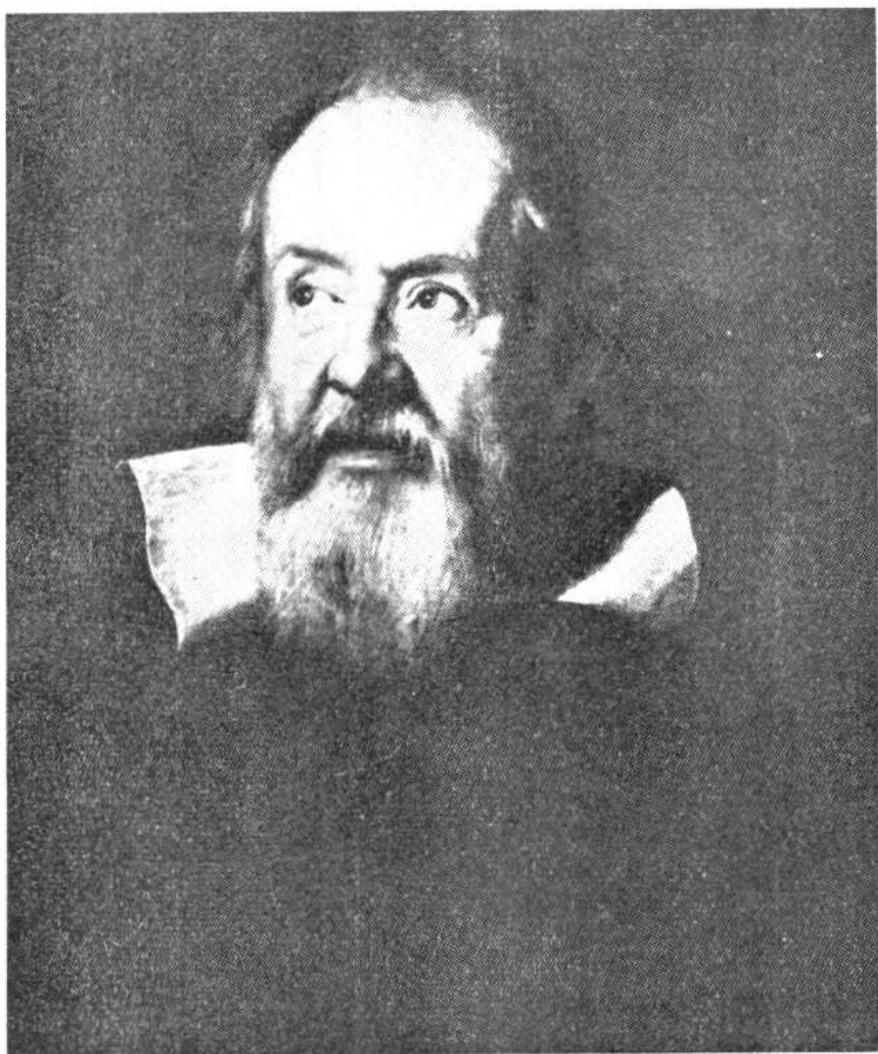


170

הכובבים בחודשים



גָלִילִיאוֹ גָלִילִי
1564—1642

ויצא לאור על ידי

אגודת אסטרונומים-חובבים בישראל
בעריכת ד. ז'צ'ק

הכוכבים בחודש

פברואר 1964

שבט/אדר תשכ"ד

כרך י"א, מס' 2 (111)

התוכן

התמונה בשער: את תМОנתו של גליילי ציר סוסטרמאנס (Justus Sustermans) אומן ממווצה פלאמי ששימש כצייר החצר של הדוכס קוסמו השני דה מדיצ'י. גליילי שלח את התמונה כמתנה אל חבר בפריז. ב-22 בספטמבר 1635 הוא כותב לאוטו חבר: "התמונה שלי הושלמה זה עתה, הדמיון רב מאד והוא נעשתה ביד אומן גדול...". התמונה נמצאת בגלרייה אופיצי בפריז.

