

הכוכבים בחודש

יוצא לאור על ידי

אגודת אסטרונומים יחובבים בישראל

בעריכת ד. זיצ'ק

9

שנה , מס'

חקר גלכסיות מרוחקות

מאת ו. א. אמבארצומיאן¹

האוניברסום הניתן לתצפית מכיל אובייקטים שאנו מסוגלים לרשום אותם באמצעות רדיו-טלסקופים בלבד.

הגלכסיה שלנו קטנה באופן מיקרוסקופי בהשוואה לכל המרחב הניתן לתצפית. הגלכסיות החיצוניות הן מערכות כוכבים עצומות בעלות ממדים שונים. אחדות מהן כוללות מיליוני כוכבים, אחדות מיליארדים ואחרות מאות מיליארדים ואף ביליונים של כוכבים. קיימות גם גלכסיות ננסיות הכוללות עשרות אלפי כוכבים בלבד. גלכסיות ננסיות מרובות יותר באוניברסום מגלכסיות-ענק וגלכסיות על-ענק. אך גלכסיות-על-ענק מכילות כוכבים כה רבים, עד שרוב רובם של כוכבי האוניברסום מרוכזים בהן.

חקר האובייקטים האקסטרא-גלכטיים הקרובים וגם האובייקטים של הגלכסיה שלנו העלה, שהחלק הרב ביותר של החומר מרוכז בכוכבים וחלק קטן בלבד של המסה הכללית מפוזר בערפיליות, באבק קוסמי, בכוכבי לכת ובמטיאורים, המסקנה הטבעית היא שהכוכבים מהווים את הצורה הרגילה ביותר של קיום החומר. העובדה שחומר כוכבי הוא בדרך כלל יציב מאוד היא בעלת משמעות יתרה.

בהשוותם את הגלכסיות הבחינו האסטרופיסיקאים, כי הן נבדלות במידה ניכרת בצורה ובמראה. אחדות הן בעלות צורה כדורית או אליפטית, אחדות מוציאות מתוכן זרועות סליליות, ומכונות משום כך בשם גלכסיות סליליות, ואחרות הן בלתי-סדירות. האסטרונומים ממינים את הגלכסיות לפי תכונותיהן השונות.

נקבע, שגלכסיות אליפטיות, סליליות ובלתי-סדירות רבות מכילות במרכזן גרעין דחוס. התצפית במערכות כוכבים הראתה שהגרעין משחק תפקיד חשוב ביותר בחיי גלכסיה. ידוע שגלכסיות סובבות סביב מרכזי הכובד שלהן שהם בדרך כלל זהים עם גרעיניהן. אך חשיבותו של הגרעין אינה רק בכך שהוא מסמן את המקום הגיאומטרי של מרכז הכובד. בתצפית הגלכסיות אנו רואים שהן "זורקות" מתוכן זרועות סליליות. הזרועות אינן "נזרקות" למעשה, אלא מוצאן הוא בגרעין — ותו לא. נוסף על כך גילינו לאחרונה זרמים היוצאים בקווים ישרים מן הגרעין. מסתבר שבמקרים אלה אנו עדים לתהליך זריקת חומר מן הגרעין. לפעמים ניתן להבחין בתוך זרמים אלה מיקרשים קטנים. לימוד מדוקדק הביא לידי המסקנה, שאלה הן מערכות כוכבים קטנות ועצמאיות שגם הן גלכסיות אך ננסיות בלבד. בדרך זאת מולידה מערכת-ענק גלכסיות קטנות.

¹ אנו מביאים כאן בתרגום מלא את מאמרו של ו. א. אמבארצומיאן (V. A. Ambartsumian), נשיא האקדמיה הארמנית של המדעים, שהוא גם הנשיא הנוכחי של האיגוד האסטרונומי הבינלאומי. המאמר פורסם לא מכבר על ידי סוכנות הידיעות "נובוסטי" (Novosti, A.P.N.).



אסטרונומים הולנדיים קבעו שגם הגלפסיה שלנו מוציאה חומר בצורת זרועות סליליות שמוצאן מן האזורים המרכזיים של הגלפסיה. המסקנה ההגיונית היא שלגרעינים יש במידה רבה תפקיד יוצר והם המקום שבו נולדים מרכיבים חשובים שונים של מערכות כוכבים.

כדי לוודא את היחס בין טבעו של הגרעין לבין חיי גלפסיה בשלמותה, ביצענו לאחרונה תצלומים רבים של גרעינים שונים במצפה הכוכבים של ביוראקאן. זה היה מיבצע קשה, כי אף בתצלומים שצולמו בטלסקופים חזקים ביותר מופיעים הגרעינים כנקודות בלבד. אבל קווי אופי יסודיים מסויימים של הגרעינים שהעלינו, איפשרו לנו לקבוע את כושר הקרינה שלהם ואת התלות בין מבנה הגלפסיה לבין הפעילות האפשרית של הגרעין שלה.

בעיית הפעילות של גרעינים גלפטיים נחקרת כעת בשיטות הרדיו-אסטרונומיה. נמצא שקיימים שני סוגי גלפסיות. אחד, שנכנה אותו בשם גלפסיה רגילה, פולט כמות קטנה יחסית של קרינה. גלפסיות מן הסוג השני הן בעלות כושר קרינה חזק. בלימוד הרדיו-גלפסיות הגענו למסקנה שטבען נקבע בפעילות הגרעינים שלהן. מסתבר שהגרעינים פולטים מתוכם כמויות עצומות של חלקיקים מהירים מאוד — ביניהם אלקטרונים וחלקיקים אחרים הנעים כמעט במהירות האור. בהילכדם בשדות המגנטיים שבתוך גלפסיות אלה ושבסביבתן, פולטים חלקיקים אלה קרינה.

כיצד אפשר להסביר את העובדה, שהגלפסיות אינן מפוזרות באוניברסום פחות או יותר באופן אחיד, אלא מהוות הצטברויות המגיעות לעיתים לצפיפות גדולה ואילו במקרים אחרים הן צפופות פחות? מניין אותה מגמה להצטבר? אין לתת עדיין תשובה בטוחה על שאלה זו. כעת ניתן להעלות רק את השאלה על יציבות הצטברויות אלה. התצפיות גילו לנו שרבות מבין ההצטברויות הן תצורות בלתי יציבות ביותר. הדבר מתברר על ידי מהירות התנועה של הגלפסיות. ברוב המקרים הן נעות במהירויות המרשות להן להתגבר בקלות על כוח המשיכה המופעל על ידי מרכיבים אחרים של אותה ההצטברות ועל-ידי-כך הם מסוגלים להמלט ממנה.

כשאנו אומרים שהגלפסיות מראות נטייה להצטברות, זוהי צורת התבטאות בלבד, המשקפת את העובדה שגלפסיות בודדות מופיעות רק לעתים רחוקות. מאוד מתקבל על הדעת שלקבוצות הגלפסיות יש מוצא משותף והן מתפזרות במרחב רק לאחר מכן. לעת עתה אנו רחוקים עדיין מפתרון שאלה זו. פתרון בעיות ממין זה תקרב אותנו להבנת תהליכים רבים המתחוללים באוניברסום.

