

הכוכבים בחודש

7

ז

שנה ז מס' 7

ויצא לאור על ידי
אגודת אסטרונומים-כוכבים בישראל
בעריכת ד. זיציק

הירחים של כוכב הלכת צדק.

התופעות הקשורות בארכעת הירחים הגדולים של צדק הן מלאות עניין לצופה. משחק הצללים והמחובאים הרב-גוני שלהם, הנמשך ללא אותן, מביא לצופה רגעים של הנאה ליד הטלסקופ. מעברי הירחים ומעברי צליהם. על פניו כוכב הלכת, ליקוייהם בצללו של צדק והתקסיותיהם על ידי הדיסק שלו נראים כבר בטלסקופ בעל מפתח של 2 או 3 אינץ'. תחזית התופעות הללו מובאת בಗליונות "כוכבים בחודש" בכל חדש שבו צדק גוח לתצפית (בגליוון זה, בעמ' 77/78 לוח בארכוף פירוט התופעות המעניינות במיוחד).

ידיעתנו על קיום ירחים במערכות המשמש מתחילה בגילויים של ארבעת הירחים הגדולים של צדק על ידי גאליליוס גאליליי בשנת 1610¹. ב"שליח הכוכבים" (Sidereus Nuncius) הוא מביא יומן מפורט של תצפיותיו בתקופה בין ה-10 בינוואר עד ל-2 במרץ 1610 הכוללת לא פחות מ-65 תרשימים של עמדות הירחים. גאליליי קרא להם בשם "כוכבים של המדיצין", אך באותה השנה הוא משתמש לראשונה גם במונח "אטטלייט" במובנו האסטרונומי.

ארבעת הירחים הגדולים של צדק הם כה מזהירים שאפשר לראותם כמעט בכל שקפת, אף החלה ביזור. עד לגילוי שמונת הירחים הנוספים של צדק, שוזהרם נמדד בגדלים 13 עד 19, עברו, שנים רבות, מאוז תליתו של גאליליי. לגילוי הירח החמישי של צדק קדם גילויים של 15 ירחים של כוכבי לכת אחרים (8 של שבתאי, 4 של אורנוס ו-2 של נפטון ו-2 של מאדים). גילוי ירח 7 בשנת 1892 על ידי בארנארד במצפה הכוכבים ליק (רפרקטור 36"-אינץ') הוא ה גילוי האחרון שנעשה בדרך אופטית, מכאן ואילך נתגלו 10 ירחים נוספים (1 של שבתאי, 7 של צדק, 1 של אורנוס ו-1 של נפטון) כולם בדרך פוטוגרפיה.

את ניצול הצללים למטרה זאת ניתן להמחיש על ידי הטכניקה שבה השתמש ניקולסון (Nicholson) בהריזולסטון בשנת 1938 כשלגלה שני ירחים של צדק, העשידי והאדיעשרה. תוכנן להקייף כ-10 מעלות-בריבוע סביר צדק על ידי צילום במקוד הנווטוני של הרפלקטור-100' אינץ' על לוחות צילום של 10/8 אינץ' בחשיפות של שעיה אחת בלבד. כל לוח כיסה 68' על 54' וקלט אור כוכבים עד ג' 20. שיטת ההדרכות הרגילה של הטלסקופ לא הייתה מצליחה, כי הירחים היו נעים במשך החשיפות הארוכות ולא היו נרשמים בתצלום. הטלסקופ הודרך, אפוא, לפי צדק והירחים נרשמו בתצלום בתרומות ברורות וייציבות כמעט, בעוד שהכוכבים

המשך לרשימה על כוכב הלכת שהופיע בגדיל מיי 1960 (כרך ו', מס' 5, עמ' 49—53).

¹ יוצאה מן הכלל הוא כМОבן הירח, מלחהו של כדור הארץ. והוא יוצאה מן הכלל מכל הבחינות, הנבדל באופן עקרוני מכל יתר הירחים. הוא שונה מכל יתר הירחים במסלולו שהוא קבוע ביחס לשמש בכל אורכו ונטוי לא רק לגבי משחaha הארץ, אלא גם לגבי מישור מסלולו, המילקה (אקליפטיקה). המסה שלו ביחס לכוכב הלכת שלו גדולה בהרבה מזו של כל אחד מיתר הירחים — 1/81 המסה של הארץ. מסיבות אלו ואחרות יש לראות במערכת ארץ-ירח מערכת של כוכבלכת כפולה ויש לנוטש את הרעיון שהירח היה א-יפעם חלק מן הארץ.



רשמו עקבות. כך נמצאו האובייקטים שנעו ביחס לכוכבים. ביניהם ארבעת הירחים הידועים שהיו ידועים כבר בשנת 1938 (VI, VII, VIII וIX) ועוד חמישה אובייקטים אחרים. עקבו אחרי המשת האחרים עד שתגעו להם ויהתה שניים מהם כירחים חדשים של צדק (X ו-IX) ושלושת האחרים כאסטרואידים שהודמו לאותו קטע בשמם בזמן ההוא.

למרות שחויבו בשעתו שהטלסקופ של 100 אינץ' היה מראה כל ירח אחר בעל אותו זהה, שבאותו הטלסקופ הצלילה ניקולסון מגלוות בשנת 1951 ירח נוסף (X). ב-28 בספטמבר צולמו הירחים החיצוניים של צדק, כדי לקבוע את עמדתם המודיעיקט. נמצאו שתי תМОנות של ירחים, ירח אחד פנימה המורחית של הצללים היה קרובה מאוד לשוחבנה לפי האפרמייס לגבי X : השני, במחצית המעליה קרובה יותר לצדק, נחשב כירח חדש. כשהונעטו המורחית של האובייקט התחללה לקפן ממשך מספר ימים נספפים, התברר שהוא באמת מתנהג כירח והוכרז על גילוי ירח XI. רק מאוחר יותר הוכר שקרתו כאן חליפה : האובייקט החדש גע במשור המסלול של ירח X, בעוד שהירח המזרחי יותר נע במסלול שונה בכיוון אל צדק. הירח המזרחי היה למעשה מעשה החדר, בעוד שהאובייקט, שהיה תחילתו קרובה יותר לצדק, היה ירח X, שפיגר כ-20 יום אחרי תחווית עמדתו.