19	400 שנה להולדתו של גלייליאו גליילי
26	תיאוריית חדשות על היוצרים הפל-חדשים — ג. שורצבריםום
	באוגוסט: עצרת גליילי; אקו II; חוג ביטבה;
33	בסניף תל-אביב; "מטיאורולוגיה בישראל"
34	תחזית לנצח אקו I בפברואר
35	השימים בחודש פברואר
38	מנוחים וערכים (6)
40	מפת שמי הארץ

אגודת אסטרונומים-חובבים בישראל

מוסדות, סניפים מקומיים וחוגים אזוריים

מרכז האגודה: אגודת אסטרונומים-חובבים בישראל, ע"י האוניברסיטה העברית ירושלים.
מוסדות האגודה: בכל ים (אי-ה) בין השעות 5 עד 7acha"z בפלנטריום ויליאמס, קריית האוניברסיטה העברית ירושלים, טלפון 35281, קר משנה 300.
מצפה-כוכבים: ירושלים, תלביה, רח' ז'בוטינסקי ליד צrifpi המעבדות של האוניברסיטה העברית (זואווגיה). ערבי תצפית לקהל מתקיים בכל יום ד' בשבוע, הדרוכה מתחילה בשעה 20 בערב. התצפית מתקיימת רק כשהשמים בלתי מעוננים. קבוצות מאורגנות חיבות להרשם במזוכירות האגודה לפחות שבועיים מראש, בכתב או בטלפון (ראה לעיל שעות המזוכירות).
פלנטריוום ויליאמס: ירושלים, קריית האוניברסיטה העברית. ההציגות מתקיימת בכל יום ב' וה' בשבוע, בכל פעם שתי הציגות: הראשונה בשעה 17.15 והשנייה בשעה 18.45 בדיקוק! — קבוצות מאורגנות חיבות להרשם לביקור לפחות שבועיים מראש במזוכירות האגודה, בכתב או בטלפון. — הציגות מיוחדות במועדדים אחרים (ל-60 עד 100 איש) לפי הזמנה, לפחות שבועיים לפני המועד הרצוי. הדרישות תאושרנה לפי מידת האפשר.

"כוכבים בחודש": ירחון האגודה, מערכת והנלה לפי כתובת מרכז האגודה.
הספרייה האסטרונומית ואולט הקריאה: פתוחים לחברים בימי א' עד ה' בשבוע, בין השעות 5 עד 7acha"z בפלנטריוום ויליאמס ירושלים.

סניפים וחוגים אזוריים:

תל-אביב וגוש דן: ע"י אינג' ג. פוקס, רח' הפסגה 14, גבעתיים.
רחובות: ע"י נ. הלוי, כפר גבתון, ע"י דחובות.

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

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

עמק הירדן: ע"י ש. לולב, בית גורדון, דגניה א', דואר נס עמק הירדן

400 שנה להולדתו של ג'יליאו ג'יליאי

ג'יליאו ג'יליאי, גדול האסטרונומים האיטלקים, חלוץ השיטה המדעית והחכפית המדעית, נולד בפיואן ב-15 בפברואר 1564. אביו וינצ'נציו היה מצאץ משפחה פלורנטינית אצילה שירדה מנכסייה, אשר אחד מקודמיו שינה בשנת 1343 את שם המשפחה בונאיוטי (Bonajuti) לגלילי. וינצ'נציו ג'יליאי, האב, היה מתמטיקאי מוכשר וידעועם חיבוריו על התיאוריה ועל הפרקטייה של המוסיקה, אשרו ג'יליאו אמאננטי מפסיצה ילדה לו שלושה בניים וארבעה בנות.