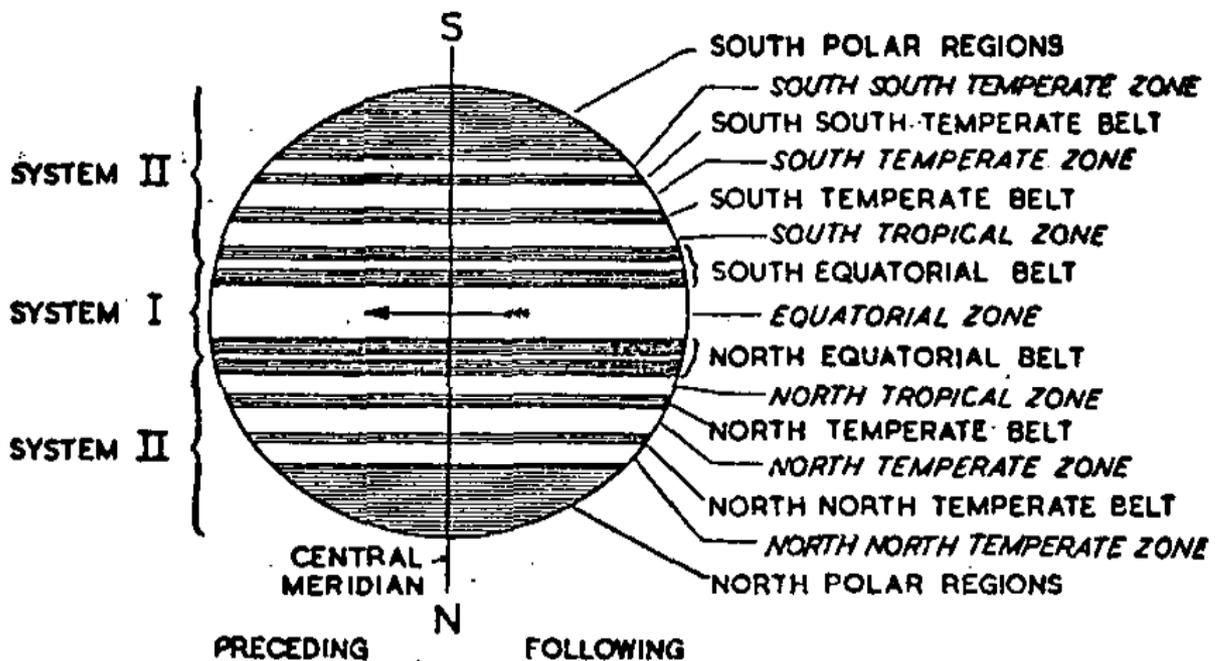
נוב הלכת צדק 1963

לקראת ניגודו לשמש מתחילה עונת התצפית העיקרית בכוכב-לכת זה שהוא אחד האובייקטים המעניינים ביותר בשביל צופים בעלי טלסקופים קטנים. בראשית חודש ספטמבר 63 עולה צדק בשעה 19 53 ובסופו ב-17 51. בחודשים הבאים הוא ייראה במשך כל שעות הערב. ניגודו לשמש יחול ב-8 באוקטובר והוא ייראה משקיעת השמש עד זריחתה. צדק מגיע ב-26 בספטמבר 63 לפריהליון ולכן מכונה ניגודו באוקטובר ניגוד-פריהליון. זוהו של צדק עולה כבר בסוף חודש זה למכסימום האפשרי: ג' 2.5 — (לעומת ג' 2.0 — בניגוד-אפהליון). הארץ מתקרבת לצדק בשעת הניגוד השנה עד 3.9525 י"א = 591 מיליון ק"מ; בשעת ניגוד-אפהליון (למשל ב-1957 ו-1969) גדול המרחק ב-74 מיליון ק"מ בקירוב (כמחצית המרחק של ארץ-שמש). אורו של צדק יגיע אלינו בשעת הניגוד אחרי 32 דקות 51 שניות; קוטרו המשווני ייראה בזווית 49.8" קוטרו מקוטב לקוטב 46.5"

צדק נמצא בתנועה אחורנית במזל דגים (מ-10 באוגוסט עד 6 בדצמבר 63). ב-9 באוגוסט 63 הגיע צדק למקומו הצפוני ביותר בשנה זאת (נטיה $6^{\circ} 16'$ +), במשך תנועתו האחורנית הוא מדרים (עד $2^{\circ} 27'$ + ב-1 בדצמבר) מכאן ואילך הוא מתחיל שוב להצפין. במשך 3 עד 4 השנים הבאות יעבור צדק באזורים הצפוניים ביותר של גלגל המזלות, ולכן יהיו בשנים 1963—1967 תנאי התצפית במחצית הצפונית של כדור הארץ הנוחים ביותר.

אנו מזכירים לחברים, כי בגליונות מאי ויולי 1960 של "הכוכבים בחודשם" (כרך ז', מס' 5, עמ' 49—63; מס' 7, עמ' 67—73) הבאנו תאור מפורט של צדק וירחיו ובו חומר רב ומגוון הנוגע לתצפית¹.

אנו מביאים כאן את הדיאגרמה של הרצועות והחגורות שעל פני צדק וכינויים. כל צופה מתעתד חייב ללמוד תחילה את שמות הרצועות והחגורות הבהירות (הרווחים בין הרצועות) השונות. שמות אלה מובאים בציור. בשנת 1962 חלו ברצועות כוכב הלכת שינויים ניכרים והענין בתצפית צדק הוא גדול גם השנה.



ראשי-התיבות של שמות אלה מקובלים כקיצורים:

רצועה משחנית צפונית	NEB	אזורים קוטביים דרומיים	SPR
חגורה טרופית צפונית	NTrZ	חגורה ממוזגת דרומית-דרומית	SSTZ
רצועה ממוזגת צפונית	NTB	רצועה ממוזגת דרומית-דרומית	SSTB
חגורה ממוזגת צפונית	NTeZ	חגורה ממוזגת דרומית	STeZ
רצועה ממוזגת צפונית-צפונית	NNTB	רצועה ממוזגת דרומית	STB
חגורה ממוזגת צפונית-צפונית	NNTZ	חגורה טרופית דרומית	STrZ
אזורים קוטביים צפוניים	NPR	רצועה משחנית דרומית	SEB
		חגורה משחנית	EZ

המונחים שבהם השתמשנו הם:

T, Te temperate	ממוזג	B — belt, band	רצועה
Tr — tropical	טרופי	Z — zone	חגורה
E — equatorial	משחני	R — region	אזור

¹ חברים שאין להם גליונות אלה יוכלו להזמין במזכירות האגודה.

להלן אנו מביאים את הנתונים הנוגעים לתצפית המעברים במיצהר המרכזי של צדק ורישומם לגבי שגה זו. הסבר מפורט ניתן כאמור ברשימה שהופיעה בגליון מאי 1960, עמ' 50—52. בלוחות המצורפים מובא אורך המיצהר המרכזי של צדק ל-0 שעות זמן עולמי (2 שעות לפי שעון ישראל) לכל יום עשירי בחודש (מספטמבר 63 עד מרס 64) בשביל מערכת I ו-0 בנפרד. לוח נוסף מראה את שינויי האורך ברווחי זמן שונים. דוגמת חישוב מסבירה את השימוש בלוחות.

**אורך המיצהר המרכזי של צדק ב־0 שעות זמן עולמי
(2 שעות לפי שעון ישראל)
מערכת I = אזור המשווה**

יום	ספטמבר 63	אוקטובר	נובמבר	דצמבר	ינואר 64	פברואר	מרס
1	196°	257°	115°	172°	23°	232°	124°
11	336°	37°	255°	310°	161°	9°	260°
21	117°	177°	34°	88°	298°	145°	37°
31	—	317°	—	226°	74°	—	173°

מערכת II = קווי רוחב צפ' ודר'

יום	ספטמבר 63	אוקטובר	נובמבר	דצמבר	ינואר 64	פברואר	מרס
1	274°	106°	88°	276°	251°	223°	253°
11	338°	170°	151°	338°	311°	283°	313°
21	42°	234°	214°	39°	12°	343°	14°
31	—	297°	—	100°	73°	—	74°

שינוי באורך ברווחים של זמן בינוני

מערכת II	מערכת I	מחזור הסיבוב
9h 55m 40s	9h 50m 30s	סיבוב ב־24 שעות
870.3°	877.9°	הבדל באורך אחרי 24 שעות
+150.3°	+157.9°	הבדל באורך אחרי 18 שעות
+292.7°	+298.5°	הבדל באורך אחרי 1 שעה
+ 36.3°	+ 36.6°	הבדל באורך אחרי 1 דקה
+ 0.6°	+ 0.6°	

דוגמה: מחפשים את האורך של המיצהר המרכזי, מערכת I, ביום 25 באוקטובר 1963, 23 שעות (לפי שעון ישראל): מן הלוח — ל־21 באוקטובר 2 שעות = 177°; ל־25 באוקטובר 2 שעות (מן הלוח — ההבדל אחרי 4×24 שעות): (4×157.9°) + 177° = 808.6° = 88.6° (במקרים שמתקבל מספר גדול מ־360°, מחסרים 360°, במקרה שלנו פעמיים 360°); ל־25 באוקטובר 20 שעות (מן הלוח — ההבדל אחרי 18 שעות): 298.5° + 88.6° = 387.1° = 27.1°; ל־25 באוקטובר 23 שעות (מן הלוח — ההבדל אחרי 3×שעה אחת): (3×36.6°) + 27.1° = 136.9°.

הועד של אגודת אסטרונומים-חובבים בישראל

מברך את כל חברי האגודה

בברכת שנה טובה

מה חדש במחקר האסטרונומי

[לקט מן העתונות האסטרונומית]

מים על מאדים

מלית של גבישי קרח שהאטמוספירה מסוגלת להחזיק כתרחיף. בשיטה השנייה השתמשו בשעורים הנצפים של נסיגת כיפות הקרח במשך הקיץ של מאדים; כשמחשבים את כמות החום המתקבלת בקווי רוחב שונים, ניתן להסיק על המסה של המים לפי יחידת השטח.

הערך הטוב ביותר שנתקבל היה 0.01 גרם/סמ"ק של מים בכיפות הקרח. ערך זה מתאים לעשירית המילימטר בלבד של קרח או מילימטר אחד בקירוב של שכבת כפור. המסה הכללית של המים בכיפות הקרח היא 2×10^{15} גרם או 2×10^9 טון. כמות מים זו יכולה למלא רק אגם עגול בקוטר של 65 ק"מ ובעומק של 30 מטר.