הירחים של צדק ידועים במספריהם הרומיים, המציגים את סדר גילויים — ולא את סדר מראתם מצדקה. הוצעו גם�数ות מיתולוגיים, בדומה לשםיהם של יתר הירחים במערכת השמש, אבל הם לא נתקבלו בשימוש. הובעה הדעה שעובדת זאת קשורה בהבעת כבוד לגאלילי שהייתה ללא ספק הראשון שביבר על גילויו.² גאלילי לא בלבד נוכח במסמאות וחסיבות של הגילוי, אלא תיאר את גילויו בדרך שהעלתה אותו למקום נכבד בשורת הפיסיקאים המתמטים הגדולים.

להלן אנו מבאים לוח ובו הנתונים העיקריים של ירחי צדק :

² השמות המיתולוגיים המציגים את ארבעת הירחים הגדולים של צדק והופיעים בספרות האסטרונומית (I או Si, II אירופה Europa, III גאנימיד Ganymed, IV קאליסטו Callisto), הוצעו על ידי ש. מאrious (Simon Marius), אחד מآل שטענו לבכורה בגילוי ירחים אלה לפני גאלילי.

הירחים של צדק

(5) נסיה לנבי התנוועה *	(4) כיוון הנתנוועה *	(3) מחזור סידרי ¹	(2) מורחק ביןוני מרכז צדק באלפי ק"מ	(1) גילוי ירח
מסלולו של צדק ²	° ° °	d h m		
3 0.9	ק	0 11 57	181	Barnard, 1892 V
3 6.7	ק	1 18 28	421.8	Galilei, 1610 I
3 5.3	ק	3 13 14	671.4	Galilei, 1610 II
3 2.3	ק	7 3 43	1,071	Galilei, 1610 III
2 42.7	ק	16 16 32	1,884	Galilei, 1610 IV
28 45	ק	250 15	11,500	Perrine, 1904 VI
27 58	ק	260	11,750	Perrine, 1904 VII
28	ק	260	11,750	Nicholson, 1938 X
147	א	625	21,000	Nicholson, 1951 XII
163	א	696	22,500	Nicholson, 1938 XI
143	א	739	23,500	Melotte, 1908 VIII
157	א	755	23,700	Nicholson, 1914 IX

¹ המחזורי הסינודי של ארבעת הירחים הגדולים הוא :

• ק = קדמוני	d h m s
א = אטורוני	1 18 28 35.95 I
	3 13 17 33.74 II
	7 3 59 35.86 III
	16 18 5 06.92 IV

חמשת הירחים הפנימיים של צדק מהווים מערכת סדירה מהודרת שנחקרה יותר מכל מערכת דומה אחרת. קיימות טבלאות שונות לחישוב האפרידים של הירחים; היום מבססים את החישובים על הטבלאות של סאמפסון שפורסםו בשנת 1910.

התיאוריה של ירחי צדק מתחשבת בסיבוכים הנוגעים מהפרעויותיהם ההדרגות. הם מהווים מערכת מהודרת ואין אפשרות לבצע חישובים הנוגעים לאחד מן הירחים בלבד; על התיאוריה לכלול את ארבעת הירחים הגדולים ביחד. התנוועות הבינוניות של הירחים ו... ו... נמצאות כמעט כמעט בדיק ביחס של 1:2:4 ולפניהם (Laplace) הראה שהתנוועה הבינונית של ירח פלוס פעמים התנוועה של ו... שווה לשלווש פעמים התנוועה של ו... את זה אפשר לבטא בנוסחה:

$$n_1 + 2n_2 - 3n_3 = 0$$

(ח = התנוועה הבינונית)

יחס זה הוא מדויק וקבע ואפשר להוכיח באופן מתמטי שהוא תוצאה מחייבת של הפרעונות הגראביטציוניים ההדרגות בין שלושת הירחים האלה. מבטאים יחס זה בדיק יותר בערכיהם של אורך בינוני (L) של הירחים במסלוליהם, הנמדד מרדיוויים התחלתי מסוים העובר דרך מרכזו של צדק (אורך צזונטרי zenocentric longitude ³ על ידי הנוסחה:

$$L_1 + 2L_2 - 3L_3 = 180^\circ$$

³ השם נגזר מן הgentile היווני Zeus של שמו היווני של יופיטר — Zeus.

הירחים של צדק

	(11) גדל ³	(10) אלבדו	(9) צפיפות gm/cm ³	(8) מסה $\times 10^{24}$ gm	(7) קוטר בק"מ	(6) אקסצנטריות
V	13.0				160	0.0028
I	5.5	0.57	4.1	79	3320	0.0000
II	5.7	0.60	3.8	47.8	2880	0.0003
III	5.0	0.34	2.4	153	4940	0.0015
IV	6.3	0.15	1.7	90	4680	0.0075
VI	14.7				120	0.158
VII	17.5				40	0.207
X	19				20	0.130
XII	18				20	0.168
XI	19				24	0.208
VIII	17.0				40	0.378
IX	18.6				22	0.275

² קו המשווה של צדק נטוי ב- $7^{\circ}30'$ לגבי מישור מסלולו. (מסלולו נטוי ב- $18^{\circ}10'$ לגבי האקליפטיקה). נטיות מסלולי הירחים עד 7 לגבי מישור המשווה של צדק היא 0° .

³ הגודל במרחב ניגור בינוני של צדק. הגדלים של הירחים משתנים בתחום של עשריות אחדות של דרגת גודל: I : 5.3—5.8, II : 5.7—6.4, III : 4.9—5.3, IV : 6.1—6.4.

מישואה זו חיבת להתקיים; אם אחד הירחים נתון להפרעה, למשל על ירח וו, הזרות החגויות ומתחמות את עצמן למישואה הנ"ל. כחותה מכך, שלושת הירחים האלה אינם יכולים להיות בהתקבצות או בוגוד באותו הזמן. זה נובע מן המישואה, כי לפיה אין זה אפשרי ש-₁ ל-₂, ל-₃ יהיו שווים. לתנועתו של ירח וו אין שוויון מידה עם תנועתם של שלושת הירחים האחרים.

בשנתוניב האסטרונומיים מובאת תחזית העמדות והתנועות של הירחים לפי שיטה המבוססת על הטבלאות של סאמפסון ובה ניתן הזמן של התופעות (התכסיות, ליקויים ומעברים) עד לדיווק של דקה. כן ניתן עד כה באלמנטיםلوح שבו צוינו הקונפיגורציות של ארבעת הירחים לשעה מסוימת בכל יום. משנהת 1960 התחילו להשתמש בשיטה גրפית חדשה שלפיה אפשר להסיק על עמדתם ההדרית של הירחים בכל שעות היום.

