

הכוכבים בחודש

12 ט' ס' שנה

יוצא לאור על ידי
אגודת אסטרונומיס־חובבים בישראל
בעריכת ד. זיצ'ק

רדיו-גלקסיות

לפי א. סטרובה¹

כל הגלקסיות הן כפי הנראה מקורות קרינה בתחום גלי רדיו ("מקורות רדיו" — radio-sources), אך מפליאה העובדה שמעטים הם ההבדלים האופטיים בין הגלקסיות הפולטות קרינת רדיו באופן חזק או חלש. ניתן אמנם לקבוע שכל הרדיו-גלקסיות החזקות הן גם בעלות מסות גדולות, אך ההפך אינו נכון בכל מקרה: מערכת שביל החלב (הגלקסיה שלנו) והגלקסיה באנדרוומדה (31N), שתיהן הן מערכות בעלות מסות גדולות, אך הן פולטות-רדיו חלשות.

"טבען של רדיו-גלקסיות" הוא נושא מאמרו של האסטרונום הסובייטי שקלובסקי (I. S. Shklovsky) מן המכון האסטרונומי על שם שטרנברג במוסקבה. שקלובסקי מכנה את גילוי הרדיו-גלקסיות וייחוס פליטת-הרדיו שלהן לקרינת-סינכרוטרון לא-תרמית של אלקטרונים רלטיביסטיים² כאחד ההשגים הגדולים ביותר של המדע. יש לציין ששקלובסקי עצמו תרם רבות לביסוס הסבר זה של קרינת הרדיו-גלקסיות.

נעשו נסיונות אחדים, כדי להסביר את קרינת הרדיו הכבירה של גלקסיות רבות. השערה מעניינת בנושא זה הועלתה על די ברבידג' (G. R. Burbidge)³. הוא יצא מן העובדה שמקורות-רדיו נבדלים ולא-תרמיים אחדים במערכת שביל החלב, כגון ערפילית הסרטן במזל שור (Crab nebula) וקאסיופייה א' (Cassiopeia A)⁴, ידועים כשרידים של על-חדשים (supernovae). ברבידג' הסיק, אפוא, שיתכן כי העל-חדשים הם מקור קרינתן של הרדיו-גלקסיות. אבל החישובים הראו, שרק מספר מופרוז של על-חדשים — מאה מיליון מהם ואולי אף מיליארד של על-חדשים

¹ O. Struve, Radio Galaxies. Leaflet No. 400 (October, 1962) of the Astronomical Society of the Pacific.

² קרינת סינכרוטרון (synchrotron radiation), הנצפית גם במעבדות פסיקליות, מתהווה כשמגיעים אלקטרונים רלטיביסטיים (אלקטרונים שמהירותם מתקרבת לסדר הגודל של מהירות האור) לשדה מגנטי. הם חגים שם במסלולים סליליים סביב קווי השדה ומשחררים את האנרגיה שלהם כ"קרינת-בלימה" (Bremsstrahlung). אפשר להבדיל בנקל בין קרינת סינכרוטרון, שהיא לא-תרמית, לבין הקרינה התרמית (שהיא הנפוצה יותר): קרינת סינכרוטרון גדלה בעוצמתה עם אורך-הגל, בעוד שהקרינה התרמית קטנה.

³ ראה מאמרו של סטרובה "התפוצצויות בגרעיני גלקסיות", שממנו הובא תקציר ב"הכוכבים בחודש", גל' ינואר 1962 (כרך ט', מס' 1, עמ' 7, 8).

⁴ O. Struve, Explosions in Nuclei of Galaxies. Sky and Telescope 22 (1961), 248—250

⁴ מקורות הרדיו הם אוררים מוגבלים בשמים (לכן גם השם discrete radio sources), הנבדלים בקרינתם בתחום התדירות של גלי רדיו, הגבוהה יחסית, מן הקרינה (בתחום זה) של סביבתם, כלומר עולים עליה. הם נקראו תחילה בשם המטעה "כוכבי-רדיו". כינויים



ברוח זמן קצר של כ-100 שנים — היה יכול לספק די אנרגיית רדיו, כדי להסביר את התכונות הנצפות של רדיו-גלפסיות רבות.

שקלובסקי (ששינה את מסקנותיו פעמים אחדות בשנים האחרונות, מה שאינו מפתיע בשדה מחקר חדש שכזה) מבקר את השערתו של פרבידג' וגם השערות של אחרים, כגון זו של מינקובסקי ובאדה (R. Minkowski and W. Baade) אודות הגלפסיות המתנגשות וכן את השערתו של הויל (F. Hoyle), שלפיה השדות המגנטיים בגלפסיות עשויים להתחלל באופן פתאומי למדי; שדות מגנטיים דרושים לפעולת מגנזון הסינכרוטרון. שקלובסקי עצמו הניח קודם, כי כל הגלפסיות הצעירות מאוד הן מקורות-רדיו חזקים ושאיף מערכת שביל החלב שלנו היתה בודאי רדיו-גלפסיה בעלת עוצמה רבה לפני מיליארדי שנים אחדים. היום הוא אינו עומד עוד על יחס גומלין זה עם הגיל, כי התברר, שהן גלפסיות צעירות והן זקנות עשויות להיות פולטי רדיו חזקים.

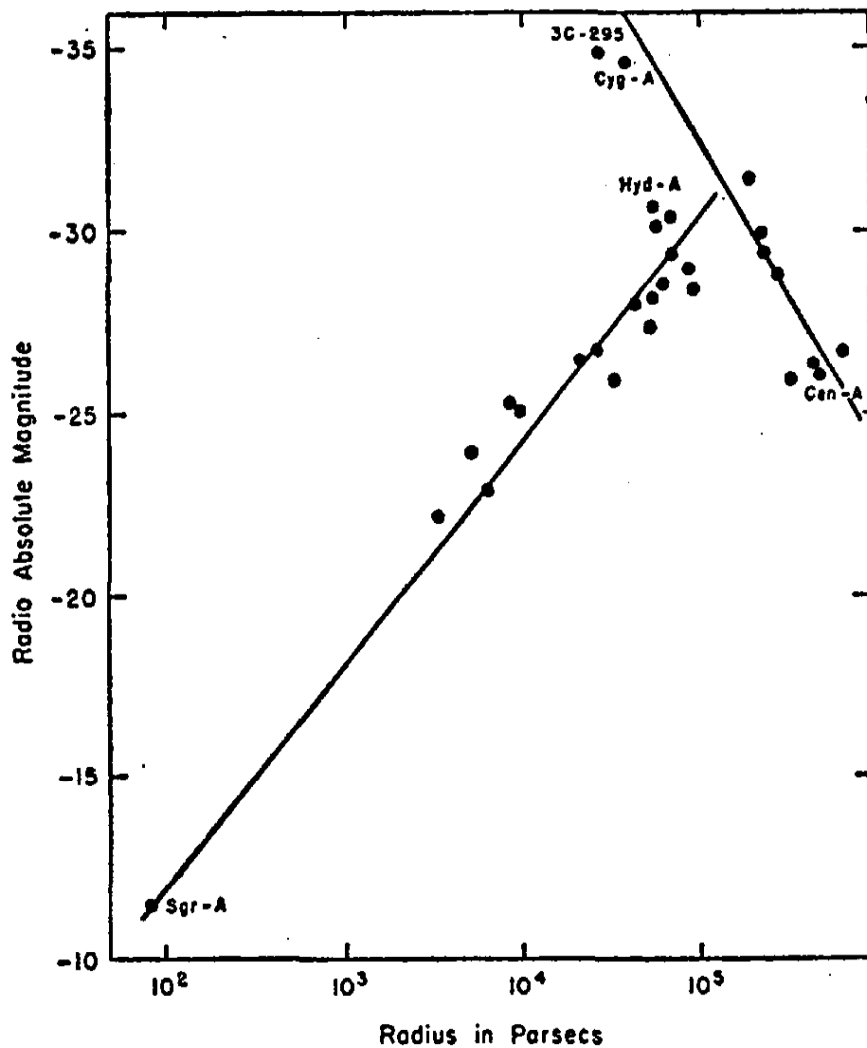
התיאוריה החדשה של שקלובסקי מבוססת בעיקר על דיאגרמה אחת (ציור 1), שבה מציינת האורדינטה את גודל-הרדיו המוחלט של הגלפסיה (כלומר את עוצמת קרינת-הרדיו העצמית של הגלפסיה במרחק סטנדרטי ובתדירות של 160 מגה-סייקל/שנייה או באורך-גל של 20 ס"מ בקירוב) והאבסציסה את הרדיוס הליניארי (R) של מקור הרדיו מבוטא בפארסק⁵. היות שאי אפשר למדוד את מרחקה של רוב הגלפסיות במישרין, היה צריך לחשב את המרחקים מן הרדיו-שיפט (red-shift — Hubble constant) נלקח כ-75 ק"מ/שנייה/מגה-פארסק (זהו הערך של קבוע האבל המקור בל היום בחישובים). הנחונים של שטפי הרדיו הנצפים והערכים של הרדיוסים בדיאגרמה לקוחים ממקורות שונים בספרות.

