   | -2°   | 9.7  | 1.00 | -3.5 | 4:43  | 18:58 |
| 19:07  | 6:45.8  | 23°43'  | 1.729  | GEM   | -4°   | 9.7  | 1.00 | -3.5 | 4:54  | 19:07 |
| 14:35  | 1:15.2  | 6°33'   | 1.776  | PSC   | 51°   | 5.3  | .91  | 1.2  | 1:57  | 14:35 |
| 14:30  | 1:51.5  | 10°09'  | 1.721  | ARI   | 54°   | 5.4  | .90  | 1.1  | 1:33  | 14:30 |
| 14:23  | 2:30.8  | 13°39'  | 1.660  | ARI   | 57°   | 5.6  | .90  | 1.1  | 1:08  | 14:23 |
| 0:03   | 10:33.2 | 10°24'  | 5.408  | LEO   | -85°  | 36.4 | .99  | -1.6 | 11:05 | 0:03  |
| 23:16  | 10:38.2 | 9°52'   | 5.609  | VIR   | -74°  | 35.1 | .99  | -1.5 | 10:20 | 23:16 |
| 22:26  | 10:45.2 | 9°08'   | 5.814  | VIR   | -63°  | 33.9 | .99  | -1.4 | 9:34  | 22:26 |
| 9:47   | 21:24.7 | -16°07' | 9.480  | CAP   | 112°  | 17.6 | 1.00 | .9   | 23:05 | 9:47  |
| 8:55   | 21:23.9 | -16°13' | 9.290  | CAP   | 125°  | 17.9 | 1.00 | .8   | 22:13 | 8:55  |
| 7:57   | 21:22.0 | -16°25' | 9.116  | CAP   | 139°  | 18.3 | 1.00 | .7   | 21:16 | 7:57  |
| 7:19   | 19:15.6 | -22°44' | 18.714 | SGR   | 143°  | 3.7  | 1.00 | 6.0  | 21:14 | 7:19  |
| 6:26   | 19:13.8 | -22°47' | 18.605 | SGR   | 156°  | 3.7  | 1.00 | 6.0  | 20:22 | 6:26  |
| 5:28   | 19:11.5 | -22°51' | 18.538 | SGR   | 170°  | 3.7  | 1.00 | 5.9  | 19:24 | 5:28  |
| 6:35   | 19:18.6 | -21°27' | 29.270 | SGR   | 155°  | 2.5  | 1.00 | 7.7  | 20:22 | 6:35  |
| 3:33   | 15:28.4 | -3°16'  | 28.982 | LIB   | -144° | .7   | 1.00 | 15.0 | 15:44 | 3:33  |

איור המיאהר המרכזי של צדה בשעה 21

מטרכת I

|       |     |       |     |       |     |       |     |       |    |
|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|----|
| 159.6 | -25 | 292.6 | -19 | 67.4  | -13 | 201.1 | -7  | 334.8 | -1 |
| 316.5 | -26 | 91.2  | -20 | 225.1 | -14 | 358.8 | -8  | 132.5 | -2 |
| 115.0 | -27 | 248.9 | -21 | 22.8  | -15 | 156.5 | -9  | 289.2 | -3 |
| 272.7 | -28 | 46.6  | -22 | 180.5 | -16 | 313.3 | -10 | 87.9  | -4 |
| 70.4  | -29 | 204.3 | -23 | 337.2 | -17 | 111.9 | -11 | 245.7 | -5 |
| 228.0 | -30 | 1.1   | -24 | 135.8 | -18 | 269.7 | -12 | 43.4  | -6 |

מטרכת II

|       |     |       |     |       |     |       |     |       |    |
|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|----|
| 205.9 | -25 | 24.7  | -19 | 205.2 | -13 | 24.7  | -7  | 204.1 | -1 |
| 355.1 | -26 | 175.6 | -20 | 355.2 | -14 | 174.8 | -8  | 354.2 | -2 |
| 146.0 | -27 | 325.7 | -21 | 145.3 | -15 | 324.9 | -9  | 143.3 | -3 |
| 296.1 | -28 | 115.8 | -22 | 295.4 | -16 | 114.0 | -10 | 294.4 | -4 |
| 86.1  | -29 | 265.8 | -23 | 84.5  | -17 | 265.0 | -11 | 84.5  | -5 |
| 236.2 | -30 | 55.0  | -24 | 235.5 | -18 | 55.1  | -12 | 234.6 | -6 |

מצורות ירחי צדה בשעה 21

|   |   |       |    |     |    |    |       |   |   |   |
|---|---|-------|----|-----|----|----|-------|---|---|---|
|   | 2 | * 1   | 3  | 4   | 10 | 4  | * 13  | 2 | 1 |   |
|   | 1 | * 2   | 3  | 4   | 11 | 4  | 1 *   | 3 | 2 |   |
|   | 3 | * 4   | 12 |     | 12 | 24 | * 1   | 3 | 3 |   |
|   | 3 | = 2 * |    |     | 13 | 1  | * =   |   | 4 |   |
|   | 4 | 3     | 2  | * 1 | 14 | 3  | * 124 |   | 5 |   |
| 4 |   | 1 *   | 2  |     | 15 | 3  | 21 *  | 4 | 6 |   |
| 4 |   | * 2   | 3  |     | 16 | 3  | 2 * 1 | 4 | 7 |   |
| 4 | 2 | * 1   | 3  |     | 17 |    | * 3   | 2 | 8 |   |
| 4 |   | 1 *   | 3  |     | 18 |    | 1 * 2 | 3 | 4 | 9 |

|   |     |     |   |   |    |
|---|-----|-----|---|---|----|
|   | 12* | 3   |   | 4 | 25 |
|   | 3 * | 1   | 2 | 4 | 26 |
| 3 | 1   | 2*  |   |   | 27 |
| 3 | 2   | *   | 1 | 4 | 28 |
|   | =   | *42 |   |   | 29 |
| 4 | *   | 1   | = |   | 30 |

|   |    |     |   |   |    |    |    |
|---|----|-----|---|---|----|----|----|
| 4 | 3  | *   | 1 | 2 | 19 |    |    |
| 3 | =2 | *   |   |   | 20 |    |    |
| 3 | 2  | *   | 4 | 1 | 21 |    |    |
|   |    | 13* | 2 | 4 | 22 |    |    |
|   |    | *   | 1 | 2 | 3  | 4  | 23 |
| 2 | *  |     |   | 3 | 4  | 24 |    |

טבעות שבחאי ב 14 לחודש

נטית מישור הטבעות 14.9°  
 הקוטר החיצון של ציר הטבעות הארוך 40.4"  
 הקוטר החיצון של ציר הטבעות הקצר 10.4"

תצורות ירחי שבחאי בשעה 23

|   |   |    |    |    |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 6 | 5 | 3  | -* | 4  | 16 |    |    |
| 6 |   | 4  | -* | 53 | 17 |    |    |
|   | 6 |    | 3  | -* | 4  | 5  | 18 |
|   | 6 |    | 4  | -* | 3  | 19 |    |
|   | 5 |    | =  | 6* | 20 |    |    |
|   |   | 5  | -* | 3  | 4  | 6  | 21 |
|   |   | 4  | -* |    | 5  | 6  | 22 |
|   |   |    | -* | 4  | 5  | 6  | 23 |
|   |   | 5  | -* | 34 | 6  | 24 |    |
|   |   | 54 | 3* |    | 6  | 25 |    |
|   |   |    | -* | =  | 4  | 6  | 26 |
|   |   |    | 3  | -* |    | 27 |    |
|   |   | 4  | -* |    | 3  | 28 |    |
|   |   | 56 | 3  | -* |    | 4  | 29 |
| 6 |   |    | =  | -* |    | 3  | 30 |

|   |   |     |    |    |   |    |    |
|---|---|-----|----|----|---|----|----|
| 6 |   | 3   | 5* | -  | 1 |    |    |
| 6 | 5 |     | -* | 34 | 2 |    |    |
| 6 | 4 | 35* | -  | 3  |   |    |    |
|   |   | 6*  | 34 | 5  | 4 |    |    |
|   |   |     | 3* | 4  | 5 | 6  | 5  |
|   |   |     | =  | -* |   | 6  | 6  |
|   | 5 |     | -* | 3  | 4 | 6  | 7  |
|   |   |     | =  | 4  | 5 | 6  | 8  |
|   |   | 4   | -* | 3  | 5 | 6  | 9  |
|   |   | 3   | -* |    | 4 | 6  | 10 |
|   | 5 | 4   | -* |    | 3 | 6  | 11 |
|   |   |     | 35 | -* | 6 | 12 |    |
|   |   | 6   | -* |    | = | 5  | 13 |
|   | 6 |     | 43 | -* |   | 5  | 14 |
| 6 |   | 5   | -* |    | = | 15 |    |

מועדי משתנים קצרים

|                      |                      |    |
|----------------------|----------------------|----|
| <u>ביחא (בל) (M)</u> | 9:45 -               | 21 |
| 18:50 -              | 18:33 -              | 26 |
| 17:16 -              |                      | 22 |
| <u>אמא (שר) (X)</u>  | <u>למבדא שור (M)</u> |    |
| 17:09 -              | 20:12 -              | 4  |
| 21:23 -              | 19:04 -              | 8  |
| 1:37 -               | 17:56 -              | 12 |
| 5:52 -               | 16:49 -              | 16 |
|                      | 15:41 -              | 20 |
|                      | 14:33 -              | 24 |
|                      | 13:25 -              | 28 |

|                        |                  |    |
|------------------------|------------------|----|
| 17:41 -                | 30               |    |
| <u>זיתא תאומים (X)</u> | <u>אלגול (M)</u> |    |
| 14:55 -                | 1:32 -           | 2  |
| 18:32 -                | 22:21 -          | 4  |
| 22:09 -                | 19:10 -          | 7  |
|                        | 15:59 -          | 10 |
|                        | 12:48 -          | 13 |
|                        | 9:37 -           | 16 |
| <u>דלחא קפאוס (X)</u>  | 6:26 -           | 19 |
| 7:23 -                 | 3:14 -           | 22 |
| 16:10 -                | 0:03 -           | 25 |
| 0:58 -                 | 20:52 -          | 27 |

מאורעות החודש (יום שעה מופע)

|                             |    |    |                         |   |
|-----------------------------|----|----|-------------------------|---|
| נוגה 5° צפונית לאלדבארן     | 15 | 3  | המשתנה הארוך ט טלה      | 1 |
| הירח בפריגאון               |    | 4  | במקסימום                |   |
| צדק 7° צפונית לירח          | 9  | 7  | נוגה 2° דרומית לירח     | 0 |
| אמא 22:48 רבע ראשון של הירח | 22 | 7  | * 5:58 מולד הירח        | 5 |
| המשתנה הארוך R נחש          |    | 11 | כוכב-חמה 9° דרומית לירח | 7 |
| במקסימום                    |    |    | המשתנה הארוך L2 ירתי    | 3 |
|                             |    |    | ספינה במקסימום          |   |



|   |    |    |                                |    |    |
|---|----|----|--------------------------------|----|----|
| תחילת הקיץ השמש בחוג  | 5  | 21 | נוגה בהתקבצות עליונה           | 19 | 13 |
| הסרטון-היום הארוך ביותר בשנה                                    |    |    | שיא מטר המטיאורים              |    | 14 |
| כוכב-חמה 5° דרומית לפולוקס                                      | 4  | 23 | סקורפיוס-סגיטרידים. גיל        |    |    |
| * 10:13 רבע אחרון של הירח                                       | 10 | 23 | הירח 12.8 ימים וחלקו המואר .98 |    |    |
| מאדים 6° דרומית לירח  | 10 | 26 | * 6:51 ירח מלא                 | 6  | 15 |
| המשתנה הארוך ז קנטאור במקסימום                                  |    | 30 | ליקוי ירח חלקי. בגודל של .67   | 7  | 15 |
| * 14:19 מולד הירח   | 14 | 30 | תחילת הליקוי 5:30.             |    |    |
| ליקוי חמה מרכזי מלא בחצי הכדור הדרומי. מועד הליקוי המירבי 14:08 | 14 | 30 | מועד הליקוי המירבי 6:59.       |    |    |
| נוגה 2° צפונית לירח   | 23 | 30 | סוף הליקוי 8:28.               |    |    |
|   |    |    | אורנוס 2° דרומית לירח          | 4  | 17 |
|   |    |    | נפטון 9° דרומית לירח           | 6  | 17 |
|   |    |    | שבתאי 5° דרומית לירח           | 21 | 19 |
|   |    |    | הירח באפוגיאון                 |    | 20 |

### יולי

#### שמש

| יום על"יש לזמן 0 | אפימריס | נטיה     | שעת כוכב זק' גריניץ | ET   | תחילת זריחה דמדומים | צהירה גבה -- זמן מקומי | שקיעה סוף דמדומים |
|------------------|---------|----------|---------------------|------|---------------------|------------------------|-------------------|
| 6:41.0           | 23°06'  | 18:37:10 | -4                  | 2:58 | 4:38                | 11:44                  | 18:50             |
| 7:34.2           | 21°40'  | 19:28:26 | -6                  | 3:07 | 4:44                | 11:46                  | 18:43             |
| 8:30.1           | 18°58'  | 20:23:37 | -6                  | 3:19 | 4:53                | 11:47                  | 18:40             |

#### שמש - מפרטים פיסיקאליים

| יום מרחק קוטר מארץ | יום מרחק קוטר מארץ | מרכז-הדיסק נזית | מרכז-הדיסק נזית | יום מרחק קוטר מארץ | יום מרחק קוטר מארץ |
|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| 1.017              | 31.5               | 171.9           | 2.9             | 1.015              | 31.6               |
| 1.017              | 31.5               | 359.9           | 4.3             | 1.015              | 31.6               |

#### ירח

| יום על"יש לשעה 0 | אפימריס | נטיה | < ליברציה > אורך רוחב | גיל בימים | קוטר | חלק מואר | זריחה שקיעה זמן מקומי |
|------------------|---------|------|-----------------------|-----------|------|----------|-----------------------|
| 7:09.4           | 21°04'  | -2.3 | 1.8                   | .5        | 33.1 | .00      | 5:27                  |
| 10:05.0          | 6°54'   | 2.8  | 5.9                   | 3.5       | 32.9 | .17      | 8:58                  |
| 12:42.2          | -10°07' | 6.2  | 6.6                   | 6.5       | 31.8 | .49      | 12:14                 |
| 16:15.4          | -23°30' | 6.0  | 2.8                   | 10.5      | 30.4 | .87      | 16:14                 |
| 18:56.0          | -21°41' | 3.3  | -1.5                  | 13.5      | 29.7 | .99      | 18:33                 |
| 21:19.9          | -11°29' | -0.5 | -5.1                  | 16.5      | 29.4 | .96      | 20:12                 |
| 0:15.5           | 7°20'   | -5.4 | -6.7                  | 20.5      | 29.9 | .69      | 22:07                 |
| 3:37.4           | 22°20'  | -7.2 | -3.6                  | 24.5      | 31.5 | .29      | .....                 |
| 6:41.7           | 22°15'  | -4.5 | 1.1                   | 27.5      | 32.9 | .05      | 3:03                  |