תצפית הירחים

אפשר להזoch מטור הגדים (11) בלוח הירחים, כי הירחים וו וו' היו יכולים להיות אובייקטים לצפייה בעין, אילולא קירבתו של כוכב-הlection המזהיר; אף וו' היו נראים במסיבות מסוימות, כי זוהרם ניתן לשינויים. מזמן לזמן טענים צופים שהצליחו לגלוות אחד הירחים או אחדים מהם ללא אמצעים אופטיים, אך אין בזה עניין מיוחד לאסטרונום, יותר אולי לפיסיולוג.

היות שימושי המסלולים של הירחים קרובים מאוד למשור המשווה של צדק, הנטי ב-^o 3 בלבד לגבי מסלול הקפתו סביב השמש, עוברים הירחים זה אחר זה על פני הדיסק של כוכב-הlection ומתכסים מאחוריו בכל הקפה. רק ירח וו' עשוי להתחמק מעבר והתכסות בגל מרחקו מכוכב-הlection. הדבר קורה כשבטיט הארץ במבט מצדך עולה על ^o 2.7. (במשך שלוש-ארבע שנים האחרונות לא התקיימו מעברים, התכסיות וליקויים של ירח וו' והם מתודשים השנה בסתיו — נודיע עליהם בלוח התופעות החודשי).

מעניין לצפות ב|מערך הירחים. הצללים מופיעים ככתמים שחורים קטנים ונראים כבר בטלקופ קטן. המענינות ביותר מבין התופעות הרגילוטם הם ליקויי הירחים בצללו של צדק. בחודשים לפני הניגוד אפשר לעקב אחריו ירח, המתקרב להיות מכוסה מאחוריו צדק, ואורו דוער בהדרגה עד שכבה בהכנסו אל הצל, בעוד שהוא נמצא עדין למרחק מה מכוכב-הlection. תהליך הדעיכה נמשך במקרה של ירח ו-המahir מבין הארבעה, כשלוש דקות. הדעיכה נמשכת זמן רב יותר אצל האחרים בגל מרחקם מצדיק ובהתאם לוויתם שהם ננסים לחירות הצל. אחרי הניגוד נמצא הצל בצדו השני של צדק, וירח, אחרי שהתכסה על ידי הדיסק, מתגלה למרחוק מה הדיסקenkודה זעירה; זהר הירח עולה במהירות כשהוא יוצא אל אור השמש המלא. הירחים וו' וו' מרווחים מצדיק די הצורך, כדי שראשית וסופה של ליקוי אחד ייראו באותו הצד של צדק — לפני או אחרי ההתכסות ובנפרד ממנה; אצל ירח וו' מקרה זה הוא נדיר.
| |

מן הלוח ניוכה שהירחים וו' קטנים ממשו מן הירח שלנו, אך הוא בעל מסה גדולה ממנו. וו' הם גדולים יותר, וו' שווה בגודלו לכוכב-חמה, אך יש לו רק מחצית המסה של כוכב-חמה. כל ארבעת הירחים משנים את זוהרם בתחום של מחצית דרגת הגודל (ראה העלה 3 בלוח הירחים) ומהיסים את הדבר לגיוון בפניו שטחים המופנה אלינו. מקובל להניח שהירחים מפנים תמיד את אותו הצד אל צדק, בדומה לירח שלנו; הדבר הוכח בתצפית לגבי ירח וו'.

ההבדלים של הירחים באלבדו⁴ מתגלים כשהם נתונים בשעת מעברם על גבי הרקע המזהיר של הדיסק של צדק. בראשית המעבר אפשר לראות את הירחים אף בטלסקופ קטן ככתמים מזהירים⁵ על גבי רקע אפל יותר (וזהרו של צדק חלש באופן ניכר בשולי הדיסק). אבל במהירה מאבד הצופה את הירחים ויזו ומוצא אותם שוב רק לKERAT סוף המעבר בשולי הדיסק. בטלסקופ בעל מפתח גדול במידה מסוימת, ניתן לתפוז את ירח ומחיש, אחרי שנאבד לזמן מה, כשהוא מופיע ככתם כהה יחסית על רקע של חגורה; אך כשהוא נמצא על רקע של רצואה כהה הוא נחפס רק בקושי. ירח ו נשאר מזהיר במשך כל מעברו, ולכון קשה לגלותו על רקע של חגורה מזהירה, אך על גבי רצואה הוא נראה בנקל. וו וראו הנראים אף הם מזהירים בראשית המעבר בשולי הדיסק, הופכים מהר אףים על רקע הדיסק המזהיר של צדק. הם נראים בברור במשך כל המעבר, אלא שהם עוברים בחלקים האפלים של אורי הקטבים. קורה שמלחיפים אותם בצללי הירחים השחורים, במיזוח כשאין צל כזה באותו השעה על גבי הדיסק לשם השוואת הצל נראה בדרך כלל גדול מן הירח — וזה אפקט של חזי-הצל שמסביב הצל המלא. תכנית של סימנים על פני הירחים דורשת מפתח גדול (25 אינץ' ומעלה) ותנאי ראיות מצוינים.

אחד הסיכויים הטובים לחובב לתרום משהו לידיית מערכת הירחים של צדק מזדמן בחודשים המעתים הבאים בכל ששה שנים בקרוב, כשחלים ליקויים הדדיים והתכסיות הדדיות של הירחים. קביעת הזמן המדויק של תופעות אלו ותיאורן יכולים לתרום לשיפור ידיעתנו על מסלולי הירחים.

התכסיות וליקויים של ירח אחד על ידי משנהו ניתן לראות כמסלוליםיהם מכוננים אל הארץ מן הצלע. הדבר קורה, כאמור, כל ששה שנים בקרוב, כשמיישר המשווה של צדק עובר דרך השימוש. במשך חודשים אחדים סביר מועד זה נמצאים גם השמש וגם הארץ קרובים למשורי המסלולים של ארבעת הירחים הגדולים. תנועותיהם עוברות אז, במבט מן הארץ או מן השמש, קבועים ישרים ולעתים קרובות קורה, שירח אחד עובר על פני השני — וחליה התופעה שאנו קוראים לה התכסיות הדדית. לגבי צופה היפוחטי על גבי השימוש בדור, שהצל של הירח הקרוב נופל על המרוחק יותר. הצופה מן הארץ, שלגביהו במקרה זה הירחים אף אינם חייבים להיות קרובים במיוחד, יראה את הירח המרוחק לוקה בליקוי מלא, חלק, טבעי או של חזי-צל בלבד.⁶

⁴ albedo הוא אותו האור המוחזר לכל היכוניים מפני כוכב-לכת או ירח (או אובייקט אחר) מתוך הכמות הכללית של אור המשמש (או מקור או רחיזוני אחר) הנופלת על פני שטחו. אלbedo הוא, גם מידה לו הרים היחסית של שניים או יותר שטחים הנמצאים במרחקים שונים מאותו מקור הארץ.