הגילוי הספקטרוסקופי של אדי מים על מאדים לא הצליח עד כה, אך נוכחו תן של כיפות הקוטב נחשבת זה זמן רב כהוכחה לקיום מים בצורה מוצקה על כוכב לכת זה. היות שאין אפשרות לצפות במים במישרין, יש להשתמש בשיטות עקיפות. האסטרונומים הסובייטיים א. י. לבדינסקי וג. י. סאלובה (A. Lebedinski, G. I. Salova) ניגשו לאחרונה¹ למחקר עקיף מעין זה בשתי דרכים המשפרות אומדנים קודמים של זוקולרס (Vaucouleurs) ויינסלי (Janesley). בשיטה הראשונה העריכו את כמות העכירות של האטמוספירה; לאחר מכן השתמשו בסף עליון של כמות הבליעה הנצפית באטמוספירה של מאדים ומכאן הסיקו על הכמות המכסי-

כוכב שביט יומאסון 1961e Comet Humason

רותם של אותם עננים והגיע ל-9 ק"מ/שנ". כל הפעילות הזאת התרחשה למרות העובדה שכוכב השביט היה מרוחק מן השמש כ-2.5 י"א. פעילות מעין זו במרחקים הליוצנטריים גדולים ידוע אמנם אצל השביטים הגדולים. במחקר על פעילות שביטים במרחקים גדולים מן השמש, עוסקת א. רומר (Elizabeth Roemer). היא דנה בשביטים בכלל, אבל מתייחסת במיוחד לכוכב שביט יומאסון². התצלומים שלה של השביט, שצולמו דרך פילטר צהוב,

כוכב שביט זה, שעל הופעתו מסרנו במשך השנתיים האחרונות פעמים אחדות וחברים רבים צפו בו³, הסב את תשומת הלב בגלל פעילות זנבו הבלתי רגילה והספקטרום שלו. סידרת תצלומים שהתפרסמו בכתב העת "סקאי אנד טלסקופ"⁴ מעידה שמראהו של כוכב שביט יומאסון עשוי להשתנות באופן רדיקלי תוך ימים מעטים. עננים גדולים של גז זוהר נפלטים מן הראש ונעים לאחור לאורך הזנב. ואן בייסברוק (van Blesbroeck) העריך⁴ את מהי-

¹ Soviet Astronomy 6 (1962), 390

² ראה "הכוכבים בחודש" כרך ח', מס' 11, עמ' 125; כרך ט', מס' 6, עמ' 64/63; מס' 8, עמ' 92; מס' 10, עמ' 115/114; כרך י', מס' 2, עמ' 18-20.

³ Sky and Telescope 24 (1962), 124, 216, 336

⁴ G. Van Blesbroeck: Tail activity of Comet Humason 1961e. The Astrophysical Journal 136 (1962), 1155-6

⁵ Elizabeth Roemer: Activity in comets at large heliocentric distance. Publ. Astr. Soc. Pacific 74 (1962), 351-365

באזורים הכחולים והאולטרא-סגולים של הספקטרום. הנוכחות של CO^+ בזנב שביט היא רגילה למדי, אך בשביט יומאסון משתרעת נוכחות CO^+ גם בכל ה-*coma* וזה מרמז, כי השביט הוא מטיפוס נדיר. גם שביט מורהאוז (Comet Morehouse 1908) הראה פעילות זנב וספקטרום דומים.

מראים מעט יותר מאשר את הגרעין ומגלים שהאור הבא מן ה-*coma* והזנב נפלט בהכרח בתחום האזור הכחול של הספקטרום. הדבר אושר על ידי גרינשטיין (J. L. Greenstein)⁶ שצילם ספקטרומים של השביט. כמעט כל האור נפלט ממולקולות מיוננות פעם אחת של חד-תחמוצת הפחמן הפולטות בעיקר

אפקט-וילסון בכתמי שמש

כדי להתגבר על הבעיה הזו פנה החוקר לטכניקות סטטיסטיות. כל הכי-תמים הסדירים נכללו בלימוד זה, בלי להתחשב אם הראו את האפקט של וילסון ואם לאו, וכתמים בקרבת המרכז נחקרו אף הם. הושגו שתי תוצאות: (א) העומק הנצפה של כתמי שמש קטן והולך באופן מתמיד ממרכז הדיסק בכיוון לשוליים ו(ב) כתמים גדולים עמו-קים יותר מכתמים קטנים, למשל, לכתם ששטחו מהווה את החלק ה-50 מיליון של מחצית כדור השמש יש עומק של 700 ק"מ במרכז הדיסק והעומק קטן, לגבי התצפית, עד 100 ק"מ ופחות במרחק הליוצנטרי של 80° , בעוד שלכתם בעל שטח המהווה את החלק ה-350 מיליון ממחצית כדור השמש יש עומק של 1400 ק"מ בקרבת מרכז הדיסק והוא קטן עד 600 ק"מ במרחק 80° מן המרכז.

בשם אפקט וילסון (Wilson-effect) מכנים את השקע הנצפה של ה-*umbrae* ("הצללים", האזור המרכזי האפל של כתם) של כתמי שמש כשהם מתקרבים לשפת השמש. מטרת המחקר של ו. פ. צ'יסטיאקוב (V. F. Chistyakov) שנתפרסם זה עתה⁷, היתה למדוד את עומקי "הצללים" (*umbrae*) באמצעות אפקט-וילסון. המדידה של האפקט בכתמי שמש בודדים נתקלה בקשיים גדולים, כי אין לחזות מה תהיה צורתו של כתם, שצורתו ידועה כשהוא במרכז דיסק השמש, כאשר יגיע בקרבת שולי הדיסק וייראה מן הצד. יש לזכור שהכתם אינו "כתם צבוע על גבי כדור מוצק" — מה שאנו רואים הוא תוצאה של אינטגרציה של תופעות לעומק הפוטוספירה הסו-לרית. מכאן, כשהכתם מתקרב לשוליים, אין אנו אפילו מסתכלים באותו החומר שנראה לנו כשהכתם היה במרכז הדיסק.

ספקטרומים אולטרא-סגולים של כוכבים

גל, עלינו למנות את התהליכים האטו-מיים השונים המסוגלים לבלוע אור בלחצים ובטמפרטורות שנפגשים בהם באטמוספירות של כוכבים; עלינו לחשב את היעילויות היחסיות ולחבר אותן יחד. אם נחסיר תהליך בליעה חשוב אחד, לא נקבל תוצאות שיהיו תואמות את התצפית.

מה שמונע מאתנו לחדור בתצפית עמוק לתוך פנים הכוכבים, היא אטימות האטמוספירות שלהם. ללא הערפיליות של האטמוספירות שלהם היו כל הכוכבים מופיעים כבעלי טמפרטורות של מיליונים מרובים של מעלות. כדי שנוכל לחשב את חלוקת האור, היוצא מאטמוספירה של כוכב, כפונקציה של אורך-

J. L. Greenstein: The spectrum of Comet Humason 1961e. *The Astrophysical Journal* 136 (1962), 688-690

Soviet Astronomy 6 (1962), 363 ⁷

הדגם. תהליך זה זוהה בתור תהליך שמוצאו ממולקולות אשר לכאורה הן מולקולות מימן⁹. כאשר שני אטומי מימן מתנגשים באטמוספירה של כוכב, הם נצמדים למשך זמן קצר ויוצרים מולקולה של מימן; מולקולה זו חייבת להתפרק שוב במהירות, אך במשך זמן החיים שלה היא יכולה ללכוד פוטון וליצור על-ידי-כך בליעה רציפה שהיא יעילה באולטרא-סגול הרחוק. התוצאה הכללית היא הפחתת השטף האולטרא-סגול מן הכוכבים החמים ביותר. בהסבר זה הושגה כעת התאמה טובה עם התצפית.

אותה הבליעה של H_2 מסבירה גם סטייה קלה בספקטרום הרציף של השמש, שעליה הסיקו קודם מתצפיות באיפול השוליים (limb darkening) בקרבת 5000A.

המחסור, המוסבר כעת, בשטף אולטרא-סגול אצל כוכבים חמים, פרושו שהתיקונים הבולומטריים שחושבו עד כה הם מוטעים. הדבר עלול לשנות באופן ניכר את היחס מסה/עוצמת-אור לגבי כוכבים בעלי מסה גדולה כפי שהוא מקובל כיום באופן כללי.

פסי בליעה בין-כוכביים

אמה חזקה אל ההתאדמות הבין-כוכבית (interstellar reddening) לגבי כוכבים יחידים. מכאן יוצא שהחומר הבין-כוכבי, הגורם להופעת הפס ב-4430A, חייב להיות מצוי בשפע רב במרחב הבין-כוכבי.

זיהוי אפשרי של החומר המחולל את הפס 4430A הוצע כעת על ידי ג. ה. הרביג (G. H. Herbig)¹⁰. הוא מצביע

עד לזמן האחרון הצטמצמה ההשוואה של חלוקת העוצמה המחושבת והנצפית לאורכי-גל הגדולים מ-3000A — בגלל כוחות הבליעה של אטמוספירת הארץ עצמה. אך בנובמבר 1960 שוגר ספקטרוגרף-סריג לגובה של 160 ק"מ בקירוב, כדי להשיג ספקטרומים בעלי הפרדה גבוהה למדי של הכוכבים המזוהים ביותר באזור ספקטרלי של 1600 עד 4000 אנגסטרם. למרות שההפרדה לא הספיקה, כדי לצפות בקווי ספקטרום פרטיים, הצליחו לקבוע בדיקנות את חלוקת העוצמה הכללית. נצפו בסך-הכל 16 כוכבים, כולל כוכב וולף-ראייט (Wolf-Rayet) אחד⁸.

ההתאמה בין חלוקת העוצמה הנצפית והמחושבת היתה טובה רק לגבי הכוכבים בעלי טיפוסים ספקטרליים מאוחרים יותר מאשר F0. לעומת זאת הראו הכוכבים מטיפוס ספקטרלי מוקדם יותר כמות קטנה בהרבה של קרינה אולטרא-סגולה (מתחת 2400A) ממה שמנובא מאטמוספירות-הדגם (model atmospheres).