שקלובסקי מצביע על האנלוגיה הבולטת של דיאגרמה זו לדיאגרמה H-R (הרצ-שפרונג-ראסל) האופטית. גם כאן קיימות לפי הנראה שתי סדרות נבדלות, "הסידרה הראשית" (the main sequence) ו"סידרת הענקים" (the giant sequence). בתחתית הסידרה הראשית מצוי גרעין הגלפסיה שלנו (מערכת שביל החלב המכונה בתור מקור-רדיו בשם קשת א' — Sagittarius A — $M_p = -11$ והרדיוס שלה: $R = 10^2$ pc בקרבת הפיסגה של הסידרה הראשית

הראשון היה לפי קבוצת הכוכבים שבתחומה נתגלו, בתוספת אות רומית גדולה שציינה את סדר גילויים (לפי הא"ב); למשל, מקור הרדיו הראשון שנתגלה בשנת 1946 בקבוצת הכוכבים ברבור קיבל את הציון Cygnus A או בקיצור Cyg A (על פי הקיצורים המקובלים בני שלוש האותיות של שמות הקבוצות, ראה הרשימה ב"הכוכבים בחודשים" כרך ח', מס' 1, עמ' 14—15, ינואר 1961). עם ריבוי התגליות של מקורות רדיו חדשים (מספרם עולה כעת על 2000) היה צורך להכניס שיטת ציון אחרת. על פי החלטת האיגוד האסטרונומי הבינלאומי מחלקים לשם כך את כדור השמים לרשת שדות (א) לפי שעת העליה ישרה, (ב) לפי המקום ביחס למשווה (צפון או דרום S, N) ו(ג) לפי כל עשר מעלות נטייה; אות רומית גדולה מציינת את המקור לפי סדר הגילוי בתוך כל שדה. מקור הרדיו Cyg A ($\alpha = 19^h 57^m 45^s$, $\delta = +40^\circ 36' 46''$) נושא את מספר האיגוד האסטרונומי הבינלאומי (IAU-number): 19 N 4 A; Cas A: 23 N 5 A. לגבי מקורות הרדיו התוקים, הידועים מזמן (!), משתמשים עד היום לרוב בכינויים הישנים.

⁵ parsec (pc) היא יחידת מרחק המשמשת באסטרונומיה. פארסק אחד הוא המרחק שממנו היה נראה רדיוס מסלולה של הארץ סביב השמש בזווית של שניית-קשת אחת, זווית שהפארלאכסה (parallax) שלה שווה לסקוונדה (שנייה) אחת, לכן פארסק. 1 פארסק (פס"ק) = 3.2633 ש"א (שנות אור) = 2.062648×10^5 י"א (יחידות אסטרונומיות) = 3.0857×10^{13} ק"מ = 3.0857×10^{18} ס"מ. לקילופארסק (kpc) kiloparsec יש 1000 פארסק; למגה-פארסק (Mpc) megaparsec יש 1000 קילופארסק.

נמצא מקור-הרדיו המכונה "נחש-מים א'" (Hydra A). הקו הישר של הסידרה מורה לכך (א) שעוצמת הרדיו של גלפסיות "נגסיות" אלה היא פרופורציונית ל- $R^{2.5}$ ו(ב) שפליטת הרדיו שלהן לפי יחידת נפח קטנה אך במעט עם גידול R. הסידרה השניה, "סידרת הענקים" עם 3C-295 ו"ברבור א'" (Cygnus A) בראש וקנטאור א' (Centaurus A/NGC5128) בתחתית מתארת קו ישר שני. התחום הכללי המשתרע על 13 גדלים של גודל-רדיו מוחלט (אם אין מתחשבים ב- Sagittarius A) הוא באמת מופלא. עוצמת הרדיו של פני המקור 3C-295 גדולה 50,000 מונים מזו של Centaurus A.



ציור 1. הדיאגרמה של שקלובסקי שבה רשומים באור-דינטה גודל-הרדיו המוחלטים של 29 גלפסיות ובי-אבסציסה הרדיוסים שלהן בפארסק. מתבלטות בה שתי סדרות: (א) "סידרה ראשית" המתוארת על ידי האלכ"סון שבתחתיתו גרעין מערכת שביל החלב שלנו (Sgr A) ו(ב) "סידרת הענקים" ובה 3C-295 ו"ברבור א'" Cygnus A בראש ו"קנטאור א'" Centaurus A קרוב לתחתית.

מקורות-הרדיו של הסידרה הראשית הם קטנים: ממדיהם מתאימים בערך לממדים האופטיים של גלפסיות-האם שלהם. הענקים גדולים הרבה יותר מאשר בני-זוגיהם האופטיים ורבים מהם, ואולי כולם, מורכבים משניים או יותר עננים, בלתי נראים באופן אופטי, העשויים אלקטרונים רלטיביסטיים (יש בהם בודאי גם

פרוטונים במספר שווה, אך אלה אינם ניתנים לגילוי, כי אינם פולטים קרינה). עננים אלה מרוחקים 100 עד 150 קילופארסק מגלקסיות-האם האופטיות שלהם. במקרים אחדים מאותרים עננים אלה משני צידי ציר הסיבוב של הגלקסיה.

לפי השערתו החדשה של שקלובסקי עשויים אותם העננים גז מיונן (רק האלקטרו־רונים הרלטיביסטיים יוצרים את פליטת גלי רדיו) שנזרק על ידי מנגנון בלתי ידוע מאזור גרעין הגלקסיה האופטית. עננים אלה נושאים אתם את קווי הכוח המגנטיים. המהירות המקורית של זריקת החומר היתה אולי בשעור של כ-1500 ק"מ/שנייה (מהירות זריקה זו מלווה פליטת קו החמצן [OII] 3727 A מן הגרעין) ועבור יציאת הענן מגרעין הגלקסיה היו דרושות כ-15,000 שנים. זריקת מסה זאת — בשעור של 10 עד 100 מסות סולריות (של השמש) לשנה — אינה יכולה להיות התוצאה של התפרצויות על-חדשים (supernovae) או של תהליכים אחרים, פחות קטסטרופליים, של זריקת גז מכוכבים. אין די חומר בגרעין הגלקסיה, כדי לקיים שטף כביר מעין זה, אף עם כל הכוכבים שבו היו הופכים גז. חומר זה מתמלא בהכרח באיזה שהוא אופן ולכן העלה שקלובסקי את הרעיון המהפכני, כי גז בין-גלקטי נלכד ברציפות על ידי גלקסיית-האם.

טיעונו זה מבוסס ברובו על עבודתו של אוסטרברוק (D. E. Osterbrock) אודות התכונות האופטיות של הרדיו-גלקסיה 87N (Virgo A/NGC4486/M87). אזור מצומצם של גרעין הגלקסיה הזאת פולט את קו החמצן [OII] 3727 A שמוצאו מגז הנזרק מן הגרעין במהירות התחלתית של כ-1500 ק"מ/שנייה. היות שגז זה מיונן ודחוס במידה ניכרת הוא נושא אתו את השדה המגנטי שלו. החלקיקים מואצים בהתאם למנגנון שהוצע לראשונה על ידי פֶּאֶרְמִי (E. Fermi). הם הופכים, לפי דבריו של שקלובסקי, ממש "קרניים קוסמיות" המקבלות אנרגיות בסדר גודל של 10^{11} או 10^{12} אלקטרו־וולט. במרחק של 100 קילופארסק מן החלקים המרכזיים של 87N מהירות הבריחה היא 400 ק"מ/שנייה בלבד. מכאן שהאטומים של גז בין-גלקטי שבסביבה יפלו לתוך הגלקסיה, אפילו כשהטמפרטורה של הגז גבוהה מאוד (בשעור של כמה מיליוני מעלות). בשפה טכנית: הגלקסיה מהווה מעין "בור שופכין בכוח" שלתוכו נמשך הגז הבין-גלקטי. כאשר הדבר קורה, עולה דחיסות הגז והוא מתחיל לפלוט [OII] 3727 A.

שקלובסקי מעריך שהדחיסות החומרית הבלתי-מופרעת של הגז הבין-גלקטי היא כ- 10^{-28} גרם/סמ"ק, שהשטף לתוך גרעין הגלקסיה מגיע כדי 5×10^{27} גרם/שנייה או 70 מסות סולריות בקירוב לשנה ושהגז הנופל לתוך הגרעין מביא אתו 10^{44} ארג/שנייה.