⁵ שני הירחים ו ריו המופיעים בתכנית ראותית לבנים-מבוקים, מראים לפי קויפר (Kuiper) את החלוקה האופיינית של אור אינפרא-אדום שנקבעה לגבי שלג. הוא מסיק לכך שירחים אלה מכוסים בשכבה של קרח או כפור. בטמפרטורת הנמוכה השוררת על צוק ועל ירחיו עוברת הסופלמציה של קרח באיטיות רבה ואפילו שכבה דקה ביותר עשוייה להתחמי במשך מיליארדי שנים; כאן אין מקום להתחמות מן הסוג שנצפה עונתית בכיפות הקוטב של מאדים.

⁶ פיק (Peek) מזכיר בספרו שתי קונפיגורציות מעניינות מאוד, שהן בהחלה אפשריות, אך לא נצפו עד כה: אחת היא ליקוי של ירח אחד בצלו של אחר, בשעה שהראשון, וצלו שנייהם נמצאים במהלך המעבר על פני צדק — שני האללים יתמזגו והירח יהפוך שחור. הקונפיגורציה המעניינת השנייה תחול, כשהירח החיזוני (זהה צריך להיות או וו או וו), הנמצא סמוך לפניו בצלו של צדק, מתכסה על ידי ירח אחר, הנמצא בצלו של צדק (לוקה) ועל כן אינו נראה כלל. כדי שהתכסות מעין זו תהיה מלאה, חייב הירח הפנימי (המכסה והלוקה) להיות וו והחיזוני (המתכסה) וו.

תופעות אלו חלות בשני מחוורים במשך הקפטו של צדק, כשהכוכב הלבת נמצא באורך 135° או 315° בקירוב. התאריכים המתאים מהווים סידרה בעלת רוחים של 5 שנים 7 חודשים ו-6 שנים 3 חודשים, הבאים בטירוגין:

פברואר 1950, ספטמבר 1955, דצמבר 1961, يولי 1967

התופעות ההדריות נראות במשך חודשים אחדים סיבוב מועדים אלה.

הירחים החיצוניים

בטלסקופ רגיל אפשר לראות מן הארץ את ארבעת הירחים הגדולים בלבד, האחרים קטנים וחלשים מדי. למעשה, אולם הירחים החיצוניים הם כה קטנים וכי מרוחקים מכוכב הלכת, עד שצופה על פניו צדק יהיה צריך להשתמש בטלסקופ של 6" איןץ', כדי לראותם. קוטרם לא ניתן למדידה במישרין, אלא נקבע על פי גודלם המודמה ועל פי האלבדו המשוער שלהם.

הירחים החיצוניים מתחלקים באופן ברור לשתי קבוצות. הקבוצה הראשונה כוללת את שלושת הירחים וו, וו' וו' הנעים בתנועה קדומנית, במסלולים אפסентрריים ובמחוזרים של 8 עד 9 חודשים. הם מצויים במרחק ביןוני של 11.5 מיליון ק"מ ממרכזו צדק. נטיהם לגבי מסלולו של צדק ($C-28$) או לגבי משור המשווה של צדק (בין 25° ל- 29°) היא דומה ומסלולו של כל אחד מהם נטוי ביחס לאחרים ב- 28° בקירוב. הם אינם יכולים להתקרב באופן הדדי יותר מ-2.9 מיליון ק"מ. תנועותיהםמושפעות על ידי הפרעות חזקות מצד השמש.

הקבוצה השנייה כוללת ארבעה ירחים (ו, וו', וו' וו') במרחקים של 22.5 מיליון ק"מ ממרכזו צדק; תנועותיהם אחוריניות ומסלוליהםמושפעות באופן חזק על ידי הפרעות מצד השמש. אין כמעט אפשרות לחת אלמנטים מדויקים של מסלוליהם ומה שניתן הם ערכיים מוצעים בלבד.

ירח המרוחק ביותר, וו', יש מחזור סידاري של 755 ימים. מרחקו מצד צדק הוא 24 מיליון ק"מ או 0.16 יחידות אסטרונומיות. במידה זויתית הוא יכול להתרחק מכוכב הלכת שלו ב- 2° וייתר. במרחק גדול כזה מצד, מסלול הירח הוא בלתי יציב ניוטה. חישובים העלו שאחדים מבין הירחים המרוחקים של צדק, וגם של שבתאי, עשויים להפרד מכוכבי הלכת שלהם ועשויים להתחילה להקייף את השימוש במסלולים בלתי תלויים. בדומה לכך יכול גם אחד האסטרואידים (כוכבי הלכת הקטנים) להיות נפרד על ידי צדק ולהפוך ירח "בלתי סדר", כשבותה המשיכה של השמש וכוכב הלכת קרוביים לבטל זה את זה במקום שבו נמצא האסטרואיד.

ספרות על צדק ועל ירחיו:

Peek, B. M., *The Planet Jupiter*. Faber and Faber, London 1958, 283 pp.

Porter, J. G., *The Satellites of the Planets*. The Journal of the British Astronomical Association, Vol. 70 (1960), 33-59.

Jupiter Section, The British Astronomical Association, Its Nature, Aims and Methods. 1948, pp. 20-25.

The Handbook of the B.A.A. 1960, 77 pp.

The Satellites of Jupiter in: Struve O., Lynds B. and Pillans H., *Elementary Astronomy*. Oxford University Press, New York 1959.

Budine, P. W., Intensities and Colors of Jovian Features. The Strolling Astronomer 12 (1958), 85-88.

— Some Suggestions for Observing Jupiter. Ibid. 13 (1959), 1-3.

— Central Meridian Transit Observations on Jupiter. Ibid. 13 (1959), 3-6.

— Valuable Amateur Studies of Jupiter. Ibid. 14 (1960), 13-18.

Budine, P. W. and Reese, E. J., Jovian Nomenclature and Transit Observations. *Ibid.* 15 (1960), 18-21.