יוצא, אפוא, ברור שהזנח תהליך בליעה חשוב כשחושבו אטמוספירות-

זיהוי של פס בליעה מפוזר בתחום 4430A שנצפה בכוכבים מרובים מטייפוס ספקטרלי מוקדם ובעלי עוצמת-אור גבוהה היווה במשך שלושים השנים האחרונות אחת הבעיות הבולטות של האסטרופיסיקה. כבר לפני זמן רב נקבע, כי פס זה נגרם על ידי בליעה בין-כוכבית ולא ע"י חומר המצוי באטמוספירות הכוכבים: עוצמת הפס עומדת בהת-

T. P. Stecher and J. E. Milligan: Stellar spectrophotometry from above the atmosphere. *The Astrophysical Journal* 136 (1962), 1-13

A. B. Meinel: On the ultraviolet continuous spectrum of B stars. *The Astrophysical Journal* 137 (1963), 321-326; T. P. Stecher: Continuous absorption in the solar atmosphere by the quasi- H_2 molecule. *Ibidem* 136 (1962), 686-687

G. H. Herbig: The diffuse interstellar bands. I. A possible identification of λ 4430. *The Astrophysical Journal* 137 (1963), 200-212

אלה מתבטאת בכך שהם מצרפים את שלוש מערכות הפסים הנפרדות לפס בליעה רחב יחיד בעל מרכז כובד בקרבת 4430A. H_2 עשוי להיות נוכח במרחב הבין-כוכבי בשפע גדול יותר מכל חומר אחר, מלבד מימן נויטרלי. התיאוריה נתקלת בקושי אחד: דרוז-שה צפיפות קרינה גבוהה, כדי לעורר מולקולות של H_2 לרמות שבהן תהיינה מסוגלות לבלוע את הקרינה ב-4430A. יתכן שהבליעה מתרחשת רק בענני אבק העוטפים כוכבים חמים.

הגרעין של M32

ממרכז הגלפסיה עד 60 ק"מ/שנ' במרחק של 2.5" ומכאן ואילך הן יורדות עד אפס במרחק של 9" מן המרכז. המסה המחושבת של הגרעין שווה ל- 10^7 מסות שמש, מחזור הסיבוב הוא 6×10^5 שנים והצפיפות הבינונית היא 5×10^3 מסות שמש לפארסק מעוקב בקירוב. תכונות אלה עושות את הגרעין של 32M לדומה מאוד לגרעין של 31M, למרות ההבדל במבנה הכללי של שתי גלפסיות אלה.

התכווצות הגלפסיה שלנו

רויות בתוך תת-מערכת של כוכבים, נוטות להחזיק מעמד במשך מחזורים מרובים של הסיבוב הגלפטי. זה עורר את החוקרים אגן, לינדן-בל וסנדג' (Eggen, Lynden-Bell, Sandage)¹¹ לחפש עקבות של אותה התמוטטות התחלתית של הגלפסיה שנשארו בחלו-קת המהירויות של כוכבים-ננסים בסבי-בת השמש. הם חישבו את שעורי האכס-צנטריות של מסלולי הכוכבים הננסיים האלה (מנתוני התנועה העצמית והמהי-

על כך, כי שלוש מערכות פסים חזקות של מולקולות המימן, H_2 , מרוכזות באזור סביב 4430A. ההשערה היא, אפוא, שאותם הפסים המסויימים עשויים לג-רום לבליעה על ידי מולקולות של H_2 במרחב (הפסים המרובים האחרים בספקטיביום של H_2 אינם יכולים להיות אפקטיביים בטמפרטורה הנמוכה השו-רת במרחב).

מניחים שמולקולות H_2 נוצרות במר-חב בעיקר בתוך או על גבי גרגרים בין-כוכביים ופעולתם של חלקיקים מוצקים

בעקבות הגילוי של גרעין המסתובב במהירות ב-31M¹¹, השתמש מ. פ. ווקר (M. F. Walker) במצלמה האלקטרונית לפי שיטת לאלמאנד (Lallemand electronic camera) המחוברת אל ה-ספקטרוגרף-קודאק (Coudé) של הרפ-לקטור-120 אינץ' במצפה הכוכבים ליק, כדי לחקור את הגרעין של הגלפסיה השכנה 32M¹². וכאן שוב נמצא גרעין קטן בעל סיבוב מהיר. המהירויות עולות

הזמן הדרוש לענן גז גדול כדי להת-כווץ וליצור גלפסיה הוא כה גדול, עד שלא נוכל לקוות שנצליח לעקוב אחרי היווצרות זו בתצפית ישירה. אך יש באפשרותנו לחפש בתוך הגלפסיה שלנו, אם עדיין קיימים סימנים כל שהם של תהליך ההתכווצות. למזלנו מורכבות הגלפסיות בעיקר מחלל, כי פרושו של הדבר הזה שיש פעולות גומלין מעטות בין הכוכבים. מכאן שתופעות אנורמליות כל-שהן, למשל באופן החלוקה של המהי-

¹¹ ראה "הכוכבים בחושם" כרך ה', מס' 10 (אוקטובר 61), עמ' 117/116.

M. F. Walker: Nuclear rotation in M32. *The Astrophysical Journal* ¹² 136 (1962), 695-703

O. J. Eggen, D. Lynden-Bell, and A. R. Sandage: Evidence from the ¹³ motions of old stars that the Galaxy collapsed. *The Astrophysical Journal* 136 (1962), 748-766

זות האַפסצנטריות של מסלולי כוכבים ננסים, זקנים וצעירים, אפשר ללמוד על דרגת ההתכווצות בכיוונים שונים של הענן הכדורי ההיולי. מצאו שבעוד שהגלפסיה התכווצה במישור הגלפטי לאורך הכיוון הרדיאלי בפאקטור של 10, היא התכווצה בניצב למישור הגלפטי בפאקטור של 25. הצביעו על כך שסייבוב הגלפסיה עשוי לצמצם את ההתכווצות במישור הסיבוב בגלל תאוצה צנטריפוגלית.

מחקר זה מהווה את הלימוד התצפיתי הכמותי הראשון של היווצרות הגלפסיה.

רות הרדיאלית) וצפו בכוכבים באופן פוטומטרי. הם מצאו מיתאם גבוה מאוד בין האַפסצנטריות לבין עודף הצבע (color excess) — שהוא מידה לריבוי מתכת — והראו שקיימת עליה רציפה של אַפסצנטריות ההולכת בד בבד עם ירידת כמות המתכת. ההסבר לכך הוא, שלכוכבים הזקנים (העשירים פחות במתכת על פי ההשערות האבולוציוניות הקיימות) יש מסלולים אַפסצנטריים יותר והם נוצרו במרחקים גדולים יותר מן המרכז הגלפטי מאשר הכוכבים הצעירים יותר. כך על ידי השוואת מי-

השמים בחודש ספטמבר 1963

תופעות מיוחדות

יום	שעה	(לפי שעון ישראל)
1	(2) *	מאדים מתקבץ עם ספיקה ועובר 2° צפ'.
1	20	שבתאי בדרימו'.
1	21	צדק במז'.
1	22	הירח מעידרמעי לשבתאי.
2	0	ירח IV עובר צפ' לצדק בשעת התקבצותו העליונה.
2	(7)	שבתאי מתקבץ עם הירח, שבתאי 1° צפ' ; התכנסות באנטארטיקה.
3	(7)	פלוטו מתקבץ עם השמש.
5	23	הירח דר'מע' לצדק.
6	(9)	צדק מתקבץ עם הירח, צדק 4° דר'.
6	(16)	כוכב-חמה, במזל בתולה, עבור מתנועה קדומנית לאחורנית.
9	1	הירח דר'דר'מע' לכימה ¹ .
10	0	הירח צפ' לאלדיברן ² .
13	3	הירח דר' לקאסטור/פולופס.
20	(7)	כוכב-חמה מתקבץ עם השמש, התקבצות תחתונה.
20	21	צדק עובר $\frac{1}{2}^{\circ}$ צפ' לכוכב 77 בדגים ³ ; התקבצות שניה, ראה "תופעות" ב-30 ביוני 1963.

* (הסוגריים) טביב סימון השעה מסמנות תופעות שיש בהן ענין, אך הן אינן ניתנות לתצפית.

¹ Pleiades M45 — כימה (פליאדות), 45N צביר כוכבים פתוח במזל שור, כ-230 כוכבים בני ג' 3 עד 14 (7 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.

² Aldebaran, α Tauri (אדיאבארן = שבא אחרינו, כלומר הכוכב העולה אחרי כימה) ; ג' +1.1, ג' מוחלט -0.2, מ' 53 ש"א, ק' $35 \times$ שמש, ט' 3500° , תנועה עצמית $0.203''$ בז"מ 160° , מהירות רדיאלית $+55$ ק"מ/שנ' ; מלחה בן ג' 13, מ"ז $31''$; סט gK5.

³ 77 Piscium ($\delta -4^{\circ} 39'$, $\alpha 1h 03.2m$) : כוכב-כפול, ג' 7.6/6.7, מ"ז $33''$, ז"מ 83° . המרכיבים בצבע לבן וכתול.

