

# הכוכבים בחודש

11

שנה , מס.

יוצא לאור על ידי  
אגודת אספראנסים-חובבים בישראל  
בעריכת ד. ז'יק

## הפיסיקה הגרעינית מעלה רמזים להיסטוריה הקדומה של מערכת השמש

התפתחויות חדשות באסטרופיזיקה גרעינית עשוות להבהיר פרטיהם מסויימים עודות ההיסטוריה הקדומה של מערכת השמש. ו. א. פאולר, ג'. ל. גריינשטיין ופ. הוזיל הציבו בעבודותיהם<sup>1</sup> על כך, כי שכיחיות הגרעינים של האיזוטופים  $\text{B}^{10}$ ,  $\text{Be}^7$ ,  $\text{Li}^7$ ,  $\text{Li}^6$ ,  $\text{B}^{11}$ ,  $\text{D}^2$ ,  $\text{Be}^{9\alpha}$ ,  $\text{B}^{10}$ ,  $\text{Li}^7$  מגלות רמזים העשויים לעזרה לנו להבהיר היסטוריה זו. אחד התוקרים האלה סיכם לאחרונה<sup>2</sup> את הרזונות שאליהם הגיעו הוא וחבריו ואנו מבאים להן את דבריו בתרגום מקוצר.

כוכבי הגלקסיה שלנו מאכלסים סטרוקטורה שטוחה דמיית-עדשה בעלת גרעין כדורי שמננו מקרינות ורעות סיליליות אחידות הנגירות בכיוון סיבוב הגלקסיה. לפני 12 מיליארדי שנים היה מראה הגלקסיה שלנו שונה לחולוין. לפי ההשערה הנוכחית היא הייתה או ענן עצום, מסתובב של גז שהיה תלוי במרחב — ערפילי ומפוזר. גז זה היה עשוי מימן, שהוא הקל מבין היסודות. אין אמן להוציא מכלל האפשרות שהיתה נוכחת גם כמות קטנה של הלויים או יסודות כבדים יותר, אך ההשערה הפוכה ביותר לעת עתה אומרת, כי הגז הקמאי של הגלקסיה היה מימן נקי.

במשך הזמן נתבקש גז המימן באזוריים אחידים של הגלקסיה וייצר את הכוכבים הראשונים של המערכת — ותהליך זה של יצירת כוכבים נמשך עד להווה. השימוש נוצרה לפני כ-4.5 מיליארדי שנים, מאוחר יחסית במשך זמן הקיום של הגלקסיה שלנו, בת 12 מיליארדי השנים.

החותם, המהווה כוכב, מתחם בשעת התכווצותו כל עוד אנרגיה גרביטציונית נהפכת לאנרגיות תרמיות פנימיות. התurbות החומר נמשכת עד שהטמפרטורת עולה לגובה המספיק להתרחשות בעירה גרעינית ( $\text{K}^{\circ} \sim 10$ ). בכוכבים של "הדור הראשון" (הנוצרים בראשית קיומה של הגלקסיה) הופכת אותה בעירה גרעינית את המימן הנקי להליום תוך סידרה של ריאקציות גרעיניות שנתקדו בהרחבת אופן נסוני ובתיאוריה. את התהליך בכללתו אפשר לסמל על ידי  $\text{He}^4 \rightarrow \text{He}^4$ . מימן הוא "הדלק" והליום "האפר" באותו "עירה" (עירה במובן גרעיני — ניקליורי — ולא במובן כימי). בעירת המימן משחררת עם ראשיתה אנרגיה, הטמפרטורה והלחץ הפנימיים עולים ונפסקת ההתמוטטות גרביטציונית. הכוכב נעשה יציב ובתוכו

<sup>1</sup> W. A. Fowler, J. Greenstein, and F. Hoyle: Nucleosynthesis during the Early History of the Solar System. *The Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 6 (1962), 148—220; W. A. Fowler: Nuclear Clues to the Early History of the Solar System. *Science* 135 (1962), 1037—1045.

<sup>2</sup> W. A. Fowler: Nuclear Clues to the Early History of the Solar System. Leaflet No. 141 (September, 1963), *Astronomical Society of the Pacific*.



פועל כור היתוך (fusion reactor)<sup>3</sup> כמקור האנרגיה שלו והוא מادر באור ללא שינוי ולצמיחות — או כמעט לצמיחות! לבסוף איפילו המקור העצום של האנרגיה הגרעינית התרוקן: המימן המרכזוי כולם הפך להלום, שאינו בוחר בטמפרטורה שבָּר מימן. בנקודה זו נכנסת לתמונה שוב הגרביטציה והיא גורמת להתקומות ולהתחומות של גרעין הכוכב, העשו עכשווי הליום, עד שימושת טמפרטורה שבָּה מתחילה בעירה של הליום ( $A = 10^6$ ). כתוצאה מבעירת הליום נוצר פחמן. את התהליך בכללותיו אפשר לסמל על ידי  ${}^{10}C \rightarrow {}^4He + {}^4He$ . כאן הליום הוא הדלק ופחמן האפר.

שני תהליכיים אלה המובילים לייצור הליום ופחמן מימיין נקי, בשלבים עוקבים, יכולים לשמש דוגמאות לתחilibים הגרעיניים שלפיהם אפשר לסתהו, לפי הדעה המקובלת היום, את כל האיזוטופים של היסודות הכבדים יותר, כשהם מימיין הוא צור מהצבתם העיקרי. תוך התרחשות תהליכיים גרעיניים עוקבים משתנה הרכב הכוכב ואנו אומרים שהכוכב מתפתח (עובד אבולהציה) כאשר מבניינו הפנימי ומראוו החיצוני משתנים כתוצאה משינויי ההרכב המתפתחים בשכבות שונות בתוכו. עירית המימן מתרחשת בגרעין הכוכב במשך שלב האבולהציוני שלו שבו הוא נמצא בـ"סידרה הראשית"; בעירה של הליום ושל גרעיניםכבדים יותר מתרחשת, במשך השלב שבו הוא מכונה "ענק אדום". בשלב אחרון זה ממשיכה עיריה של מימיין בклиפה דקה שמהוז לגרעין הליום.

מבחינת הניקליואסיטניתה הרכחי הוא לחשוב שיתהוו מוצבי אידיציבותו במהלך האבולהציה וההזדקנות של כוכב. אכן מוצבים אלה נצפים. המריעשים ביותר ביניהם הם תופעות הסופרנוバנה (supernova), שבהן מתפוץץ כוכב כמעט לחלוטין ומפזר את החומר שלו, משנה את צורתו, למרחב הבין-כוכבי. חומר זה מתערבב בגז המימן הבלתי מעובה שבגלפסה והוא מוכן לתהליך העיבוי של כוכבים "בני דורות מאוחרים". בדרך זו נוצרו היסודות הכבדים במערכות המשמש — לא על ידי השימוש עצמה, אלא על ידי תהליכי גרעיניים בכוכבים לאין ספור שנולדו ומתו זמן רב לפני הולדת המשמש.