Reese, E. J., The 1957-8 Apparition of Jupiter. *Ibid.* 13 (1959), 58-81.

התכשות אלדיברן

חישב ד. זכאי, תל-אביב

ב-19 ביולי בצהרים יכסה הירח את אלדיברן¹.
ההעלםות חלה בתל-אביב² ב- $13h\ 19.9m$ לפִי שעון ישראל; ז"מ 108° (107.7°), ליד ספירה 10 (10.5) בשפט הירח הבבירה. גובה הירח 22.3° .
התגלות ב- $m^{\circ}\ 14h\ 20.5$; ז"מ 249.5° , ליד ספירה 6 (5.7) בשפט הירח הכהה.
גובה הירח 10° (9.7°).
הירח בן 25.3 יומם וחלקו המואר 0.16; הוא שוקע ב- $m^{\circ}\ 15h\ 15m$.

¹ זהה התכשות ה-7 של אלדיברן בשנת 1960, הרובעית הנראית באורוננו.

² מועד אביב: $32^{\circ}\ 06'34'' + \phi$, — 2h $19.3m$, ג.

השנים בחודש יולי 1960

תופעות מיוחדות

יום	שנה	(לפי שעון ישראל)
2	2	ראשית הקיץ (מן הקיץ) בחצי הבדור הדורומי של מאדים.
2	6.0	בערב פלנטוואיד (4) ואסטה, במול קשת, ביגוד לשמש (הניגור חל בשעה 16); ג' 0 (ראה לוח הפלנטוואיריים בעמ' 75 של גליון זה).
2	23	בערב הירח צפ'מע' לספיקה.
2	24	כוכ'חמה, במול סרطن, עובר מתנוועה קדומנית לאחורנית.
2	1	הארץ באפהליון, למרחק הגדול ביותר מן השמש — 152 מיליון ק"מ (לעומת 147 מיליון ק"מ בפריהליון, קרבתה הגדולה ביותר, שחלה השנה ב-4 בינוואר).
2	22	הירח צפ'מע' לאלפא" במאזניים ¹ .
2	22	הירח צפ' לביתא" בעקרב ² , צפ'מע' לאנטארס.
2	8	הירח מע'צפ'מע' לצדק; ההתקבצות חלה למתרת בשעה 14 בצהרים, הירח עובר 5 צפ' לצדק.
2	20	שבתאי ביגוד לשמש; מרחקו בשעת הניגוד $9.036''$ י"א = 1351 מיליון ק"מ ואורו מגיע אלינו אחרי 75.1 דקות; ג' +0.3, קוטרו מקוטב לקוטב "16.50", בכו המשווה "18.44"; קוטר הטבעות הגדול "41.54", הקטן "17.29"; מפתח הטבעות קטן מвшנה שעבירה.
19	11	שבתאי מתקבץ עם ירח; הירח המלא עובר 4° צפ' לשבתאי.
3	17	כוכ'חמה מתקבץ עם השמש, התקבצות תחתונה.
17	2	בבוקר הירח דר'מע' למאדים; ההתקבצות חלה בשעה 19, הירח עובר 3° דר' למאדים.
2	18	הירח דר'דר'מע' לכימה, דר'מו' למאדים.

¹ Librae: כוכב כפול, ג' 5.3/2.9, מ"ז 231, ז"מ 314° (משקפת שודה !). מ' 58 ש"א, קרוב למילקה.

² Scorpii: β: כוכב כפול, ג' 5.1/2.9, מ"ז 14, ז"מ 23° , מ' 400 ש"א, סט' B1; מלחה שני, ג' 9, סמוך מאוד.

נפטון, במיל מאזניים, חורן מתנווע אחורנית לקדומנית.	24	18
בבקר הירח מע' לאדריבן.	19	19
בצחירם התכוסות אלדריבן על ידי הירח (ראה רשימה מיוחדת בעמ' 73 של גליון זה).	19	19
כוכבי-המה, במיל תאומים, חורן מתנווע אחורנית לקדומנית (ראה גם לעיל, ביום 2 בחודש זה).	13	27
הירח מע'צפ'מע' ל"גאמא" בבתולה. ³	22	28
הירח צפ'מע' לספקה.	22	29
מארים 5 דרי' לכימה.	1	30

Virginis ז : כוכב כפול, ג' 3.7/3.7, מ"ז 5.3, ז"מ ⁰ 310, מ"ת 178 ש', מ' 40 ש"א,
שני המרכיבים זהובים. סט' F0/F0.

שמש

עליה יראה במצהר של אתרי (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s	נסiya יראה במצהר של אתרי (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s	עליה יראה במצהר של אתרי (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s	עליה יראה במצהר של אתרי (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s	עליה יראה במצהר של אתרי (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s	עליה יראה במצהר של אתרי (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s
18 48 81 11 43 4 37	18 36 11.2 +22 43	+23.08	6 39.8	1	
18 46 80 11 44 4 43	19 15 36.8 +21 24	+22 08	7 20.9	11	
18 42 79 11 45 4 48	19 55 02.3 +19 29	+20 31	8 01.3	21	
18 36 76 11 45 4 54	20 34 27.9 —	+18 20	8 40.8	31	

² בטור זה מובאת הנטייה ב-⁶, 16 ו-²⁶ של כל חודש.

² לכל ⁰ אורך מז' מגדרני' יש להוספה 59.34^s (למשל, זמן כוכבים בשבייל אורך גיאוגראפי של ירושלים '13° 29.6s=35° 20m +2h). השינוי לינמה : s+3m; השינוי לשעה : +9.86s.

אורך היום קטן מ-14 שעות 11 דקות בראשית החודש עד 13 שעות 42 דקות בסופה. הרימודים האסטרונומיים (המשמש ⁰ מתחת לאופק) נמשכים ברוחב הגיאוגרפי של ירושלים 36m.

חזי קווטר השמש : ב-1 ביולי '45' 15 וב-23 בו '47' 15 (חזי הקוטר הבינוני הוא '01' 16', כפי שהוא נראה במרחיק של 1 'א).