יום	שעה	(לפי שעון ישראל)
21	(5)	מאדים מתקבץ עם הירח, מאדים 5° דר.
22	20	הירח צפ'מע' ל"ביתא" בעקרב 4.
23	20	הירח צפ'צפ'מע' לאנטארס 5, צפ'מו' ל"ביתא" בעקרב 4.
23	20	התחלת הסתיו האסטרונומי בחצי הכדור הצפ' של הארץ והאביב בחצי הכדור הדר'. בשעה זו נכנסת השמש לסימן מאזניים (23d 20h 24m — ♋) ועוברת את המשושה השמימי בכיוון לדרום. זהו שחיון הסתיו — אורך היום והלילה שחים על פני כדור הארץ. נקודת החתך של המילקה (מסלול השמש המדומה) עם המשושה היא נקודת הסתיו ומקומה בשמים בין כוכבי מזל בתולה (α 12h, 8 0°). בירושלים מגיעה השמש בצהרים לגובה 14' 58° מעל לאופק — זהו גובה המשושה בירושלים.
27	20	ארבעת הירחים של צדק נמצאים קרוב לאֶלֶוֹנִגְצִיּוֹת שלהם: IV, I, II, III מע' לצדק.
26	21	צדק בפריהליון (אורך הפריהליון 13.3°). בניגוד של צדק, שיחול ב-8 באוקטובר 63, הוא יהיה מרוחק מן הארץ 591 מיליון ק"מ, ב-6 מיליון ק"מ קרוב יותר מאשר בניגוד הקודם (31 באוגוסט 62) ו-74 מיליון ק"מ קרוב יותר מאשר בניגוד-אפהליון (שחל לאחרונה בשנת 1957).
27	1	ירח IV עובר דר' לצדק בשעת התקבצותו התחתונה.
27	5	כוכב-חמה במז'דר'מו', 12° מע' לשמש.
28	(15)	כוכב-חמה, במזל אריה, חוזר מתנועה אחורנית לקדומנית.
28	20	הירח דר'מו' ל"אלפא/ביתא" בגדי 6, מע'דר'מע' לשבתאי.
29	(14)	שבתאי מתקבץ עם הירח, שבתאי 1° צפ'.
29	20	הירח מו' לשבתאי.
30	24	ארבעת הירחים של צדק נמצאים קרוב לאֶלֶוֹנִגְצִיּוֹת שלהם: I, II, III, IV מע' לצדק.

- 4 β Scorpii: כוכב כפול, ג' 5.1/2.9, מ"ז 14", ז"ה 23°, מ' 400 ש"א, סס' B1; מלחה שני, ג' 9, סמוך מאוד.
- 5 Antares, α Scorpii (= מתחרה של מארס, מאדים): ג' 0.9—1.8, משתנה סדיר למחצה, מחזור שינויי האור 1733 י', ג' מוחלט 3.3, ק' 330 × שמש, עוצמת-אור 1900 × שמש, מ' 250 ש"א, ט' 3300°, תנועה עצמית 0.034", מהירות רדיאלית 3 — ק"מ/שני; סס' GM0 מלחה לבן: ג' 5.2, מ"ז 3.1, ז"מ 275°, סס' A3.
- 6 α_1/α_2 Capricorni: כפול אופטי, הנראה כבר בעין. ג' 3.8/4.5, מ"ז 376°, ז"מ 291° מ' של α_1 Capricorni 3000 ש"א, ג' מוחלט 5.4 —.
- β Capricorni: כוכב כפול, ג' 6.1/3.3, מ"ז 205°, ז"מ 267°, מ' 500 ש"א. לשני המרכיבים צבעים שונים — צהוב וכחלחל, סס' B8/G0.

תחזית לתצפית אקו I Echo בספטמבר 63

מאת צ. דרז'נר, תל-אביב

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

זמן השקיעה הוא כ-11 דקות (בממוצע) לאחר השיא.

בתחילת החודש תהיה תקופה קצרה בת 2—5 ימים שבה הלווין לא יכנס לצל הארץ. אמצע תקופה זו חל ב-5 בספטמבר, לכן יהיה מענין לצפות במשך שהייתו של הלווין בצל בין ה-1 וה-10 בחודש. לאחר יום 10 בחודש, עד שעה לאחר השקיעה, יעלם הלווין סמוך לאופק; כ-4 שעות לאחר השקיעה יעלם בגובה השיא; כ-7 שעות לאחר השקיעה יעלם סמוך לשקיעתו.

פיגורו המשוער לתחילת ספטמבר הוא 61.5 דקות. יש לחכות שפיגורו יגדל עד 62.5 דקות בסוף החודש. הפרש הזמן בין שתי העלמויות עוקבות הוא 114.9 דקות.

המסלולים הנראים במשך החודש

הסדרים: א' - היום, ב' - שנת השיא (שעות ודקות), ג' - גובה השיא (במעלות מעל לאופק, מקורב), ד' - כיוון השיא, ה' - מקום הזריחה, ו' - מקום השקיעה.

הכיוונים: 0 - קודקוד, 1 - צפ, 2 - צפצפ'מז, 3 - צפ'מז, 4 - מזצפ'מז, 5 - מז, 6 - מזדר'מז, 7 - דר'מז, 8 - דר'דר'מז, 9 - דר, 10 - דר'דר'מע, 11 - דר'מע, 12 - מע'דר'מע, 13 - מע, 14 - מע'צפ'מע, 15 - צפ'מע, 16 - צפ'צפ'מע.

א'	ב'	ג'	ד'	ה'	ו'	א'	ב'	ג'	ד'	ה'	ו'	א'	ב'	ג'	ד'	ה'	ו'	א'	ב'	ג'	ד'	ה'	ו'		
1	31	18	15	7	9	5	9	9	20	05	9	3	12	15	55	20	05	3	12	15	55	20	05		
1	32	20	60	7	11	3	11	7	22	09	9	3	14	16	35	22	09	3	14	16	35	22	09		
1	34	22	50	16	12	3	12	16	00	13	10	5	15	2	45	00	13	10	5	15	2	45	00	13	
2	38	00	30	1	15	3	15	1	85	02	15	10	7	15	11	85	02	15	10	7	15	11	85	02	15
2	41	02	45	2	15	5	15	2	25	04	17	10	9	14	11	25	04	17	10	9	14	11	25	04	17
2	43	04	90	11	15	7	15	11	75	19	00	10	3	11	15	75	19	00	10	3	11	15	75	19	00
2	29	19	25	11	14	9	14	11	40	21	04	10	3	13	16	40	21	04	10	4	10	7	40	21	04
2	30	21	40	16	13	3	13	16	35	23	07	10	4	15	2	35	23	07	10	3	11	15	70	21	30
2	34	23	35	16	14	7	15	3	70	01	11	11	3	14	16	70	01	11	11	3	14	16	35	23	34
3	37	01	70	2	15	8	14	11	40	03	12	11	8	14	11	40	03	12	11	5	15	2	40	01	37
3	40	03	45	3	15	3	13	16	45	19	58	11	3	13	16	45	19	58	11	7	15	3	75	03	40
3	24	18	30	1	15	3	15	1	30	22	02	11	4	9	7	25	18	24	3	4	9	7	25	18	24
3	26	20	45	2	15	5	15	2	45	00	05	12	5	15	2	45	00	05	12	3	11	7	85	20	26
3	28	22	70	11	15	7	15	11	70	02	07	12	7	15	11	70	02	07	12	3	11	7	85	20	26
4	31	00	20	11	13	9	13	11	20	04	07	12	9	13	11	20	04	07	12	3	15	1	30	00	31
4	35	02	35	16	11	3	11	15	65	18	53	12	6	15	3	55	02	35	4	6	15	3	55	02	35
4	37	04	40	2	15	5	15	2	40	20	57	12	8	15	11	55	04	37	4	8	15	11	55	04	37
4	40	07	80	3	15	5	15	2	40	23	00	12	3	10	7	55	19	22	4	3	10	7	55	19	22
4	23	21	30	11	14	9	14	11	30	01	03	13	3	12	15	55	21	23	4	3	12	15	55	21	23
4	27	23	30	1	15	9	14	11	30	03	03	13	3	14	16	35	23	27	4	3	14	16	35	23	27
5	31	01	60	3	15	7	15	3	40	19	51	13	5	15	2	45	01	31	5	5	15	2	45	01	31
5	33	03	50	11	15	3	15	1	30	21	54	13	7	15	0	90	03	33	5	7	15	0	90	03	33
5	18	18	30	1	15	7	15	3	60	23	58	13	4	9	7	35	18	18	5	4	9	7	35	18	18
5	18	20	45	2	15	8	15	11	50	02	00	14	3	11	7	80	20	18	5	3	11	7	80	20	18
5	22	22	90	0	15	7	15	0	90	22	03	24	10	12	11	5	04	01	14	3	13	16	40	22	22
6	25	00	25	11	14	9	14	11	25	00	05	25	3	11	15	60	18	45	14	4	15	2	35	00	25
6	29	02	40	2	15	3	15	1	30	20	49	14	7	15	3	70	02	29	6	7	15	3	70	02	29
6	30	04	70	3	15	7	15	2	45	22	53	14	8	15	11	45	04	30	6	5	15	2	45	04	30
6	15	19	40	11	14	8	14	11	40	00	55	15	3	11	7	70	19	15	6	3	11	7	70	19	15
6	17	21	30	1	15	3	12	16	50	02	57	15	3	12	16	50	21	17	6	3	12	16	50	21	17
6	21	23	45	2	15	3	13	16	40	19	44	15	3	15	1	30	23	21	6	3	15	1	30	23	21
7	24	01	70	11	15	4	15	2	35	21	47	15	5	15	2	45	01	24	7	5	15	2	45	01	24
7	26	03	20	11	13	7	15	3	70	23	51	15	7	15	11	80	03	26	7	7	15	11	80	03	26
7	27	05	40	2	15	8	15	11	45	01	52	16	3	10	7	45	18	11	7	3	10	7	45	18	11
7	12	20	80	3	11	3	13	16	45	18	37	16	3	11	15	65	20	12	7	3	11	15	65	20	12
7	16	22	30	1	15	3	15	1	30	20	41	16	3	14	16	35	22	16	7	3	14	16	35	22	16
8	28	19	60	3	15	6	15	2	50	22	44	16	5	15	2	40	00	19	8	5	15	2	40	00	19
8	28	21	50	11	15	7	15	11	70	00	46	17	7	15	3	80	02	28	8	7	15	3	80	02	28
8	29	18	45	2	15	9	13	11	15	02	46	17	9	14	11	35	04	22	8	9	14	11	35	04	22
8	36	20	80	11	15	7	15	11	80	20	36	29	3	11	0	90	19	08	8	3	11	0	90	19	08
8	38	22	20	11	13	9	13	11	20	22	38	29	5	15	2	40	21	10	8	3	13	16	45	21	10
8	30	19	70	3	15	7	15	3	85	23	40	17	3	15	1	30	23	13	8	3	15	1	30	23	13
9	30	21	40	11	14	9	14	11	30	01	40	18	7	15	3	60	01	17	9	7	15	3	60	01	17
9	28	18	40	13	13	3	13	16	40	18	28	18	8	15	11	50	03	19	9	8	15	11	50	03	19