היוצאים מן הכלל הבולטים באוטה שרשרת של סינטזה גרעינית הם הגרעינים הקלים בלבד  ${}^4He$ . נקבע באופן כמעט ודאי שגרעין  ${}^4He$  מקورو רדיוגני, שני, והוא נוצר בתהליכי אדמתיים. גרעינים יציבים בעלי מסה 5 או 8 אינם קיימים. לעומת זאת ידועים מזמן הקשיים ביצירת תיאודירה שתסביר את התהווות של דוטרונים ושל איזוטופים של ליתיום, בריליום ובזיר על ידי תהליכי תרמו-גקליארים בתחום הכוכבים. הבועיה למצוא מגנון לסינטזה של גרעינים קלים אלה קשה מאוד, כי  ${}^7Li$ ,  ${}^9Be$ ,  ${}^{10}B$ ,  ${}^{11}B$ ,  ${}^{12}D$ ,  ${}^{13}D$ ,  ${}^{14}H$  הינו נרסים במהירות תוך עירית המימן בתחום הכוכבים, גם אם מקבלים את ההנחה שהם נוצרו שם בכלל. בתהליך הכללי  ${}^4He + {}^4He \rightarrow {}^1H + {}^4He$  המתרחש בכוכבי הסידרה הראשית מוצע  ${}^2D$  בكمות של שיווי משקל המבוטאת ביחס  ${}^{10-17}H/{}^2D$ , ערך קטן בהשוואה ליחס השorder בצדור הארץ של  $1.5 \times 10^{-4} = {}^2D/{}^1H$ . עירית הליום בכוכבי "ענק" פוסחת על האיזוטופים הייציבים של ליתיום, בריליום ובזיר. לפיכך ייצור גרעינים אלה אינה נמצאת בקו העיקרי של סינטזה היסודות. השכיחות הנמוכה של גרעינים קלים אלה משתמשות לכך.

<sup>3</sup> בשם היתוך גרעיני (nuclear fusion) מכונה ריאקציה גרעינית (nuclear reaction) המובילת לייצור גרעיני אטומיים בכדים יותר. ריאקציות היתוך הן אקסותרמיות (exothermal), כלומר ביהן משחרור אנרגיה — אנרגיית הקשר (binding energy) הקשורה את החלקיקים האלמנטריים בגרעין. אנרגיה זו משחרור, כאשר דפקט המסה (mass defect) של גרעין "הבת", תוצרת היתוך, הוא גדול מסיכון ופקט המסה של גרעיני "האב", הגרעינים המקוראים. (డפקט המסה או פחות המסה,  $\Delta m$ , הוא ההפרש שבו קטנה המסה הכללית של גרעין מסיכון המסונות של מרכיביו). אנרגיית היתוך מופיעה כאנרגייה קינטית (kinetic energy) של תזרות הריאקציה.

כתוצאה מן הганל'ן הוא, כי הסינטזה מתרחשת בדרך של **קיטוע** (spallation, fragmentation) <sup>4</sup>, על ידי חלקיקים לא-תרמיים בעלי אנרגיה גבוהה, בפעולות גומלין עם חומר קריר יחסית בעל דחיסות מוגנה ולא תלות בסביבה האסטרופיסקלית המשוימת שבה הדבר מתרחש. יצירת דיזטרונים, גרעיני ליתיום, פרילום ובור על ידי קיטוע של גרעינים כבדים יותר, המתרחשת בקרינה הקוסמית או במערכות של אנרגיה גבוהה, תשמש דוגמה לכך. אף מניהם, אף שדיזטרונים, ליתיום, בריליום ובור, אדמתים ומטיאורייטים, נוצרים בדרך דומה. החלקיקים בעלי האנרגיה הגבוהה, בעיקר פרוטונים, קיבלו את תואצמת בתוצאה מפעילות אלקטромגנטית על פני השימוש הטילית. מכאן גיסא התרחש הקיטוע, שזכר עליון, בשלב ביןיהם אצל החומר הפלנטרי, אחרי שזה נפרד מן השימוש, אך לפני יצירת כוכבי הלכת. התקופה הפעילה הוז נמשכה <sup>5</sup> 10 שנים בקירוב, ממש לפני השימוש הצעירה השתכנה בסידרה הראשית.

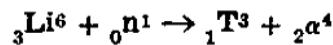
עדות צפחתית עיקרית להשערה זו במחקריהם אסטרונומיים בזמן האחרון משמשת השכיחות של ליתיום שנתגלתה בכוכבי Tauri T צעירים ושל בריליום בכוכבי A מיוחדים. מחקרים אלה העלו, למשל, שבפני השטח של כוכבי Tauri T עולה כמות הליתיום לכל גרעם של חומר לפחות פי עשר על זו שבחומר הערפיי המקיים אותם ושמננו נוצרו כוכבים אלה לפי המשוער. מכאן, שכוכבים צעירים ופעילים יוצרים מספיק גרעינים קלים לעצם, אך לא מספיק בכך שהדבר יתגלה בחומר גלפטני מייצג.

השיקולים הנו'ל ביחס לגרעיני האטומיים מבוססים בראש ובראשונה על העובדה, הרואית לתשומת לב, כי באرض קטן היחס בין האיזוטופים הייציבים של היסוד ליתיום ( $\text{Li}^7/\text{Li}^6$ ) בהשוואה ליחס אחד לאחד, וכך הדבר גם אצל האיזוטופים הייציבים של היסוד בור ( $\text{B}^{10}/\text{B}^{11}$ ). כתוצאה מריאקציות קיטוע, שזכור עליון לעיל, מתקבלים יחס איזוטופים של ליתיום ובור 1 : 1. מצד שני גדולים באופן יוצא מן הכלל בתחום הפעולות התרמיים (thermal cross sections) <sup>6</sup> לגבי הריאקציות על פיכך נראה, כי יחס האיזוטופים הנצפים דורשים:

<sup>4</sup> חלקיקים בעלי אנרגיה גבוהה מאוד ( $\text{MeV}^{10}$  ויותר), כפי שהם מצויים בקרינה הקוסמית או נוצרים באופן מלאכותי במערכות של אנרגיה גבוהה, יכולות להתגש עם גרעיני אטומיים ולהביא לידי "התאותם" של אלה. הגרעין שנפגש מתנגש לרטסים בעלי מסה שונה. התהלהן הוה מכונה התנגשות או קיטוע (spallation, fragmentation).