ג'יליאו, בן הבכור במשפחה, התבלט מיילדותו מוקדמת ביותר ביכולת אינטלקטואלית ובכשרונו להמצאות מכניות. בזמנו החופשי אהב לבנות צעצועים מכניים בדרך מקורית; אך גם שקידתו בלימודים הייתה ניכרת באותה המידה. את חינוכו הוא קיבל במנזר ואלומברוזה, ליד פירנצה, שם עשה הכרות טובה עם המחברים הלטינים והיווניים הקדמונים ורכש אתasisן לسانינו המהדור והمبرיק. הוא למד גם תורה ההגיון, אך פילופולי המדע הסכולאסטי לא היו לפניו רוחו. קיימת תעודת שלפיה נושא ג'יליאי לחיה הדת וכמעט הפך נזיר. אך לאביו היו תכניות אחרות לגביו, והוא הוציאו מטיפול הכמרים והכニיסו, לפניו שמלאו לו 18 שנה, לאוניברסיטה של פיזה, כדי לשלמוד רפואי; הוא נרשם בה ב-5 בנובמבר 1581.

הכשרונות הטבעיים של הסטודנט הצעיר היו בזמן ההוא מוכנים להתקפתות באוטה מידת לכל כיוון שאליו הבחירה או המקרה היו מכונים אותם. הוא הציגין בשפה המוסיקה בנגינה ובכשרונו המצאה. יש גם עדות לכך שטעמו האישី היה מכוננו לבחור את הציור כמצוע. — בשנתו הראשונה באוניברסיטה (1581) הוא עשה את התכנית המפורסמת שהביאתו לגילוי חוקי המטוטלת: הוא הסתכל במנורה המתנדגת בקצת דלה של פיזה והבחן שתנדות המנורה עברו ללא שינוי בזמניהם השונים. באופן איזו-כrowni, בלי תלות במשרעת התנדות. האימרות הנסויין של הצפינו הביא אותו מאוחר יותר לקביעה, כי זמן התנדות אינו תלוי במשרעת ולא במשקל הגוף שבקצת המטוטלת, אלא נמצא ביחס ישיר לאורך המטוטלת (לשורת שללה). מכאן הסיק על אי-יתלווה של הנפילה במשקל הגוף (כשאין חיכוך או התנדות אויר), כי תנודת המטוטלת אינה אלא נפילה לאורך קשת של מעגל. — הוא מצא גם שימוש מעשי ראשון לעקרון החדש הזה לשם מדידת הדופק; בעבר למעלה מחמשים שנה הוא השתמש בעקרון זה בבניית השעון האסטרונומי.

עד לזמן זהה היה ג'יליאי בדור במתמטיקה. אביו מנע ממנו כל מגע עם מציאותו, שיפוי נסינו העצמי של האב אינו מסוגל לפרנס את נושאו; האב גם חשש, ובצדק, שהעיסוק במתמטיקה היה מרוחיק את הבן מלימודי הרפואה. אך כוונתו הופרה בכךך מקרה. ג'יליאו הוזמן בקרה לשועור גיאומטריה שעורר את התעניינותו. הוא התחליל להקדיש את כל כוחותיו לעניין החדש הבלתי צפוי. בעזרת המורה (אוסטיליו ריצ'י) התגבר במהירות על יסודות המדע של אוקlid וארכימידס ולבסוף נאלץ גם האב לוטור ולהסכים שיעבור מלימודי הרפואה ללימוד המתמטיקה. אך בשנת 1585, לפניו שהשיג תואר אקדמי, נאלץ ג'יליאו לפרש מן האוניברסיטה בגלל חוסר אמצעים, והוא חזר לפירנצה שבת משפחתו. לגבי אותה התקופה בפירנצה ידוע שג'יליאי הרצה בפני האקדמיה המקומית «על המקום ועל הממדים של השאול של דאנטה», וכן ידועה מסה משנת 1586 שבה הוא מתאר את המזוניים הידרואסטטטים שהמציא, אשר בעזרתם ניתן לקבוע את המשקל הסגול של מוצקים בדיקך רב. המזאה זו פירסמה את שמו בכל איטליה. — על פי דרישתו של המרקיז ג'וידו באלדו דל מונטה מפיסארו, הפטרון הראשון של ג'יליאי, שהיה בקיין במדעים ובבעל השפעה בתוקף