כוכבי-לכת

| שם יום לשעה 0 | נטיה אפימריס | מרחק מארץ | קבוצה ריחוק זויחי | קוטר " | חלק מואר | גודל זריחה שקיעה זמן מקומי | שם יום לשעה 0 | נטיה אפימריס | מרחק מארץ | קבוצה ריחוק זויחי | קוטר " | חלק מואר | גודל זריחה שקיעה זמן מקומי |
|---------------|--------------|-----------|-------------------|--------|----------|----------------------------|---------------|--------------|-----------|-------------------|--------|----------|----------------------------|
| כח 1          | 8:29.6       | 19°47'    | .917              | CAN    | -25°     | 7.3                        | .50           | .5           | 6:38      | 20:27             |        |          |                            |
| 7             | 8:54.3       | 17°07'    | .821              | CAN    | -26°     | 8.1                        | .40           | .8           | 6:46      | 20:21             |        |          |                            |
| 14            | 9:11.7       | 14°15'    | .720              | CAN    | -24°     | 9.3                        | .28           | 1.1          | 6:44      | 20:03             |        |          |                            |
| 21            | 9:15.2       | 12°16'    | .640              | CAN    | -19°     | 10.4                       | .16           | 1.6          | 6:25      | 19:33             |        |          |                            |
| 28            | 9:04.0       | 11°50'    | .594              | CAN    | -11°     | 11.2                       | .05           | 2.4          | 5:48      | 18:53             |        |          |                            |
| נג 1          | 7:01.9       | 23°29'    | 1.727             | GEM    | -5°      | 9.7                        | 1.00          | -3.4         | 4:59      | 19:11             |        |          |                            |
| 7             | 7:33.8       | 22°41'    | 1.719             | GEM    | -6°      | 9.8                        | .99           | -3.4         | 5:09      | 19:17             |        |          |                            |
| 14            | 8:10.4       | 21°16'    | 1.708             | CAN    | -8°      | 9.8                        | .99           | -3.4         | 5:23      | 19:21             |        |          |                            |
| 21            | 8:46.2       | 19°21'    | 1.694             | CAN    | -10°     | 9.9                        | .98           | -3.4         | 5:37      | 19:24             |        |          |                            |
| 28            | 9:21.1       | 16°59'    | 1.678             | LEO    | -12°     | 10.0                       | .98           | -3.4         | 5:51      | 19:24             |        |          |                            |
| מא 1          | 2:39.3       | 14°21'    | 1.647             | ARI    | 58°      | 5.7                        | .89           | 1.1          | 1:03      | 14:22             |        |          |                            |
| 14            | 3:16.0       | 17°05'    | 1.587             | ARI    | 61°      | 5.9                        | .89           | 1.0          | 0:40      | 14:15             |        |          |                            |
| 28            | 3:55.4       | 19°30'    | 1.520             | TAU    | 64°      | 6.2                        | .88           | 1.0          | 0:18      | 14:06             |        |          |                            |
| צד 1          | 10:46.9      | 8°58'     | 5.856             | VIR    | -60°     | 33.6                       | .99           | -1.4         | 9:24      | 22:15             |        |          |                            |
| 14            | 10:54.7      | 8°09'     | 6.024             | VIR    | -50°     | 32.7                       | .99           | -1.4         | 8:43      | 21:30             |        |          |                            |
| 28            | 11:04.1      | 7°09'     | 6.178             | VIR    | -39°     | 31.9                       | 1.00          | -1.3         | 8:00      | 20:41             |        |          |                            |
| שב 1          | 21:21.4      | -16°28'   | 9.084             | CAP    | 142°     | 18.3                       | 1.00          | .7           | 21:04     | 7:45              |        |          |                            |
| 14            | 21:18.5      | -16°43'   | 8.970             | CAP    | 155°     | 18.6                       | 1.00          | .6           | 20:11     | 6:50              |        |          |                            |
| 28            | 21:14.7      | -17°02'   | 8.898             | CAP    | 169°     | 18.7                       | 1.00          | .5           | 19:12     | 5:50              |        |          |                            |
| אר 1          | 19:11.0      | -22°52'   | 18.531            | SGR    | 173°     | 3.7                        | 1.00          | 5.9          | 19:12     | 5:16              |        |          |                            |
| 14            | 19:08.7      | -22°56'   | 18.532            | SGR    | -174°    | 3.7                        | 1.00          | 5.9          | 18:19     | 4:22              |        |          |                            |
| 28            | 19:06.4      | -23°00'   | 18.587            | SGR    | -160°    | 3.7                        | 1.00          | 6.0          | 17:21     | 3:24              |        |          |                            |
| נפ 14         | 19:15.3      | -21°33'   | 29.178            | SGR    | -176°    | 2.5                        | 1.00          | 7.7          | 18:21     | 4:33              |        |          |                            |
| פל 14         | 15:26.4      | -3°21'    | 29.335            | LIB    | -117°    | .7                         | 1.00          | 15.0         | 13:44     | 1:32              |        |          |                            |

צדק קרוב מדי לשמש עבור חצפית

טבעות שבתאי ב 14 לחודש

נטיה מישור הטבעות 15.6°  
 הקוטר ההיצון של ציר הטבעות הארוך 41.9"  
 הקוטר ההיצון של ציר הטבעות הקצר 11.2"

תצורות ירחי שבתאי בשעה 21

|    |   |            |   |    |
|----|---|------------|---|----|
| 14 | 6 | 34-*       | 5 | 1  |
| 15 | 6 | -*- 3=     |   | 2  |
| 16 | 6 | 4= -*-     |   | 3  |
| 17 | 6 | 5 -*-4 3   |   | 4  |
| 18 | 6 | 6 3 -*-5 4 |   | 5  |
| 19 | 6 | 4 6*- 3 5  |   | 6  |
| 20 | 6 | 3- *-5 4 6 |   | 7  |
| 21 | 6 | 5 -*-3     | 6 | 8  |
| 22 | 6 | = 3*-      | 6 | 9  |
| 23 | 6 | -*- =      | 6 | 10 |
| 24 | 6 | 4- *- 5    | 6 | 11 |
| 25 | 6 | 5 =*-      | 6 | 12 |
| 26 | 6 | 5 -*-3 4 6 | 6 | 13 |

54\*3  
56 43\*-\*

30  
31

5 -\*-4 6 27  
4 -\*- 5 6 28  
3\*- 4= 29

מועדי משתנים הצרים

| אלגול (M)   | 23:18 - 28    | זיחא תאומים (X) | אלגול (M)  |
|-------------|---------------|-----------------|------------|
| 15:43 - 5   |               | 1:46 - 7        | 14:30 - 3  |
| 14:10 - 18  | למנדא שור (M) | 5:23 - 17       | 11:19 - 6  |
| 12:37 - 31  | 12:18 - 2     | 9:01 - 27       | 8:08 - 9   |
|             | 11:10 - 6     |                 | 4:57 - 12  |
| אטא נטר (X) | 10:02 - 10    | דלחא קפאוס (X)  | 1:46 - 15  |
| 10:06 - 5   | 8:54 - 14     | 3:20 - 2        | 22:35 - 17 |
| 14:20 - 12  | 7:47 - 18     | 12:08 - 7       | 19:24 - 20 |
| 18:35 - 19  | 6:39 - 22     | 20:55 - 12      | 16:13 - 23 |
| 22:49 - 26  | 5:31 - 26     | 5:43 - 18       | 13:02 - 26 |
|             | 4:23 - 30     | 14:30 - 23      | 9:50 - 29  |

מאורעות החודש (יום פעה מופיע)

|  |       |                           |       |
|--|-------|---------------------------|-------|
| הירח באפוגיאון                                   | 17    | הירח בפריגאון             | 2     |
| שבחאי 5° דרומית לירח                             | 1 17  | כוכב-חמה 4° צפונית לירח   | 12 2  |
| כוכב-חמה עומד                                    | 18    | הארץ באפיהליון            | 4     |
| המשתנה הארוך ז קפאוס                             | 22    | צדק 7° צפונית לירח        | 22 4  |
| במקסימום   |       | כוכב-חמה בריחוק זויחי     | 3 6   |
| * 0:15 רבע אחרון של הירח                         | 0 23  | מירבי מזרחי 26°           |       |
| שיא מטר המטיאורים                                | 25    | אא 4:45 רבע ראשון של הירח | 4 7   |
| קאפריקונידים. גיל הירח 24.5 ימים וחלקו המואר 29. |       | אורנוס בניגוד             | 2 8   |
| מאדים 4° דרומית לירח                             | 6 25  | נוגה 6° דרומית לפולוקס    | 4 9   |
| כוכב-חמה 6° דרומית לנוגה                         | 17 25 | נפטון בניגוד              | 15 9  |
| המשתנה הארוך א אנדרומידה                         | 27    | המשתנה הארוך אטא תאומים   | 10    |
| במקסימום   |       | המשתנה הארוך RR קשת       | 11    |
| * 21:36 מולד הירח                                | 21 29 | במקסימום                  |       |
| הירח בפריגאון                                    | 30    | אורנוס 2° דרומית לירח     | 8 14  |
| כוכב-חמה 1° דרומית לירח                          | 7 30  | נפטון 8.8° דרומית לירח    | 11 14 |
| נוגה 6° צפונית לירח                              | 23 30 | אא 21:08 ירח מלא          | 21 14 |

אונוסט

שמש

| יום על"ש | לנמו 0  | אפימרים | גריניץ דקי | שעת כוכב ז | תחילת זריחה | צהירה גבה | שקיעה סוף | דמדומים |
|----------|---------|---------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|---------|
| 1        | 8:45.7  | 18°00'  | 20:39:24   | -6         | 3:23        | 11:46     | 18:37     | 20:10   |
| 14       | 9:35.3  | 14°21'  | 21:30:39   | -5         | 3:35        | 11:45     | 18:26     | 19:54   |
| 28       | 10:27.1 | 9°42'   | 22:25:51   | -1         | 3:48        | 11:41     | 18:10     | 19:35   |

שמש - מפרטים פיזיקאליים

| יום מרחק קוטר            | מרכז-הדיסק | זווית | יום מרחק קוטר            | מרכז-הדיסק | זווית |
|--------------------------|------------|-------|--------------------------|------------|-------|
| מארץ ' מע' בשעה 0 מקומית | אורך רוחב  | הציר  | מארץ ' מע' בשעה 0 מקומית | אורך רוחב  | הציר  |
| 10.9                     | 5.8        | 121.8 | 31.7                     | 1.010      | 28    |
| 15.7                     | 6.6        | 309.9 | 31.6                     | 1.013      | 14    |

ירח

| יום על"יש | נטיה    | < ליברציה > | גיל   | קוטר | חלק  | זווית | זריחה שקיעה |
|-----------|---------|-------------|-------|------|------|-------|-------------|
| 0 לשעה    | אפיקרים | אורך רוחב   | בימים | '    | מואר | הארה  | זמן מקומי   |
| 10:39.0   | 3°18'   | 6.3         | 2.2   | 33.2 | .07  | 7:48  | 20:14       |
| 13:19.9   | -13°32' | 6.1         | 5.2   | 31.9 | .34  | 11:08 | 22:05       |
| 16:02.7   | -23°04' | 3.0         | 8.2   | 30.6 | .66  | 14:10 | 0:22        |
| 19:33.8   | -19°43' | 3.3         | 12.2  | 29.6 | .95  | 17:10 | 3:05        |
| 21:53.1   | -8°14'  | -5.7        | 15.2  | 29.4 | 1.00 | 18:44 | 5:49        |
| 0:04.4    | 6°00'   | -6.6        | 18.2  | 29.7 | .89  | 20:10 | 8:31        |
| 3:19.8    | 21°26'  | -7.2        | 22.2  | 30.9 | .54  | 22:46 | 12:23       |
| 7:17.7    | 20°32'  | -5.0        | 26.2  | 32.8 | .14  | 1:46  | 16:05       |
| 10:14.4   | 6°01'   | 6.0         | 29.2  | 33.4 | .00  | 5:24  | 18:08       |

כוכבי-לכת

| עם         | נטיה    | מרחק   | קבוצה | ריחוק | קוטר | חלק  | גודל      | זריחה שקיעה |
|------------|---------|--------|-------|-------|------|------|-----------|-------------|
| יום לשעה 0 | אפיקרים | מארץ   | זוית' | זוית' | "    | מואר | זמן מקומי | זמן מקומי   |
| 8:53.0     | 12°23'  | .592   | CAN   | -6°   | 11.3 | .01  | 2.9       | 18:28       |
| 8:36.7     | 14°00'  | .629   | CAN   | 3°    | 10.6 | .03  | 2.5       | 17:52       |
| 8:30.7     | 16°05'  | .739   | CAN   | 16°   | 9.0  | .17  | 1.3       | 17:24       |
| 8:47.7     | 17°04'  | .907   | CAN   | 18°   | 7.4  | .42  | .2        | 17:17       |
| 9:25.9     | 15°58'  | 1.095  | LEO   | 16°   | 6.1  | .70  | -.7       | 17:24       |
| 9:40.5     | 15°28'  | 1.667  | LEO   | -13°  | 10.1 | .97  | -3.4      | 19:24       |
| 10:09.2    | 12°58'  | 1.649  | LEO   | -15°  | 10.2 | .97  | -3.3      | 19:22       |
| 10:41.9    | 9°48'   | 1.627  | VIR   | -17°  | 10.3 | .96  | -3.3      | 19:19       |
| 11:13.9    | 6°26'   | 1.601  | VIR   | -19°  | 10.5 | .95  | -3.3      | 19:15       |
| 11:45.4    | 2°55'   | 1.574  | VIR   | -21°  | 10.7 | .94  | -3.3      | 19:10       |
| 4:06.7     | 20°05'  | 1.500  | TAU   | 65°   | 6.2  | .06  | .9        | 14:03       |
| 4:42.8     | 21°39'  | 1.432  | TAU   | 69°   | 6.5  | .88  | .9        | 13:53       |
| 5:20.7     | 22°46'  | 1.354  | TAU   | 74°   | 6.9  | .87  | .8        | 13:39       |
| 11:06.9    | 6°51'   | 6.216  | VIR   | -36°  | 31.7 | 1.00 | -1.3      | 20:28       |
| 11:16.5    | 5°50'   | 6.322  | VIR   | -26°  | 31.2 | 1.00 | -1.3      | 19:43       |
| 11:27.3    | 4°41'   | 6.399  | VIR   | -16°  | 30.8 | 1.00 | -1.2      | 18:56       |
| 21:13.5    | -17°08' | 8.888  | CAP   | 173°  | 18.8 | 1.00 | .5        | 5:33        |
| 21:09.7    | -17°26' | 8.887  | CAP   | -173° | 18.8 | 1.00 | .5        | 4:37        |
| 21:05.7    | -17°44' | 8.942  | CAP   | -159° | 18.6 | 1.00 | .5        | 3:37        |
| 19:05.8    | -23°01' | 18.613 | SGR   | -156° | 3.7  | 1.00 | 6.0       | 3:08        |
| 19:03.9    | -23°04' | 18.726 | SGR   | -143° | 3.7  | 1.00 | 6.0       | 2:15        |
| 19:02.4    | -23°06' | 18.892 | SGR   | -129° | 3.6  | 1.00 | 6.0       | 1:18        |
| 19:12.0    | -21°40' | 29.351 | SGR   | -145° | 2.5  | 1.00 | 7.7       | 2:27        |
| 15:26.0    | -3°38'  | 29.814 | LIB   | -89°  | .7   | 1.00 | 15.0      | 23:29       |

צדק קרוב מדי לשמש עבור תצפית

טבעות שבחאי ב 14 לחודש

נטיח מישור הטבעות  $16.5^\circ$   
 הקוטר החיצון של ציר הטבעות הארוך 42.3"  
 הקוטר החיצון של ציר הטבעות הקצר 12.0"

תצורות ירחי שבחאי בשעה 20

|   |    |          |    |   |            |    |
|---|----|----------|----|---|------------|----|
| 6 | 6  | ==*-4    | 17 | 6 | -*-3 4     | 1  |
| 6 | 5  | -*43     | 18 | 6 | 43-*-      | 2  |
| 6 |    | 43 -*-   | 19 | 6 | 4*-53      | 3  |
| 6 |    | -*- 34 5 | 20 | 6 | 5 3 -* 4   | 4  |
| 6 | 6  | 3 4*-5   | 21 | 6 | = -* 3     | 5  |
|   | 56 | 4-* 3    | 22 | 6 | 6 3 -* 4 5 | 6  |
|   | 53 | -*6 4    | 23 |   | -*-43 5    | 7  |
|   | 4  | -* = 6   | 24 |   | 435-* 6    | 8  |
|   | 3  | -*4 5 6  | 25 | 5 | -*- 34 6   | 9  |
|   | 5  | -* = 6   | 26 |   | 34*-       | 10 |
| 5 | 4  | 3-* 6    | 27 |   | 4-* 3 5 6  | 11 |
|   |    | -*-34 6  | 28 |   | 3*-5 4 6   | 12 |
|   |    | 3*- 5 6  | 29 | 5 | 4 -* 3 6   | 13 |
|   | 4  | -*-5 6   | 30 | 5 | -*- 6      | 14 |
| 5 | 6  | *- 4     | 31 |   | 3*- 45     | 15 |
|   |    |          |    | 6 | 4 -* 3 5   | 16 |