<sup>5</sup> חתך פעולה ( $\sigma$ , cross section) משמש מידה להסתברות של ריאקציה גרעינית. הוא השטח האפקטיבי לפועל גומלין (interaction) גרעינית מסוימת. במילוי אחרונות: זהו דרך דמיוני המציין, מה היה אරיך להיות גזול תוך חתך הרוחב של הגרעין המופצע, לו רצינו להסביר מבחינה גיאומטרית טורה את השכיחות של ריאקציה גרעינית, הגזית בניסוי, על ידי "פועעה" של הקלע בגרעין.

<sup>6</sup> בשם ריאקציות גרעיניות (nuclear reactions) מכנים את פעולות הגומלין (interactions) של גרעיני אטומים עם חלקיקים אלמנטריים (כגון פרוטונים, נויטرونים, אלקטرونים וכו'), עם חלקיקי  $\alpha$ , קוונטי  $\gamma$  או עם גרעיני אטומים אחרים; בתוצאה של ריאקציות גרעיניות נוצרים גרעינים אחרים. הטרנספורמציות המתחוללות בריאקציה גרעינית מתוארות בדרך כלל בנוסחות מטווג זה:



פרש הנוסחה: כsluguin ליתיום (כעל מספר אטומי = מספר פרוטונים = 3 ; בעל משקל אטומי 5 ; מסה 1) — נפלט חלקיק  $\alpha$  (מספר אטומי 2 ; מסה 4) ונוצר גרעין אשר שינה את המספר האטומי שלו ולפיכך גם את זונתו הכימית: טרייטום (מספר אטומי 3 ; מסה 1).

בצורה מקוצרת רושמים את הנוסחה:  $\text{T}^3(\alpha, \text{He}^4)\text{Li}^6$ ; כלומר רושמים את החלקיק הנבלע ואת החלקיק הנפלט בסוגרים וטסיק מפרי ביציהם, קוראים משמאלי לימן. ב( $\alpha, \text{He}$ ) מציגים, כאמור, בליעת נויטרון שאחריה בא פליטת חלקיק  $\alpha$ ; ב( $\text{He}, \text{H}$ ) — בליעת נויטרון שאחריה בא פליטת פרוטון; ( $\gamma, \text{H}$ ) בליעת נויטרון שאחריה בא פליטת קוונט  $\gamma$ .

ונוכחות נויטרונים תרמיים. כשןוכחים נויטרונים חופשים חלה הפחתה של  $\text{D}_2\text{O}$  ועליה של  $\text{D}_2$ . מזיאות של נויטרונים כשלעצמה אינה מפתיעה, כי ריאקציות הקיטוע עצמן יוצרות נויטרונים בשפע.

אין זה מסתבר, כי ריאקציות נויטרונים עם  $\text{D}_2$  ו- $\text{D}_2\text{O}$  תתרחשנה בחומר שהרכבו כהרכב המשם, כי בחומר כזה נבדים כל הנויטרונים החופשיים באופן עיל ביחס על ידי מימן. ריאקציות נויטרונים עם  $\text{D}_2$  זו  $\text{D}_2\text{O}$  היו היבות להתרחש, אפוא גם אחרי שהחומר הפלנטרי נפרד מן המשם וגם אחורי שריכוזו-היתר של המימן היה נפרד מן החומר הפלנטרי. בהשואה לזמן מחצית החיים של התפרקות נויטרונים חופשים (12 דקות), ארוך מדי הזמן הדרוש לבריחה מן המשם ולפיכך מצוי הנויטרונים הפלנטרי נמצא במצב של גז בדוחיסות נמוכה, כי בחומר בעל דחיסות נמוכה נהרסים הנויטרונים לפני שהם מגיעים לפועלות גומלין עם גרעינים אחרים.

תנאים פיסיקליים מתאימים לתהליכי המ"ל מתמלאים אצל פלנטזימלים מוצקים (planetesimals), חלקיקים היוקלים של כוכב-ילכת, המורכבים מי- $\text{O}_2\text{H}$  ותחמושות של מגניום, צורן וברול, ביחס מקרוב של 1 : 1 לפי הנפה.  $\text{O}_2\text{H}$  הופיעו, כפי הנראה, גם בצורת קרח וגם כמים (hydrate). לפני שהתחילה בעירת המימן הייתה עצמת האור של השימוש ההיוולית קטנה בהרבה מזו של השימוש הנוכחות. הטמפרטורה של החומר הפלנטרי בקרבת הארץ הייתה בתחום של  $\text{K} = 200 - 130$ .  $\text{O}_2\text{H}$  התעבו והוא קופאים בפלנטזימלים אלה, אך לא אמונייה ( $\text{NH}_3$ ) ומתן ( $\text{CH}_4$ ). התהומות הנויטרונים הומרצה על ידי "פייזור גמיש" (elastic scattering)<sup>7</sup> בתוך המימן. הנויטרונים יצרו לא רק את היחסים המכוטיים הנדרשים של ליתום ובור, אלא חלק הנויטרונים שנכלדו על ידי פרוטונים נתן גם דויטרונים במידה מסוימת, בכך לייצור בחומר המוקן יחס H/D העולה יותר מעשר פעמים על זה שבכדור הארץ.

לא כל החומר הפלנטרי הוקן על ידי הפרוטונים המשמשים בעלי האנרגיה הגבוהה, אחרת היו מסולקים להלוטין כל הגרעינים בעלי חתכי פעולה גדולים מאוד של נויטרונים תרמיים, כגון למשל  $\text{Gd}^{157}$ . אבל  $\text{Gd}^{157}$  נמצא בשכיחות "NORMALITÄT" ביסוד גאודוליניות (Gadolinium) האדמתי. דבר זה נבען גם ביחס לאיזומופ של אורנניום הניצן לביקוע,  $\text{U}^{235}$ . לאור השימוש המודרני של  $\text{U}^{235}$  היה נראה טוב יותר, לו היה כל החומר הפלנטרי עבר הkrone על ידי נויטרונים — אך נראה שדבר זה לא קרה. על פי נתוני H/D מעריכים שרק 10%–1 מון החומר עברו הkrone. מניחים שאטם 10%–1 היו את שכבת השטח של הפלנטזימלים המוצקים, בעוד שהחומר הפנימי של גופים אלה היה מוגן מפני הפרוטונים המשמשים על ידי שכבת פנוי השטח. הנחה זו מחייבת של 10%–1 מאותם הפלנטזימלים היו רדיוסים בסדר גודל של 10–1 מטרים.

התנאים ששררו במשך היוצריםם של הפלנטזימלים היו נוחים מאוד לבניית מולקולות מעניות מבחינה ביולוגית. ניתן להעלות את האפשרות שהחומר טרומי ביוטיים ואף ביוטיים יכול להיווצר בפלנטזימלים לפני היוצרים הארץ. ההשערה זאת נחקרה עכשו על ידי ביולוגים המזונניים במוצא החיים.