ירח

עליה יראה באורן (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s	נסiya יראה באורן (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s	עליה יראה באורן (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s	עליה יראה באורן (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s	עליה יראה באורן (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s	עליה יראה באורן (ל' 5 שעות זמן עולמי) מ' h m s
2 05 49 ☽ 23 24 11 02 353.7 15 19 + 2 27 11 44.0 1					
8 21 37 ☩ 2 14 16 14 54.7 16 28 -16 06 16 11.3 6					
15 17 43 ☶ 7 30 20 55 115.7 16 27 -12 44 21 24.6 11					
23 20 31 ☺ 12 32 ... 176.7 15 15 + 7 28 1 46.9 16					
31 14 39 ☽ 16 51 2 51 237.9 14 42 +18 25 5 51.4 21					
8 13 פריגיאום 20 15 7 07 299.1 14 57 +10 45 9 57.3 26					
21 16 אפוגיאום 23 20 11 52 0.3 15 44 - 8 25 14 01.3 31					

¹ קולונגייטה סלונגראפית של המשמש.

יבראציה מכטימלית	• d (U.T.)	יבראציה מכטימלית	• d (U.T.)
ברוחב :		ברוחב :	
-6.6 6.9	-7.7 2.4	ב-אורן	
+6.7 20.1	+7.6 14.3		
	-6.9 30.3		
ברוחב :	+ שפה צפ' מגוללה	ברוחב :	+ שפה צפ' מגוללה
- שפה דר' מגוללה	- שפה מז' מגוללה	פרוש הסימנים :	

כוכבי לכת

זווית צהירה שקיעה (לפי שעון ישראל ואויפק ירושלט)	עומק מרכז כוכב נודל ב'יאן קווטר ⁴	עומק תנועה ² מרכז צורה נודל ב'יאן קווטר ⁴	עומק תנועה ² מרכז צורה נודל ב'יאן קווטר ⁴	עליה נסיה ישרה 1960	עליה נסיה ישרה 1960	(ל' שעות זמן עולמי)		זווית צהירה שקיעה (לפי שעון ישראל ואויפק ירושלט)	זווית צהירה שקיעה (לפי שעון ישראל ואויפק ירושלט)
						m	m		
19 51 13 04 6 17	+ 1.5 0.19	5.2 0.647	ע סרטן	+18 07	8 07.5	* 2	פ		
19 00 12 18 5 36	+ 2.5 0.04	5.8 0.579	סרטן א	+16 25	7 57.7	11			
18 20 11 38 4 56	+ 3.0 0.00	5.8 0.578	תאומים א	+16 23	7 41.8	* 17			
17 30 10 43 3 56	+ 1.7 0.10	4.9 0.679	תאומים ע	+17 59	7 24.0	* 27			
17 19 10 30 3 41	+ 1.1 0.22	4.4 0.754	תאומים ק	+18 49	7 26.7	31			
18 58 11 54 4 50	— 3.5 1.00	4.9 1.734	תאומים ק	+23 37	6 50.0	1	♀		
19 07 12 07 5 07	— 3.4 1.00	4.9 1.725	תאומים ק	+22 20	7 43.2	11			
19 13 12 20 5 27	— 3.4 0.99	4.9 1.711	סרטן ק	+19 58	8 35.0	21			
19 13 12 30 5 47	— 3.4 0.98	5.0 1.691	אריה ק	+16 40	9 25.0	31			
13 58 7 26 0 54	+ 1.0 0.88	3.0 1.551	טלה ק	+12 51	2 23.1	1	♂		
13 49 7 08 0 27	+ 0.9 0.88	3.2 1.479	טלה ק	+16 09	3 04.7	16			
13 40 6 50 0 00	+ 0.8 0.87	3.3 1.404	שור ק	+18 51	3 46.2	31			
3 50 22 47 17 49	— 2.2	21.6 4.252	קשת א	-23 07	17 48.5	1	♀		
1 38 20 37 15 39	— 2.1	20.6 4.456	נושאי-נחש א	-23 07	17 35.8	31			
5 11 0 10 18 54	+ 0.3	8.3 9.042	קשת א	-22 08	19 07.4	1	♂		
4 49 23 41 18 41	+ 0.3	8.3 9.036	קשת א	-22 11	19 05.6	* 7			
3 03 21 59 16.59	+ 0.4	8.2 9.118	קשת א	-22 24	18 58.3	31			
21 08 14 27 7 46	+ 6.0	1.8 19.158	אריה ק	+15 50	9 25.9	1	♂		
19 14 12 35 5 56	+ 6.0	1.8 19.373	אריה ק	+15 17	9 32.6	31			
0 53 19 19 13 49	+ 7.8	1.2 29.851	מאזניים א	-11 58	14 18.9	1	♀		
23 41 18 11 12 41	+ 7.8	1.2 30.120	מאזניים ע	-11 58	14 18.6	* 18			
22 51 17 21 11 51	+ 7.8	1.2 30.338	מאזניים ק	-11 59	14 18.7	31			

פלנטואידים⁵

		(1950.0)	(1950.0)		
9.9	2.364	נושאי-נחש א	— 4 44	16 58.6	9 (3)
10.0	2.435	נושאי-נחש א	— 5 14	16 53.3	19
10.0	2.524	נושאי-נחש א	— 5 53	16 50.0	29
6.0	1.162	קשת א	—22 53	18 39.1	9 (4)
6.1	1.194	קשת א	—23 44	18 29.9	19
6.2	1.249	קשת א	—24 29	18 23.0	29
9.2	2.565	שורלון א	+21 43	19 01.3	9 (2)
9.2	2.573	הרקולס א	+20 51	18 53.2	19
9.2	2.603	הרקולס א	+19 34	18 46.0	29
8.1	2.146	דלי א	—23 20	22 20.0	9 (1)
8.0	2.071	דלי א	—24 27	22 16.4	19
7.9	2.018	דג דרום א	—25 38	22 10.6	29

* ראה ברשימת התופעות המיחזורות בתאריך זה.

† כאן רשם שם המול שבתחומו נע כוכב-הලכת. לפי תיחסות קבוצות-כוכבים המקובל היום עוברים המסלולים של כוכבי-הლכת גם בקבוצות שאינן נמנויות על גלגול-הمولות.

² א = תנועה אחוריית (ממע' למטה).
³ ע = עומס מתועה (בעלה ישרה), עובר מכיוון אחד לשנהו.

⁴ ק = תנועה קדומנית (למע' למטה).