מועדי משתנים קצרים

|                      |                      |                        |                  |
|----------------------|----------------------|------------------------|------------------|
| <u>ביחא (בל) (M)</u> | 4:03 - 30            | <u>זיחא חאומים (X)</u> | <u>אלגול (M)</u> |
| 11:04 - 13           |                      | 12:38 - 6              | 6:39 - 1         |
| 9:31 - 26            | <u>למנדא שור (M)</u> | 16:15 - 16             | 3:28 - 4         |
|                      | 3:16 - 3             | 19:52 - 26             | 0:17 - 7         |
| <u>אטא נשר (X)</u>   | 2:08 - 7             |                        | 21:06 - 9        |
| 3:04 - 3             | 1:00 - 11            | <u>דלחא קפאוס (X)</u>  | 17:55 - 12       |
| 7:18 - 10            | 23:52 - 15           | 8:05 - 3               | 14:44 - 15       |
| 11:32 - 17           | 22:45 - 18           | 16:53 - 8              | 11:33 - 18       |
| 15:47 - 24           | 21:37 - 22           | 1:40 - 14              | 8:22 - 21        |
| 20:01 - 31           | 20:29 - 26           | 10:28 - 19             | 5:11 - 24        |
|                      | 19:21 - 30           | 19:15 - 24             | 2:00 - 27        |
|                      |                      |                        | 22:49 - 29       |

מאורעות החודש (יום שעה מופע)

|   |    |    |                               |    |
|---|----|----|-------------------------------|----|
| אורנוס $2^\circ$ דרומית לירח                    | 12 | 10 | המפתנה הארוך X נושא-נחש       | 1  |
| נפטון $0.8^\circ$ דרומית לירח                   | 16 | 10 | במקסימום                      |    |
| מאדים $5^\circ$ צפונית לאלדבארן                 | 10 | 11 | צדק $7^\circ$ צפונית לירח     | 14 |
| שיא מטר המטיאורים                               |    | 12 | כוכב-חמה בהתקבצות תחתונה      | 4  |
| פרסיאידים. גיל הירח 13.2 ימים וחלקו המואר 0.98. |    |    | פלוטו עומד                    | 4  |
| הירח באפוגיאון                                  |    | 13 | המפתנה הארוך א קאסיופיה       | 5  |
| כוכב-חמה עומד                                   |    | 13 | במקסימום                      |    |
| שבחאי $5^\circ$ דרומית לירח                     | 3  | 13 | ** א 13:00 רבע ראשון של הירח  | 13 |
| ** 12:29 ירח מלא                                | 12 | 13 | נוגה $1^\circ$ צפונית לרגולוס | 20 |
| שיא מטר המטיאורים                               |    | 20 | שבחאי בניגוד                  | 19 |

|                                  |    |    |                               |       |
|----------------------------------|----|----|-------------------------------|-------|
| נוגה $3^{\circ}$ צפונית לצדק     | 5  | 23 | ציגנידים, גיל הירח 21.2       |       |
| הירח בפריגאון                    |    | 27 | ימים וחלקו המואר .64          |       |
| כוכב-חמה $5^{\circ}$ צפונית לירח | 3  | 27 | כוכב-חמה בריחוק נזיתי         | 4 21  |
| * 4:43 מולד הירח                 | 4  | 28 | מירבי מערבי $18^{\circ}$      |       |
| צדק $7^{\circ}$ צפונית לירח      | 10 | 29 | * 12:03 רבע אחרון של הירח     | 12 21 |
| נוגה $7^{\circ}$ צפונית לירח     | 21 | 29 | מאדים $1^{\circ}$ דרומית לירח | 23 22 |

### ספטמבר

#### שמש

| יום עלייה לזמן 0 | נטיה אפימריס    | שעת כוכב ET גריניץ | תחילת נריחה דק' דמדומים | צהירה גבה נמן מקומי | שקיעה סוף דמדומים |
|------------------|-----------------|--------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|
| 10:41.7 1        | $8^{\circ}16'$  | 0 22:41:37         | 3:51 5:15               | 11:40 $66^{\circ}$  | 18:05 19:29       |
| 11:28.5 14       | $3^{\circ}24'$  | 4 23:32:52         | 4:01 5:23               | 11:36 $61^{\circ}$  | 17:48 19:11       |
| 12:18.8 28       | $-2^{\circ}02'$ | 9 0:28:04          | 4:11 5:32               | 11:31 $56^{\circ}$  | 17:30 18:51       |

#### שמש - מפרטים פיסיקאליים

| יום מרחק קוטר מארץ' | מרכז-הדיסק נזית מע' בשעה 0 מקומית | יום מרחק קוטר מארץ' | מרכז-הדיסק נזית מע' בשעה 0 מקומית |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 31.7 1.009 1        | 71.9 7.2 21.1                     | 32.0 1.002 28       | 75.2 6.8 25.8                     |
| 31.9 1.006 14       | 260.1 7.2 23.9                    |                     |                                   |

#### ירח

| יום עלייה לשעה 0 | נטיה אפימריס     | < ליברציה > אורך רוחב | גיל בימים | קוטר' | חלק מואר | נזית הארה        | נריחה שקיעה נמן מקומי |
|------------------|------------------|-----------------------|-----------|-------|----------|------------------|-----------------------|
| 13:55.4 1        | $-16^{\circ}15'$ | 7.3 5.4               | 3.9       | 32.1  | .20      | 293.5 $^{\circ}$ | 9:57 20:43            |
| 16:42.8 4        | $-23^{\circ}36'$ | 7.5 1.7               | 6.9       | 30.6  | .50      | 277.5 $^{\circ}$ | 12:57 23:10           |
| 19:21.3 7        | $-20^{\circ}16'$ | 4.6 -2.4              | 9.9       | 29.7  | .78      | 263.3 $^{\circ}$ | 15:10                 |
| 22:25.9 11       | $-4^{\circ}47'$  | -.7 -6.1              | 13.9      | 29.5  | .99      | 269.5 $^{\circ}$ | 17:15 4:38            |
| 0:38.9 14        | $9^{\circ}25'$   | -4.0 -6.3             | 16.9      | 29.9  | .96      | 54.7 $^{\circ}$  | 18:45 7:21            |
| 3:06.9 17        | $20^{\circ}36'$  | -6.1 -3.9             | 19.9      | 30.6  | .78      | 72.1 $^{\circ}$  | 20:43 10:16           |
| 6:56.8 21        | $21^{\circ}17'$  | -5.7 2.0              | 23.9      | 32.2  | .37      | 95.2 $^{\circ}$  | 13:55                 |
| 10:45.5 25       | $2^{\circ}38'$   | .2 6.4                | 27.9      | 33.2  | .03      | 99.4 $^{\circ}$  | 4:09 16:37            |
| 13:32.1 28       | $-14^{\circ}13'$ | 5.5 5.6               | 1.6       | 32.6  | .04      | 302.3 $^{\circ}$ | 7:36 18:35            |

#### כוכבי-לכת

| שם יום עלייה לשעה 0 | נטיה אפימריס    | מרחק מארץ | קבוצה ריחוק נזיתי | קוטר" | חלק מואר | גודל נריחה שקיעה נמן מקומי |
|---------------------|-----------------|-----------|-------------------|-------|----------|----------------------------|
| 1 9:53.6            | $14^{\circ}17'$ | 1.191     | LEO $13^{\circ}$  | 5.6   | .84      | -1.1 4:13 17:31            |
| 7 10:37.6           | $10^{\circ}35'$ | 1.301     | VIR $8^{\circ}$   | 5.1   | .96      | -1.3 4:43 17:42            |
| 14 11:27.3          | $5^{\circ}19'$  | 1.374     | VIR $2^{\circ}$   | 4.9   | 1.00     | -1.4 5:18 17:50            |
| 21 12:13.3          | $-0^{\circ}13'$ | 1.400     | VIR $-5^{\circ}$  | 4.8   | .99      | -1.0 5:51 17:55            |
| 28 12:56.1          | $-5^{\circ}35'$ | 1.392     | VIR $-10^{\circ}$ | 4.8   | .96      | -.6 6:19 17:57             |



|                    |                     |                      |                        |
|--------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
| 6:25 - 21          | 14:50 - 15          | 6:26 - 15            | <u>ניחא תאומים (X)</u> |
| <u>אטא נשר (X)</u> | 13:43 - 19          | 15:13 - 20           | 23:29 - 5              |
| 0:15 - 3           | 12:35 - 23          | 0:01 - 26            | 3:07 - 16              |
| 4:30 - 15          | 11:27 - 27          |                      | 6:44 - 26              |
| 8:44 - 22          | <u>ביחא נבל (M)</u> | <u>למבדא שור (M)</u> | <u>דלתא קפאוס (X)</u>  |
| 12:58 - 29         | 7:58 - 8            | 18:14 - 3            | 12:51 - 4              |
|                    |                     | 17:06 - 7            | 21:38 - 9              |
|                    |                     | 15:58 - 11           |                        |

מאורעות החודש (יום שעה מופע)

|                                      |       |   |       |
|--------------------------------------|-------|---|-------|
| צדק בהתקבצות                         | 11 18 | כוכב-חמה 1° צפונית                            | 1 3   |
| נוגה 3° צפונית לספיקה                | 7 19  | לרגולוס                                       |       |
| * 21:55 רבע אחרון של הירח            | 21 19 | * 0:39 רבע ראשון של הירח                      | 0 4   |
| מאדים 9° צפונית לירח                 | 11 20 | אורנוס 2° דרומית לירח                         | 17 6  |
| השמש בנקודת הסתיו שוויון היום והלילה | 21 22 | נפטון 9° דרומית לירח                          | 21 6  |
| אורנוס עומד                          | 23    | הירח באפוגיאון                                | 9     |
| הירח בפריגאון                        | 25    | שבתאי 5° דרומית לירח                          | 5 9   |
| צדק 7° צפונית לירח                   | 6 26  | פיא מסר המטיאורים                             | 12    |
| * 12:41 מולד הירח                    | 12 26 | פיסצידים. גיל הירח 14.9 ימים וחלקו המואר 1.00 |       |
| כוכב-חמה 6° צפונית לירח              | 9 27  | המשתנה הארוך R תאומים                         | 12    |
| המשתנה הארוך Z קנטאור                | 28    | במקסימום                                      |       |
| במקסימום                             |       | * 4:18 ירח מלא                                | 4 12  |
| נפטון עומד                           | 28    | כוכב-חמה בהתקבצות עליונה                      | 11 14 |
| נוגה 4° צפונית לירח                  | 17 28 | כוכב-חמה 5° צפונית לצדק                       | 8 16  |

אוקטובר

שמש

|                  |              |             |             |           |           |         |
|------------------|--------------|-------------|-------------|-----------|-----------|---------|
| יום עלייה לזמן 0 | נטיה אפימריס | שעת כוכב ET | תחילת זריחה | צהירה גבה | שקיעה סוף | דמדומים |
| 12:29.6          | 12° 3'       | 0:39:54     | 4:13        | 11:30     | 17:26     | 18:47   |
| 13:17.2          | 9° 8'        | 1:31:09     | 4:21        | 11:26     | 17:10     | 18:31   |
| 14:10.2          | 8° 13'       | 2:26:21     | 4:31        | 11:24     | 16:54     | 18:17   |

שמש - מפרטים פיסיקאליים

|                    |            |       |                    |            |       |
|--------------------|------------|-------|--------------------|------------|-------|
| יום מרחק קוטר מארץ | מרכז-הדיסק | זוית  | יום מרחק קוטר מארץ | מרכז-הדיסק | זוית  |
| 1                  | 32.0       | 1.001 | 1                  | 32.0       | 1.001 |
| 14                 | 32.1       | .997  | 14                 | 224.1      | 5.9   |
|                    |            |       | 28                 | 32.2       | .993  |
|                    |            |       |                    | 39.4       | 4.7   |
|                    |            |       |                    | 25.1       |       |



יבח

| נריחה שקיעה |       | נזיח   | חלק  | קוטר | גיל   | < ליברציה > |      | נטיה    | יום על"יש |    |
|-------------|-------|--------|------|------|-------|-------------|------|---------|-----------|----|
| זמן מקומי   |       | הארה   | מואר | '    | בימים | רוחב        | אורך | אפימריס | שעה 0     |    |
| 21:02       | 10:47 | 280.2° | .25  | 31.1 | 4.6   | 1.9         | 7.4  | -23°04' | 16:23.7   | 1  |
| 23:43       | 13:03 | 263.6° | .54  | 29.7 | 7.6   | -2.3        | 5.4  | -20°44' | 19:06.7   | 4  |
| 1:34        | 14:43 | 254.3° | .30  | 29.5 | 10.6  | -5.5        | 1.5  | -10°25' | 21:29.2   | 7  |
| 5:15        | 16:47 | 276.0° | .99  | 29.9 | 14.6  | -6.3        | -3.0 | 8°10'   | 0:26.7    | 11 |
| 8:10        | 18:42 | 67.2°  | .95  | 30.6 | 17.6  | -3.9        | -4.8 | 19°48'  | 2:54.6    | 14 |
| 11:01       | 21:27 | 83.5°  | .73  | 31.5 | 20.6  | .3          | -5.2 | 23°07'  | 5:43.9    | 17 |
| 13:56       | ..... | 106.6° | .30  | 32.5 | 24.6  | 5.7         | -2.3 | 10°05'  | 9:31.3    | 21 |
| 16:26       | 5:14  | 91.3°  | .01  | 32.6 | 28.6  | 5.9         | 3.5  | -12°07' | 13:08.1   | 25 |
| 18:49       | 8:30  | 284.3° | .06  | 31.5 | 2.1   | 2.3         | 6.2  | -22°23' | 16:00.4   | 28 |

כוכבי-לכת

| נריחה שקיעה |       | גודל | חלק  | קוטר | קבוצה | מרחק | נטיה    | יום על"יש | שם      |       |
|-------------|-------|------|------|------|-------|------|---------|-----------|---------|-------|
| זמן מקומי   |       |      | מואר | "    | נזיחי | מארץ | אפימריס | שעה 0     |         |       |
| 17:57       | 6:31  | -.5  | .94  | 4.3  | -12°  | VIR  | 1.381   | -7°46'    | 13:13.8 | 1 כח  |
| 17:57       | 6:52  | -.3  | .91  | 5.0  | -15°  | VIR  | 1.344   | -11°52'   | 13:48.2 | 7     |
| 17:57       | 7:15  | -.1  | .36  | 5.2  | -19°  | LIB  | 1.280   | -16°07'   | 14:27.3 | 14    |
| 17:58       | 7:35  | -.1  | .80  | 5.6  | -22°  | LIB  | 1.194   | -19°41'   | 15:05.2 | 21    |
| 17:58       | 7:51  | .0   | .70  | 6.2  | -23°  | LIB  | 1.084   | -22°22'   | 15:40.7 | 28    |
| 18:46       | 7:52  | -3.4 | .87  | 11.9 | -29°  | VIR  | 1.414   | -13°59'   | 14:19.1 | 1 נג  |
| 18:44       | 8:04  | -3.4 | .86  | 12.2 | -31°  | LIB  | 1.382   | -16°33'   | 14:47.6 | 7     |
| 18:43       | 8:18  | -3.4 | .84  | 12.5 | -32°  | LIB  | 1.343   | -19°14'   | 15:21.7 | 14    |
| 18:44       | 8:32  | -3.4 | .83  | 12.9 | -34°  | SCO  | 1.302   | -21°31'   | 15:56.7 | 21    |
| 18:47       | 8:46  | -3.4 | .81  | 13.3 | -35°  | OPH  | 1.261   | -23°20'   | 16:32.7 | 28    |
| 12:50       | 22:38 | .5   | .87  | 8.2  | 38°   | GEM  | 1.141   | 23°25'    | 6:44.0  | 1 מא  |
| 12:24       | 22:14 | .3   | .83  | 8.9  | 95°   | GEM  | 1.052   | 23°10'    | 7:10.5  | 14    |
| 11:52       | 21:44 | .1   | .39  | 9.8  | 103°  | GEM  | .954    | 22°50'    | 7:34.3  | 28    |
| 17:02       | 4:47  | -1.2 | 1.00 | 30.7 | 10°   | VIR  | 6.421   | 1°48'     | 11:54.2 | 1 צד  |
| 16:18       | 4:09  | -1.2 | 1.00 | 30.9 | 20°   | VIR  | 6.365   | 0°43'     | 12:04.4 | 14    |
| 15:30       | 3:27  | -1.3 | 1.00 | 31.4 | 31°   | VIR  | 6.267   | -0°25'    | 12:15.0 | 28    |
| 1:15        | 14:44 | .7   | 1.00 | 17.9 | -124° | CAP  | 9.289   | -18°12'   | 20:59.1 | 1 שב  |
| 0:23        | 13:52 | .3   | 1.00 | 17.6 | -111° | CAP  | 9.480   | -13°15'   | 20:58.3 | 14    |
| 23:28       | 12:57 | .9   | 1.00 | 17.2 | -97°  | CAP  | 9.705   | -18°13'   | 20:53.8 | 28    |
| 23:03       | 13:00 | 6.0  | 1.00 | 3.5  | -96°  | SGR  | 19.424  | -23°07'   | 19:01.3 | 1 אר  |
| 22:12       | 12:10 | 6.1  | 1.00 | 3.5  | -83°  | SGR  | 19.647  | -23°06'   | 19:02.0 | 14    |
| 21:18       | 11:16 | 6.1  | 1.00 | 3.4  | -70°  | SGR  | 19.381  | -23°04'   | 19:03.4 | 28    |
| 22:24       | 12:14 | 7.8  | 1.00 | 2.4  | -85°  | SGR  | 30.250  | -21°45'   | 19:10.2 | 14 נפ |
| 19:32       | 7:48  | 15.0 | 1.00 | .7   | -33°  | LIB  | 30.597  | -4°26'    | 15:31.1 | 14 פל |