השכיחיות הטרסדיות והמטיאורטיות של  $\text{B}$ ,  $\text{Li}$ ,  $\text{Be}$ ,  $\text{D}$ ,  $\text{D}_2$  מגדרות את העוצמה ואת ההקף של הקיטוע ושל התהליכים הנויטרוניים שחלו בפלנטזימלים.

<sup>7</sup> ריאקציה גרעינית שבה החליק הפוגע זהה עם החליק הנפלט מכונה פיזור (scattering). על פיזור גמיש (elastic scattering) מדובר, כמשמעותו חוק שימור האנרגיה, לגבי האנרגיה הקינטית, על ידי החליק הפוגע, הגרעין הנפגע והחליק שפזר. פיזורaboliti גמיש" מתרחש, במקרים מן האנרגיה של החליק הפוגע נשאר בגרעין הנפגע כפוטנציאל עוררות (excitation potential); לרוב נמסר פוטנציאל העוררות לאחר מכן כקוחnet<sup>7</sup>.

תוך שימוש בערכי הקרן שנמצאו בדרך זו, נעשה חישוב, כדי לקבוע לאיזה שכיחיות אונומליות אפשר לצפות במטיאוריטים בעקבות תהליכי קיטוע שהתחוללו בגופים המקוריים שלהם נוצרו אובייקטים אלה. למשל, היצרה של גרעינים רדיואקטיביים בתוך הפלגנטזימלים, כמו  $^{107}\text{Ag}$  ו-  $^{120}\text{Xe}$ , מסבירה את הנוכחות של  $^{107}\text{Ag}$  ו-  $^{120}\text{Xe}$  רדיוגניים (ממוצא רדיואקטיבי). שנמצאו אונומליות במטיאוריטים בעלי יחס שכיחות גבוהים של  $\text{Pd}/\text{Ag}$  ו-  $\text{Xe}/\text{I}$ .  $^{107}\text{Pd}$  מתפרק ל-  $^{106}\text{Ag}$ ,  $^{120}\text{I}$  בתור מתפרק ל-  $^{120}\text{Xe}$ . כמשמעותם בתהליכי התפרקות של  $^{107}\text{Pd}$  ו-  $^{120}\text{I}$  בתור "שעון", מוצאים, שרויוּי הזמן שבין המאורעות האלה או בין מארע הנוקליואסיניתיה לבין סיום תהליכי הקיטוע הם בתחום של  $10^6$  ו-  $10^8$  שנים. ריוּוחי זמן אלה, הקדרים יחסית, מרמזים, כי תהליכי הקיטוע וריאציות הנוקלארונות בתחום הפלגנטזימלים היו תוספת "של הרגע האחרון" לתהליכי הכללים של הנוקליואסיניתיה בכוכבי הגלקסיה שלנו. נוקליואסיניתיה זאת "של הרגע האחרון" הייתה מיוחדת למערכת השמש שלנו ומשמשת רמז לטבע המאורעות שהתרחשו בהיסטוריה הקדומה שלו.

\*

## מטרות מטיאוריטים בנובמבר

**הלייאזנידים** (Leonids) מופיעים בעיקר בין הימים 11—20 בנובמבר ומגיעים לשיא בין ה-15 ל-17 בו. מוצא הקרן נמצא כ- $10^\circ$  צפ' לדגולות והוא מוגדר יפה; הקואורדינטות שלו הם:  $6 + 22^\circ$ ,  $(152^\circ 8m)$ . המטיאוררים הם מהירים, נראים כקווים, מהירותם הבינונית 77 ק"מ/שנה. הם מתלכדים בגובה ביןני של 133 ק"מ, כבאים בגובה 89 ק"מ ואורך מסלולם הנראה הוא 87 ק"מ. מוצאם מכוכב שבית  $\alpha$  Tempel (Tempel I). מחרוז ההקפה של המטר הוא 33.2 שנים. הופעת המטר ידועה החל משנת 902 לטפה  $\gamma$ , אפהlion המסלול מגיע מעבר למסלולו של אורנוס. בשנים 1799, 1833 ו-1866 חלו תופעות נחרדות של מטר מטיאוררים זה, פחות מזהירות היו גם בשנים 1867 ו-1868. בשנת 1899 המטר לא הופיע כלל, כי הכמות העיקרית של המטיאוררים הוצאה מסלולה על ידי כוכב הלכת צדק. התופעות צנויות יותר נראו בשנים 1898 ו-1901, לפני ואחרי שהמטה העיקרית הייתה צריכה לעبور במסלול. בשנים 1932 ו-1933 נראית פעילות מוגברת והשער השנתי הגיע עד 40—60. עד 1960 הייתה התדירות שוב נמוכה ונראה כ-6 מטיאוררים בכל שעה.

משערים שחלקים קודמים ועוקבים של המטה העיקרית של המטיאוררים יחצו את מסלול הארץ עד 1966/1967. והנה, כבר ביום 16 ו-17 בנובמבר 1961 נצפתה הגברת ניכרתה של פעילות המטר. ביום אלה נראו במשך שעתים 50—80 מטיאוררים לכל שעה וביניהםبني גודל 0 ו-1. (ראה גם את הדוח על "תצפית הליאזנידים בשנת 1961" של ח' א. מצגר שפורסם בגליאון דצמבר 1961 של "הכוכבים בחודש", שנה ח', מס' 12, עמ' 137).

התחזית לתשpit בשנה זו אינה בטוחה. התופעה העיקרית נמשכת זמן קצר ויתכן שהיא תחול כמושואה הקרן בשביבנו מתחת לאופק. מוצא הקרן נמצא בחוץ נמוך מעל לאופק במורח ועולה עד  $80^\circ$  בדרום בשעת זרימת החמה.

**הטאוריידים** (Taurids) הם מטר מטיאוררים דל המגיע לשיא ביום בין 3—13 בנובמבר. מוצא הקרן נמצא  $4^\circ$  דר' לכימה:  $20^\circ + 6$ ,  $(55^\circ 3h 40m)$ . הפעולות מועטה, כ-6 מטיאוררים לשעה. מהירותם ביןוני 39 ק"מ/שנה. קיים קשר משוער עם כוכב שבית אנקה (Encke). מקום מוצא הקרן נוח לתשpit משעה 21 עד 04, אך אור הירח מפריע, בעיקר בשבוע הראשון של החודש.

**הביילידים** (Bielaids), הנקראים על שם כוכב השביט Biela, נראים כשריד דל שפעילותם מגיע למטיאורים מעטים בכל שנה. אך לפי חוקרי המטיאורים תחנן התאחדות מוגברת של המטר. השיא שלו חל ב-15 בנובמבר. מוצא הקרינה:  $43^{\circ} + 8$ , ( $32m\ 1h$ )  $23^{\circ}$ . תנאי התצפית הם נוחים השנה.

## בָּאֲגַזְדָּה

רח' הנביאים וגערכט בשיתוף פעולה עם החברה למולדות הרפואה ומדעי הטבע, סניף ירושלים. החברים ואורחות מוזמנים.