קשרי משפחתו, כתוב גלילי בسنة 1588 חיבור על מרכז הכוכב של מוצקים. בעקבות פרסומם זה הוא הוזמן לשמש מרצה למתמטיקה באוניברסיטה של פיאزا, משרה שהעניקה לו יותר כבוד מאשר הכנסות. במשך שני שנים הבאות (1589–1591) ביצע סידרת ניטויים שבתם קבע את העקרונות הראשוניים של הדינאמיקה ו"זוכה" יחד עם זה לראשונה לאיבתם של תומכי אריסטו הקנאים, איבה שלא נפסקה מאז. מן המיגדל הנטוי של פיאزا הוא נתן, לפि הסיפור, לעניין כל הפרופסורים והסטודנטים הדגמה שהוכיחה, כי גופים בעלי משקל שונה שונה נופלים באותו המהירות. מה שumped בוגדור לבתורה הסכולאלסטית שלימה, כי גופים נופלים במהירות העומדות ביחס ישר למשקלם. הוא הפריך גם את העקרונות המקובלים בגין נתיב של קליע והראה שהוא מתאר פרבולה. אך למרות שהביא שפע של הוכחות לדעתו, הוא נכשל ברכישת ידיבו. סגנוו השנוון והעוקץ לא היה עשוי להשיקט רגשות של אנשים שנשללו מהם האילוויות המקובלות והאהובות עליהם. איבתם הגלואה הביאה לידי כך שנשמעו שדיקות בהרצאותיו הפומביות והוא מצא לנכון להתפטר מן הפרופסורה שלו ועקר לפירנצה ב-1591. באותה השנה מת אביו ובחילקו נפלה הדאגה למשפחתו. העורת באה מצד המארקיין ג'יזובאלדו; הודות להשפעתו בסנאט של ונציה התמנה גליי פרופסור למתמטיקה באוניברסיטה של פאדובה, מה שהקל על דאגותיו החומריות ופתח בפניו אפשרויות חדשות לפועלות מדעית.

תקופת שהותו בפאדובה, שנמשכה שמונה שנים משנה 1592 עד 1610, הייתה רצופה הצלחות. מינויו החדש שלוש פעמים, ובכל פעם תוך הבעת ביטוי להערכתה הגבוהה ביותר מצד שלטונות ונציה, ומשמעותו השנתית הוועלה בהדרגה מ-180 עד 1000 פלוריינים. להרצאותיו נהרו אנשים מכובדים שבאו מכל חלקי אירופה ובוח משיכתו היה כה רב, עד שהיה לבסוף צורך להזביר את הרצאותיו לאלם בעל 2000 מקומות. — בשנת 1597 המציא את המנגה הפרופורציונית או הסקטטור (proportional compass or sector), מיתקן שמשתמשים בו עד היום בציור הגיאומטרי. בערך באותו זמן הוא בנה את התרמומטר הראשון לצורך צורת כלי כדורי וצינור ממולאים אויר ומים ובסיהם צנצנת מים. במכשיר זה אי אפשר היה להפריד בין השפעת הלוחץ האטמוספרי המשנה והשפעת החום והקור על התפשטות והתכווצות, אך הוא הראה את הדרך להתקנת התרמומטר הייעיל, כפי שהוא משמש עד היום. אחרי שריניארי (Rinieri) ב-1646 שיכללו על ידי הסירה ההרטמיטית וב-1670 הוחלפו הימים בכספית.