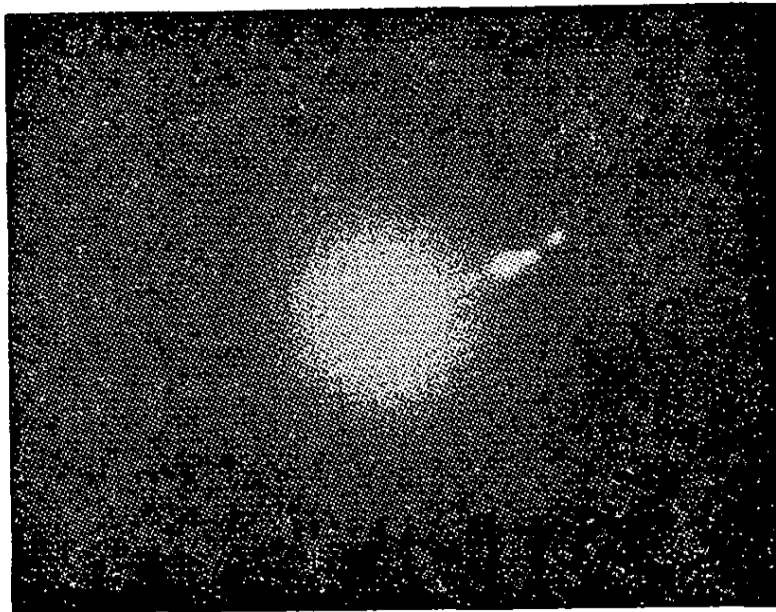
כשהאנרגיה המצטברת בגרעין הגלקסיה עולה מעל לסף מסויים, נזרק מתוכו ענן בעל מסה של 10^{40} גרם ברווחי זמן של 3×10^{13} שניות או 3×10^{26} גרם לשנייה, מה ששווה ל-5 מסות סולריות לשנה. אך ההפרש בין 70 מסות סולריות נלכדות ו-5 מסות סולריות נזרקות לא יביא לידי הצטברות חומר בגרעין הגלקסיה, כי גז מימן גויטרלי עשוי להשטף מן הגרעין במישור המרכזי של הגלקסיה, כפי שהדבר קורה במערכת שביל החלב, ושטף זה אינו סוחב אתו את השדה המגנטי.

תהליך משוער זה פועל בעיקר בגלקסיות בעלות מסות גדולות מאוד — "הענקים" של דיאגרמה מס' 1. מנגנון הפעולה יכול להיות מחזורי: העננים הנזרקים החוצה נופלים בחזרה ונזרקים שוב עקב תהליך שאפשר לכנותו בשם הלחץ של קרניים קוסמיות. החלקיקים המשתתפים במנגנון זה הם באמת קרניים קוסמיות רגילות!

את קיומן של רדיו-גלקסיות בעלות עוצמת קרינה גדולה או קטנה יותר מן הממוצע ניתן להסביר על ידי אי-שוויון אפשרי של הדחיסות ההתחלתית של הגז

הבין-גלפטי בחלקים השונים של האוניברסום (היא יכולה להיות גדולה או קטנה מ- 10^{28} גרם/סמ"ק).

ראוי לציין שקיימים כעת נימוקים בלתי תלויים התומכים בהנחה על מציאות חומר מפוזר בין הגלפסיות. לפני כמה שנים הפנה צוויקי (F. Zwicky) את תשומת הלב לכך שמסתברת נוכחות של אבק בולע במרחב הבין-גלפטי ובשנת 1961 מסר הופמייסטר (C. Hoffmeister), באספת האיגוד האסטרונומי הבינלאומי, שקיימים עננים מאפילים מעבר להילה (halo) של מערכת שביל החלב שלנו. לא יכול להיות כל ספק הגיוני בכך, כי גלפסיות מרובות מן הסוג שנחקר על ידי וורונצוב-וליאמינוב (B. A. Vorontzov-Velyaminov)⁶ — גלפסיות שיש ביניהן פעולות גומלין — פולטות גז וגם אבק לסביבתן. הגז נשאר כרגיל בלתי נראה, אף ברדיו-ספקטרום, מלבד במקרה שהוא מכיל אלקטרונים רלטיביסטיים ונוכח שדה מגנטי. השאלה אינה, אפוא, אם גז זה קיים, אלא אם דחיסותו מספיקה עבור פעולת המנגנון של שקלובסקי.



ציור 2. תצלום הגלפסיה הכדורית M87 (NGC4486), המראה סילונים מוזרים, כפי שלא נמצאו עד כה בגלפסיות אחרות. צולם בטלסקופ של 200 אינץ' בהר פאלומאר.

רעיונות אלה מוצאים השלמה בעבודתו של בלס (R. C. Bless) אודות הקרינה הלא-תרמית היוצאת מן הגלפסיה הכדורית המעניינת מאוד M87 (NGC4486), אחת הגלפסיות בצביר הגלפסיות של בתולה (Virgo cluster). לעומת נימוקו של בלס "כי קרינת הסינכרוטרון (מסילוני הגזים היוצאים מגלפסיה זאת — ראה ציור 2) תעלם במהירות אחרי התרוקנות האנרגיה הראשונית... וM87 תיראה לאחר מכן כרדיו-גלפסיה נורמלית", השערתו של שקלובסקי — על שטפי גז הנכנסים לתוך הגלפסיה מן האזור שבין הגלפסיות — מהווה נסיון חדש ונועז לעקוף נימוק זה. אפשר לנבא, כי החוקרים ימשיכו לעסוק באנליזה מדוקדקת ובקורתית בחקר מנגנון חדש זה של המקור הראשוני של קרינת הרדיו בM87.

⁶ ראה מאמרו של סטרובה על "גלפסיות שיש ביניהן פעולות גומלין": O. Struve, Interacting Galaxies. Sky and Telescope 23 (1962), 16-20.

שיטות למדידת מסלולו של לוויין (א')

מאת צ. דרזנר, תל-אביב

(ו) הקדמה

מסלולו של לוויין סביב כדור הארץ הוא די מסובך. ניתן לתאר אותו כאלִיפסה שמרכזו כדור הארץ באחד ממוקדיה; ברם, אִליפסה זו איננה נשארת קבועה במרחב. היא נעה סביב כדור הארץ בצורה כזאת שהאנך למישור האִליפסה מתאר קונוס שקודקודו במרכז הארץ (תנועת פרצסיה).

אלולא היתה האִליפסה מסתובבת היה הלוויין נע באִליפסה קבועה במרחב. בהסתכלנו על הלוויין ברגע מסוים נוכל להתעלם, לצורך התאור המתמטי, מסבובה של האִליפסה ולדבר על האִליפסה שבה נע הלוויין באותו רגע. אִליפסה זו נכנה להלן בשם "החגורה". אנו יכולים לומר, למשל, שהחגורה עברה מעלינו ברגע מסוים אם באותו רגע הזניט הוא אחד מנקודות החגורה, למרות שהלוויין לא נראה אז כלל. אם, לדוגמא, אנו רואים את הלוויין ברגע מסוים ממערב לזניט נוכל להסיק מכאן, בדרך כלל, שהחגורה עברה בזנית קודם לכן. קצב הפרצסיה יהיה קצב סיבובה של החגורה סביב כדור הארץ.

בכל רגע יוצרת החגורה אִליפסה סביב כדור הארץ. את נטייתה למישור המשווה נסמן ב- γ . נסתכל על הנקודה הצפונית ביותר של החגורה. מנסיוני התברר לי כי נוח ביותר להשתמש בזמן בו הנקודה הזאת חוצה את קו המיצהר, דהיינו, עוברת מצפוננו.

לתאור שיטות המדידה גשתמש במושגים ובסימונים הבאים:

R ק"מ	רדיוס הארץ
H ק"מ	מרחק הלוויין ממרכז הארץ
ζ מעלות	זוית גובהו של הלוויין מעל האופק
α מעלות	הזוית שמרכז הארץ רואה בינינו לבין הלוויין
γ מעלות	נטיית החגורה אל מישור המשווה
ϕ מעלות	רוחב גיאוגרפי צפוני של הצופה
T_0 שעות	זמן הפרצסיה של המסלול לאחר יממה
	(למעשה לאחר $T_0 - 24$ שעות, עיין סעיף (2))
T דקות	מתזור הלוויין
ν דקות	פיגורו ליום (זמן הקדמתו מערב לערב)
n יממות	מספר הימים שלאחריהם עובר הלוויין למסלול עוקב; עיין סעיף (5)
K מחזורים	מספר המחזורים השלם ביממה
δ מעלות	הנטייה החיובית (הצפונית) של השמש $+ 74'$
\bar{H} ק"מ	גובהו הממוצע של הלוויין (חצי הקוטר הארוך של האִליפסה)
	למעגל הגדול המחבר את המערב עם המזרח דרך הזניט נקרא בשם "הקו".
	לנקודה שבה חוצה הלוויין את הרוחב הגאוגרפי שלנו ϕ נקרא "הנקודה האמיתית"; עיין סעיף (4).

מאמר זה יתחלק לשלושה חלקים: בחלקו הראשון (א' — המתפרסם כאן) נתאר שיטות למדידת זמן מחזורו של הלוויין, קצב הפרצסיה שלו וזוית נטייתו למישור המשווה. בחלק השני (ב') נתאר שיטות למדידת גובהו ומדידות הקשורות בליקויו (כניסתו לצל הארץ ויציאתו ממנו). בחלק השלישי (ג') נביא את תוצאות התצפיות והחישובים שבצעתי על "אָקו ו" בעזרת שיטות אלה. שיטות ונוסחות אלה מצאתי

כולם לבדי ללא עזרה כלשהי, לכן ודאי שיש מקום לתיקונים ותוספות. אשמח מאד לקבל הערות, תוספות ותיקונים מצד קוראים, אשר יביאו לדיוק יתר במדידות ולהקלתן.