### שיטות למדידת מסלולו של לוין

עבדתו של ח' צבי דרזנר שנדי פסה בהמשכים בגלגולנות של "הכוכבים בחודש" (מצטבר 62 עד מאי 63) הופיעה כתה כתדייס מיוחד. חברים המעורננים קיבל את התדייס יפנו למוי' כירוט האגודה.

### תקצيري הרצאות של הבינוס הארצי

החל מן הגליון הבא של "הכוכבים בחודש" נדפס תקצيري הרצאות שהושמעו בכינוס האסטרונומי הארצי האחרון של אגודתנו שהתקיים בחודש אוגוסט 1963.

### בסטניף תל-אביב

ביום א', 1 בדצמבר, ירצה ח' אינג'י, פוקס במסגרת פגישות המועדון על הנושא: "אלכסיות". הרצאה תהיה מלאה תМОנות-אור, היא תתקיים באולם היישוב של "בית דבר", רח' שנייני-קין 45, בשעה 20.00.

**ערבי תצפית** ליד הטלסקופ יתקיים מوال גג בית ההסתדרות ברמת-גן, פינת הרחובות הרצל ויהלם: ביום ב', 11 בנובמבר, בשעה 18.00 (יריחי צוק ועוד) ביום ב', 25 בנובמבר, בשעה 18.00 (יריח ועוז)

### בסטניף ירושלים

ביום ה', 28 בנובמבר, בשעה 20 בערב, ירצה הד"ר גדי בן-עמי צרפתי על הנושא: "הקוסמולוגיה בתלמוד". הרצאה תתקיים באקדמיה לרפואה,

## אגודות אסטרונומיים חובבים בישראל

### מוסדות, סניפים מקומיים וחוגים אזוריים

**מרכז האגודה:** אגודה אסטרונומיים חובבים בישראל, ע"י האוניברסיטה העברית ירושלים.  
**מוסדות האגודה:** בכל יום (א-ה) בין השעות 5 עד 7acha'ץ בפלנטריום ויליאמס, קריית האוניברסיטה העברית ירושלים, טלפון 35281, קו משנה 300.  
**מצפה-כוכבים:** ירושלים, טלביה, רת' ז'בוטינסקי ליד צריפי המעבדות של האוניברסיטה העברית (וואולוגיה).  
**פלנטריום ויליאמס:** ירושלים, קריית האוניברסיטה העברית.  
**"כוכבים בחודש"**: יrhoן האגודה, מערכת והגלה לפיה כתובת מרכז האגודה.

### סניפים וחוגים אזוריים:

**תל-אביב וגוש דן:** ע"י אינג'י, פוקס, רח' הפטגה 14, גבעתיים.

**רחובות:** ע"י נ. הלוי, כפר גתון, ע"י רחובות.

**גליל מערבי:** ע"י ד. קיש, רח' ירושלים 5 ב', נהריה.

**גליל עליון:** ע"י ד. בן ליש, דפנה, דואר נס הגליל העליון.

**עמק הירדן:** ע"י ש. לולב, בית גורדון, דגניה א, דואר נע עמק הירדן

תחזית ל特派יט אקו | Echo | בנובמבר 63

מאת נ. דרונגר, תל-אביב

## הمسلسلים הנראים במשדר החודש

**השורדים:** א' – היום, ב' – שעת השיא (שעות וזכות), ג' – גובה השיא (במעלות ממל לאופק, מקורב), ד' – כיוון השיא, ה' – מקום הזריחה, ו' – מקום השקיעה.

הכינויים: 0 — קורקן, 1 — צפ, 2 — צפ'צפ'מץ, 3 — צפמו, 4 — מוצפ'מו/  
5 — מו, 6 — מוידר'מו, 7 — דר'מו, 8 — ורידר'מו, 9 — דר, 10 — דר'דר'מו/  
11 — דר'מע, 12 — מע'דר'מע, 13 — מע, 14 — מע'צפ'מע, 15 — צפ'מע, 16 — צפ'צפ'מע.

זמן הזריחה הוא כ-10 דקות (במוצע) לפני השיא.

זמן השקיעה הוא כ-110 דקות (במוצע) לאחר השיא.

שחוותן של הלוין בכל הארץ בשעות ה-בו-קר: עד שעה אחת לפני זריחה המשמש ייראה המסלול בשלהמו. כ-3 שעות לפני זריחה יופיע הלוין בגובה השיא וייראה עד לשקיעתו. כ-5 שעות לפני זריחה הוא יופיע רק סמוך לשקיעתו. בשעות ה-ער-ב: עד שעה לאחר שקיעת השמש ייראה המסלול בשלהמו. כ-3 שעות לאחר השקיעה יעלם הלוין בגובה השיא וכ-5 שעות לאחר השקיעה יעלם סמוך לזריחתו.

פיגורו המשוער לתחילת נובמבר 63.6 דקוט. יש להזכיר שפיגורו יקטן עד 63 דקוט בסוף החודש.

# השמי בחדש נובמבר 1963

## תופעות מיוחדות

יום	שנה (לפי שעון ישראל)
1	נוגה — כוכב ערב, נמר בעדר/מע.
17	אדק בטורמן, שבתאי בדר.
18	הירח דור/טורמן לכימה <sup>1</sup> , מע' לאלאדיברן. <sup>2</sup>
21	hirah צפמן לאלאדיברן. <sup>2</sup>
21	hirah צפמן לאלאדיברן. <sup>2</sup>
4/3	לילה טאורידים, מטר מטיארים, בשיא ; ראה רשימה מיוחדת בעמ' 133.
4	צהרים צהירת השמש המוקדמת ביותר בשנה : בירושלים מצהירה השמש ב- 22.7 h 11 m (משוחאת הזמן = +16.4m).
(3)	כוכב חמה מתכזב עם השמש, התקבצות עליה.
(18)	מאדים (ארס) מתכזב עם אנטארס (=אנטיארס, המתחורה שלו) ועובר ° 4 צפ' לו ; הכוכבים שוקעים בשעה זו ויש לצפות לפני כן, ג' מאדים +1.6, ג' אנטארס +1.2.
23	hirah דרומי לאקסטור/פולופס.
(15)	נטונ מתקבץ עם השם.
3	hirah צפמן לרגולוט. <sup>3</sup>
(13)	נוגה מתכזב עם אנטארס ועובר ° 4 צפ' לו.
15	הליוגדים, מטר מטיארים, בשיא — עד 17 בחודש ; ראה רשימה מיוחדת בעמ' 133.
15	הביילידים, מטר מטיארים, בשיא ; ראה רשימה מיוחדת בעמ' 134.
3	אורנוס במז' נוח לתצפית עד ל- 25 בחודש.
17	תרmesh הירח (צר מאד) כ° 5 מע' לנוגה.
(6)	נוגה מתכזב עם הירח, מאדים ° 3 דר.
(9)	מאדים מתכזבים הירח, מאדים ° 3 דר.
17	התקבצות קרובה מאוד של נוגה ומאדים. נוגה עובר ' 3 בלבד דר, למארים (ההתקבצות בעליה ישנה חלה בשעה 24) : אור מאדים תלש מאד (+1.5), האור של נוגה עולה עליו ב- 4.8 גראם (3.3). קלומר 83 פעמי.
20	hirah דר/מע' לאלפא/ביתא בגרי. <sup>4</sup>
18	hirah דר/מע' לשbetaי.
(7)	שבטה מתכזב עם הירח, שבטה ° 2 צפ'.
1	ירח ג' עובר צפ' לאדק, בשעת התקבצותו העליונה.
2	אדק מתכזב עם הירח, צדק ° 4 צפ'.