צדק קרוב מדי לשמש עבור חציפת

טבעות שבתאי ב 14 לחודש

נטיח מישור הטבעות 17.6°  
 הקוטר החיצון של ציר הטבעות הארוך 39.6"  
 הקוטר החיצון של ציר הטבעות הקצר 12.0"

תצורות ירחי שבחאי בשעה 19

|   |   |          |    |
|---|---|----------|----|
|   |   | 3-א-5=   | 17 |
|   | 4 | 6-א-3    | 18 |
|   | 6 | 3א-4     | 19 |
| 6 | 5 | -א=      | 20 |
| 6 |   | 4 5-א-   | 21 |
| 6 |   | 3א- 45   | 22 |
| 6 |   | 4-א3 5   | 23 |
|   | 6 | 5=-א-    | 24 |
|   | 5 | 6 -א-3 4 | 25 |
|   |   | 43 -א=-  | 26 |
|   |   | -א4 3 56 | 27 |
|   | 3 | -א5 4    | 28 |
|   | 5 | 4 -א- 3  | 29 |
|   |   | = -א- 4  | 30 |
|   |   | -א- 3 5  | 31 |

|   |   |           |    |
|---|---|-----------|----|
|   |   | 4א-3 6    | 1  |
|   | 5 | 463א-     | 2  |
|   | 6 | 5-א3 4    | 3  |
| 6 |   | 4 -א- 5   | 4  |
| 6 |   | 3א- 5     | 5  |
| 6 |   | 5 -א3 4   | 6  |
| 6 |   | 54 3-א-   | 7  |
|   | 6 | -א-+      | 8  |
|   |   | = -א4 5   | 9  |
|   | 4 | -א-63     | 10 |
|   | 5 | 3 -א- 4 6 | 11 |
|   |   | 54א- 3    | 12 |
|   |   | 34-א- 5   | 13 |
|   |   | -א- 3=    | 14 |
|   |   | 5= -א-    | 15 |
|   | 5 | -א- 3 6   | 16 |

מועדי משתנים קצרים

|                      |        |    |
|----------------------|--------|----|
| <u>ביחא (בל) (M)</u> | 4:46 - | 28 |
| 4:52 -               | 4      |    |
| 3:19 -               | 17     |    |
| 1:46 -               | 30     |    |
| <u>אמא (אזר) (X)</u> |        |    |
| 17:13 -              | 6      |    |
| 21:27 -              | 13     |    |
| 1:42 -               | 21     |    |
| 5:56 -               | 28     |    |

|                      |         |   |
|----------------------|---------|---|
| <u>למנדא שור (M)</u> | 10:19 - | 1 |
| 9:12 -               | 5       |   |
| 8:04 -               | 9       |   |
| 6:56 -               | 13      |   |
| 5:48 -               | 17      |   |
| 4:41 -               | 21      |   |
| 3:33 -               | 25      |   |
| 2:25 -               | 29      |   |

|                        |         |   |
|------------------------|---------|---|
| <u>ניחא תאומים (X)</u> | 10:21 - | 6 |
| 13:58 -                | 16      |   |
| 17:35 -                | 26      |   |
| <u>דלחא קפאום (X)</u>  |         |   |
| 8:48 -                 | 1       |   |
| 17:36 -                | 6       |   |
| 2:23 -                 | 12      |   |
| 11:11 -                | 17      |   |
| 19:58 -                | 22      |   |

|                  |        |   |
|------------------|--------|---|
| <u>אלגול (M)</u> | 8:36 - | 3 |
| 5:25 -           | 6      |   |
| 2:14 -           | 9      |   |
| 23:02 -          | 11     |   |
| 19:51 -          | 14     |   |
| 16:40 -          | 17     |   |
| 13:29 -          | 20     |   |
| 10:18 -          | 23     |   |
| 7:07 -           | 26     |   |
| 3:56 -           | 29     |   |

מאורעות החודש (יום שעה מופע)

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| שיא מטר המטיאורים         | 21    |
| אוריונידים. גיל הירח      |       |
| 24.6 ימים וחלקו המואר 30. |       |
| המשתנה הארוך L2 ירחי      | 22    |
| ספינה במקסימום            |       |
| הירח בפריגאון             | 23    |
| צדק 7° צפונית לירח        | 2 24  |
| המשתנה הארוך V חד-קרן     | 25    |
| במקסימום                  |       |
| אא 22:34 מולד הירח        | 22 25 |
| נוגה 3° צפונית לאנטארס    | 9 27  |
| כוכב-חמה 5°. דרומית לירח  | 17 27 |
| נוגה 5°. דרומית לירח      | 17 28 |
| אורנוס 2° דרומית לירח     | 9 31  |
| נפטון 1° דרומית לירח      | 12 31 |
| כוכב-חמה בריחוק נזיתי     | 18 31 |
| מירבי מזרחי 24°           |       |

|       |                            |
|-------|----------------------------|
| 0 3   | כוכב-חמה 2° צפונית לספיקה  |
| 16 3  | אא 16:11 רבע ראשון של הירח |
| 0 4   | אורנוס 2° דרומית לירח      |
| 4 4   | נפטון 1° דרומית לירח       |
| 10 6  | שבחאי 5° דרומית לירח       |
| 7     | הירה באפוגיאון             |
| 9     | שיא מטר המטיאורים          |
|       | ג'יעקובינידים. גיל הירח    |
|       | 12.6 ימים וחלקו המואר 93.  |
| 9     | המשתנה הארוך R אריה        |
|       | במקסימום                   |
| 20 11 | אא 20:05 ירח מלא           |
| 16    | שבחאי עומד                 |
| 17 18 | מאדים 3° צפונית לירח       |
| 6 19  | אא 6:13 רבע אחרון של הירח  |

# פינת החובב



## אטלסי שמים

ערן אופק

חובב אסטרונומיה לא יוכל להסתדר בלי אטלס כוכבים טוב. יתרה מזאת, ברוב המקרים גם אטלס אחד לא מספיק, סקירה קצרה זאת תסקור את אטלסי השמים הנמכרים בשוק ולמי הם מתאימים.

ראשית מספר גורמים למדידת אטלס:

**בהירות מינימלית:** על פי השם זוהי הבהירות של הכוכבים החיוורים ביותר שיש באטלס, לרוב זהו אחד הקריטריונים החשובים מכולם.

**קנה מידה:** קנה המידה של האטלס - (מעלות לס"מ וכו' נתון זה יכול ללמדנו רבות על צפיפות הכוכבים באטלס וגורם זה מאד משפיע על נוחות השימוש באטלס.

**שלמות המידע:** באטלס טוב רצוי שיהיו מסומנים כל הכוכבים עד הבהירות המינימלית, חוסרים בכוכבים יכולים להביא לידי טעויות לא נעימות בתצפית.

**קטלוגים:** אטלסים שונים מבוססים על קטלוגים שונים. כמו כן, אטלסים רבים מבוססים לעיתים על יותר מקטלוג אחד (קטלוגי הכוונה לקטלוג שהוכן ע"פ אותם סטנדרטים של מדידות).

**שנת יחוס:** מאחר וכוכבי השמים משנים את מיקומם הן בגלל תנועתם העצמית ובעיקר משנים את מיקומם על פני רשת הקאורדינאטות השמימית מפאת הפרסציה והנוטציה של הארת, על כן כל אטלס הוכן עבור תקופת מסוימת.

את פרטי האטלסים המובאים להלן לקחתי מקטלוג הספרים של הוצאת הספרים Willaann Bell ורשימה זו ממצה למדי לגבי האטלסים הנפוצים בשוק.

### MAG 6 STAR ATLAS

האטלס ע"פ שמו מכיל את כל הכוכבים עד בהירות 6, האטלס מחולק ל-15 מפות ו-34 עמודי הסבר, האטלס מכיל גם עצמים ערפילים וצבירים. האטלס מתאים למתחיל בהכרת השמים אך מתאים גם לצופים מנוסים יותר עבור תצפיות להכרת כוכבים חיוורים יותר.

### NORTON'S 2000.0

זוהי מהדורה חדשה ומוצלחת יותר של אטלס הכוכבים הפופלרי של נורטון (1950.0) האטלס מכיל כוכבים עד בהירות 6.25. קנ"מ שלו נוח מאד או מכיל עצמים רבים שאינם כוכבים. לכל אחת ממפותיו מצורפים קטלוגים של עצמים שאינם כוכבים, כוכבים משתנים וכוכבים כפולים הנוגעים לאותו אזור שמים של המפה, באטלס 116 עמודים שרובם טקסט כתוב על אסטרונומיה עם טבלאות רבות.

אטלס זה מתימר להיות מלא עד בהירות 9 בנוסף על כך לגבי אזורים מסוימים מסומנים כוכבים אפילו בבהירות 11, זהו אטלס צבעי כאשר הכוכבים מסומנים בצבעים ע"פ סוגם הספקטרלי, קנ"מ 2 ס"מ למעלת קשת. האטלס לשנת יחוס 1950.0 עקב כך הוא יצא ממזמן מדפוס אך עדין קיים במספר עותקים מוגבל ביותר.

#### URANOMETRIA 2000.0

אטלס מעולה לשנת 2000.0 מופיע בשני כרכים (צפוני ודרומי) סה"כ 473 מפות עם 332556 כוכבים עד בהירות 9.5, קנ"מ 1.85 ס"מ למעלה (נוח מאד) בנוסף לכל זה מסומנים באטלס זה כ-10,300 עצמים שאינם כוכבים. האטלס מאפשר קפיצה מכוכב לכוכב (STAR HOPING) בצורה נוחה מאד עקב הקריטריונים הגבוהים יחסית שלו. בעיתו העיקרית: מיועד רק לחובב המכיר היטב את השמים או לחובב הנעזר באטלס נוסף בעל קנה מידה נוח יותר.

#### TAE AAVSO VARIABLE STAR ATLAS

178 מפות של כל השמים לשנת יחוס 1950.0 מראה 260,000 כוכבים עד בהירות 9.5. האטלס לא מתימר להיות מלא והוא נבנה עבור תצפית בכוכבים משתנים והערכת בהירות בעין חופשית בכלל, בכל מפה מצוין ליד כוכבים רבים בהירותם הנראית, קנ"מ 1.1 ס"מ למעלה דבר ההופך אותו לצפוף במקצת, בכל מפה מצוין ייחוס לשנת 2000.0 האטלס כולו מבוסס על קטלוג ה-SA0 (Smithsonian Astrophysical Observatory) כך שהוא עונה על קריטריון הקטלוגים שלנו, האטלס מכיל גם כמות נכבדת של גופים שאינם כוכבים וכמו כן הוא כולל קטלוג של 2000 כוכבים משתנים המופיעים באטלס. האטלס מתאים לצופים בכוכבים משתנים וצופים בשביטים המעריכים את בהירותם.

האטלס שונה במקצת מהמהדורה לשנת 1950.0 הן בסימון טוב יותר של בהירות הכוכבים (באטלס הישן היתה ע"פ צורות - משולשים, עיגולים מחודדים וכו') ואילו במהדורה החדשה, כפי שנהוג היום בכל האטלסים, לעיגולים בקטרים שונים, דבר המקל בהרבה על הצורך להציץ כל שניה באינדקס, כמו כן יש הבדלים בינו ובין האטלס הישן בכוכבים המסומנים בו ומהשוואה שיטחית בזמן תצפית ראיתי במפה אחת ובאותו אזור לפחות שני כוכבים שהפיעו במהדורה החדשה ונעדרו בישנה. דבר המצביע על עדכון המהדורה הישנה בצורה סיסטמטית אם לא עריכתה מחדש!

#### TIRION STAR ATLAS 2000.0

אטלס כוכבים זה החליף בתחילת שנות השמונים את האטלס ATLAS OF THE HEAVENS/ANTONIN ההבדל הכמעט יחידי בין האטלסים פרט לעדכונים הוא בהירות הסף כאשר באטלס של BECAR היתה 7.75 ואילו באטלס של טיריון 8.0. האטלס של טיריון מכיל 43000 כוכבים ו-2500 אוביקטים בקנ"מ נוח למדי. האטלס מופיע במספר מהדורות: DELUXE זוהי מהדורת צבע של האטלס כאשר אוביקטים שונים מופיעים בצבעים שונים.

FIELD EDITION מהדורת שדה של האטלס ההבדל היחידי הוא שצבע הכוכבים לבן על גבי שחור.

DESK EDITION זוהי כמו קודמתה מהדורת שחור לבן אך הפעם כוכבים שחורים על רקע לבן.

#### ATLAS SCLIPTICALIS, ATLAS AUSTALIS, ATLAS BOREALIS

שלושה אטלסים משלימים. הצפוני מ: קו רוחב +90 עד +30 הדרומי מ-90 עד ל-30- והמילקה +30 עד -30.

#### ATLAS OF SELECTED AREAS

אטלס זה הוכן עבור עוסקים בצילום אסטרונומי. הוא מאפשר קביעת בהירות כוכבים על לוחות צילום ע"י כך שבכל מפה שלו יש לפחות כוכב אחד בבהירות 8 או 9 ולכל הכוכבים עד בהירות 12.5 מצוינת בהירות הצילום שלהם (PHOTOGRAPHIC MAGNITUDE) כמו כן לכל מפה כזו יש מפה מפורטת יותר של האזור עד בהירות 15.9. האטלס אינו מכיל כמובן את כל השמים ומתאים לכאלה העוסקים בצילום אסטרונומי.

#### PHOTOGRAPHIC STAR ATLAS

אטלס זה כשמו הוא אטלס שמים שהוכן מצילומים, המפות צולמו ע"י הנס ונדנברג בעצמאות טלסקופ במפתח 3.5", הבעיה העיקרית עם אטלס צילום היא שסרט הצילום אינו רגיש לאותם אורכי גל שהעין רגישה אליהם, סרט צילום נורמלי רגיש יותר לאור כחול ומסיבה זו כוכבים כחולים יראו אליו בהירים מאשר בעין, הקנ"מ של הצילומים הוא 15 מ"מ למעלה ובהירות הסף באטלס היא בסביבות ה-13. האטלס מופיע בשני חלקים, החלק הצפוני מכיל 303 מפות המכסות את השמים מקו רוחב +90 עד -26 ואילו החלק הדרומי המכיל 161 מפות מקו רוחב -90 ועד -14.

#### ATLAS STELLARUM 1950.0

כמו קודמו גם הוא הוכן ע"י הנס ונדנברג, אטלס זה מפורט מקודמו ומראה כוכבים

מעל בהירות 14, קנ"מ שתי דקות בשמים למ"מ במפה. קנ"מ מפורט זה התגבר על הבעיה שלדעתי סבל ממנה האטלס הקודם והיא צפיפות כוכבים גבוהה מדי וכשר הפרדה נמוך מדי. גם כאן קיימת בעיה רגישות סרט הצילום לצבע שונה. גודל המפות הוא 13" על 13" בעוד קודמו רק 8.25" על 11.75".

גם אטלס זה כמו קודמו מופיע בשני חלקים הצפוני בן 315 מפות מ-+90 ועד -25 והדרומי בן 171 והמפות מ-90- ועד -15.

#### TRUE VISUAL MAGNITUDE PHOTOGRAPHIC STAR ATLAS

על מנת להתגבר על הבעיה שרגישות העין וסרט הצילום הנורמלי, שונות זו מזו הוכנו ע"י כריסטוס פאפאדופולוס צ/ארלס סקוויל (האחרון הוא זה שהכין את AAVSO STAR ATLAS). 456 צילומים של כל השמים שוצלמו באמצעות פילטר ירוק ולוחות צילום ספקטרוסקופים S-103a, על מנת ליצור אטלס כוכבים עם רגישות ספקטרלית דומה מאד לזו של העין.