(2) מדידת קצב הפרצסיה

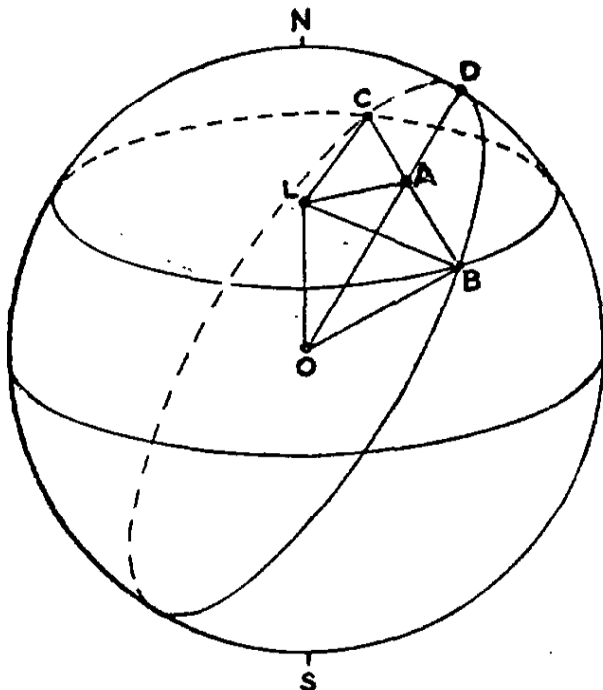
נאמר שביום מסוים עובר הלווין בדיוק מעלינו בשעה 19 00. למחרת לא יעבור שוב מעלינו, לא בשעה 19 00 ואף לא בשום שעה אחרת, וזאת משתי סיבות: (א) בגלל הפרצסיה החגורה כלל לא תעבור בזניט בשעה 19 00; (ב) גם אילו עברה החגורה בזניט בשעה 19 00 לא היה הלווין חייב לעבור בזניט באותו רגע, שכן מקומו בחגורה היה שונה. רק אם זמן מחזורו יתחלק בדיוק ב-24 שעות הוא יתפוש כל יום באותה שעה אותו מקום בחגורה.

ברם, נניח שלאחר 5 ימים עובר הלווין בשעה 18 00 בדיוק מעלינו. מכאן שהחגורה מקדימה כל יום לעבור בזניט ב- $12:5=60$ דקות. להפרש הזמן בו מקדימה החגורה כל יום מעלינו קראנו T_0 . מהדוגמא אנו למדים כיצד נקבע את T_0 : נחכה לשני ימים בהם יעבור הלווין באותו מקום וע"י חילוק הפרש הזמן במספר הימים נמצא את T_0 .

(3) מדידת נטיית החגורה למישור המשווה

אם אנו נמצאים ברוחב גאוגרפי קטן מנטיית מסלול הלווין כלפי המשווה, עובר הלווין מעלינו בשתי הזדמנויות שונות: אחת כאשר הוא נע לקראת הרוחב הצפוני המפסימלי ופעם שניה כאשר הוא חוזר מכיוון הרוחב המפסימלי. את ההפרש בזמן מעבר החגורה מעלינו — t_1 שעות — אפשר לנצל לקביעת נטייתו למישור המשווה (השווה לרוחב הצפוני המפסימלי שמעליו הוא עובר) לפי הנוסחא:

$$\cos 7.5 t_1 = \tan \phi \cdot \cot \gamma \quad (1)$$



ציור 1. הוכחת נוסחה (1).

הציור מתאר את מסלול הלווין מנקודת מבט של "צופה" במרכז הארץ (O). כדור הארץ עצמו אינו מופיע בציור. S, N מציינים את שני הקטבים: צפון, דרום; L הוא מרכז המקביל (למש"וה) שרוחבו הגיאוגרפי ϕ ; γ היא נטיית התגורה אל מישור המשווה. המעגל $CDBC$ הוא מסלול הלווין.

$$\angle BLC = 15 t \quad \text{לכן} \quad \angle BLA = 7.5 t$$

$$\begin{aligned} \cos 7.5 t &= \frac{AL}{LB} = \frac{AL}{LO} \cdot \frac{LO}{LB} = \\ &= \cot \gamma \cdot \tan \phi \end{aligned}$$

(4) מדידת זמן המחזור: שיטה ראשונה

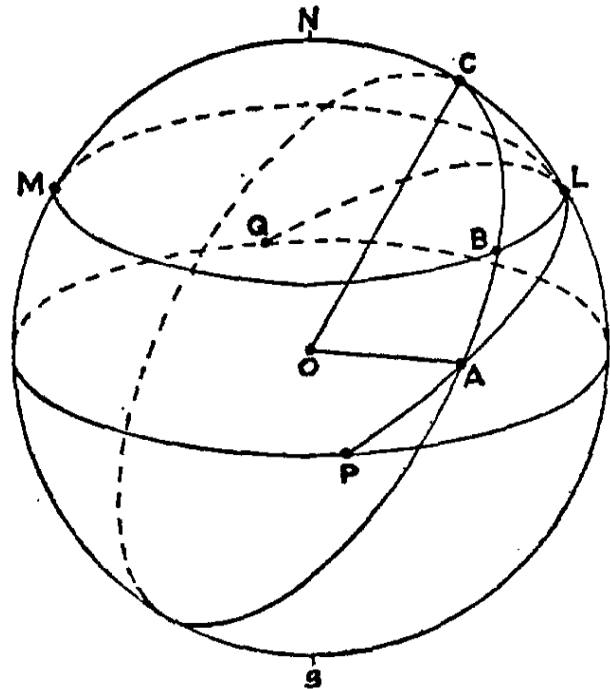
כדי לקבוע את מחזור הלווין חייבים לבחור נקודה קבועה במסלול, שנקל לקבוע את מעברו של הלווין בה. נוח לבחור לשם כך את הנקודה שבה הוא עובר מעל

קו הרוחב הצפוני שלנו ϕ . אם הלווין עובר, במקרה, בזניט, ברור שברגע מעברו כאן הוא עובר מעל רוחב צפוני ϕ , אם איננו עובר בזניט, נראה ממבט ראשון, כי הוא עובר מעל רוחב צפוני ϕ , כאשר הוא נמצא מעל הקו מערב-זניט-מזרח (שקראנו לו "הקו" בסעיף (1)). אולם מתברר שקביעה זו אינה מדויקת. מצויר 2 רואים שהוא עובר את "הקו" בנקודה A ואילו את קו הרוחב הוא חוצה בנקודה B הנמצאת מצפון ל"קו". לנקודה B שבה הוא נמצא מעל רוחב צפוני ϕ קראנו בסעיף (1) "הנקודה האמיתית". הפרש הזמן בין היותו ב-A להיותו ב-B (מן "הקו" עד "הנקודה האמיתית") ינתן ע"י הנוסחה הבאה, שחושבה מתוך הנחה שהמסלול קרוב למעגל:

$$\sin \left(\frac{360^\circ}{T} \Delta T \right) = \frac{\sin \phi \cdot \sin x \cdot \tan x}{\sqrt{\sin^2 \gamma - \sin^2 \phi} + \sqrt{\frac{\sin^2 \gamma}{\cos^2 x} - \sin^2 \phi}} \quad (2)$$

באשר x היא הזווית שמרכז הארץ רואה בינינו ובין הלווין כשהלווין חותך את "הקו" ($\angle AOL$).

הוכחת נוסחה זו היא ארוכה למדי ומובאת בתוספת למאמר.



ציור 2. "הקו" ו"הנקודה האמיתית".
 הציור מתאר את מסלול הלווין מנקודת מבט של "צופה" במרכז הארץ (O). כדור הארץ עצמו אינו מופיע בציור. מציינים את שני הקטבים, צפון, דרום. PAQ הוא "הקו" דרך L ואילו LBML הוא קו הרוחב ϕ . B היא "הנקודה האמיתית". המעגל הגדול CBAC הוא מסלול הלווין (והוא גם "הקו" עובר צופה על פני הארץ מתחת לנקודה O).

היא זווית קטנה ולכן אפשר להשתמש בנוסחה המקורבת:

$$\frac{\Delta T}{T} \sim \frac{\sin \phi \cdot \sin^2 x}{4 \pi \sqrt{\sin^2 \gamma - \sin^2 \phi}} \quad (3)$$

על מנת להשתמש בנוסחאות (2) או (3) לקביעת ΔT עלינו לדעת עוד כיצד יקבע x כדי לקבוע את x נמדוד את ζ , זווית הגובה של הלווין מעל האופק. הקשר בין x ו- ζ נתון ע"י:

$$\cos(x + \zeta) = \frac{R}{H} \cos \zeta \quad (4)$$

¹ השמוש בנוסחה זו דורש ידיעת גובהו של הלווין. שיטות למדידת הגובה נביא בחלקו השני של המאמר. הוכחת הנוסחה היא פשוטה: היא מתקבלת לפי משפט הסינוסים במשולש שקדקדיו הם מרכז כדור הארץ, הצופה והלווין.