\* (הסוגרים) סבב סימון השעה מסמנות תופעות שיש בהן עניין, אך הן אינן ניתנות לחצפה.  
<sup>1</sup> Pleiades M45 — כימה (פליאדות), מ' 45, אביר כוכבים פתוח במוזל שור, כ° 230. כוכבים בני ג' 3 עד 14 (ג' עד 10 נראים בעין), מ' 410 ש"א, קוטר הצביר 30 ש"א : הכוכב הראשי, אלקיאונה, בן ג' 3.0 הוא כוכב כפול-ארבעה. ראה מפה בכרך ו' (1959). עמ' 116.

<sup>2</sup> Aldebaran Tauri (אלדאהראן) = שבא אחריו, קלומר הכוכב העולה אחרי כימה : ג' +1.1, ג' מוחלט -0.2, מ' 53 ש"א ק' 35 × שמש, ט' ° 3500, חנווה עצמית ° 0.203. בז' מ' ° 160, מהירות רזיאלית +55 ק"מ/שנ' ; מלחה בן ג' 13, מ' 31 ; סט' gK5.

<sup>3</sup> Regulus Leonis (המלך הקטן) : השם ניתן על ידי קופרניקוס) : ג' +1.3, ג' מוחלט -0.4, מ' 70 ש"א, ט' ° 13400, חנווה עצמית ° 0.247 בז' מ' ° 269, מהירות רזיאלית +7 ק"מ/שנ', עצמת-אור 97 × שמש ; מלחה בן ג' 176, מ' 291 ; סט' B8.

<sup>4</sup> Capricorni α₁, α₂ : בפיל אופטי, גנאה כבר בעין. ג' 3.8/4.5, מ' 291, ז' מ' ° 376. מ' של Capricorni α₁ 3000 ש"א, ג' מוחלט -5.4. Capricorni β : כוכב כפול, ג' 6.1/3.3, מ' ± 205, ז' מ' ° 267, מ' 500 ש"א. לשוני המרכיבים צבעים שונים — זהוב וכחלחל, סט' B8/G0.

יום שעה (לפי שעון ירושה)

29	17	נוגה קרווכ לשביר הכוכבים והערפילית מ-8 בקשת <sup>5</sup> ; מ-8 ידוע כמקור-זריזו (וسترהאוט 29 Westerhout 29); בין השעות 01 עד 03 ב-30 נובמבר חלה התחסות המקור על ידי נוגה.
29	19	הירח ורימני לכימה. <sup>1</sup>
30	19	הירח מעיפמי' לאלדייבן, <sup>2</sup> דרימן' לכימה. <sup>3</sup>

<sup>5</sup> צביר-כוכבים פחות: Lagoon Nebula, M8/NGC6523: ג' 5.9, ק' 60X36, מ' 3600 ש"א; ליד הערפילית.

### שימוש

נובמבר 1963	עליה ישירה	נסעה נסעה	שם-כוכבים	במצהר של אחריו נסעה	נסעה נסעה	שם-כוכבים	במצהר של אחריו נסעה	נסעה נסעה	שם-כוכבים	במצהר של אחריו נסעה
			(לפי שעות זמן עולמי)	5 ימים <sup>1</sup>	נווינץ <sup>2</sup>					
			לפי שעון ישראל ואופק ירושלים							
			h m s	h m s	h m s	h m s	h m s	h m s	h m s	h m s
16 51	44	11 23	5 54	2 38 14.7	—15 42	—14 08	14 21.9	1		
16 43	41	11 23	6 03	3 17 40.3	—18 30	—17 10	15 01.6	11		
16 38	38	11 25	6 11	3 57 05.8	—20 46	—19 42	15 42.7	21		
16 36	37	11 27	6 19	4 32 34.8	—	—21 29	16 20.9	30		

<sup>1</sup> בטור זה מובאת הנטייה ב-6, 16 ו-26 של כל חודש.

<sup>2</sup> לכל ° אורך מ- מגורנץ יש להוסף ° 4m (למשל זמן כוכבים בשבייל אורך גיאוגרפי של ירושלים ' 13° = 35° 13' + 2h 20m 52s = + 9.86s).

אורך היום קטן מ-10 שעות 57 דקות בראשית החודש עד 10 שעות 17 דקות בסופה.  
הדמיומים האסטרונומיים (השמש ° 18 מתחת לאופק) נמשכים ברוחב הגיאוגרפי של ירושלים 1h 24m.

חזי קווטר השמש: ב-1 נובמבר 08' 16' וב-30 בו 15' 16' (חזי הקוטר הבינווני הוא 01' 16', כפי שהוא נראה במרחיק של 1 י"א).

### זיה

נובמבר 1963	עליה ישירה	נסעה נסעה	קולונג <sup>1</sup>	חזי קווטר	חזי קווטר	קולונג <sup>1</sup>	חזי קווטר	חזי קווטר	קולונג <sup>1</sup>	חזי קווטר
			(לפי שעון ישראל ואופק ירושלים)							
			h m s	h m s	•	•	•	•	h m s	
1 15 56	○	5 24	17 07	83.7	16 41	+ 6 46	1 56.8	1		
8 08 37	☽	11 03	21 33	144.4	16 08	+22 47	7 01.8	6		
16 08 51	●	14 27	1 30	205.3	15 03	+ 8 23	11 29.6	11		
24 09 56	☽	17 02	6 00	266.2	14 42	—13 47	15 13.9	16		
2 02	פריגיאום	20 48	10 23	327.2	14 59	—22 43	19 24.2	21		
16 08	אפוניאום	0 48	13 43	28.1	16 00	— 6 57	23 45.5	26		
30 15	פריגיאום	5 19	16 24	76.6	16 43	+14 42	3 25.8	30		

<sup>1</sup> קולונג'ורה סלונגראט של השמש.