שמש

שקיעה	צהירה	זריחה	שעת-כוכבים במיצור של גריניץ ²	נטייה אחרי 5 ימים ¹	נטייה	עליה ישראל (ל-ס שעות זמן עולמי)	טפטמר 1963	
זמן גובה (לפי שעון ישראל ואופק ירושלים)	זמן גובה	זמן גובה	גריניץ ²	ימים ¹		זמן עולמי		
h m	h m	h m	h m s	'	'	h m		
18 03	67	11 39	5 14	22 37 45.0	+6 48	+8 38	10 38.1	1
17 51	63	11 36	5 20	23 17 10.5	+3 01	+4 55	11 14.2	11
17 38	59	11 32	5 26	23 56 36.0	-0 52	+1 05	11 50.1	21
17 26	56	11 29	5 31	0 32 05.0	—	-2 26	12 22.4	30

¹ בטור זה מובאת הנטייה ב-6, 16 ו-26 של כל חודש.
² לכל 1° אורך מז' מגריניץ יש להוסיף 4m (למשל זמן כוכבים בשביל אורך גיאוגרפי של ירושלים 35° 13' = 2h 20m 52s). השינוי ליממה: +3m 56.56s; השינוי לשעה: +9.86s.

אורך היום קטן מ-12 שעות 49 דקות בראשית החודש עד 11 שעות 55 דקות בסופו. הדימומים האסטרונומיים (השמש 18° מתחת לאופק) נמשכים ברוחב הגיאוגרפי של ירושלים 1h 25m בראשית החודש, 1h 21m בסופו.
 חצי קוטר השמש: ב-1 בספטמבר 15' 52" וב-30 בו 16' 00" (חצי הקוטר הבינוני הוא 16' 01", כפי שהוא נראה במרחק של 1 י"א).

ירח

צורה	שקיעה	זריחה	קולונג ¹	חצי קוטר	נטייה	עליה ישראל (ל-ס שעות זמן עולמי)	טפטמר 1963
צורה	זמן גובה (לפי שעון ישראל ואופק ירושלים)	זמן גובה	קולונג ¹	קוטר		זמן עולמי	
	h m	h m	°	'	'	h m	
○	2 26	16 42	60.0	15 35	-20 49	20 17.5	1
☾	7 50	20 03	120.9	16 21	+0 11	0 53.0	6
●	13 20	23 50	181.8	16 00	+21 12	5 35.0	11
☾	17 17	3 47	242.9	15 18	+14 25	10 15.8	16
	19 53	8 23	304.1	14 47	-7 44	14 07.6	21
פריגיאוים	23 16	12 52	5.1	15 00	-22 05	18 08.1	26
אפוגיאוים	2 12	16 00	53.9	15 52	-16 35	21 46.3	30

¹ קולונגיסורה סלוגרפית של השמש.

d (U.T.)	ברוחב:	d (U.T.)	באורך:	ליבראציה מכסימלית
+6.5	6.5	-5.9	1.0	
-6.6	19.8	+5.6	13.9	
		-7.0	29.0	

פרוש הסימנים: + שפה מע' מגולה ברוחב: + שפה צפ' מגולה
 - שפה מז' מגולה באורך: - שפה דר' מגולה

ירחי שבתאי

VI (Titan)			
h	d	h	d
06.4	14	11.0	10
04.5	30	08.9	26

V (Rhea)

זמני מ"ז מז': ב-3 בחודש בשעה 02.5, ב-7 בשעה 14.9, ב-12 בשעה 03.2, ב-16 בשעה 15.6, ב-21 בשעה 03.9, ב-25 בשעה 16.3, ב-30 בשעה 04.7.

Iapetus VIII

מ"ז מע': ב-27 בשעה 04.1 (ראה הערות בגליון אמריל 63, כרך י', מס' 4, עמ' 57).
 הקואורדינטות הדיפרנציאליות: עליה ישראל 38° מע', נטייה 0.0'.

כוכבי לכת

זריחה צהירה שקיעה (לפי שעון ישראל ואופק ירושלים)			גודל		חצי צורה קוטר ⁴		מרחק ב"א ³		מזל ¹ תנועה ²		נטייה		ספטמבר 1963 עליה ישרה (ל"ס שעות זמן עולמי)		
b m	h m	h m	m	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
18 57	13 08	7 19	+0.7	0.39	4.1	0.810	ק	בתולה	-	4 27	12 07.6	1	♀		
18 38	12 52	7 06	+1.0	0.28	4.5	0.739	ע	בתולה	-	5 39	12 12.4	6			
17 22	11 26	5 30	+2.7	0.00	5.2	0.647	א	בתולה	-	1 32	11 43.1	20			
16 46	10 38	4 30	+1.1	0.16	4.4	0.756	ע	אריה	+	3 12	11 25.0	28			
16 41	10 31	4 21	+0.7	0.25	4.2	0.803	ק	אריה	+	3 48	11 25.5	30			
18 08	11 44	5 20	-3.5	1.00	4.9	1.727	ק	אריה	+	9 44	10 42.2	1	♀		
18 03	11 51	5 39	-3.5	1.00	4.9	1.722	ק	אריה	+	4 56	11 28.4	11			
17 57	11 57	5 57	-3.4	0.99	4.9	1.711	ק	בתולה	-	0 06	12 13.9	21			
17 50	12 02	6 14	-3.4	0.99	5.0	1.698	ק	בתולה	-	4 40	12 54.9	30			
20 02	14 24	8 46	+1.7	0.95	2.2	2.095	ק	בתולה	-	8 46	13 23.2	1	♂		
19 31	14 02	8 33	+1.7	0.95	2.2	2.157	ק	בתולה	-	12 29	14 00.6	16			
19 04	13 44	8 24	+1.7	0.96	2.1	2.206	ק	מאזניים	-	15 44	14 37.5	30			
8 27	2 12	19 53	-2.4		22.2	4.144	א	דגים	+	5 52	1 11.3	1	♄		
6 19	0 07	17 51	-2.5		23.0	3.961	א	דגים	+	4 38	0 59.9	30			
3 45	22 22	17 04	+0.5		8.4	8.917	א	גדי	-	16 30	21 24.9	1	♋		
1 42	20 22	15 06	+0.7		8.1	9.185	א	גדי	-	16 59	21 18.7	30			
17 56	11 31	5 06	+6.0		1.8	19.314	ק	אריה	+	10 03	10 31.5	1	♌		
16 08	9 44	3 20	+6.0		1.8	19.178	ק	אריה	+	9 25	10 38.1	30			
21 08	15 44	10 20	+7.8		1.2	30.730	ק	מאזניים	-	14 09	14 45.4	1	♎		
19 16	13 53	8 30	+7.8		1.2	31.108	ק	מאזניים	-	14 24	14 48.3	30			

* ראה ברשימת התופעות המיוחדות בתאריך זה.
 1 כאן נרשם שם המזל שבתחומו נע כוכבי הלכת לפי תיתום קבוצות הכוכבים המקובל היום עוברים המסלולים של כוכבי לכת גם בקבוצות שאינן נמנות עם גלגלי המזלות.
 המשך ההערות בעמ' 118