ברור עתה כיצד נקבע את זמן מעברו של הלווין מעל רוחב צפוני ϕ (דהיינו, ב"נקודה האמיתית"): נמדוד את זמן מעברו דרך "הקו" ונוסיף את התיקון לפי (2) או (3). לאחר ימים מספר נקבע שנית בדרך זו את המעבר ב"נקודה האמיתית". הפרש הזמנים מחולק במספר המחזורים ישווה לזמן המחזור.²

(5) מדידת זמן המחזור: שיטה שנייה

נתעלם לרגע מן הפרצסיה של הלווין ונניח שהוא נע באליפסה קבועה במרחב. בגלל סיבוב כדור הארץ תראה לנו אליפסה זו מסתובבת; אם היום, למשל, עובר הלווין במקום מסוים (למשל בזניט) הוא יעבור ב"מסלולו העוקב", דהיינו, בסבובו הבא, הרחק ממקום זה. נניח עתה שזמן מחזורו הוא שעתיים בדיוק (או כל זמן אחר המתחלק בדיוק ב-24 שעות³). במקרה כזה הוא יעבור בזניט בדיוק בעוד 24 שעות, כיון שאז ישלים בדיוק 12 סבובים בעוד שכדור הארץ השלים סיבוב אחד; ברם, למעשה זמן המחזור אינו מתחלק בדיוק ב-24 שעות. נניח, לדוגמה, שהוא 119 דקות (שעתיים פחות דקה). במקרה כזה יופיע הלווין כל יום בפיגור של 12 דקות. בעוד כ-10 ~ 12:119 ימים הוא יופיע בפיגור של 119 דקות שהוא זמן מחזור שלם, ולכן ב"מסלול העוקב" הוא יעבור שוב בזניט.

הניסוח הכללי של הבעיה הוא זה: נתון שהלווין מפגר כל יום y דקות ומתקרב כתוצאה מכך ל"מסלול העוקב". לאחר כמה ימים יגיע אליו?

אנו מתעלמים עדין מן הפרצסיה ומניחים שמסלול הלווין קבוע במרחב. זמן של

מחזור אחד הוא $\frac{1440 - y}{K}$ דקות. הפיגור המצטבר ב- n ימים הוא ny . הלווין יגיע

$$\text{למסלול העוקב כאשר יתקיים } ny = \frac{1440 - y}{K} \text{ דקות.}$$

נניח עתה שזמן המחזור של הלווין מתחלק בדיוק ב-24 שעות, (לכן $y = 0$),

אבל יש לו פרצסיה של T_0 דקות ביממה. הנוסחה המתאימה אז היא $nT_0 = \frac{1440}{K}$.

בגלל הפרצסיה החגורה מקדימה כל יום להופיע ולכן היא מקטינה את השפעת הפיגור. האפקט המשולב של שתי התופעות ינתן ע"י:

$$n(y - T_0) = \frac{1440 - y}{K}$$

$$y = T_0 + \frac{1440 - T_0}{Kn + 1} \quad \text{או} \quad n = \frac{1440 - y}{K(y - T_0)} \quad (6)$$

² למציאת המערב (או המזרח) השתמשתי בשיטה הבאה: כאשר כוכב שנסייתו החיובית (הצפונית) δ° נמצא בדיוק מעל המזרח אזי גובהו מעל האופק ינתן ע"י

$$\sin \zeta = \frac{\sin \delta}{\sin \phi} \quad (5)$$

נקבע, איפוא, מתי הוא בגובה ζ ואז הוא מעל המזרח בדיוק. ברור שיש שיטות יותר מדויקות, אולם זאת די נוחה.

³ בדיון זה אנו מתעלמים מתנועת ההקפה של הארץ סביב השמש, דהיינו, מן ההפרש בין היממה הכוכבית והשמשית.

$$\sin \phi_1 = \sin \phi \cdot \sin (90 - x) = \cos x \cdot \sin \phi \quad (7)$$

להוכחת נוסחה (2) נסתכל בציור 2. כאשר אנו נמצאים ברוחב צפוני γ (בנקודה C) והלווין עובר מעלינו הוא יעלה בדיוק במערב וישקע בדיוק במזרח (כי בעברו את קו המיצהר הוא הגיע לנקודה הצפונית ביותר במסלולו ולכן הוא חותך אותו בזווית ישרה). מסלולו יעבור, איפוא, לאורך "הקו" ולכן נוכל להשתמש ב-(7):

$$\cos \sphericalangle COB = \frac{\sin \phi}{\sin \gamma} \quad \cos \sphericalangle COA = \frac{\sin \phi_1}{\sin \gamma} \quad (8)$$

את ϕ_1 גובהו הצפוני של הלווין בנקודת A, ניתן לבטא שוב בעזרת (7), אם נניח עתה שאנו בנקודה B (x יהיה כרגיל, הזווית שמרכזו הארץ רואה בינינו לבין הלווין):

$$\cos \sphericalangle COA = \cos x \frac{\sin \phi}{\sin \gamma} \quad (9)$$

היא הזווית שמרכזו הארץ רואה בין נקודות חתוך המסלול עם "הקו" ועם "הנקודה האמיתית". אם הלווין יעבור את המרחק בין שתי הנקודות ב- t דקות,

$$\sphericalangle AOB = 360^\circ \frac{t}{T} \quad \text{אזי ולכן לפי (8) ו-(9)}$$

$$\begin{aligned} \sin \left(360^\circ \frac{t}{T} \right) &= \sin (\sphericalangle AOC - \sphericalangle BOC) = \\ &= \sin \sphericalangle AOC \cos \sphericalangle BOC - \sin \sphericalangle BOC \cdot \cos \sphericalangle AOC = \\ &= \sqrt{1 - \cos^2 x} \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \gamma} \cdot \frac{\sin \phi}{\sin \gamma} - \cos x \frac{\sin \phi}{\sin \gamma} \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \gamma}} = \\ &= \frac{\cos x \cdot \sin \phi}{\sin^2 \gamma} \left(\sqrt{\frac{\sin^2 \gamma}{\cos^2 x} - \sin^2 \phi} - \sqrt{\sin^2 \gamma - \sin^2 \phi} \right) = \\ &= \frac{\sin \phi \cdot \sin x \cdot \tan x}{\sqrt{\sin^2 \gamma - \sin^2 \phi} + \sqrt{\frac{\sin^2 \gamma}{\cos^2 x} - \sin^2 \phi}} \quad (2) \end{aligned}$$

(המשך יבוא)

באגודה

נוער. אנחנו משתדלים כמיטב יכולתנו להפיק את התועלת המרובה ביותר מן הטלסקופ, אך לצערנו סובל מקום התצפית מריבוי האורות בסביבה.

בחוג האזורי בעמק הירדן

פעולות החוג האזורי המתכנס ב"בית גורדון", דגניה א', נפתחו השנה ב-22 בנובמבר בערב-הרצאה של ח' ד. זיצ'ק (ירושלים) שהרצה (בליווי שקופיות) על "תמונת העולם באסטרו-נומיה המודרנית". בקהל שמילא את אולם "בית גורדון" השתתפו, נוסף על חברי דגניה א', כ-20 חברי החוג האזורי של אגודתנו מעמק הירדן: אפיקים, אשדות יעקב, בית-זרע, דגניה ב', מושבת כנרת ושער הגולן. למחרת היום נתאספו חברי החוג האזורי שנית לערב תצפית ליד הטלסקופ של "בית גורדון" (אולם תנאי הראות לא היו נוחים לתצפית). — בתכנית החוג האזורי להפגש במשך השנה כל שבועיים. המרצים והמדריכים בפגישות אלה יהיו בחלקם מבני המקום ובחלקם הובטחו על ידי מרכז האגודה.

בסניף תל-אביב

חברי האגודה בתל-אביב והסביבה קיבלו בראשית החודש הודעה מיוחדת על פעולות הסניף בחודש דצמבר: הרצאה וערבי תצפית. ב-4 בחודש הרצה ח' ג. שטייניץ על "לווינים — מטרות והשגים" ואחרי ההרצאה הוצגו שני סרטים על נושאים אסטרונומיים.

חידוש החברות בתשכ"ג

חברים שעדיין לא שלמו את מסיהם לשנת תשכ"ג, מתבקשים להעביר את התשלום בהקדם.

טלסקופ למכירה: טלסקופ-רפרקטור מתוצרת דולנדס, לונדון; אוביקטיב 3-אינץ', $f 1/15$; שני אוקולרים, הגדלות $80 \times$ ו- $160 \times$ ואוקולר טרסטרי, הגדלה $40 \times$; כינון אוימוטלי, תלת-רגל יציבה. — מעונינים מתבקשים לפנות לפי הכתובת: א. וולפיש, "בית קדימה", רח' הרב ברלין 30, ירושלים.