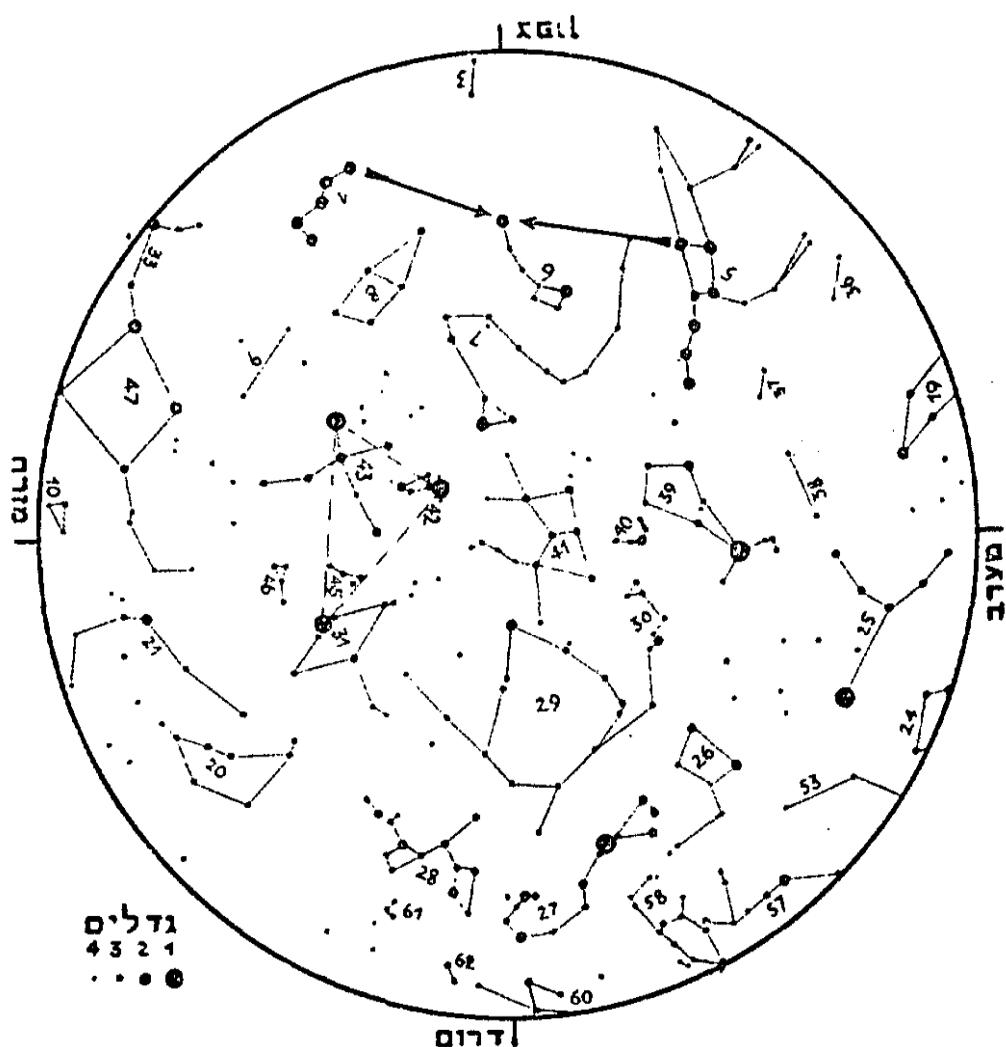
⁵ י"א (יחידה אסטרונומית) = 200 504 149 ק"מ.

⁶ אצל כוכבי-הლכת צדק ושבתיי מובה כאן חז' קווטר מוקטב לקוטב.

⁷ שמות הפלנטואידים : (1) קרס, (2) פאלאס, ניגור ב-11 בחודש, (3) יונו, (4) ואסטה, ניגור ב-2 בחודש. Vesta. Ceres, (2) Pallas, (3) Juno, (4) Vesta.

מפת שמי הערב ב-15 ביולי ב-00:22

בראשית החודש ב-00:23 ובטוף ב-00:21 = שעת הכוכבים : 17:50



מד' ומע' מסומנים במפות כוכבים הפוך מון הנהוג במפות הארץ, כי אלו צופים על פני הארץ "מלמעלה" (מבחוץ), על השמים "מלמטה" (מבפנים). יש אפוא להזכיר את מפת השמים מעל לראש. צריך לדאוג שהקו צפ-דר' יהיה מכוכון אל-ינכון (בעזרת כוכב הקוטב המסתמן בחיציהם) ואז יתאמנו נקודות מד' ומע' של המפה. קבוצות הכוכבים מסומנות במפה במספרים המופיעים בתואר שמי העدب בסוגיות אחורי שמות הקבוצות. הכוכבים הראשיים הנזכרים בתואר הם הכוכבים המזהירים בכל קבוצה וקבוצה.

המספרים במפה מציגים את קבוצות הכוכבים כליהן :

1	קאסיופייה	19	אריה	29	נושאנחש	40	כתר	29	נושאנחש	40	כתר	52	ראם
3	ג'יראפה	20	גדי	30	נחש	41	הרכולס	30	נחש	41	הרכולס	53	נחש מים
5	דובה גדולה	21	דריל	31	נסר	42	נבל	31	נסר	42	נבל	57	קנטאור
6	דובה קטנה	24	עורב	33	אנדרומדה	43	ברבור	24	עורב	33	אנדרומדה	58	זאב
7	וראקון	25	בתולה	36	אריה קטן	45	חץ	25	בתולה	36	אריה קטן	60	מובח
8	קפיואס	26	מאוניים	37	כלבי-ציד	46	דולפין	26	מאוניים	37	כלבי-ציד	61	כתר דרומי
9	צב	27	עקרב	38	שער-בירוניקה	47	פגאוס	27	עקרב	38	שער-בירוניקה	62	משקפת
10	דגים	28	קשת	39	רוועה-דובים	48	טירן	28	קשת	39	רוועה-דובים		

ירחי צדק

בטבלה ניתנים זמני התופעות המיוודאות של ארבעת הירחים הגדולים של כוכב-הילכת צדק, איו I (Io), אירופה II (Europa), גאנימד III (Ganymed), קאליסטו IV (Callisto).

הנראים בטלסקופ קטן או במשקפת-שורה חזקה. ראש תבות וקצורים בטבלה:

כ"ה התחלה התכשות, הירח נעלם בשפטו המע' של צדק.

כ"ס סוף התכשות, הירח חזר ומופיע. בשפטו המז' של צדק.

כ"ה התחלה ליקוי, כניסה הירח לתוך קונוס-הצל של צדק, נקודות הליקויים משנות את מוקד-המודעה משפטו של צדק במשך השנה, לפי מצב קונוס-הצל ביחס לכיוון הראיה מן הארץ.