מסתבר שגלילי צידד בתורת קופרניקוס אודות מערכת השימוש בתקופה מוקדמת של חייו, אך הוא נמנע להציג על כך בפומבי. יותר מפחד הליגלוג מאשר מפחד הרדיפה. עדות לכך משמש מכתבו אל קפלר מ-4 באוגוסט 1597, שבו הוא כותב: "במשך שנים רבות הנני חסיד המערכת הקופרניקנית... אספת נימוקים מרובים, כדי לסתור (את ההשערות המקובלות), אך אני מעין לגלוות מותך פחד שיטול גם בחALKI גורלו של מורה קופרניקוס שהפרק מטרה של ליגלוג... הייתה בזראי מען לפרסם את מחשבותי, זו היו יותר אנשים כמוך: אך היה שדבר איננו כך, אני נמנע מלעשות כן..."

הכוכב החדש משנה 1604

הופעת כוכב חדש ב"סרפנטאריום" בספטמבר 1604 (*Nova Ophiuchi* 1604) נחנה לו הזדמנות רצiosa להסתערות על האכסיומה האристוטלית אודות קיום הנצח של השמיים.

בזמן זה הוא חי עדין וכרו של הכוכב החדש משנה 1572 שנצפה ותוואר באופן כה יסודי על ידי טיכו בראהה. הופעה זו נקשרה כМОבן לגורלות בני האדם, ולא רק על

ידי העם הפשוט. אפשר להבין משום כך את הסקרנות הכללית וההתעניינות הערה בטיבו של הכוכב החדש, שעורר ויכוחים בלי סוף אודות החומר ממנו הוא עשוי ומקומו בין הכוכבים.

גיליי נסחף ב מהרה בורם ומסתבר שהופעת הכוכב החדש הייתה נשא לzechet האסטרונומית הראשונה שלו. המכשיר ששימש לzechet היה עשווי "ידיית קטנה של אוילר" שנקבעה בחילון ביתו בפראטובה וחוד הגג של הבית השכן. באמצעות פשוטים אלה הצליח לקבוע את מקומו של הכוכב ולגלות, אם הוא נע ומשנה מערב את מצבו ביחס לכוכבים השכנים.

תוכחות שהגיעו אל "המתמטיקאי של אוניברסיטת פאדוּה", שלא הוא גילה את הכוכב החדש, הרגינו את גיליי והוא השיב, כי אין הוא תיב, בתוקף משרתו, לצפותليلה לילה, כדי לגלו כוכב חדש איזה שהוא. בכך זמן קצר אסף גיליי את תצפיותיו והשערותיו וחבר חומר לשוש הרצאות פומביות, שהן נשתרמו רק הקדמה וקטעים מעטים. להרצאות אלה באו המוני והשמע שלחן וחילוף המתบทים העיר עם חבריו בנושא זה, מעידים בכבוד התיחסו אל דעותיו של גיליי: אך לא כל אחד החזיק באותו הדעות, ובתקופה זו התחלו המחלוקת והוויכוחים שכבר הניחו לו בשנים הבאות. בעין הכוכב החדש היה מתנגדו העיקרי הפלאגיאטור באלאדאסארה אפרה, שהתקיף אותו בכתב-فلسطר; המניעים להתקפה זו היו אולי בעיקר שחצנות וקנאה, אך בוודאי גם נקודות נאיות או שיבושים שלא היו בלתי שכיחים בטיעונו של גיליי.

גיליי החזיק בהשערה שהכוכב החדש נוצר על ידי התאדיות דليلות ביותר היוצאות מן הארץ, אשר במרקם גדול מאוד מחזירות את קרני המשם; את הפחתת האור של הכוכב החדש הסביר על ידי ההתרחקות הדרגתית שלו מן הארץ. השערה זו הייתה מוטעית לחלוטין, אך היא כללה גם את הערכה הנכונה שהכוכב החדש הוא מעבר לאטמוספרה, אף מעבר למסלול הירח באזרע כוכבי השבת, כי הוא לא הראה شيئا' מוקם ביחס לכוכבים אחרים (פרלפסה), כשצפו בו מאzuרים שונים בארץ.