#### ביבליוגרפיה:

URANOMETRIA 2000.0  
THE AAVSO VARIABLE STAR ATLAS  
WILLMANN-BELL, INC. CATALOG#14

## מחילות תולעים ביקום

אמוץ שמי - אונברסיטת תל-אביב

אם זה ירוק - זה ביולוגיה, אם זה מסריח - זה כימיה ואם זה לא עובד, זה פיסיקה. האם יתברר שגם תורת המחילות הקוואנטיות (תמ"ק), או בשמן האחר - מחילות תולעים, מאשרת כלל זה? **סידני קולמן**, פיסיקאי ידוע מאוניברסיטת הרווארד מודה כי הדבר הטוב ביותר שניתן לומר כיום על תורה זו הוא שיש סיכוי כלשהו שאיננה שגויה.

לקולמן ול**סטיבן הוקינג**, המפתחים תורה זו משנת 1987, יש יומרות גדולות והם מקווים למצוא באמצעותה תשובות לכל השאלות הבסיסיות של הפיסיקה. תמ"ק אולי תימצא בסופו של דבר שגויה או מיותר, אולם בכל מקרה לא ניתן להתעלם מרעיונותיה המהפכניים. זו תורה מרתקת ההולכת בדרכן של תורות קודמות, המנסות זה שבעים שנה לאחד את שתי התורות הפיסיקליות הבסיסיות - תורת היחסות המוכללת ותורת הקוואנטים. עד כה לא הצליחו ניסיונות אלה, אם כי הושגה התקדמות רבה. תמ"ק מתייחסת באובייקטים הפיסיקליים שבחירה לחקור, המייצגים במהותם את תכונות המרחב ולא את התופעות הפיסיקליות המתרחשות בו. לאחר כשמונים שנה חוזרת תמ"ק אל שאלתו הבסיסית של אינשטיין: מהו המרחב שאנו חיים בו?

כבר ב-1905 הראה אינשטיין באמצעות תורת היחסות הפרטית, כי לא ניתן להפריד בין שלושת הצירים של החלל (קדימה-אחורה, ימינה-שמלה מעלה-מטה, המצוינים בקורדינטות  $x, y, z$ ) ובין קורדינטת הזמן, ולכן תיאור המציאות הפיסיקלית חייב להיעשות באמצעות מרחב אחד, ארבעה ממדי, הנקרא חלל-זמן. רעיון קשה לעיכול זה

נתן את אות הפתיחה למירוץ על הבנת תכונות המרחב. המרחב הפך להיות ארבעה ממדי, והחל משנת 1915, עם פירסומה של תורת היחסות המוכללת, הוא חדל להיות שטוח ונעשה עקום. על פני מישטח עקום כמו כדור, שלא כמו על פני מישטח ישר, קווים ישרים מקבילים במקום אחד נפגשים במקום אחר, וסכום הזוויות של משולש עשוי להיות שונה מ-180 מעלות. בקיצור: חסל סדר הגיאומטריה של אוקלידס, ומשמעות הדבר היא שכדי לתאר את המרחב יש צורך בגיאומטריה משוכללת יותר.

אולם למרחב הארבעה ממדי והעקום של אינשטיין היה מסר נוסף, עמוק יותר: מידת העקמומיות של המרחב בכל נקודה על פניו משתנה בהתאם לשינוי בצפיפות המאסה-אנרגיה שבו. אנו רואים סביבנו פלנטות, כוכבים וגלאקסיות - ולא מרחב שכל החומר והאנרגיה מפוזרים בו באחידות. גם רשת הקורדינטות של המרחב אינה אחידה. אמנם במרחבים דלי חומר רשת הקווים תהיה רגילה (רשת קרטזית), אבל בסביבת עצמים רבי מאסה ואנרגיה קווס אלה מצטופפים. על פי תיאור זה התפוח של ניוטון נופל לא מפני שהוא נמשך על ידי כוח המשיכה הבלתי נראה של כדור הארץ, אלא משום שהוא נע במסלול הקצר ביותר (המסלול המקביל לקו ישר במישטח) בתוך חלל-זמן, שעקמומיותו נוצרת מנוכחותו של כדור הארץ. בחלל החיצון, הרחק מכל עצם מאסיבי, התפוח היה ממשיך לנוע בקו "ישר" ובמהירות קבועה.

אם כל זה נכון, מדוע אנו ממשיכים ללמוד בבית הספר התיכון את חוקי הנדסת המישור? מתברר שחוקים אלה עדיין טובים לתיאור התופעות על פני מרחקים קצרים (בקנה מידה קוסמי), או במלים פשוטות - לתיאור חיי היומיום. תורת היחסות המוכללת הכרחית להבנת היקום, אולם מיותרת לבניית מכונת. כפי שנראה בהמשך,

החידוש בטענתם של הוקינג וקולמן הוא בכך, שעל פני מרחקים מאוד מאוד קצרים, קצרים בעשרים סדרי גודל מגרעינו של אטום, המרחב נראה עקמומי, ולכן תיאור התופעות בטווחי מרחק אלה מצריך תורה הדומה בחלקה לתורת היחסות המוכללת.

פירסומה של תורת היחסות המוכללת שבר את אמונת המדע בחלל אינסופי ובזמן נצחי, כגירסתו של ניוטון. לא עבר זמן רב ומושג המרחב הפיסיקלי הותקף מכיוון נוסף, בלתי צפוי לחלוטין, כאשר גם מספר ממדי המרחב חדל להיות מובן מאליו. כבר ב-1921 הצביע קליין, ולאחריו קאלוצה (1924), על אפשרות של פתרון בעיות אלקטרודינמיות על ידי שימוש במרחב בעל חמישה ממדים. שום סכר כבר לא יכול היה לעמוד בפרץ: תורות מופשטות שהתפתחו מאז הראו כי במובן מסוים ייתכן שאנו חיים במרחב בעל 10, 11, ואולי אף 26 ממדים. השאלה מהו מספר ממדיו של המרחב הפיסיקלי שאנו חיים בו נשארה פתוחה עד היום, והיא מציגה אתגר לכל תורה המתיימרת לאחד את חוקי הפיסיקה.

#### הוקינג מציל את היקום מסינגולריות

ובכן, תורת המחילות הקוואנטיות שואלת בין השאר מהי הגיאומטריה המתארת את המרחב, האם בכל מקום ביקום קיים אותו מספר ממדים, והאם ייתכן מציאותם של יקומים נוספים. שאלות אלה נראות לכאורה תלושות מהמציאות, אולם מסתבר כי התשובות להן עשויות להוביל להבנת הגדלים הבסיסיים ביותר שעליהם מושתתת הפיסיקה, ולמעשה כל המדע. ייתכן שתמ"ק תבהיר לנו מדוע מאסתו של הפרוטון היא דווקא  $10^{-26}$  גרם בקירוב ולא כל מספר אחר, או מדוע לאלקטרון יש מטען חשמלי מסוים ולא גדול ממנו פי שניים, ואולי גם תיתן תשובות מספריות לבעיות כוללות של היקום, ובפרט לשאלת ערכו של ה"קבוע

הקוסמולוגי", הקבוע המהווה חידה שתומה מאז פירסם איינשטיין את תורת היחסות המוכללת בשנת 1915.

תמ"ק לא רק מנסה לפתח את המדע, כי אם גם להצילו מסכנת הכחדה. אמנם מדובר באיום בעל אופי תיאורטי, אך לא ניתן להתעלם ממנו: הפיסיקה בת ימינו מובילה אותנו למקומות שבהם היא נשברת ונהרסת לחלוטין. מקום כזה, הנקרא סינגולריות (ייחודיות), עקומיות המרחב בו היא אינסופית, עד כדי כיווצו לנקודה שבה צפיפות המאסה-אנרגיה מגיעה לערכים אינסופיים. נקודות סינגולריות אינן מקומות רגילים המוכרים לנו מניסיון חיינו, אבל על פי תורת היחסות המוכללת הם קיימים במרכזם של "חורים שחורים" והיו קיימים בראשיתו של היקום.

תורת היחסות המוכללת הציגה אתגר עיוני עצום, אולם גם 40 שנה לאחר פירסומה, מעטות היו התופעות הפיסיקליות הידועות אשר הבהרתן חייבה את השימוש בה. לעומתה, תורת הקוואנטים, שהתפתחה באותן שנים, הובילה למסקנות יישומיות מרשימות, כמו פיתוח הטרנזיסטור, הטלוויזיה והפצצות הגרעיניות. כיוון שכך, נטו רוב הפיסיקאים לעסוק דווקא בה. התעוררות עיונית בתחום היחסות המוכללת החלה בשנות ה-60 (באותם זמנים הופיעו גם תצפיות אסטרונומיות שעודדו זאת), כאשר שני פיסיקאים בריטים צעירים, רוג'ר פנרוז וסטיבן הוקינג, הציעו לבחון את תכונות החלל-זמן באופן שונה לחלוטין מהדרך שבה נהגו לעשות זאת לפנייהם. עד אז נהגו לחקור את המרחב על ידי תיאור פרטני הבוחן נקודה מסוימת בו, עובר ברציפות לנקודה שכנה, וכך הלאה על פני כל המרחב. עתה הציעו השניים לאפיין את המרחב על פי התכונות הגלובליות שלו, קרי - התמונה הכללית שמאפיינת אותו.

פנרוז והוקינג התמקדו בתיאור גלובלי של שני האובייקטים הבעייתיים ביותר בתורת היחסות: חורים שחורים ומבנה היקום בכללותו. הם הוכיחו שממשוואות תורת היחסות נובע, כי בשני מצבים אלה המרחב אינו "חלק". מופיעים בו "שפיצים", דהיינו התכווצויות של קורדינטות החלל לנקודה המכונה סינגולריות. מאחר שצירי החלל מתלכדים במקומות אלה עם ציר הזמן, טענו השניים, הסינגולריות נמצאת תמיד בתחילת העבר שלנו (ראשית הזמן) או בסוף העתיד. מהמקומות הסינגולריים שנמצאים בסוף העתיד או בחורים שחורים אין מוצא, כלומר לעולם לא נוכל להמשיך מהם הלאה.

כדי להבין את תפקידה של תמ"ק בתרחיש המדעי המורכב הזה נתחיל בבעיית הסינגולריות של היקום כולו. ב-1929 הציג האסטרונום אדווין האבל ממצאים תצפיתיים המעידים כי הגלאקסיות נעות ומתרחקות זו מזו במהירות רבה, וכי היקום כולו מתפשט. לתגליתו של האבל היתה משמעות קוסמולוגית מיידית: אם נהפוך את כיוון הזמן ונסתכל אל העבר, נראה שהיקום הולך ומתכווץ. מכך מתבקש כי את תחילת ההיסטוריה של היקום מציין אירוע, שכונה "מפץ גדול", שממנו מתחילה תנועת ההתפשטות הקוסמית. קיימת אפשרות שהתפשטות היקום תיעצר בשלב מסוים בעתיד, ולאחריו יתחיל היקום להתכווץ. לפי פנרוז והוקינג, התכווצות זו חייבת להסתיים בסינגולריות. בידי השניים היו הכלים המתמטיים שחסרו לאינשטיין, ובעזרתם הוכיחו כי מסקנתם הכרחית, ובלשונם: "אין מנוס מסינגולריות". היקום דרש אפוא תיקון, מישהו היה חייב לסלק את הסינגולריות ולחלץ את הפיסיקה מהמבוי הסתום.

מישהו זה היה הוקינג עצמו, אשר הגה את הרעיון של מחילות התולעים הקוואנטיות במרחב. עלינו להבין, הוא אמר, שתורת היחסות המוכללת, התקפה במרחקים גדולים

ובתחומי אנרגיה נמוכים איננה מדויקת עבור תחומים קטנים מאוד או עבור אנרגיות גבוהות למדי. הוקינג הסתמך על כך שעד כה לא התגלה כל חוק טבע שהוא נכון תמיד לכל מרחק. תופעות המאופיינות בסקאלת מרחק גדולה בהרבה מ- $10^{-33}$  ס"מ (הנקראת סקאלת פלנק) מתוארות היטב בעזרת חלל-זמן ארבעה ממדי, אולם בטווחי מרחק זעירים אלה חוקי הטבע הידועים כיום חדלים להיות מהימנים, הם נשברים. בטווחים אלה, טוען הוקינג, התמונה החלקה של החלל-זמן משתבשת והוא נראה עשוי בליטות ומחילות, בדומה לתצלום חלק ויפה שנעשה גבשושי כאשר מסתכלים בו מבעד לזכוכית מגדלת. לכאורה, זו טענה תמוהה: אם במרחב הפיסיקלי ישנן מחילות, אזי מסלולו של חלקיק הנע בחלל-זמן עשוי להתפצל לפתע לשני מסלולים ללא קשר ביניהם. מסלול כזה יכול להיות ציר בחלל או ציר בזמן (ואף שילוב של השניים). מכך עשוי לנבוע מצב מוזר, שבמקום מסוים במרחב ציר הזמן יתפצל לשני צירים שונים ללא קשר ביניהם. מסתבר שפיצולי זמן כאלה אפשריים ואולי אף הכרחיים. מחילות (ואיסדירויות אחרות) במרחב מתחייבות מתורת הקוואנטים - ובפרט מתוך עקרון האי-ודאות המונח ביסודה. על פי עיקרון זה לא ניתן לדעת בר-זמנית ובוודאות מוחלטת שני גדלים של חלקיק, כמו מקום ומהירות או אנרגיה וזמן. ככל שתדייק בידיעת האחד, כך תגדל האי-ודאות, אשר זן בשעתו בתופעות תת-אטומיות, יישם הוקינג על המרחב עצמו והראה שהוא קובע למעשה את תכונותיו בתחומי מרחק זעירים.

תמ"ק פותרת את היקום שלנו מסינגולריות בכך שהיא מתארת את ראשיתו כהתנפחות אקראית של מחילה או גומחה קוואנטית זעירה, שכל גודלה כ- $10^{-33}$  ס"מ בלבד, ועם זאת יותר מאפס. את מה שקדם לאותה מחילה קוואנטית אין לדעת, והסיבה לכך



היא שהמרחב מחוץ למחילה אינו קשור בקשר סיבתי פשוט לקיומנו. מבחינתנו, המחילה הקוואנטית פשוט "היתה שם". היקום שלנו התחיל במעבר ממצב קוואנטי למצב של יקום מתפשט, מעבר אשר כלל איננו פשוט להבנה ואף דורש, כפי שנראה מיד, תשלום תיאורטי יקר.

### מחילות ליקומים אחרים

אם היקום שלנו התנפח באופן ספונטני מגומחה קוואנטית, אפשר שהיא לא היתה יחידה. ייתכן שהתקיימו, ועדיין קיימות, מחילות קוואנטיות בכל מקום ובכל זמן (למשל, על קצה אפך, קורא נכבד), שמהן יתנפחו ספונטנית יקומים נוספים. אמנם, יקומים אלה יהיו מנותקים מיקומנו ולכן נטולי השפעה ישירה עליו, אולם די בקיומה של אפשרות כזו כדי לעורר דאגה (ואם אינך מודאג – סימן שלא ירדת לעומקו של הרעיון, כפי שנאמר בשעתו על תורת הקוואנטים עצמה). המדאיג, או לפחות המוזר, במרחב מחורר ועשיר במחילות שאותו מציעים הוקינג וקולמן. הוא בכך שיש בו איים של מרחב-זמן, שאם תיקלע אליהם יעבדו את משמעותם מושגי המקום והזמן שמהם יצאת. בכך לא די, על פי תמ"ק, מחילות אלה עשויות להובילך מן הסתם גם ליקומים אחרים, שאת טיבם איננו יכולים לדעת. "למעשה, מציאותם של יקומים נוספים, הנולדים בכל עת (יקומים תינוקיים – בעגה של תמ"ק) הוא רעיון סביר ואף טבעי", אומר קולמן ומוסיף: "מה שאינו טבעי הוא הרעיון של אינשטיין כי קורדינטות המרחב הן משתנים פיסיקליים דינמיים". לדוגמה, אנו אומרים שהיקום מתפשט, אולם מתפשט אל תוך מה? תשובה: אל שום דבר.

הצלת היקום מפני הסינגולריות תבעה מחיר, והוא הודאה באפשרות קיומם של יקומים אחרים וויתור על בלעדיות יקומנו. אכן,

מסקנה קשה, מאחר שהורגלנו לראות את יקומנו כמערכת ייחודית, המכילה את כל מרכיביה בשלמות, שאיננה תוצאה של תהליך אקראי ואינסופי המעלה ומוריד יקומים. קבלת רעיון כזה, לדעתו של כותב שורות אלה, כרוכה בשתי הודאות:  
א) איננו חיים במקום ייחודי מבחינה קוסמית.