ל"ס סוף ליקוי, מ"ה התחלה מעבר, מ"ס סוף מעבר, צ"ה התחלה אל,

יציאת הירח מתחום קונוס-הצל של צדק, הירח עובר על פניו צדק. הזמן בטבלה הוא ראשית מעבר הירח על פניו הייסק של צדק בשפטו המז'.

יציאת הירח מן הייסק של צדק בשפטו המע'. הופעת אל הירח על פניו הייסק של צדק. תופעה זו קשורה במישרין למעבר הירחים.

יציאת אל הירח מן הייסק של צדק, מרכק זוחתי (אלונגאציה) מורחבי (של ירח V).

מרכז זוחתי מערבי. קיבוץ (התקבצות) עליון. קיבוץ תחתון.

יש להתחיל בחציית לפני המועדים הנתונים ואנו אפשר לעיתים לראות שינוי מקום מהיר של הירחים.

h	m	d	h	m	d	h	m	d	h	m	d	
III	0 22	25	VII	23 44	18	ל"ס	21 22	8	ל"ס	1 19 21	1	
I	23 52	29	I	0 53	22	I	מ"ה	I	I	2 55	6	
II	0 47	30	I	1 37	I	צ"ה	I	צ"ה	IV	מ"ז מז'		
I	21 07	מ"ה	I	22 06	I	כ"ה	I	כ"ה	III	כ"ה	21 42	
I	22 01	צ"ה	I	22 26	I	כ"ה	I	כ"ה	II	מ"ה	23 19	
I	23 20	מ"ס	IV	מ"ז מז'	23	I	23 07	I	צ"ה	II	0 06	7
I	0 15	31	I	1 04	I	ל"ס	I	צ"ה	I	כ"ה	0 09	
II	19 20	מ"ה	I	19 20	I	מ"ס	I	צ"ה	III	מ"ס	1 53	
II	21 07	צ"ה	I	20 06	I	צ"ס	I	צ"ס	II	ל"ס	2 18	
I	21 27	ל"ס	I	21 33	I	מ"ס	I	כ"ה	III	צ"ס	2 43	
III	21 42	מ"ה	I	22 19	I	צ"ס	I	כ"ה	I	ל"ס	2 46	
II	21 55	מ"ס	I	19 32	24	I	23 09	I	מ"ה	I	21 21	
II	23 44	צ"ס	IV	19 35	II	ל"ס	I	צ"ה	I	צ"ה	21 47	
III	24 37	מ"ס	IV	21 08	III	מ"ס	I	19 47	I	מ"ס	23 35	
III	25 21	צ"ה	IV	21 09	II	צ"ס	I	20 24	I	צ"ס	0 01	
IV	מ"ז מז'		IV	21 21	III	צ"ס	I	20 21	I	ל"ס	21 15	

ספרי ביס אסטרונומיים חדשים

שהגינו זה עתה לחניות בארץ וANO ממליצים מאוד על רכישתם (מחירים 1.20 ל"י כ"א):

Stars in the Making. By C. Payne-Gaposchkin.

Pocket Books, New York 1959, GC-69, \$ 0.50.

Of Stars and Men. By Harlow Shapley.

Washington Square Press, New York 1960, W601, \$ 0.50.

אגודת אסטרונומים – חובבים ירושלים

ביום א' 17 ביולי, בשעה 6 בערב תתקיים באולם הרצאות
של פלנטריום ויליאמס בקרית האוניברסיטה העברית בירושלים

הרצאו של ח' ר. שטייניץ על הנושא:

אוכלוסיות הכוכבים

חברים ו אורחים מוזמנים!

תופעות מיוחדות של ירחי צדק

- ב-2 בערב: התקבצויות קרובות של הירחים א, III ו IV ממע' לו.
ב-6/7: התקסיות וליקויים של III ר.ו., בעוד שעדיין עובר על פניו צדק; בין 09:00 ל-23:00 נראת VII בלבד ליד צדק, רחוק במעט (מי' מז' מז' שלו חל ב-6 בשעות היום).
ב-8: שני ליקויים, של I ו III, מסתויים תוך 7 דקות (!), ב-15:21 וב-22:21, במרחקים שונים ממע' לצדק.
ב-8 בלילה: התקבצות ממושכת של I ו III; בלילה 8/9, לאחר החזות, בעוד התקבצות נמשכת, מתקצצים בזוגות I ו III וכן III ו IV, ממע' לצדק.
ב-9/10 בלילה: II מצטרף ל-III ו IV להתקבצות קרובת ממע' לצדק; I לבדו במעט.
ב-11/12, לאחר החזות, מתקצצים בזוגות I ו III, וכן III ו IV, ממע' לצדק.
ב-14: אחרי 01:54 נראת VII בלבד ליד צדק (רחוק במעט); III ו IV מכוסים, II עובר על פניו צדק.
ב-15: שתי התקסיות, של II ו IV, מתחילה תוך 14 דקות (!), ב-06:20 וב-07:20.
ב-18: ב-23:44 חל ק"ע של VII, הירח עובר דר' לצדק.
ב-22: שתי התקסיות, של I ו III, מתחילה תוך 20 דקות (!), ב-06:22 וב-06:26.
ב-24: עד 19:32 (בשעה זו מתגלה I) נראת VII בלבד ליד צדק; II ו III עוברים על פניו ר.ו. לокаה.
ב-27 בערב מוקדם: התקבצות מושלמת של א, III, VII ממע' לצדק; I, III נעים למז' (מתקרבים לצדק), VII למז' (מתרחק).
ב-31: בין 21:07 ל-21:55 (תוך 48 דקות !) ארבע תופעות אצל שלושה ירחים שונים, ראה בלוח בעמ' 77.

ירחי שבתאי

טיטאן (Titan) VI

	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d
1	21.1	מ"ז מז'	13.4	9	18.6	5	14.3	13	13	14.3	13	ק"ת
17	18.4	מ"ז מז'	10.8	25	16.1	21	11.7	29	29	11.7	29	ק"ת

רייא (Rhea) V

זמן מז' מז': ב-3 בשעה 04.9, ב-7 בשעה 17.2, ב-12 בשעה 05.5, ב-16 בשעה 17.9,
ב-20 בשעה 06.2, ב-25 בשעה 18.5, ב-30 בשעה 06.8.

ראשי תיבות וקיצורים ראה בجلון מס' 2 (1960), עמ' 22.