ראשי תיבות וקיצורים

ג' גודל, דרגת-גודל (זוהר מדומה)	צפ'	צפון, צפונית
דר' דרום, דרומית	ק"ע	התקבצות עליונה
ז"מ זוית-מצב, נמדדת מצפ' מכיוון	ק"ת	התקבצות תחתונה
מו' דר' מע'	ר"ה	רוחב הליוצנטרי גדול ביותר
ח' חום (על פני השטח)	ק'	קוטר
י"א יחידה אסטרונומית (מרחק ממוצע של ארץ-שמש = 149.504.200 ק"מ, לפי הפרלכסה של השמש בשעור 8.80"	ש'	שנה, שנים
מ' מרחק (מן הארץ)	שנ'	שניה, שניות
מ"ה מחזור הקפה	*	מעלה (מעלת-קשת, 1/360 של מעגל)
מ"ז מרחק זויתי (כין כוכבים, בשניות	'	דקת-קשת (60' = 1°)
קשת = אלוונציה אצל כוכבי-לכת	"	שניית-קשת (60" = 1')
מו' מזרח, מזרחית	α	עליה ישרה
מכס' מכסימלי	δ	נטיה
מע' מערב, מערבית	d	יום, ימים (יממות)
ספ' מחלקה ספקטרלית	h	שעה, שעות
	m	דקה, דקות
	s	שניה, שניות

ירחי צדק

בטבלה ניתנים זמני התופעות המיוחדות של ארבעת הירחים הגדולים של כוכב-הלכת צדק, איו I (Io), אירופה II (Europa); גנימד III (Ganymed); קאליסטו IV (Callisto), הנראים בטלסקופ קטן או במשקפת-שדה חזקה. ראשי תבות וקצורים בטבלה:

<p>הירח נעלם בשפתו המעי של צדק. הירח חוזר ומופיע בשפתו המזי של צדק. כניסת הירח לתוך קונוס-הצל של צדק. נקודות הליקויים משנות את מרחקן המדומה משפתו של צדק במשך השנה, לפי מצב קונוס-הצל ביחס לכיוון הראייה מן הארץ. יציאת הירח מתוך קונוס-הצל של צדק. הירח עובר על פני צדק. הזמן בטבלה הוא ראשית מעבר הירח על פני הדיסק של צדק בשפתו המזי. יציאת הירח מן הדיסק של צדק בשפתו המעי. הופעת צל הירח על פני הדיסק של צדק. תופעה זו קשורה במישרין למעבר הירחים. יציאת צל הירח מן הדיסק של צדק. מרחק זחיתי (אלונגאציה) מזרחי (של ירח IV). מרחק זחיתי מערבי. קיבוץ (התקבצות) עליון. קיבוץ תחתון.</p>	<p>כ"ה התחלת התכסות, כ"ס סוף התכסות, ל"ה התחלת ליקוי, ל"ס סוף ליקוי, מ"ה התחלת מעבר, מ"ס סוף מעבר, צ"ה התחלת צל, צ"ס סוף צל, מ"ז מז' מ"ז מע' ק"ע ק"ת</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

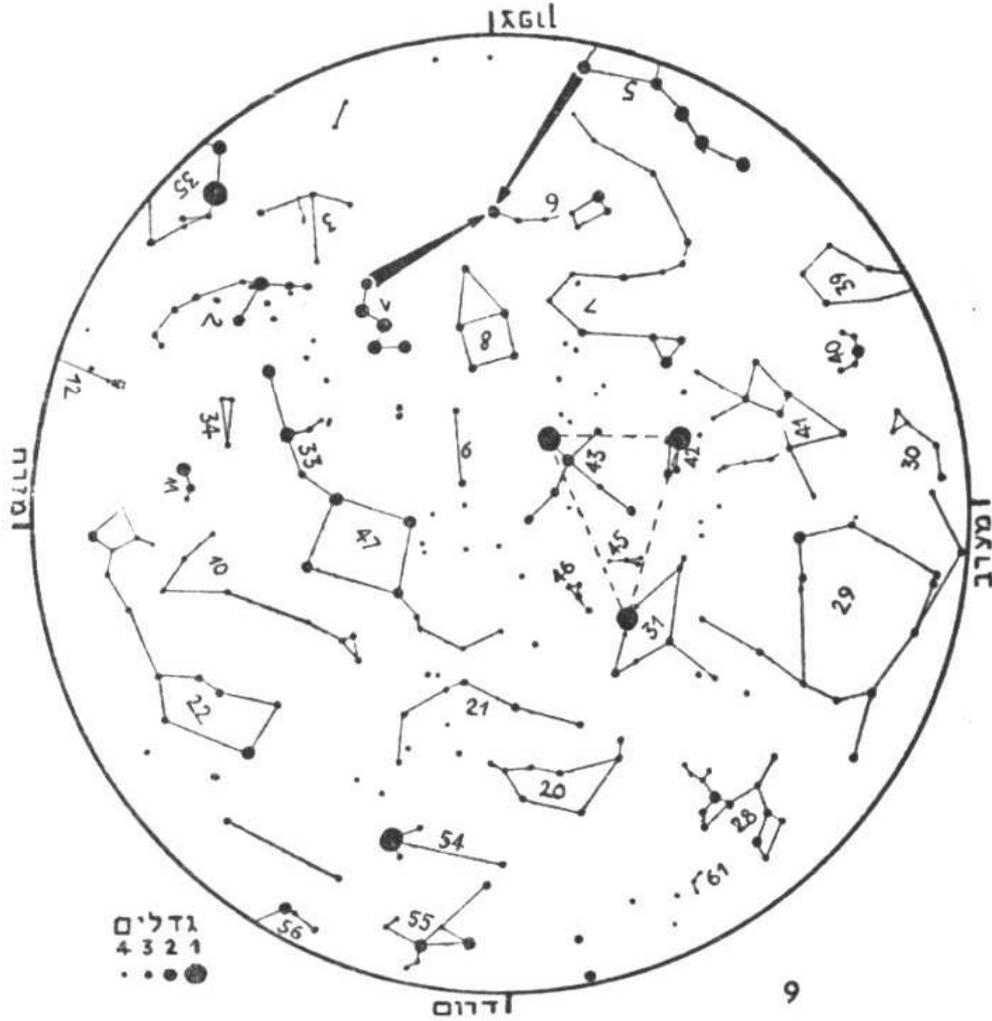
יש להתחיל בתצפית לסני המועדים הנתונים ואז אפשר לעתים לראות שינוי מקום מהיר של הירחים.

h m d			h m d			h m d			h m d						
מ"ה	I	3 10	26	צ"ה	I	0 56	19	ל"ה	III	0 56	11	ק"ע ¹	IV	0 28	2
צ"ס	I	5 02		מ"ה	I	1 27		ל"ה	I	1 52		צ"ה	I	2 39	3
מ"ס	I	5 20		צ"ס	I	3 08		ל"ס	III	3 40		מ"ה	I	3 31	
ל"ה	I	0 10	27	מ"ס	I	3 36		כ"ה	III	3 59		צ"ס	I	4 51	
כ"ס	I	2 40		ל"ה	I	22 15		כ"ס	I	4 46		ל"ה	III	20 54	
ק"ת ²	IV			כ"ס	I	0 57	20	צ"ס	I	23 01		ל"ס	III	23 39	
צ"ה	I	21 19		צ"ה	I	19 24		מ"ה	I	23 42		ל"ה	I	23 57	
מ"ה	I	21 36		מ"ה	I	19 53		צ"ס	I	1 13	12	כ"ה	III	0 35	4
צ"ס	I	23 31		צ"ס	I	21 36		מ"ס	I	1 52		כ"ס	III	2 49	
מ"ס	I	23 46		מ"ס	I	22 02		ל"ה	I	20 21		כ"ס	I	3 00	
ל"ה	I	18 39	28	ל"ה	II	2 55	21	כ"ס	I	23 12		צ"ה	I	21 07	
כ"ס	I	21 06		צ"ה	III	18 51		צ"ס	I	19 42	13	מ"ה	I	21 57	
צ"ה	III	22 52		כ"ס	I	19 22		מ"ס	I	20 18		צ"ס	I	23 19	
מ"ה	III	0 06	29	מ"ה	III	20 50		ל"ה	II	0 19	14	מ"ס	I	0 07	5
צ"ס	III	1 33		צ"ס	III	21 32		כ"ס	II	3 59		צ"ה	II	3 30	
מ"ס	III	2 20		מ"ס	III	23 03		מ"ס	III	19 43		מ"ה	II	5 13	
צ"ס	I	17 59		צ"ה	II	22 02	22	IV	מ"ז מע'			כ"ס	I	21 27	
מ"ס	I	18 12		מ"ה	II	22 55		צ"ה	II	19 25	15	IV	מ"ז מז'		
צ"ה	II	0 39	30	IV	מ"ז מז'			מ"ה	II	20 40		ל"ה	II	21 44	6
מ"ה	II	1 10		צ"ס	II	0 31	23	צ"ס	II	21 54		כ"ס	II	1 42	7
צ"ס	II	3 07		מ"ס	II	1 16		מ"ס	II	23 00		מ"ס	II	20 42	8
מ"ס	II	3 31		כ"ס	II	19 21	24	ל"ה	I	3 47	18	צ"ה	I	4 33	10
IV	מ"ז מע'			צ"ה	I	2 50	26	ל"ה	III	4 57		מ"ה	I	5 16	

¹ מעבר צפוני של ירח IV בשעת התקבצותו העליונה.
² משעה 01 52 ועד 03 40 נראים שני ירחים בלבד ליד צדק; II מז', IV מע', III ו"ז לוקים.
³ מעבר דרומי של ירח IV בשעת התקבצותו התחתונה.