לייראציה מכטימליות

•	d (U.T.)	•	d (U.T.)
+6.7	12.9	+7.7	8.1
+6.7	27.3	—7.7	24.0
באורך:	ברוחב:	באורך:	ברוחב:

באורך: + שפה מע' מגולת ברוחב: + שפה צפ' מגולת  
— שפה מז' מגולת — שפה דר' מגולת

טושן הסימנים:

המשך העזרות מעמ' 138

<sup>2</sup> א = תנועה אחורנית (ממו' למע').

<sup>3</sup> ע = עומס מתוגעה (בעליה ישירה), עובי מביחן אחר למשנהו.

<sup>4</sup> ס = תנועה קדומנית (ממע' למז').

<sup>5</sup> י"א (יחידה אסטרונומית) = 149 504 200 ק"מ.

<sup>6</sup> אצל כוכבי-הכלכת צוק ושבתאי מובא כאן חזי הקוטר מוקטב לקוטב.

כוכבי לכת

מספר נובמבר	עליה ישירה 1963	נסיפה 2	מולוי תנוצה <sup>2</sup>	מטרה נזול ב- <sup>3</sup> יארט <sup>4</sup>	זריחת צהיר השיקום (כפי שעון ישראל ואופק ירושלים)	גודל צורה גודל		16.0 שעות זמן עולמי <sup>5</sup> )				
						ה	מ					
16 43	11 15	5 47	-1.0	1.00	2.4	1.419	ק	בתולה	-12 38	14 12.8	1	פ
16 45	11 24	6 03	-0.9	1.00	2.3	1.437	ק	מאזנים	-15 10	14 37.8	* 5	
16 49	11 38	6 27	-0.7	0.99	2.3	1.445	ק	מאזנים	-18 32	15 15.7	11	
17 01	12 03	7 05	-0.5	0.97	2.4	1.412	ק	עקרב	-22 55	16 19.7	21	
17 18	12 27	7 36	-0.5	0.92	2.5	1.334	ק	נושאנחש	-25 13	17 19.1	30	
17 39	12 29	7 19	-3.3	0.96	5.2	1.621	ק	מאזנים	-18 52	15 27.8	1	♀
17 43	12 42	7 41	-3.3	0.95	5.3	1.589	ק	עקרב	-21 53	16 19.4	11	
17 51	12 56	8 01	-3.3	0.93	5.4	1.553	ק	נושאנחש	-23 52	17 12.9	21	
18 02	13 09	8 16	-3.3	0.92	5.5	1.518	ק	קשת	-24 38	18 02.0	30	
18 12	13 10	8 08	+1.6		2.1	2.288	ק	עקרב	-21 41	16 09.7	1	♂
17 55	12 58	8 01	+1.6		2.0	2.315	ק	נושאנחש	-23 25	16 56.6	16	
17 42	12 48	7 54	+1.5		2.0	2.334	ק	קשת	-24 15	17 42.2	30	
3 54	21 42	15 34	-2.4		22.7	4.043	א	דגים	+ 3 05	0 44.8	1	24
1 51	19 41	13 35	-2.3		21.1	4.352	א	לויתן	+ 2 27	0 37.5	30	
23 31	18 15	12 59	+0.8		7.7	9.661	ק	గדי	-17 03	21 17.5	1	ל
21 43	16 26	11 09	+0.9		7.4	10.135	ק	גדי	-16 40	21 22.3	30	
14 06	7 44	1 22	+5.9		1.8	18.799	ק	אריה	+ 8 50	10 44.1	1	ט
12 14	5 53	23 28	+5.9		1.9	18.325	ק	אריה	+ 8 33	10 47.1	30	
17 14	11 52	6 30	+7.8		1.2	31.308	ק	מאזנים	-14 44	14 52.7	1	Ψ
16 47	11 25	6 04	+7.8		1.2	31.314	ק	מאזנים	-14 49	14 53.7	* 8	
15 24	10 02	4 40	+7.8		1.2	31.243	ק	מאזנים	-15 02	14 56.9	30	

**ראאה בראשית התופעות המינוחות בתאריך זה.**

כאן נרשם שם המזול שבתחומו נע כוכביהלמת. לפי תיאום קבוצות-הכוכבים המקובל היום עוכרים המסלולים של כוכביהלמת גם בקבוצות שאינן נמנות עם גלגוליהםolor=black

137 הערות בעמ'

ראשי תיבות וקיצורים

צפון, צפונית	גודל, דרגות-גודל (זוהר מדומה) צפ'
התកבצות על יונה	דרומ, דרוםית ק"ע
התקבצות תחתונה	זוית'מצב, נמדדת מצפ' מכיוון ק"ת
רווח הליוונטורי גדול ביותר	מ' דר' מע' ר"ה
קוטר	חומר (על פני השטח) ק'
שנה, שנים	יחידה אסטרונומית (מרחק ממוצע ש')
שניה, שניםות	של אוציאטש = 149.504.200 ק"מ, שני'
מעלה (מעלת-קשת, 1/360 של מעגל)	לפי הפלבסה של השימוש בשעורה (8.80)
דקת-קשת ( $1^\circ = 60'$ )	מרחק (מן הארץ)
שניות-קשת ( $60'' = 1'$ ).	מחוזור הקפה
עליה ישרה	מרחק זויתי (בין כוכבים, בשניות א'
נטיה	קשת = אלונגציה אצל כוכבילכת ג
יום, ימים (יממות)	מורחת, מזרחתית ד
שעה, שעות	מכיטימי לי ה
דקה, דקות	מערב, מערבית מ
שניה, שניםות	מחלקה ספקטרלית טפ'

## ירחי צדק

בטבלה ניתנים ומני הtures המיוודאות של ארבעת הירחים הגולים של כוכב הלכת צדק, איו (Io), אירופה (Europa), גאנימד (Ganymed) וCALLISTO (Callisto), הנראים בטלסקופ קתן או במשקפת-שרה חזקה. ראש תבות וקצורים בטבלה:

כ"ה תחילת התקנות, הירח נעלם בשפטו המז' של צדק.

כ"ס סוף התקנות, הירח חורף ומופיע בשפטו המז' של צדק.

ל"ה תחילת ליקוי, כניסה הירח לתוך קונוס-הצל של צדק. נקודות הליקויים משנות את מרחוקה המדוימה משפטו של צדק במשך השנה, לפי מצב קונוס-הצל ביחס לכיוון הריאיה מן הארץ.

צ"ה התקנת צל, הירח עובר על פני צדק. הזמן בטבלה הוא ראשית מעבר הירח על פני הדיסק של צדק בשפטו המז'.

מ"ס סוף מעבר, יציאת הירח מן הדיסק של צדק בשפטו המז'. הופעת צל הירח על פני הדיסק של צדק. הופעה זו קשורה במישרין למעבר הירחים.

צ"ס סוף צל, יציאת צל הירח מן הדיסק של צדק.

מ"ז מז' מרחק וחיתוי (אלונגאצייה) מרווח (של ירח זה). מרחק וחיתוי מערבי.