מאת המערכת

הדפסת גליון זה נתעכבה מסיבות טכניות. את המדור "השמים בחודש דצמבר 1962" והודעות האגודה פרסם גו בחוזר מס' 12 שנשלח לחברים בראשית חודש דצמבר.

יום עיון בחנוכה

יום עיון יתקיים ביום ד', 26 בדצמבר בר 62 (ה' דחנוכה) בתל-אביב בגמנסיה "הרצליה", רח' ז'בוטינסקי 106 (באור-דיטוריום לפיסיקה, קומה ב', חדר 216).

בתכנית: בשעות 9—13 לפה"צ — שלוש הרצאות:

- (1) ג. שטייניץ: "חישובי ליקויים"
- (1) ש. נוימן: "סקירה על אוקולרים שימושיים באסטרונומיה"
- (3) ד. זיצ'ק: "כיצד קוראים ומנצלים את החומר המספרי המתפרסם בירחוננו "כוכבים בחודשם".

בשעות 14—16 אחה"צ — סיור במכון החדש של השרות המטיאורולוגי בבית דגן בהדרכת ח' ג. שטייניץ, סגן-מנהל השרות.

לחברי האגודה נשלח חוזר מיוחד על יום העיון וחברים מכל חלקי הארץ נרשמו כמשתתפים בו.

בסניף רחובות

פעולות הסניף מתנהלות כסדרן אחת לשבועיים. מיום הפעלת הטלסקופ (הטלסקופ הנייד של האגודה גמסר לסניף בהשאלה) זכינו לתוספת משתתפים, בעיקר מבין תלמידי בתי הספר. המספר הקבוע של המבוגרים הוא 15 ומהם נמצאים 10 לפחות בכל פגישה; נוסף על כך מבקרים גם כ-10 בני

השמים בחודש דצמבר 1962

תופעות מיוחדות

יום	שעה	(לפי שטון ישראל)
1	5	נוגה בדרימו, 2 ⁰ מע'צפ'מע' ל"אלפא" במאזניים ¹ .
1	5	נפטון בדרימו.
1	18	צדק בדרי'; שבתאי בדרי'מע'; הירח מע' לשבתאי, דרי'ר'מע' ל"אלפא"/"ביתא" בגדי ² .
1	21	שני צללים, של הירחים וו ריוו, ביחד על צדק (משעה 21 49 עד אחרי שקיעתו של צדק ב-23 00) ³ .
1	22	נוגה, במזל מאזניים, חוזר מתנועה אחורנית לקדומנית.
1	23	מאדים במז'צפ'מו.
2	5	שבתאי מתקבץ עם הירח, שבתאי 0.2 ⁰ דרי'; התכסות במז' הודו, צפ' אוסטרליה ופציפיק.
3	18	הירח דרי'מע' לצדק.
3	18	עד שעה 18 07 שני ירחים בלבד ליד צדק ³ .
4	5	צדק מתקבץ עם הירח, צדק 2 ⁰ דרי'.
8	21	אחרי 21 59 ירח אחד בלבד (iv) ליד צדק ³ .
9	22	הירח דרי' לכימה ⁴ .
10	19	עד 20 03 שני ירחים בלבד ליד צדק ³ .
10	19	הירח צפ' לאלדיברן ⁵ .
11	15	אורנוס, במזל אריה, עובר מתנועה קדומנית לאחורנית.
12	5	נוגה מתקבץ עם "אלפא" במאזניים ¹ ועובר 2 ⁰ צפ' לו.
12		גמינידים, מסר מטיאורים, בשיא ב'12 עד 14 בדצמבר. מוצא הקרינה כ-3 ⁰ מז' לקאסטור. מהירות כ-40 ק"מ/שנ', בשיא עד 60 מטיאורים בשעה. הפעם תנאי התצפית גרועים בגלל הירח המלא המפריע במשך כל הלילה.
13	בוקר	הירח דרי'מע' לקאסטור/ פולוקס.
14	4	נוגה מתקבץ עם נפטון, נוגה 0.9 ⁰ צפ' (ההתקבצות בעליה ישרה חלה בשעה 01).
15	21	ירח ווו של צדק מכסה את ירח וו משעה 21 57 עד 22 30, עד אחרי שקיעתו של צדק (ב-22 12) ³ .
15	24	הירח מע' למאדים, מע'צפ'מע' לרגולוס.
16	9	מאדים מתקבץ עם הירח, מאדים 0.9 ⁰ צפ'; התכסות בדרי' אמריקה.
19	4	נוגה בזוהר הגדול ביותר (ג' -4.4), 36 יום אחרי ההתקבצות התחתונה.
20	3	הירח צפ'מו' ל"גאמא" בבתולה ⁶ , צפ'מע' לספיקה.

- 1 α_1/α_2 Librae: כוכב כפול, ג' 5.3/2.9. מ"ז 231, ז"מ 314⁰ (משקפת שדה!) מי 58 ש"א, קרוב למילקה.
- 2 α_1/α_2 Capricorni: כפול אופטי, הנראה כבר בעין. ג' 3.8/4.5, מ"ז 376, ז"מ 291⁰; מי של α_1 Capricorni 3000 ש"א, ג' מוחלט 5.4—.
- 3 β Capricorni: כוכב כפול, ג' 6.1/3.3, מ"ז 205, ז"מ 267⁰, מי 500 ש"א. לשני המרכיבים צבעים שונים — צהוב וכחלחל, ספ' B8/G0.
- 4 Pleiades, M45 — כימה (פליאדות), 45N, צביר כוכבים פתוח במזל שור, כ-230⁰ כוכבים בני ג' 3 עד 14 (7 עד 10 נראים בעין), מי 410 ש"א, קוטר הצביר 30 ש"א; הכוכב הראשי, אלקיאונה, בן ג' 3.0 הוא כוכב כפול-ארבעה. ראה מפה בכרך ו' (1959).
- 5 Aldebaran, α Tauri (אד'דאבראן, = שבא אחריה, כלומר הכוכב העולה אחרי כימה): ג' +1.1, ג' מוחלט -0.2, מי 53 ש"א, ק' 35 × שמש, ט' 3500⁰, תנועה עצמית 0.203" בן"מ 160⁰, מהירות רדיאלית +55 ק"מ/שנ'; מלחה בן ג' 13, מ"ז 31; ספ' gK5.

יום	שעה	(לפי שעון ישראל)
21	4	הירח צפ'מ'מ'ד לספיקה.
22	10	התחלת החורף האסטרונומי בחצי הכדור הצפוני והקיץ בחצי הכדור הדרומי. בשעה זו נכנסת השמש לסימן גדי ($V \approx 22^d 10^h 15^m$) ומגיעה למ"ז דר' הגדול ביותר מקרה-המשוה (חוג הגדי או קו-המסנה הדרומי: $\alpha = 18^h, \delta = -23^\circ 27'$). השמש נמצאת במזל קשת. בחצי הכדור הצפוני חלים בתאריך זה היום הקצר ביותר והלילה הארוך ביותר. גובה השמש בצהריים (בירושלים) $34^\circ 37'$ מעל לאופק (לעומת $81^\circ 41'$ ביום הארוך ביותר). אורך היום 10 שעות 6 דקות.
22		אורסידיים, מטרי מטיאורים, בשיא. מוצא הקרינה על יד "ביתא" בדובה קטנה. בשיא עד 10 מטיאורים בשעה.
23	5	הירח צפ'מ'ע' לנוגה, צפ'מו' ל"אלפא" במאזניים ¹ .
23	9	נוגה מתקבץ עם הירח, נוגה 2° צפ' (תצפית לאור היום 1).
26	5	נפטון ברר' מז'.
27	11	מאדים, במזל אריה, עובר מתנועה קדומנית לאחורנית; 4° מצפ'מ'ע' לרגולוס.
28	13	כוכב-חמה מתקבץ עם הירח, כוכב-חמה 2° צפ'.
28	17	הירח צפ'מו' לכוכב-חמה.
28	18	הירח דר'מ'ע' ל"אלפא/ביתא" בגדי ² , מע' לשבתאי.
29	16	שבתאי מתקבץ עם הירח, שבתאי 0.2° צפ'; התכסות בדר' אמריקה ובר' אפריקה.
29	17	כוכב-חמה במע', הוא שוקע ב-17 58, 52 דקות אחרי השמש.
30	18	הירח דר'מ'ע' לצדק.
31	17	צדק מתקבץ עם הירח, צדק 2° דר'.

γ Virginis: כוכב כפול, ג' 3.7/3.7, מ"ז 5.3, ו"מ 310° , מ"ה 178 ש', מ' 40 ש"א, שני המרכיבים צהובים. ספ' F0/F0.