⁴ א = תנועה אחורנית (ממזי למעי).
 ע = עומד מתנועה (בעליה ישרה), עובר מכיוון אחר למשנהו.
 ק = תנועה קדומנית (ממעי למזי).
⁵ י"א (יחידה אסטרונומית) = 149 504 200 ק"מ.
⁶ אצל כוכבי-הלכת צדק ושבתאי מובא כאן חצי הקוטר מקוטב לקוטב.

מפת שמי הערב ב־15 בספטמבר 22 00
 בראשית החודש ב־23 00 ובסופו ב־21 00 = שעת הכוכבים : 21 40



מד' ומע' מסומנים במפות כוכבים הפוך מן הנהוג במפות הארץ, כי אנו צופים על פני הארץ 'מלמעלה' (מבחוץ), על השמים 'מלמטה' (מבפנים). יש אפוא להחזיק את מפת השמים מעל לראש. צריך לדאוג שהקו צפ'—דר' יהיה מכוון אל־נכון (בעזרת כוכב־הקוטב המסומן בחיצים) ואז יתאימו נקודות מד' ומע' של המפה. קבוצות הכוכבים מסומנות במפה במספרים המופיעים בתאור שמי הערב בסוגריים אחרי שמות הקבוצות. הכוכבים הראשיים הנזכרים בתאור הם הכוכבים המזהירים בכל קבוצה וקבוצה.

המספרים במסה מציינים את קבוצות הכוכבים כלהלן :

1	קאסיופייה	9	לטאה	28	קשת	39	רועה־דובים	47	פגאסוס
2	פרסיאוס	10	דגים	29	נושא־נחש	40	כתר	54	דג דרומי
3	גיראסה	11	טלה	30	נחש	41	הרקולס	55	עגור
5	דובה גדולה	12	שור	31	נשר	42	גבל	56	פניכס
6	דובה קטנה	20	גדי	33	אנדרומדה	43	ברבור	61	כתר דרומי
7	דראקון	21	דלי	34	משולש	45	חץ		
8	קפאוס	22	לוינת	35	עגלון	46	דולפין		

זמני מינימום של אלגול

זמני מינימום נוחים לתצפית יחולו החודש : ב־2 בחודש בשעה 22.3, ב־20 בשעה 03.2, ב־22 בשעה 24.0, ב־25 בשעה 20.8.

מונחים וערכים (5)

אינדקס-צבע (color index, C.I.) הוא הפרש הזוהר של כוכב (הגודל המדומה, ראה ערך זה), כפי שנמדד בשני תחומי ספקטרום (תחומי צבע) שונים, למשל הזוהר באור כחול מינוס הזוהר באור צהוב. הזוהר מבוטא בדרגות גודל; מחסירים את הגודל שנמדד בתחום אורכי גל ארוכים מזה שנמדד בתחום אורכי-גל קצרים. הפרש זה תלוי בחלוקת העוצמה הספקטרלית של אור הכוכב (ולכן מהווה אינדקס-הצבע גם מידה לצבעו של כוכב). מכאן שאינדקס-הצבע תלוי גם במחלקה הספקטרלית והוא משמש, אפוא, כתחליף למיון הספקטרלי אצל כוכבים שבהם מיון זה אינו אפשרי במישרין. נוסף על כך תלוי אינדקס-הצבע גם במחלקה של עוצמת האור (luminosity class). אינדקס-הצבע משמשים לעריכת דיאגרמות צבע/זוהר.

קביעת אינדקס-הצבע מבוססת תמיד על פוטומטריה רב-צבעית. משתמשים בעיקר באינדקס-הצבע הבין-לאומי המוגדר כהפרש בין הגודל הפוטוגרפי והפוטו-ראותי $m_{pg} - m_{pv}$ (ראה ערכים אלה). נקודת האפס של סולם אינדקס-הצבע ($m_{pg} - m_{pv} = C.I. = 0$) מתאימה לכוכב בעל טמפרטורה של $10,000^\circ$: למעשה מתאימים את החשיפה של לוחות-צילום הרגישים לכחול ואלה הרגישים לצהוב במידה כזו שתמונות הכוכבים בעלי טמפרטורה של $10,000^\circ$ תהיינה שוות בדיוק בשניהם. כוכבים שטמפרטורת השטח שלהם גבוהה מ- $10,000^\circ$ יהיו עשירים יותר באור כחול ותמונותיהם תהיינה חזקות יותר באמולסיה הרגישה לכחול (מאשר בזו הרגישה לצהוב). הגודל הפוטוגרפי יהיה במקרה זה באופן מספרי קטן מן הראותי ואינדקס-הצבע יהיה שלילי. אצל כוכב שהוא קר מ- $10,000^\circ$ יקרה ההפך. למשל, כשטמפרטורת הכוכב היא $25,000^\circ$, אינדקס-הצבע שלו הוא -0.32 ; לשמש, בעלת טמפרטורת השטח של $6,000^\circ$ יש אינדקס-צבע $+0.53$. לאינדקס-הצבע יש, אפוא, יחס גומלין עם טמפרטורת השטח של כוכב; מכאן, שמספיק למצוא את הגודל הראותי והגודל הפוטוגרפי של כוכב, בכדי לחזא את טמפרטורת השטח שלו. היום משתמשים לקביעת אינדקס-הצבע גם במערכת U-B-V; כאן מודדים את הגודל בתחום אולטרא-סגול (U), בתחום כחול (B) ובתחום ראותי (V) ומבטאים את אינדקס-הצבע כהפרש U-B ו- B-V.

כשצבע הכוכב משתנה בגלל הבליעה ע"י אבק בין-כוכבי, יש לו אינדקס-צבע שונה מן המצופה לפי המחלקה הספקטרלית שלו. מידת שינוי האור הוא עודף הצבע (color excess); זהו ההפרש בין אינדקס-הצבע הנמדד של כוכב לבין אינדקס-הצבע הבינוני של המחלקה הספקטרלית שאליה הוא שייך.

איפול שוליים (limb darkening) מכונה הירידה במידת הזוהר ממרכז דיסק השמש אל שוליו בתחום הספקטרלי האופטי; הוא מתגלה במיוחד בתצלומים. איפול שוליים חזק יותר לגבי אור של אורך-גל קצר מזה של אורך-גל ארוך. סיבת האיפול נעוצה בעובדה, כי הקרינה הנפלטת מן השוליים יוצאת משכבות גבוהות וקרורות יותר של הפוטוספירה, בעוד שבמרכז הדיסק אנו מביטים לתוך שכבות עמוקות וחמות יותר. בדרך זו אפשר להסיק מאיפול השוליים על שכבתיות הטמפרטורות בתוך הפוטוספירה.

בתחום גלי רדיו (אורכי-גל של סנטימטרים ודצימטרים) נצפית התבהרות שוליים, כלומר עליה בעוצמת הקרינה מן המרכז אל שולי הדיסק. עוצמת הקרינה הנצפית גדולה יותר בשולי הדיסק, כי "קרה-ראייה" של הרדיו-טלסקופ חודר כאן אל חלקים נרחבים של הכרומוספירה החמה והקורונה התחתונה, ואילו במרכז דיסק השמש, חודר "קרה-ראייה" דרך שכבות חמות אלה בניצב (בדרך קצרה) והקרינה העיקרית באה מן הפוטוספירה החמה פחות.

איפול שוליים קיים גם אצל כוכבים אחרים, אך אצלם ניתן להוכיחו רק במקרה המיוחד של כוכבים משתנים-לוקים, כי הכוכבים מופיעים אף בטלסקופים הגדולים ביותר כנקודות בלבד.

התאדמות בין-כוכבית (interstellar reddening). הבליעה הנגרמת על ידי אבק בין-כוכבי היא סלקטיבית (בוררת), היא תלויה באורך-גל; אור אדום, כלומר אור בעל אורך-גל ארוך, נחלש פחות מאשר אור כחול, בעל אורך-גל קצר. מסיבה זו נראה אור הכוכבים שעבר דרך ענני אבק בין-כוכבי לא רק חלש יותר, אלא גם בעל צבע שונה — חלוקת העוצמה בספקטרום הועתקה לכיוון התחום האדום שלו. על סמך מדידות זוהר הכוכבים בתחומי צבע שונים, מקבלים את אינדקס-הצבע (color index) (ראה ערך זה) כמידה לבצע הכוכב. ההפרש בין אינדקס-הצבע הנמדד של כוכב ואינדקס-צבע המחושב על פי המחלקה הספקטרלית שלו נקרא עודף הצבע (color excess). עודף הצבע הוא מידה לשינוי הצבע = להתאדמות הבין-כוכבית. אופן עליית ההתאדמות עם מרחק הכוכבים נותנת אינפורמציה על מרחק החומר הבולע. למשל עליית ההתאדמות בקפיצות מעידה על כך, כי במרחקים מסויימים אלה קיימים עננים של חומר בולע.

עודף צבע (color excess) הוא מידה לשינוי האור של כוכב — ראה ערכים אינדקס-צבע והתאדמות בין-כוכבית.