מ"ז מע' קיבוץ (התקבצות) עליון.

ק"ע קיבוץ תחתון.

ק"ה יש להתחיל בתצפית לפני המועדים הנתונים ואו אפשר לעיתים לראות שינוי מקום מהיר של הירחים.

h	m	d	h	m	d	h	m	d	h	m	d	
0	20	24	2	18	17	19	37	9	2	52	1	
IV	1	27	III	23	16	III	23	40	II	17	19	
II	19	26	25	1	49	18	III	19	49	II	21	03
II	21	34	II	17	03	III	22	18	I	3	36	
II	21	52	II	18	58	III	23	05	II	18	51	
II	23	59	II	19	28	III	1	39	III	19	02	
I	0	32	26	II	21	23	I	2	29	III	21	37
I	1	38	I	1	36	I	17	06	I	0	42	
I	18	15	II	18	47	II	18	47	I	1	22	
IV	21	51	I	22	43	IV	0	55	I	2	53	
I	1	10	28	I	23	42	I	23	48	I	3	34
IV	1	57	III	16	43	IV	1	55	I	22	02	
I	19	00	I	20	03	I	21	46	I	0	55	
III	19	21	I	23	14	I	23	07	I	19	09	
I	20	07	I	17	10	I	23	58	I	19	51	
I	21	11	I	17	16	I	18	15	I	21	20	
III	21	19	I	18	11	I	21	19	I	22	03	
I	22	18	I	19	22	I	17	34	I	19	24	
III	23	52	I	19	50	I	18	27	I	1	33	
I	19	39	29	I	20	22	I	21	57	I	3	02
I	16	47	30	I	17	43	II					

## ירחי שבתאי

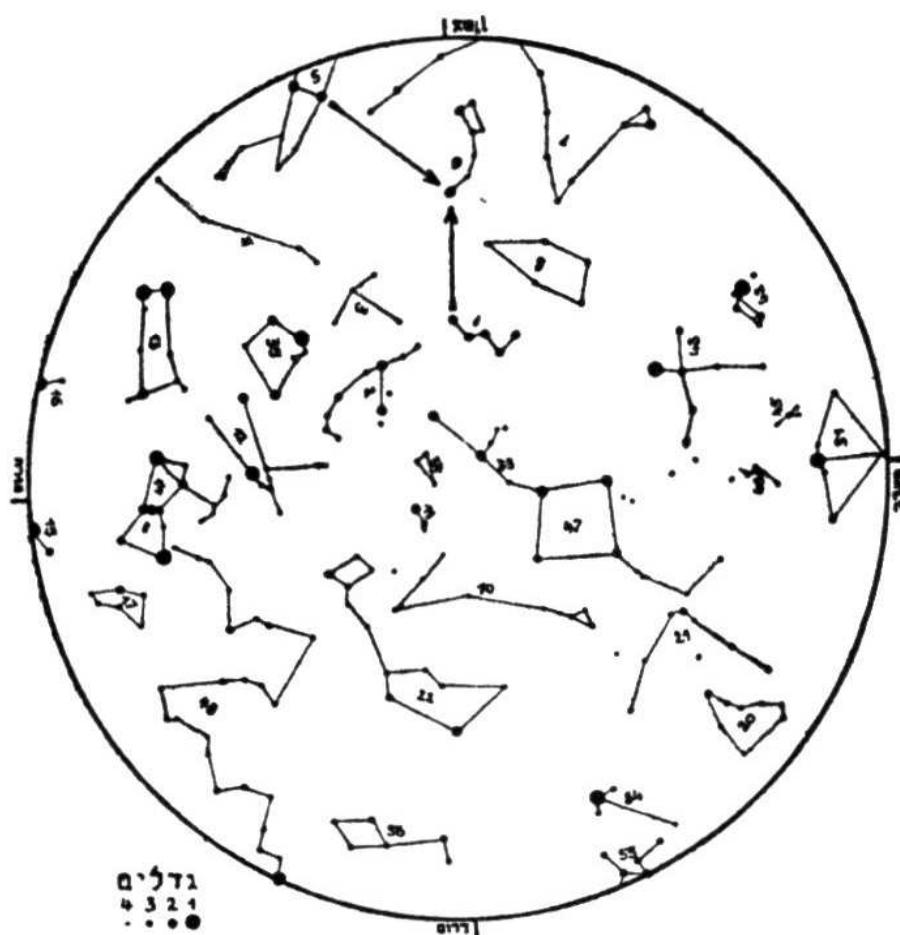
VI (Titan)			
h	d	h	d
00.8	17	04.9	13
K"y		04.5	29

## V (Rhea)

ומני מ"ז מז': ב' 5 בחודש בשעה 08.1, ב' 9 בשעה 20.5, ב' 14 בשעה 09.0, ב' 18 בשעה 21.5, ב' 23 בשעה 10.0, ב' 27 בשעה 22.5.

## מפת שמי הערב ב-15 בנובמבר ב-00:22

בראשית החודש ב-00:23 ובסופה ב-00:21 = שעת הכוכבים: 40:01



מו', ומע' מסומנים במפות כוכבים הפוך מן הנהוג במפות הארץ, כי אלו צופים על פני הארץ "מלמעלה" ( מבחוץ), על השמים "מלמטה" ( מבפנים). יש אפוא להחזיק את מפת השמים מטה לראש. צריך לדאוג שהקו צפ'-דר' יהיה מכיוון אל-ינכוון (בעזרת כוכב הקוטב המסתמן בחיצים) ואז יתאיםו נקודות זו' זמם' של המפה. קבוצות הכוכבים מסומנות במפה במספרים המופיעים בתאורה שמי העדב בסוגרים אחרי שמות הקבוצות. הכוכבים הראשיים הנזכרים בתאורה הם הכוכבים המזהירים בכל קבוצה וקבוצה.

המספרים במפה מצינים את קבוצות הכוכבים כללו:

1	קאסיאופיה	8	קפיוס	16	כלב קטן	33	אנדרומדה	46	דולפין
2	פרסיוס	10	דגים	17	ארנבת	34	משולש	47	פגאסוס
3	ביראפה	11	טלה	20	גדי	35	עגלון	48	ארידנוס
4	ליינס	12	שור	21	דלי	42	_nb_לבל	54	דג דרומי
5	דובה גדולה	13	תאוימים	22	לויתן	43	ברבור	55	עגור
6	דובה קטנה	14	אורוון	31	נשר	45	חץ	56	פניפס
7	דרקון	15	כלב גדול						

### זמן מינימום של אלגול

ב-2 בחודש בשעה 03.4, ב-5 בשעה 00.2, ב-7 בשעה 21.0, ב-10 בשעה 17.8,  
ב-22 בשעה 05.1, ב-25 בשעה 01.9, ב-27 בשעה 22.7, ב-30 בשעה 19.5.