ב) לתהליכים בטבע אופי הסתברותי. הבסיס לשתי הודאות אלו מצוי בעבר. את הבסיס להודאה הראשונה יצר קופרניקוס, כאשר העתיק את מרכז היקום אל מחוץ לכדור הארץ; את הבסיס לשנייה יצרה תורת הקוואנטים, באמצעות עקרון האי-ודאות של הייזנברג. ראוי לציין, כי אפשרות קיומם של עולמות אחרים עלתה כבר בשנת 1957, בהקשר שונה לחלוטין. במסגרת תורת הקוואנטים התברר כי לפני מדידת תופעה מסוימת יש לה סיכוי להתממש בתוצאות שונות, אולם פעולת המדידה מכריעה בין התוצאות וגורמת רק לאחת מהן להתממש. לאן נעלמו שאר האפשרויות? על פי הצעתו של אווארט הן נעלמו ב"עולמות רבים אחרים", אשר את טיבם איננו יודעים.

נסיים פרק זה בהערה, כי כל העדויות התצפיתיות על אודות המפץ הגדול וההשערות בדבר ההתנפחות האינפלציונית של היקום מתייחסות לאירועים שהתרחשו אחרי השלב הקוואנטי של היקום (ולאחר  $10^{-43}$  של השנייה הראשונה), ולכן אינן סותרות את תמ"ק, אם כי מאותה סיבה גם אין בכוחן לאשר אותה. סיוע תיאורטי לקיומן של מחילות קוואנטיות טמון כנראה במקום אחר, בחורים השחורים.

### חורים שחורים קורנים דרך מחילות התולעים

רק שבועות מספר חלפו מפרסום תורת היחסות המוכללת, של אינשטיין, וכבר

התברר כי במרחב שהיא מתארת עשויות להתגלות תכונות "פתולוגיות", כגון אזורים המנותקים משאר המרחב. שורצ'ילד הראה (1916), שחלקיק או קרן אור הנכנסים לאזור כזה לא ייצאו ממנו לעולם, הסיבה היא שעקמומיות המרחב בו כה גדולה, עד כי מסלולי תנועתם תמיד יוליכו אל מרכזו. אזור זה זכה בשנות ה-60 לכינוי חור שחור. שחור, מאחר שאינו פולט קרינה, אבל במהותו הוא "חור", אם תרצו - חור בהשכלה או בידיעה, משום שלא עובר ממנו כל מידע אל שאר המרחב. מאוחר יותר התברר כי תיאור זה נכון כל עוד לא מביאים חשבון תופעות קוואנטיות.

ב"קיצור תולדות הזמן", ספרו רב המכר של הוקינג (הספר נערך ב-1985 והוא מיושן מאוד, כמעט פרהיסטורי מבחינתה של התמ"ק), מופיע תיאור התפתחותו של מושג החור שחור, וממנו מתברר כי חורים אלה אינם כה שחורים. מחבר הספר מתאר כיצד הובילה אותו הגישה הגלובלית שהוזכרה לעיל למסקנה שפני המעטפת של חור שחור חייבים לגדול עם הזמן.

**יעקב בקנשטיין** הושפע מרעיון זה, וב-1971 הציע להבין מכך שקיים קשר בין שני גדלים - שטח הפנים של חור שחור והאנטרופיה (מידת האי סדר) שלו. על פי חוקי התרמודינמיקה, האנטרופיה גדלה עם הזמן, ואם כך, הסיק בקנשטיין, גם חור שחור כפוף לחוקי התרמודינמיקה. מטענה זו נבע כי חור שחור חייב לפלוט קרינה, וזאת בניגוד מוחלט למסקנות תורת היחסות המוכללת. הוקינג, כמו רבים אחרים, התנגד בתחילה לרעיון זה, אולם חזר בו. וב-1973 קבע כי פליטת קרינה משפת חור שחור היא תופעה קוואנטית שקיומה מתחייב למעשה מעקרון האיזודאות. כבר בשנות ה-50 היה ידוע כי יחידות אנרגיה (פוטונים) או זוגות של חלקיק אנטי חלקיק עשויים להבליח באופן ספונטני מתוך הריק

(הוואקום) ומיד להיעלם. יצירת אנרגיה (או מאסה, שהיא שוות ערך לאנרגיה) יש מאין כזאת לא סותרת את חוק שימור האנרגיה, מאחר שתהליך היצירה וההשמדה מתרחש כולו בפרק זמן קצר ביותר, שאינו חורג מגבולות עקרון האיזודאות. חלקיקים כאלה, המכונים **וירטואלים**, אינם נקלטים באופן רגיל על ידי מכשירי המדידה, כי הם "חיים" רק במשך תחומי הזמן המורשים על ידי עקרון האיזודאות, ולכן, במובן המקובל, הם אינם חלקיקים ממשיים. אולם, כשהם נוצרים על שפת חור שחור יש אפשרות שאחד מבני הזוג ייפול אל תוכו בעוד השני יחמוק ממנו, כך שהתוצאה הכוללת נרשמת כקרינה משפת החור ומסתכמת כאובדן מאסה-אנרגיה של החור לטובת המרחב סביבו. הוקינג אמנם התרשם שחור שחור עשוי לפלוט קרינה בדרך זו, אך הוא היה מסופק לגבי התוצאה הכוללת של תהליך כזה. מסקנתו הפכה נחרצת רק לאחר שחישב במפורט את התהליך והגיע לתוצאה מפתיעה. הסתבר לו שלקרינת חור שחור יש אופי רגיל לחלוטין, המזכירה קרינה של מנורה ביתית רגילה:

קרינת החורים השחורים היתה הניבוי הראשון שהתבסס על תורת היחסות ועל תורת הקוואנטים גם יחד, ובדומה לבעיית הייחודיות גם כאן עתיד הוקינג לומר אחרי עשרים שנה כי תופעה זו מחייבת את קיומן של המחילות במרחב. טענה זו עולה מהניסוי המחשבתי הבא. כשאלקטרון נופל אל חור שחור נעלמות מספר תכונות "אלקטרוניות" המייחדות אותו. ככל הידוע, תכונות אלה אינן עוברות לחור השחור. לאן הן נעלמות? על פי תמ"ק, הן נספגות במרחב, בתוך מחילה המנתקת אותם (בטווח של מרחק-זמן זעיר) מהסובב אותם. ניסויים מחשבתיים כגון זה מובילים ליצירת פירוש חדש למושג הוואקום. במונחי תורת הקוואנטים היווה הוואקום

מעין מצב ממוצע של אנרגיה מינימלית. על פי תמ"ק, מנקודת מבט של תכונות המרחב, הוואקום הוא מצב ממוצע של גבשושיות ומחילות בחלל-זמן.

האם ניתן להוכיח טענות אלה? לני סוסקין, פיסיקאי אמריקני שעבד בעבר בישראל, מסופק מאוד. סוסקין נמנה עם המדענים שמבקרים את תמ"ק, אך תורמים בביקורתם להתפתחותה. לטענתו, אין שום דבר בניסוחה של תמ"ק המנוע את הופעתן של מחילות בגודל של מטר, אלא זאת שמחילות כאלה סותרות לחלוטין את ניסיון חייו. אם כך, אולי הן קיימות רק במחשבתם של הוגיהן? "הנקודה המדאיגה בשאלה זו", מגיב סידני קולמן, "היא אם יש בכלל אפשרות לענות עליה". שהרי תשובה צריכה להתחיל בתוצאה תצפיתית כלשהי, אולם קשה לדמיין במסגרת הטכנולוגיה הקיימת, ניסוי שיוכל להשיב על שאלה זו. עם זאת, דומה כי תמ"ק מצליחה לפחות בנקודה אחת, במתן פירוש חדשני ומעמיק לשאלה מדוע ערכו של הקבוע הקוסמולוגי הוא אפס.

#### חידת הקבוע הקוסמולוגי

ניוטון קבע שבין גופים בעלי מאסה, תמיד קיימת משיכה הדדית (ואף פעם לא דחייה). קביעה זו הביאה אותו לשאול מדוע הכוכבים אינם נמשכים זה לזה ונופלים זה על זה, מסקנתו היתה, שהיקום הוא בעל גודל אינסופי, כיוון שרק ביקום כזה כל כוכב נמשך במידה שווה לכל הכיוונים, ועל כן נשאר במקומו. איינשטיין לא קיבל גירסה זו. לטענתו, היקום סופי, אולם קיים בו כוח "קוסמולוגי" המקזז בצורה מושלמת את כוחות הכבידה בין גרמי השמים. מטעם זה היקום נשאר במצב סטטי. כוח קוסמולוגי זה מאופיין בערך מספרי, הקבוע הקוסמולוגי, הנובע ממשוואות תורת היחסות המוכללת. כעשר שנים ניסה איינשטיין ללא הצלחה

למצוא את ערכו של הקבוע "בדיעבד הוא ודאי שמח שלא הצליח", אומר קולמן, כיוון שמודל היקום הסטטי הופרך על ידי תגליות ההיסטורית של האבל בדבר התפשטות היקום, וככל הנראה אין כל כוח קוסמולוגי שמונע זאת. לאינשטיין לא נותר אלא להודות בשגיאתו: "הטענה שערכו של הקבוע הקוסמולוגי שונה מאפס היתה השגיאה הגדולה בחיי", אמר. "זאת היתה טעותו הראשונה", אומר קולמן, "השניה היתה בהערכתו שכפי שיצר את הקבוע כך גם יוכל להיפטר ממנו" אינשטיין התעלם בכך מתורת הקוואנטים, שנתנה לקבוע הקוסמולוגי, ובפרט להתאפסותו של קבוע זה, משמעות פיסיקלית. על פי תורה זו, הקבוע הקוסמולוגי מייצג את אנרגיית מצב הוואקום.

בשנות ה-60 החלו ווילר ודה-זייט לפתח ניסוח קוואנטי לבעיות קוסמולוגיות. הם ניצלו את השימוש שעושה תורת הקוואנטים במושג מתמטי מופשט הנקרא פונקציית גל, כדי לתאר ישויות פיסיקליות כמו אלקטרון ואטום, ויישמו אותה על היקום בכללותו. היקום, על פי גישתם, הוא ישות אחת, כביכול חלקיק אחד, ולכן המידע עליו יתקבל אם נדע לענות על השאלה מהי פונקציית הגל של היקום. עם זאת, בגישתם עדיין קיים שוני בין היקום לבין חלקיק בתוכו. ערכה של האנרגיה המינימלית, אנרגיית מצב הוואקום של היקום, הוא בדיוק אפס, שלא כמו ערך האנרגיה המינימלית של חלקיק, אשר על פי עקרון האי-ודאות שונה מעט מאפס.

מתצפיות אסטרונומיות ניתן לקבוע שערכו של הקבוע הקוסמולוגי אינו גדול, וכי סביר למדי שהוא אפס (תרומה תצפיתית חשובה לפתרון בעיה זו עשויה להתקבל מטלסקופ החלל על שם האבל), אך האם הוא שווה בדיוק לאפס? שאלה זו נשארה פתוחה עד היום.

בערכו של מטען האלקטרון, כפי שהתקבל בניסוי, יש עדות עקיפה לצפיפות אנרגיית הוואקום, אולם בדיוק את הגודל הזה מנבא גם הקבוע הקוסמולוגי: תמ"ק סוגרת בכך מעגל: הקבוע הקוסמולוגי מעיד על ערכם של גדלים פיסיקליים בסיסיים, ואלה מעידים עליו בחזרה. מעגל זה שנוצר על ידי תיאורית, לא היה משכנע במיוחד אילו היה נשען רק עליה, אולם גם תצפיות אסטרונומיות רבות מעידות (אם כי לא באופן מכריע) כי ערכו של הקבוע הקוסמולוגי הוא אפס.

#### איחוד כוחות הטבע

המאמץ לאחד את תורת הקוואנטים עם תורת היחסות המוכללת גילו כגיל התורות עצמן, והוא מתואר בפירוט במאמר המרכזי בחוברת זו. אינשטיין עצמו ניסה ללא הצלחה לקשר את כוח הכבידה לשאר כוחות הטבע, ומהעבודה שעסק בכך כארבעים שנה ניתן ללמוד עד כמה קשה משימה זו. התורות שקיימות כיום ב"שוק המציאות הפיסיקלי", כמו תורת המיתרים, תורות של סימטריות-על וכבידה קוואנטית, עוסקות כולן בצדדים שונים של איחוד הפיסיקה, ולכולן השפעה רבה על הרעיונות שעומדים ביסודה של תמ"ק.

לניסיון המתמשך של איחוד הפיסיקה תורמת תמ"ק את הפירוש החדשני שלה למושג הוואקום. תמ"ק מדגישה שהמרחב שאנו חיים בו מוכר לנו רק עד טווחי מרחק מסויימים. לכן, בטווחי מרחק זעירים מאלה ייתכנו הפתעות רבות. חשוב לזכור עד כמה זעירים טווחי המרחק בהם תמ"ק דנה. היחס בין ממדיה של מחילה קוואנטית ( $10^{-33}$  ס"מ) ובין ממדי אטום ( $10^{-8}$  ס"מ), מקביל כמעט ליחס שבין האדם ( $10^2$  ס"מ) ובין כל היקום הנצפה  $10^{28}$  ס"מ! אם יתברר כי יש בכוחה של תמ"ק לנבא את ערכם של הגדלים הפיסיקליים הבסיסיים, לרבות ערכו של

קולמן והוקינג ממשיכים בדרכם של ווילר, דהזיט ורבים אחרים, וטוענים כי ערכו של הקבוע הקוסמולוגי שווה בדיוק לאפס, אך ההסבר שהם מציעים שונה. ראינו כי בוואקום הפיסיקלי מופיעים ונעלמים חלקיקים ופוטונים וירטואליים באופן ספונטני, אך לא ניתנים למדידה ישירה. תמ"ק מציגה דרך למדידתם, על ידי ניצול השפעתם המקומית על המרחב שמתוכן הבליחו. חלקיקי חומר כמו אלקטרונים או קווארקים נוטים לכווץ את המרחב, ואילו נושאי כוח כמו פוטונים גורמים להתפשטותו; כתוצאה מכך השפעתם מתקזזת. קיזוז הדדי כזה מתרחש בכל זמן ובכל מקום, ותוצאתו הגלובלית מתבטאת באיפוס הקבוע הקוסמולוגי. תהליך זה הוא הסתברותי באופיו, ולכן יש למדוד את השפעתו רק על פני מרחקים הגדולים פי כמה ממרחק פלנק. האפשרות שהמדידה תעניק לקבוע הקוסמולוגי ערך אפס היא אמנם רק אחת מבין אינסוף תוצאות אפשריות, אולם תוצאה זו היא בעלת הסיכוי הגדול ביותר, גדול עשרות מונים מסיכוייה של כל תוצאה אחרת. הניבוי שתמ"ק פיתחה על הקבוע הקוסמולוגי והתאפסות אנרגיית הוואקום מוביל אותה לתחומים שונים לחלוטין, המאפשרים לה לתרום להבנת תהליכים המתרחשים בטווחי מרחק זעירים ביותר. ערכם של גדלים פיסיקליים בסיסיים כמו מטען האלקטרון, הנמדד על ידי בליעה ופליטה של פטון, מקבלים עתה משמעות חדשה. תהליכים אלה נתפסו עד כה כתהליכים שמתבצעים על רקע הוואקום. על פי תמ"ק, מצב הוואקום, וליתר דיוק - המחילות הקוואנטיות שהשפעתן הממוצעת יוצרת מצב זה, מעורב בתהליכים אלה. אנו מודדים במעבדה תנועה של אלקטרון שלמעשה נבלע במחילה (או נפלט מתוכה) יחד עם פטון. חלקיקים נעלמים ונוצרים שוב, והתנועה הנצפית היא ממוצעת.

פתורות והפיסיקה התיאורטית תסיים את  
תפקידה, להימצא נכונה, והרבה מדענים  
ייאלצו אז לאכול בשקט את הכובע.