שמש

דצמבר 1962	עליה ישרה	נסייה	נסייה אחרי 5 ימים ¹	שעת-כוכבים במיצהר של גריניץ' ²	זריחה	צהירה זמן גובה	סקיעה
	(ל"ט שעות זמן עולמי)				(לפי שעון ישראל ואופק ירושלים)		
	h m	'	'	h m s	h m	h m	h m
1	16 26.2	-21 42	-22 25	4 37 28.8	6 20	11 28	16 36
11	17 09.8	-22 56	-23 17	5 16 54.4	6 27	11 32	16 37
21	17 54.0	-23 26	-23 23	5 56 20.0	6 34	11 37	16 40
31	18 38.4	-23 09	—	6 35 45.6	6 38	11 42	16 46

¹ בטור זה מובאת הנסייה 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 $35^\circ 13' = +2^h 20^m 52^s$). השינוי ליממה: $+3^m 56.56^s$; השינוי לשעה: $+9.86^s$.

אורך היום קטן מ-10 שעות 16 דקות בראשית החודש עד 10 שעות 6 דקות ביום הקצר וגדל עד 10 שעות 8 דקות בסוף החודש.

הדימדומים האסטרונומיים (השמש 18° מתחת לאופק) נמשכים ברוחב הגיאוגרפי של ירושלים $1^h 26^m$.

חצי קוטר השמש: ב"1 בדצמבר $16' 15''$ וב"31 בו $16' 17''$ (חצי הקוטר הבינוני הוא $16' 01''$, כפי שהוא נראה במרחק של 1 "א).

כוכבי לכת

זריחה צהירה שקיעה (לפי שעון ישראל ואופק ירושלים)			גודל	חצי צורה קוטר ⁴	מרחק בי"א ³	מזל ¹ תנועה ²	נטייה	עליה ישראל	דצמבר 1962			
h m	h m	h m	m	"	"	°	'	m h				
16 39	11 42	6 45	- 0.7	1.00	2.3	1.448	ק	נושא־נחש	-23 17	16 38.9	1	♀
17 02	12 11	7 20	- 0.6	0.97	2.4	1.398	ק	קשת	-25 20	17 47.1	11	
17 32	12 40	7 48	- 0.6	0.90	2.6	1.286	ק	קשת	-25 04	18 56.1	21	
18 03	13 03	8 03	- 0.5	0.73	3.1	1.096	ק	קשת	-22 20	19 59.2	31	
15 01	9 40	4 19	- 4.1	0.10	27.1	0.310	ע	מאזניים	-15 10	14 40.1	* 1	♀
14 32	9 07	3 42	- 4.3	0.19	23.2	0.363	ק	מאזניים	-13 45	14 46.1	11	
14 15	8 50	3 25	- 4.4	0.28	20.3	0.414	ק	מאזניים	-13 48	15 00.2	* 19	
13 56	8 35	3 14	- 4.3	0.36	16.9	0.498	ק	מאזניים	-15 10	15 32.3	31	
11 21	4 38	21 53	+ 0.3	0.91	4.6	1.010	ק	אריה	+16 46	9 37.3	1	♂
10 34	3 52	21 06	0.0	0.92	5.2	0.893	ק	אריה	+16 18	9 49.9	16	
9 55	3 12	20 25	- 0.3	0.94	5.8	0.814	ע	אריה	+16 30	9 53.1	* 27	
9 39	2 56	20 06	- 0.4	0.95	5.9	0.789	א	אריה	+16 42	9 52.8	31	
23 00	17 27	11 54	- 2.0		18.6	4.943	ק	דלי	-10 57	22 27.5	1	♄
21 24	15 45	10 08	- 1.8		17.1	5.376	ק	דלי	- 9 22	22 42.8	31	
20 47	15 38	10 29	+ 0.9		7.2	10.411	ק	גדי	-19 16	20 38.2	1	♋
19 02	13 51	8 40	+ 0.9		6.9	10.757	ק	גדי	-18 32	20 49.9	31	
11 56	5 30	23 00	+ 5.8		1.9	18.240	ק	אריה	+10 18	10 29.4	1	♈
11 17	4 51	22 21	+ 5.8		1.9	18.069	ע	אריה	+10 17	10 29.6	* 11	
9 58	3 32	21 02	+ 5.8		1.9	17.754	א	אריה	+10 22	10 29.0	31	
15 07	9 49	4 31	+ 7.8		1.2	31.222	ק	מאזניים	-14 26	14 48.8	1	♊
13 18	7 55	2 32	+ 7.8		1.2	30.896	ק	מאזניים	-14 41	14 52.4	31	

פלוטואידים⁵

m _p	m _v		(1950.0)	(1950.0)				
7.7	7.2	1.564	א	כלב גדול	-30 23	7 00.9	2	(2)
	7.1	1.511	א	כלב גדול	-31 51	6 56.4	12	
7.6	7.0	1.468	א	כלב גדול	-32 34	6 49.5	22	
8.7			א	תאומים	+18 22	7 53.0	2	(7)
8.6			א	תאומים	+17 46	7 49.3	12	
8.5			א	תאומים	+17 19	7 42.0	22	
7.9	7.3	2.389	ק	אריה	+16 24	11 05.6	2	(1)
	7.2	2.259	ק	אריה	+16 13	11 16.0	12	
7.7	7.0	2.131	ק	אריה	+16 17	11 24.7	22	
10.3		2.478	ק	אריה	- 0 53	11 15.9	2	(3)
		2.372	ק	אריה	- 1 38	11 25.5	12	
10.1		2.264	ק	אריה	- 2 10	11 33.4	22	
8.0	7.4	2.375	ק	אריה	+ 8 34	11 29.3	2	(4)
	7.2	2.238	ק	בתולה	+ 7 51	11 41.5	12	
7.7	7.0	2.100	ק	בתולה	+ 7 19	11 52.4	22	

- * ראה ברשימת התופעות המיוחדות בתאריך זה.
- ¹ כאן נרשם שם המזל שבתחומו נע כוכב־הלכת. לפי תיחום קבוצות־הכוכבים המקובל היום עוברים המסלולים של כוכבי־לכת גם בקבוצות שאינן נמנות עם גלגל־המזלות.
- ² א = תנועה אחורנית (ממז' למע').
- ע = עומד מתנועה (בעליה ישראל), עובר מכיון אחד למשנהו.
- ק = תנועה קדומנית (ממע' למז').
- ³ "א (יחידה אסטרונומית) = 149 504 200 ק"מ.

המשך ההערות בעמ' 146

ירח

דצמבר 1962	עליה ישרה	נטייה	חצי קוטר	קולונג. ²	זריחה	שקיעה	צורה
(ל"ס שעות זמן עולמי)				(לפי שעות ישראל ואופק ירושלים)			
h m	h m	° ' "	° ' "	° ' "	h m	h m	
19 34.9	-20 52	15 32	319.2	9 47	20 26		☽
0 08.6	- 3 54	16 12	20.1	13 19	0 37		○
4 49.1	+18 38	16 13	80.7	16 56	6 10		☾
9 34.7	+16 20	15 13	141.4	21 41	10 32		●
13 25.0	- 3 24	14 46	202.2	1 15	13 13		
17 27.3	-20 03	15 19	263.1	5 52	16 27	פריגיאום	8 19
22 09.1	-14 11	15 58	324.0	10 03	21 26	אפוגיאום	20 13

¹ קולונגיטורה סלנוגרפית של השמש.

d (U.T.)	d (U.T.)	באורך :	ברוחב :
+6.6	8.1	1.6	-5.3
-6.8	21.8	14.2	+6.2
		27.6	-4.7

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

ירחי צדק

ראשי תיבות ראה בגליון מס' 8, עמ' 96 (אוגוסט 1962)

h m d	h m d	h m d	h m d
מ"ה I 17 42 25	כ"ה I 18 26 17	מ"ה III 20 28 8	מ"ה II 18 49 1
צ"ה I 18 54	כ"ה II 18 48	מ"ה II 21 28	מ"ס III 19 48
מ"ס I 19 58	ל"ס I 21 58	כ"ה I 21 59	כ"ה I 20 03
צ"ס I 21 10	צ"ה I 16 58 18	מ"ה I 19 14 9	צ"ה II 21 29
ל"ס I 18 22 26	מ"ס I 17 59	צ"ה I 20 33	מ"ס II 21 33
צ"ס II 18 35	צ"ס I 19 14	מ"ס I 21 31	צ"ה III 21 49
מ"ס II 18 55	כ"ס III 18 15 19	ל"ס I 20 03 10	מ"ה I 17 17 2
כ"ה III 19 02	IV מ"ז מע'	ל"ס II 21 32	צ"ה I 18 37
צ"ס II 21 14	צ"ס II 18 38	IV מ"ז מז'	מ"ס I 19 33
IV מ"ז מז' 27	III ל"ה 19 57	צ"ס I 17 18 11	צ"ס I 20 52
צ"ס III 17 15 30	כ"ה IV 17 29 23	ל"ס III 19 14 12	IV מ"ז מע'
צ"ס IV 18 28 32	כ"ס IV 21 41	צ"ה IV 20 54 15	ל"ס I 18 07 3
מ"ה I 19 42	כ"ה I 20 25 24	III/II כ"ה 21 57	ל"ס II 18 53
צ"ה I 20 50	כ"ה II 21 34	מ"ה I 21 13 16	כ"ה IV 22 17 6

ירחי שבתאי

VI (Titan)			
h	d	h	d
ק"ע 17.6	16	מ"ז מע' 21.0	12
ק"ע 17.9	32	מ"ז מע' 21.3	28

V (Rhea)			
h	d	h	d
ק"ת 17.2	8	מ"ז מז' 13.8	4
ק"ת 17.6	24	מ"ז מז' 14.0	20

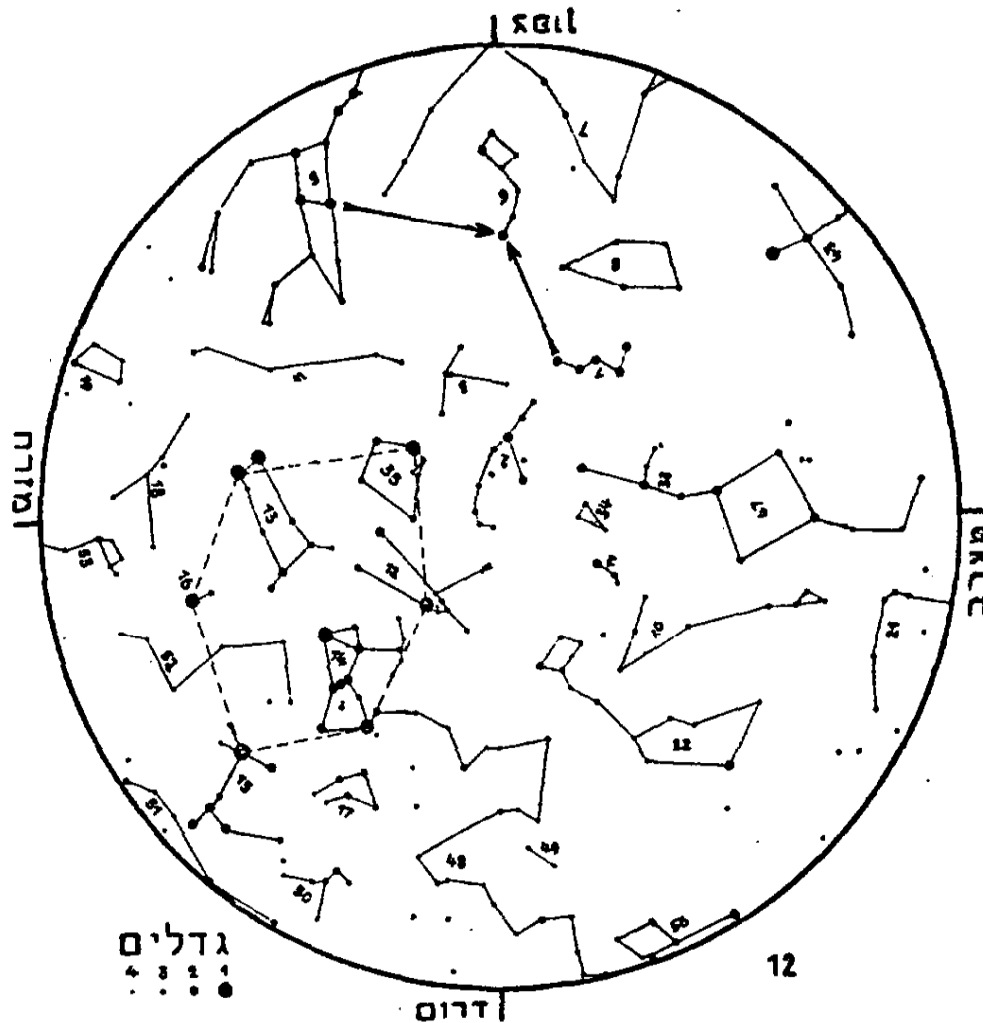
זמני מ"ז מז' : ב"ו בחודש בשעה 09.8, ב"ה בשעה 22.3, ב"ד בשעה 10.9, ב"ג בשעה 23.4, ב"ב בשעה 12.0, ב"א בשעה 00.5, ב"ז בשעה 13.1.

המשך ההערות מעמ' 145

- ⁴ אצל כוכביהלכת צדק ושבתאי מובא כאן חצי הקוטר מקוטב לקוטב.
⁵ שמות הפלנטואידים : (1) קרס, (2) פאלאס, (3) ינו, (4) ואסטה, (7) איריס. הנתונים בטור ג' (גודל) הם גדלים ראותיים (m_v) וגדלים פוטוגרפיים (m_p).
 (1) Ceres, (2) Pallas, (3) Juno, (4) Vesta, (7) Iris.

מפת שמי הערב ב־15 בדצמבר ב-00:22

בראשית החודש ב־23:00 ובסופו ב־21:00 = שעת הכוכבים: 03:40



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 אלינכון (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 במפה מציינים את קבוצות הכוכבים כלהלן:

1	קאסיופיה	8	קפיאוס	16	כלב קטן	33	אנדרומדה	49	תנור
2	פרסאוס	10	דגים	17	ארנבת	34	משולש	50	יונה
3	ביראסה	11	סלה	18	סרטן	35	עגלון	51	ספינת ארגו
4	לינכס	12	שור	19	אריה	43	ברבור	52	ראם
5	דובה גדולה	13	תאומים	21	דלי	47	פגאוס	53	נחש־מים
6	דובה קטנה	14	אוריון	22	לוייתן	48	ארידאנוס	56	סניכס
7	דראקון	15	כלב גדול						

זמני מינימום של אלגול

זמני מינימום נוחים לתצפית יחולו החודש: ב־1 בחודש בשעה 15.9, ב־10 בשעה 06.4, ב־13 בשעה 03.2, ב־16 בשעה 00.0, ב־18 בשעה 20.8, ב־21 בשעה 17.7.

סימנים אסטרונומיים

<p>♄ התקבצות (קוניונקציה). אותו אורך גיאוצנטרי (התקבצות כוכבי-לכת עם שמש) או אותה עליה ישרה (התקבצות כוכבי-לכת עם כוכבי-לכת, עם כוכבים, עם ירח).</p> <p>♄ בניגוד (אפוזיציה). האורך הגיאוצנטרי נבדל ב-180° (כוכבי-לכת בניגוד השמש).</p> <p>□ ריבוע (קואדראטורה). האורך הגיאוצנטרי נבדל ב-90°.</p> <p>♁ קשר עולה. ירח או כוכבי-לכת חוצה את האקליפטיקה בכיוון צפוני.</p> <p>♁ קשר יורד. ירח או כוכבי-לכת חוצה את האקליפטיקה בכיוון דרומי.</p>	<p>♀ כוכב-חמה (מרקור) ♀ נוגה (ונוס) ⊕ ארץ ♁ מאדים (מארס) ♃ צדק (יופיטר) ♄ שבתאי (סאטורן) ♁ אורנוס ♄ נפטון ♁ פלוטו ☉ שמש ☾ ירח ♁ ירח, מולד ♃ ירח, רבע ראשון ☉ ירח מלא ☾ ירח, רבע אחרון</p>
--	---

סימני גלגל המזלות

Libra	מאזניים ♎	תשרי	♈ Aries טלה	ניסן
Scorpius	עקרב ♏	חשון	♉ Taurus שור	אייר
Sagittarius	קשת ♐	כסלו	♊ Gemini תאומים	סיון
Capricornus	גדי ♑	טבת	♋ Cancer סרטן	תמוז
Aquarius	דלי ♒	שבט	♌ Leo אריה	אב
Pisces	דגים ♓	אדר	♍ Virgo בתולה	אלול

ראשי תיבות וקיצורים

צפון, צפונית	צפ'	גודל, דרגת-גודל (זוהר מדומה)	ג'
התקבצות עליונה	ק"ע	דרום, דרומית	דר'
התקבצות תחתונה	ק"ת	זוית-מצב, נמדדת מצפ' מכיוון	ז"מ
רוחב הליוצנטרי גדול ביותר	ר"ה	מז' דר' מע'	
קוטר	ק'	חום (על פני השטח)	ח'
שנה, שנים	ש'	יחידה אסטרונומית (מרחק ממוצע של ארץ-שמש = 149,504,200 ק"מ, לפי הפרלפסה של השמש בשעור 8.80"	י"א
מעלה (מעלת-קשת, 1/360 של מעגל)	°	מרחק (מן הארץ)	מ'
דקת-קשת (1° = 60')	'	מחזור הקפה	מ"ה
שניית-קשת (1' = 60")	"	מרחק זויתי (בין כוכבים, בשניות קשת = אלונגציה אצל כוכבי-לכת)	מ"ז
עליה ישרה	α	מזרח, מזרחית	מז'
נטיה	δ	מכסימלי	מכס.
יום, ימים (יממות)	d	מערב, מערבית	מע'
שעה, שעות	h	מחלקה ספקטרלית	ספ'
דקה, דקות	m		
שניה, שניות	s		