באדיבות: מחשבות' דצמבר 90  
י.ב.מ. ישראל

הקבוע הקוסמולוגי ואת אופיו של המרחב  
שבו אנו חיים, תהיה זו תרומה מרכזית  
לאיחוד הפיסיקה ולניסוח "תורת כל  
התורות". אם אכן כך יהיה, עשויה הכרזתו  
הקנטרנית של סטיבן הוקינג, כי עד סוף  
העשור הזה יהיו הבעיות הבסיסיות של הטבע



"קוסמוס" דרך בן גוריון (סודיעין) 47, בני-ברק  
(סול השלישות הראשית רמת-גן)  
סען: ת.ד. 10834 רמת-גן 52008  
טל. 793639-03

המבחר הנדול ביותר בארץ של טלסקופים וציוד אסטרונומי  
**בתצוגה**

שוברי אור 60 1-80 ס"מ

ניוטוניים 4½" ורובסוניים 8" ומעלה

שמירט-ניוטוניים 6" ו-8" עם מנוע

משקפות ענק. טלסקופים קרקעיים

עיניות, אביזרי-עזר, מנועים

מפות, אטלסים, פוסטרים, שקופיות

חדש! טלסקופים שמירט קאסיגרין בתצוגה

עד 8 תשלומים!

## נפיצותם של הרי געש על המאדים

### מזר חיים

שיגורן של מרינר 9, וויקינג 1 ווקינג 2 אל המאדים ואשר הקיפו אותו ממושכות, איפשר לראשונה מיפוי מלא של כוכב לכת כל שהוא במערכת השמש (להוציא את הירח שמופה קודם לכן). מיפוי זה אפשר בניית אטלסים של המאדים. פני השטח חולקו ל-30 יחידות כמתואר בטבלה מס' 1 ובציור. לכל אזור שם משלו.

מהתצלומים ששודרו ארצה התברר כי על פני המאדים הרי געש רבים, מה שמעיד על פעילות געשית רבה ביותר. במפות שהופקו מהתצלומים נספרו 382 הרי געש. מטבלה מס' 1 ניתן לראות כי בחצי הכדור הצפוני 253 הרי געש שהם 66% מסך הרי הגעש ובחצי הכדור הדרומי 129 הרי געש שהם 34%. על כל הרי

207 הרי געש שקוטרים קטן מ-50 ק"מ בחצי הכדור הצפוני, ישנם 119 בחצי הכדור הדרומי. גם על פי חלוקה זו, בקטגוריה זו של הרי געש, מספרם בצפון גדול יותר פי 2 מאשר בדרום. בהרי געש שקוטר בסיסם גדול יותר יחס זה נשבר. אותם הרי געש שקוטרו בסיסם נע בין 50-100 ק"מ, בצפון מספרם גדול פי 7 מאשר בדרום. לגבי הרי הגעש שקוטר בסיסם גדול מ-100 ק"מ ומעלה היחס הוא 1:2 לצפון.

מניתוח טבלה מס' 3 רואים כי בכל האזור שבין  $30^{\circ}\text{N}-65^{\circ}\text{N}$ , 189 הרי געש ובאזור המקביל לו בדרום  $30^{\circ}\text{S}-65^{\circ}\text{S}$ , 108 הרי געש. כלומר יחס של 1:2 לצפון. ובכל האזור  $0^{\circ}\text{N}-30^{\circ}\text{N}$ , 37 הרי געש וב-  $0^{\circ}\text{S}-30^{\circ}\text{S}$ , 16 הרי געש. שוב פעם יחס של 1:2 לצפון. בהשוואת הצד המערב של הכוכב לצד המזרחי התפוצה היא-

### צפון

### דרום

|  | <sup>מס'</sup> מיקום                           |  | <sup>מס'</sup> הרי געש                           |      |
|--|--|--|--|------|
|  | $65^{\circ}-0^{\circ} / 0^{\circ}-180^{\circ}$ |  | $65^{\circ}-0^{\circ} / 0^{\circ}-180^{\circ}$   | מערב |
|  | $65^{\circ}-0^{\circ} / 0^{\circ}-360^{\circ}$ |  | $65^{\circ}-0^{\circ} / 180^{\circ}-360^{\circ}$ | מזרח |

בחצי הכדור המערבי 96 הרי געש ובחצי הכדור המזרחי 254 הרי געש. כאן היחס הוא 1:2.6 למערב. באזור הקוטב הצפוני  $65^{\circ}\text{N}-90^{\circ}\text{N}$ , 29 הרי געש ובאזור הקוטב הדרומי  $65^{\circ}\text{S}-90^{\circ}\text{S}$ , 5 הרי געש. היחס הוא 1:6 לצפון.

בבדיקה נוספת של טבלה מס' 1 נראה כי 208 הרי געש כ-54% מרוכזים ב-3 יחידות. ב-6-NC שבה 101 הרי געש, ב-7-NC שבה 65

געש אחד בדרום 2 הרי געש בצפון. חצי הכדור הצפוני אם כן היה יותר פעיל געשית מאשר חצי הכדור הדרומי.

אחת מאפשרויות מיונם של הרי געש, היא על פי קוטר בסיסם כמתואר בטבלה מס' 2. להרי געש שקוטר בסיסם קטן מ-50 ק"מ, הרי געש שקוטרים נע בין 50-100 ק"מ, הרי געש שקוטרים 100 ק"מ והרי געש שקוטרים גדול מ-100 ק"מ. טבלה מס' 2 מראה כי כנגד

כיוונה של צלע זאת צפון מערב/דרום מזרח. צלע שנייה של הצלב מתחילה ב- $28^{\circ}\text{W}$   $71^{\circ}\text{N}$  ומסתיימת ב- $333^{\circ}\text{W}$   $73^{\circ}\text{N}$ . כיוונה של צלע זאת הוא מערב מזרח. בריכוז זה 2 הרי געש שקוטר בסיסם בין 50-100 ק"מ והשאר קוטרם קטן מ-50 ק"מ. את צורתו של ריכוז זה ניתן לראות בציור.

לסיכום ניתן לומר שחצי הכדור הצפוני היה פעיל יותר געשית מאשר החצי הכדור הדרומי. למאדים ריכוז אחד מסיבי של הרי געש בחצי המערבי שהיתה לו תוחלת חיים מעשית ארוכה מאוד וריכוז אחד קטן יותר בקוטר הצפוני בעל תוחלת חיים געשית קצרה מאוד יחסית לריכוז המסיבי. מהמצאות 208 הרי געש ב-3 יחידות בחצי הכדור המזרחי ניתן להעלות השערה כי לאיזור זה היתה בעבר אספקה גדולה יותר של מגמה מאשר לחצי הכדור המערבי.

#### ביבליוגרפיה

1. Batson, Bridges, Inge Atlas of Mars NASA SP-438 1979 146 P.
2. Mithael H. Carr "The Surface of Mars" Mercuru January-February 1983 pp. 2-15.
3. Patrick Moore, Charles A Cross Mars Mitchael Beasley LMD London 1973 48 p.

הרי געש וב-27-28 הרי געש. בדיקת נתונים אלה בציור תראה כי ריכוזים אלה הם בחצי הכדור המזרחי ובאם נחבר אותם באמצעות קוים דמיוניים (כמתואר בציור), הרי כיוונם הכולל של יחידות אלה הוא צפון מזרח דרום מערב.

אלה הם הריכוזים הגדולים של הרי געש. ישנם שני ריכוזים קטנים יותר המשתרעים על שטחים קטנים יותר. ריכוז אחד של 7 הרי געש שקוטר בסיסם 100 ק"מ ויותר ובחלקם מתנשאים עד לגובה של 27 ק"מ (סך הכל ישנם 16 הרי געש שזהו קוטר בסיסם. הווה אומר במקום ריכוז זה נמצאים 43% מהרי געש אלה). לריכוז זה צורת טרפז שבסיסו הרחב נמצא בין ניקס אולימפיה ( $133^{\circ}\text{W}$   $24^{\circ}\text{N}$ ) לנודוס גורדי ( $120^{\circ}\text{W}$   $10^{\circ}\text{S}$ ) ובסיסו הצר נמצא בין אורניוס טולוס ( $96^{\circ}\text{W}$   $26^{\circ}\text{N}$ ) לתרסיס טולוס ( $91^{\circ}\text{W}$   $14^{\circ}\text{N}$ ). מגובה הרב של הרי געש אלה ניתן ללמוד על משך פעולתם הרב שהשתרע על פני עידנים גיאולוגיים ארוכים. מיקומו של ריכוז זה מתואר בציור. כיוונו של ריכוז זה הוא צפון מזרח/דרום מערב. ריכוז נוסף של 13 הרי געש נמצא בקוטב הצפוני. לריכוז זה צורה של צלב. צלע אחת שלו מתחילה ב- $30^{\circ}\text{W}$   $79^{\circ}\text{N}$  ומסתיימת באורליגיה טולוס ( $12^{\circ}\text{W}$   $70^{\circ}\text{N}$ ).

| වි.නං.<br>අංක | අක්ෂර       | පළ         | වි.නං.<br>අංක | වි.නං.<br>අංක | වි.නං.<br>අංක  | පළ     | වි.නං.<br>අංක |
|---------------|-------------|------------|---------------|---------------|----------------|--------|---------------|
| 5             | ඊ-ඊඊ/ඛඊ155  | මොමුව      | MC-16         | 29            | ඛඊ-ඊඊ/ඛඊ155    | මොමුව  | MC-1          |
| 4             | ඊ-ඊඊ/155-90 | ෆොනිච්චා   | MC-17         | 15            | ඛඊ-ඊඊ/ඛඊ155    | ඩිච්චා | MC-2          |
| 1             | ඊ-ඊඊ/90-45  | කොප්පා     | MC-18         | 12            | ඛඊ-ඊඊ/ඛඊ155-60 | මර්චා  | MC-3          |
| -             | ඊ-ඊඊ/ඛඊ-0   | මාගාලිච්චා | MC-19         | 14            | ඛඊ-ඊඊ/ඛඊ-0     | මොමුව  | MC-4          |
| -             | ඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ    | සිංහ       | MC-20         | -             | ඛඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ      | ලාංක   | MC-5          |
| -             | ඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ    | ලාංක       | MC-01         | 101           | ඛඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ      | ලාංක   | MC-6          |
| 3             | ඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ    | මොමුව      | MC-22         | 14            | ඛඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ      | ලාංක   | MC-7          |
| 3             | ඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ    | මොමුව      | MC-25         | 2             | ඛඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ      | ලාංක   | MC-8          |
| 12            | ඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ    | මොමුව      | MC-24         | 10            | ඛඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ      | ලාංක   | MC-9          |
| 18            | ඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ    | මොමුව      | MC-25         | -             | ඛඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ      | ලාංක   | MC-10         |
| -             | ඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ    | මොමුව      | MC-26         | -             | ඛඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ      | ලාංක   | MC-11         |
| 63            | ඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ    | මොමුව      | MC-27         | 3             | ඛඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ      | ලාංක   | MC-12         |
| 8             | ඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ    | මොමුව      | MC-28         | 1             | ඛඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ      | ලාංක   | MC-13         |
| 7             | ඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ    | මොමුව      | MC-29         | 3             | ඛඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ      | ලාංක   | MC-14         |
| 5             | ඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ    | මොමුව      | MC-30         | 18            | ඛඊ-ඊඊ/ඊ-ඊ      | ලාංක   | MC-15         |

129 ඊ-ඊඊ

253 ඊ-ඊඊ



מ'177 1/37 50

מ'173 1/37 50

| R=100 | R=100 | R=50-100 | R=50 | מ'177 | R=100 | R=100 | R=50-100 | R=50 | מ'173 |
|-------|-------|----------|------|-------|-------|-------|----------|------|-------|
| 1     | —     | 1        | 3    | MC-16 | —     | 1     | 9        | 19   | MC-1  |
| —     | —     | 1        | 3    | MC-17 | —     | —     | 5        | 10   | MC-2  |
| —     | —     | 1        | —    | MC-18 | 1     | —     | —        | 11   | MC-3  |
| —     | —     | —        | —    | MC-19 | —     | —     | 5        | 12   | MC-4  |
| —     | —     | —        | —    | MC-20 | —     | —     | —        | —    | MC-5  |
| —     | —     | —        | —    | MC-21 | —     | 1     | 5        | 95   | MC-6  |
| —     | —     | —        | 3    | MC-22 | 1     | —     | 6        | 38   | MC-7  |
| 1     | —     | —        | 9    | MC-23 | 1     | —     | —        | 1    | MC-8  |
| —     | —     | —        | 12   | MC-24 | 4     | —     | 4        | 2    | MC-9  |
| 1     | 1     | —        | 16   | MC-25 | —     | —     | —        | —    | MC-10 |
| —     | —     | —        | —    | MC-26 | —     | —     | —        | —    | MC-11 |
| —     | —     | —        | 63   | MC-27 | —     | —     | —        | 3    | MC-12 |
| 1     | —     | 1        | 6    | MC-28 | —     | —     | —        | 1    | MC-13 |
| —     | —     | 1        | 6    | MC-29 | —     | —     | —        | 3    | MC-14 |
| —     | —     | —        | 5    | MC-30 | 2     | 1     | —        | 15   | MC-15 |
| 4     | 1     | 5        | 149  | ס"ו   | 9     | 3     | 34       | 207  | ס"ו   |

טבלה מס' 2

| 1/1/3   |                    | 1/3/2   |                    | 1/1/3   |  | 1/3/2 |  |
|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|--|-------|--|
| צ"ע י"א |                    | P1/2    |                    | צ"ע י"א |  | P1/2  |  |
| 30      | 65°-30°S/0-180°    | 44      | 65°-30°N/0-180°    |         |  |       |  |
| 78      | 65°-30°S/180°-360° | 145     | 65°-30°N/180°-360° |         |  |       |  |
| 108 י"א |                    | 189 י"א |                    |         |  |       |  |
| 10      | 30°-0°S/0°-180°    | 12      | 30°-0°N/0°-180°    |         |  |       |  |
| 6       | 30°-0°S/180°-360°  | 25      | 30°-0°N/180°-360°  |         |  |       |  |
| 16 י"א  |                    | 37 י"א  |                    |         |  |       |  |

טבלה מס' 3

## היוצרות כוכבי לכת

שמואל פרלמוטר

מבוא

כיצד נוצרו כוכבי הלכת סביב מערכת השמש? האם זהו תהליך יחודי? או שזהו תהליך הנפוץ ברחבי היקום? אלו הן השאלות שננסה להשיב עליהם במאמר זה.

לפי העדויות הגאולוגיות כדור הארץ קיים כבר 4.6 מליארד שנה. מן העדויות שנאספו במבצעי החללל האמריקאים עולה שגם גיל מערכת השמש הוא זהה.

מערכת השמש באופן כללי מורכבת משני סוגי גופים: הראשון – גופים המורכבים מחומרים לא נדיפים כגון תרכובות צורן, ברזל ושאר מתכות. השני – גופים המורכבים מחומרים נדיפים כגון קרח (במאמר זה "קרח" הכונה למים במצב צבירה מוצק, כאשר יהיה מדובר בגזים אחרים במצב מוצק יצוין הדבר בצורה מפורשת),  $CO_2$ , מתאן, וחומרים נדיפים אחרים. הגופים המורכבים מחומרים לא נדיפים כוללים את כוכבי הלכת הפנימיים: כוכב חמה, נוגה, כדור הארץ, הירח ומאדים. הגופים המורכבים מחומרים נדיפים הם 5 כוכבי הלכת החיצוניים, הלוינים שלהם והשביטים. האסטרואידים מהוים קבוצה מעורבת שכן, כפי שאנו רואים ממטאוריטים שנפלו על כדור הארץ חלקם מורכבים מחומרים כגון ברזל ותרכובות צורן וחלקם מורכב מחומרים נדיפים יותר כתרכובות פחמן (כרונדיטיים פחמניים). כל הגופים במערכת השמש נעים באותו מישור על קו המשווה של השמש (מספר הגופים אשר לא נעים על קו המשווה של השמש הוא מועט וניתן להגיד שהם יוצאים מן הכלל וכן סטייתם ממישור הסיבוב (אינה גדולה) ובאותו כיוון תנועה. עולה השאלה

האם מבנה זה של מערכת שמש הוא מיקרי? או שהוא מרמז על צורת היוצרות של מערכת השמש.

הוצעו מספר תאוריות להסברת היוצרות מערכת השמש, אולם ככל תאוריה מדעית התאוריות צריכות לענות ולהסביר את העובדות הניצפות על ידנו בצורה הברורה ביותר.

השאלות העולות מתצפיות על מערכת השמש הן:

1. מהו מקור חומרי הגלם למערכת השמש? המקור צריך לכלול את מגוון היסודות שאנו רואים במערכת השמש.
2. להסביר את העובדה שכל כוכבי הלכת נעים באותו מישור במערכת השמש. (מלבד מספר יוצאים מן הכלל שניתן להזניחם בתאוריה הכללית).
3. ההבדלים במיבנה הכימי של כוכבי הלכת, העובדה שכוכבי הלכת החיצוניים מורכבים מחומרים נדיפים (מים, מימן, מיתן ותרכובות של חומרים אלו) וכוכבי הלכת הפנימיים מורכבים מסיליקטיים (תרכובות צורן)?
4. העובדה שרוב המסה במערכת השמש (95%) נמצאת בשמש ואילו רוב התנועה בצורת תנע סיבוב בכוכבי הלכת?

### רקע היסטורי

התאוריה העונה בצורה הטובה ביותר על שאלת היוצרות מערכת השמש הועלתה כבר על ידי הפילוסוף הצרפתי דאקרט, אשר העלה אותה כבר בסוף המאה ה-17. הוא טען שמערכת השמש נוצרה מענן ענק של גז ואבק. התומכים העיקריים בתאוריה הזו היו לפלאס וקנט במאה ה-18. היה זה לפלאס שהסביר את התופעה כיצד רוב התנע הסיבובי נמצא בכוכבי הלכת ורוב החומר בשמש, לפלאס טען שבמהלך התמוטטות

הענן הוגבר קצב הסיבוב של הענן ובשל חוק שימור התנע הזיתי (כמו רקדנית בלט המסתובבת יותר מהר כאשר היא מצמידה את ידיה לגופה) וחלק גדול מן החומר או שנפל לתוך השמש או שהועף לחלל הבין כוכבי.

תאוריה זו נדחתה בזמנו מכיון שלא היה מידע על גיל מערכת השמש ולא היתה תאוריה המסבירה כיצד מפיקים הכוכבים את האנרגיה שלהם. התאוריה העקרית שהיתה נפוצה תיארה שמערכת השמש נוצרה בחומר לוהט שניפלט מהשמש כאשר כוכב חלף בסמוך לה והתקרר ליצירת כוכבי הלכת. אולם ב-30 השנים האחרונות נפלה תאוריה זו כאשר התגלו עדויות חדשות על גיל מערכת השמש וכיצד מפיקה השמש את האנרגיה שלה והתאוריה של לאפלאס על היוצרות מערכת השמש מענן אבק עלתה שוב.

#### התמוטטות הענן

עם ההתפתחות העצומה בחקר החלל וכן בשיטות תיארוך רדיואקטיביות אשר איפשרו תיארוך מדויק של גיל כדור הארץ ומערכת השמש עולה, שגיל מערכת השמש ל-4.6 מיליארד שנה.

לפי התאוריה מערכת השמש נוצרה כתוצאה מהתמוטטות של ערפילית. מספר סיבות יכולות לגרום כל אחת בנפרד להתמוטטות הענן.

1. **סופרנובה** - גל הלם כתוצאה של סופרנובה סמוכה, גורמים לענן להתמוטט לכוכבים צעירים, עדות לכך הם כוכבים צעירים הנמצאים בפאתי הערפילית באוריון ליד תאומים בסמוך לשרידי סופרנובה.

2. **גלי הלם** כתוצאה מתנועת הערפילית דרך ריכוזי מסות במהלך התנועה שלה בגלקסיה. דוגמה לכך היא בתצפיות שנערכו בענן 1333 NGC.

3. **זרימה חזקה של רוח שמשית** מענקים

כחולים כפי שנראה באיזור H II 1805 IC. אחד הגורמים הנ"ל או שילוב מספר גורמים שחלקם אולי עדיין לא ידוע, גורמים לערפילית להתמוטט למספר עננים קטנים אשר מתחילים להסתובב סביב עצמם, במהלך הסיחרור חלק מהחומר של הענן נופל למרכזו בכדי ליצור את הכוכב וחלקו ניזרק החוצה לחלל הבין כוכבי, כפי שתיאר זאת לפלאס. חלק מהחומר נזרק אולי בסיוע של שדות מגנטיים. זריקת החומר מחוץ לענן גורם לאיבוד חלק מהתנע הסבובי. בחלק המרכזי הטמפרטורה והלחץ עולים עד להתחלת תהליכי היתוך גרעיניים ונוצר שם כוכב. התהליכים הקשורים להיוצרות כוכב הם מחוץ לתחום מאמר זה שעוסק בתהליכים היוצרים את כוכבי הלכת בלבד.

#### דיסקית ספיחה

ההתמוטטות של ענן הגז והאבק יוצר דיסקית פחוסה המסתובבת סביב צירה ומתאפיינת בטמפרטורה ולחץ גבוהים בחלקים הפנימיים של הדיסקית וטמפרטורה ולחץ נמוכים בחלק החיצוני של הענן. דיסקית זו נקראת דיסקית ספיחה. בשלב זה ניתן לחלק בצורה כללית את דיסקית הספיחה לשנים: החלק הפנימי ביותר הקורס ליצירת כוכב והחלק החיצוני שממנו נוצרים בסוף כוכבי הלכת. בחלק החיצוני חלקיקי האבק מאבדים ממהירותם למהירויות שבהם ההתנגשות בין החלקיקים לא מנדפת אותם אלא גורמת לכך שהם יצמדו אחד לשני ליצירת גופים גדולים יותר ויותר, כפי הנראה נוצרו בשלב זה שביטים ואסטרואידים מטיפוס כרונידיטים פחמניים. השביטים והכרונידיטים הפחמניים הם הגופים העתיקים ביותר במערכת השמש, לפי מחקרים שנערכו בכרונידיטים פחמניים שנמצאו באנטארטיקה. הכרונידיטים הפחמניים לא

עברו שינויים רבים מאז שנוצרו לפני 4.6 מליארד שנה, לעומת מטאוריטים המורכבים מיסודות כבדים יותר כברזל לדוגמה. כאן נכנס גורם נוסף לתהליכים המאפיינים את יצור חומרי הגלם לכוכבי לכת והוא התפלגות הטמפרטורה בענן. כפי שהוזכר, הטמפרטורה בענן משתנה מטמפרטורה גבוהה במרכז הענן עד לטמפרטורה נמוכה בשולי הענן (גרף 1). ממחקרים שנעשו בקשר לשביטים (Bedrem D 1962; Bennet H.T. 1963), נבדק במיוחד קרח ונמצא שאורך חיי אובייקט בסמוך לשמש קצר יותר מאשר בריחוק מהשמש, המסקנה הנובעת ממחקרים אילו היא, שישנה תלות בין אורך החיים של גוף במרחקו מהשמש ובסוג החומר שממנו הוא מורכב. (גרף 2). דבר זה מסביר את המבנה של מערכת השמש, שבחלק הקרוב לשמש מורכבים הגופים מתרכובות צורן העמידות בטמפרטורות גבוהות ואילו בחלקים החיצוניים יותר הרכב הגופים מתאפיין בחומרים נדיפים כגון קרח ותרכובות פחמניות (מיתן ואמוניה).

מתצפיות בכוכבים שונים ידוע שהם עוברים שלב של פליטה עזה ביותר של רוח שמשית (חלקיקים טעונים הנזרקים מפני השמש), רוח שימשית זו מהווה גורם נוסף המסייע ל"ניקוי" דיסקית הספיחה מעודפי חומר. מבחינת כמות החומר דיסקית הספיחה מאופיינת בכמות מסה גדולה מהנצפת היום במערכת השמש. במהלך ההתפתחות נפלטת החוצה מרבית המסה של דיסקית הספיחה. פליטת החומר הכוללת מהעננה גורמת לשינוי בתנע הסיבוב של מערכת השמש לערך הנראה היום.

#### היווצרות כוכבי הלכת

תנאי הלחץ והטמפרטורה השונים בחלקים השונים של דיסקית הספיחה גרמו להבדלים בהרכב החומרים בכוכבי הלכת כפי שהוזכר.

אולם כיצד נוצרו כוכבי הלכת? מדוע לא המשיכו השביטים והאסטרואידים לנוע במסלולים עצמאים סביב השמש אלה התרכזו ליצירת פלנטות? יתכן שבשלב ההתמוטטות של הענן ליצירת דיסקית ספיחה, נוצרו מספר מערבולות משנה, שמהן נוצרו בכוכבי הלכת, ביחוד נראה הדבר בכוכבי הלכת החיצוניים, אשר מלבד פלוטו וכירון שהמידע עליהם עדיין לוקה בחסר, נראה שהרכב החומרים של כוכבי הלכת החיצוניים דומה להרכב החומרים בשמש. ניתן לראות בצדק כוכב מטיפוס ננס חום קטן שמוגדר ככוכב שהמסה שלו לא מספיקה ליצירת תהליכי היתוך. ניתן לראות שבדיסקיות הספיחה המקומיות שמהם נוצרו כוכבי הלכת החיצוניים, התרחשה תופעת הפרדה של חומרים לפי טמפרטורות בדומה להפרדה במערכת השמש, בעיקר מובחן הדבר במערכת הלוינים הגדולים של כוכב הלכת צדק שם ישנו הבדל בצפיפות הלוינים כתלות במרחק מצדק.

כוכבי הלכת הפנימיים נוצרו כנראה, בתהליך שונה, כאשר גופים שנוצרו המשיכו לגדול במידה כזו כך שהם משכו אליהם גופים קטנים מסביבם, הגופים הגיעו למסה מספיק גדולה כך שכוח המשיכה על פניהם הספיק לכך שתוצרי הפגיעות נשאר על פני כוכב הלכת ולא נזרקו בחזרה לחלל. האטמוספרות על כוכבי הלכת הפנימיים נוצרו מנפילת שביטים על פני כוכבי הלכת ביחד עם פליטת גזים מפנים כוכבי הלכת בתהליכים טטקוניים (הרי געש). האטמוספרות נוצרו מהרגע שכוח המשיכה של כוכבי הלכת הספיק להחזיק את החומרים הנדיפים על פני כוכבי הלכת באיזורים במערכת השמש שהטמפרטורה היתה גבוהה מכדי שחומרים אלו יתנדפו לחלל החיצון.

## היווצרות הלוינים במערכת השמש

את הלוינים במערכת השמש ניתן לחלק לשניים: הלוינים הקטנים, שהם כפי הנראה אסטרואידים שנילכדו במסלול סביב כוכבי הלכת כגון הירחים של מאדים והלוינים הגדולים סביב כוכבי הלכת החיצוניים, כאשר הסבירות הגדולה ביותר שהם נוצרו בחלק מדסקיות ספיחה המקומיות שיצרו את כוכבי הלכת הענקיים.

חידה גדולה במיוחד היא חידת ירח כדור הארץ. הירח גדול מדי ביחס לכדור הארץ ונשאלת השאלה כיצד נוצר או נילכד גוף אשר לו יחס המסות גדול כל כך לעומת הגוף אותו הוא מקיף.

תאוריה חדשה שעלתה לאחרונה מדברת על כך שכדור הארץ נפגע על ידי גוף בסדר גודל של מאדים בשלבים הראשונים להיווצרות מערכת השמש מעוצמת הפגיעה נזרק חומר ליצירת הירח. תאוריה זו נבחנה בהדמיות מחשב והיא אף עולה בקנה אחד עם הממצאים שנאספו במבצעי אפולו אשר מראים על דימיון רב בהרכב סלעי הירח לסלעי כדור הארץ. אולם הם חסרים לחלוטין עיקבות של מים. ההרכב הדומה של סלעי הירח והמחסור במים מאושש את התאוריה שכן הפגיעה התרחשה לפי התאוריה בשלב שבו סלעי כדור הארץ עדיין היו מותכים ומים כמובן לא יכלו להתקיים על פניו. תאוריה זו תואמת את התאוריה המתארת את היווצרות כוכבי הלכת הפנימיים מהתלכדות של גופים הולכים וגדלים.

## טווח הזמנים

טווח הזמנים של היווצרות מערכת השמש עדיין לא ברור לגמרי, אולם מתצפיות ניתן להניח ששלב דיסקית הספיחה הוא 100,000 שנה. וכפי הנראה נדרשים עד 100 מליון שנה

להיווצרות כוכבי הלכת בעיקר כוכבי הלכת הפנימיים. עדות למשך הזמן הארוך שנדרש ל"ניקוי" מערכת השמש, אנו רואים בסימני הפגיעות הרבים על פני גופים בכל רחבי מערכת השמש. סימני הפגיעות מראים ששלב הניקוי הסופי ארך זמן רב לאחר שנוצרו כוכבי הלכת והלוינים במערכת השמש.

## סיכום

מאמר זה תיאר באופן כללי את שלבי היווצרות מערכת השמש. כפי שאנו רואים, התאוריה המתארת את היווצרות מערכת השמש מענן אבק וגז עונה על הבעיה של היווצרות מערכת השמש בצורה הטובה ביותר. מקור חומרי הגלם הוא בענן אבק וגז, סיבוב כוכבי הלכת ומישור הסיבוב נובע מיצירת דיסקית הספיחה וההרכב השונה של כוכבי הלכת נובע מתוך תהליכי עליית הטמפרטורה במהלך ההתמוטטות של הענן ולאחר מכן מתהליכי התגבשות של חומרים לפי הטמפרטורה השונה בחלקים השונים של מערכת השמש.

כמובן שנתרו עוד מספר רב של שאלות ללא מענה אולם נראה שאנו צועדים בדרך הנכונה להסבר על היווצרות מערכת השמש.

## מערכות שמש סביב כוכבים אחרים

ישנה עדיין שאלה אחת שלא דנו בה והיא, האם זהו תהליך יחודי או שהוא מתרחש בכל רחבי היקום. ההנחה הבסיסית היא שחוקי הפיזיקה תופסים בכל חלקי היקום ואין שום תצפית שסותרת הנחה זו. ומתצפיות על כוכבים בשלבים שונים של היווצרות סיפקה הרבה מידע על היווצרות מערכת השמש, כך שניתן להניח במידה גדולה של ודאות שנוצרו כוכבי לכת סביב שמשות אחרות במהלך היווצרותם. נותרה רק שאלת גילוי כוכבי הלכת הנ"ל ועל כך במאמר הבא.

13. Kenet W, Bruce C.M. & Harrison B., 1962, The Stability of Volatiles In The Solar System., *Icarus*, 1. 317-327.
14. Grossman L. 1975, The Most Primitive Objects in the Solar System., *Scientific American*. 223, Feb. 30-38.
15. Cameron A.G.W., 1975, The Origin and Evolution of the Solar System., *Scientific American*, 223, 66-75.
16. Lewis J.S., 1974. The Chemistry of the Solar System., *Scientific American*. 230 Marh, 51-65.
17. *Cosmos*, 1980, Sagan C. Random House.
18. *Comets*, 1985, Sagan C. & Druyan A. Michael Joseph London.
19. *Thunderstones and Shooting Star. The Meaning of Meteorites*, 1986, Dodd R.T., Harvard University Press.
20. *Introduction to Geology*, 1968, Stokes W.L. & Judson S., Prentice Hall Inc.
21. *Space Exploration*, 1983. Lewis R.S. (ed), Salamander Book.
22. Rengarajan T.N. & Verma R.P., 1985, Shock-induced Star Formation in G357.7-0.1? *Nature*, 317, 415-416.
23. Gilmore G., 1982, Star Formation In galactic Spiral Arms, *Nature*. 297, 179-180.
24. Clayton D.D., 1985, Aluminium Clues to the Formation of the Solar System. *Nature*, 315, 633-634.
1. עצמון צ., 1990, מי הבריח את הברזל? מדע, לד, 236-237.
2. שדות מגנטיים ביקום, 1990, כל כוכבי אור, 3, 84 (תירגום מתוך The German Research Service. Vol. V-8/89
3. רזניק א., 1989, מוצא הירח, לג-2, 86-89.
4. היקום, ברוש נ., נצר ת., מידד מ., הוצאת רמות 1990 ת"א.
5. השמש שלנו, דרך א., הוצאת משרד הביטחון, 1989.
6. גאולוגיה עולם של תצפיות ומסקנות, מזור ע., הוצאת משרד הביטחון, 1989.
7. אסטרופיזיקה והחיים מחוץ לכדור הארץ, שביב ג., הוצאת משרד הביטחון, 1983.
8. Black D.C., 1991, World Around Other Stars., *Scientific American*, 264 jan., 50-56.
9. Davies R., 1990, the Discovery of a Brown Dwarf star., *Astronomy Now*, 4-6, 25.
10. Taylor R., The Moonless Planet., *Astronomy Now*, 4-3, 29.
11. Taylor R., Origin of the Moon., *Astronomy Now*, 4-9, 25.
12. Bertram D., 1963, The Origin and Structure of Icy Cometary Nuclei., *Icarus*, 2,396-402.