הטלסקופ

התרומה הגדולה ביותר של גיליי לאסטרונומיה הייתה הכנסת השימוש בטלקופ, שהומצא באותה התקופה, לzechet כוכבי-הלבת והכוכבים. גileyi לא היה ממציאו של הטלקופ. הטלקופ הומצא על ידי מלטש משקפים במדלבורג שבפאלנדريا, בשם יוהנס ליפרשיי (Joannes Lippershey), אשר ב-2 באוקטובר 1608 הגיע בקשה אל המושל הכללי של ארצות השפלה לקבלת הוכחות הבלעדית לייצור "מכשיר להגדלת הגודל הנראה של עצמים מרוחקים".

גileyi שמע על הממצאו של ליפרשיי לראשונה במאי 1609. הוא היה בזונציה כשנודע לו שהולנדי בנה טלקופ¹ שבעורתו נראים עצמים, על אף היותם במרקם גדול מעין הצופה, באופן ברור כאילו היו קרובים. — אחדים כפרו בשמועה, אחרים אישרו אותה, אך גileyi כתב כמה ימים לאחר מכן "... קיבלה תי אישור לדבר במכtab שנכתב אליו מפריז, וזה הביא אותו לבסוף להחלטה, להקדיש את עצמי ראשית לחקרת עקרון הטלקופ, ואחר כך לחשוב על הצעדים שיש לנ��ט, כדי ליצור

¹ גileyi השתמש בשם הלטיני *perspicillum* (= "שמפתכלים דרכו"). המילה טלקופ *telescopium* (יוונית: ἑλεῖται רחוק, εὐεπάκος להבית) הוצאה על ידי המלומד ג'יזובי דמיסיאני על פי דרישתו של הנסיך צאסי, ידידו של גileyi, מיסדו של אקדמיה "הילנגייט" (לינפס) הוא מן חתול בר אירופי) — Accademia dei Lincei. צאסי השתמש בו לראשונה ב-14 באפריל 1611 בסעודת חגיון שנערכה על ידי האקדמיה ברומא לכבודו של גileyi.

מכשור דומה, מה שעלה בז'די בזמן קצר, אחרי התעמקות בתיאוריה של שבירת האור". תוך עשרים וארבע שעות אחריו שוחרר לאדובה הרכיב גלילי את הטלסקופ הראשון שלו: "צינור, שעשיתיו תחילתה מעופרת. אשר בקצוותיו הרכבתי שתי עדשות זכוכית, שתיהן שטוחות מצד אחד, אך אחת מהן קמורה מצד השני והשנייה קפורה מצד השני; לאחר מכן קירבתי את עיני אל העדשה הקפורה וראיתי עצמים גדולים וקרובים במידה רבה, כי הם נראו קרוביים בשליש מרחקם וגדולים פי תשע מאשר כשהיו נראים בעין הטבעית בלבד". המצאת הטלסקופ יוסה לעיתים לגליי, אך הוא עצמו לא שכח אף פעם להזכיר על כך שה"הולנדי" זכה לכבוד זה, והוא עצמו רק המציא מחדש מה חדש, לאחר שהגינו אליו הידיעות על המבשיר.

גלילי לא הסתפק במכשו הראשון, אלא חשב מיד על שיכלולו. הטלסקופ השני, עשוי ידיו, הגדל כבר 8 פעמיים בקירותו, השישי 20 פעם. באמצעותו הבחן גלילי לראשונה שפני הירח נראה מוחיטפים והרריים ושלוכובב הלכת צדק יש דיסק עגול. ב-7 בינואר 1610 הוא צפה בצד, דרך טלסקופ רבעיע, משוכל עוד יותר שהגדל פי 30, אשר את עדשותיו ליטש במו ידיו בלי שיחסוך "לא עמל ולא הוואות"². הפעם ראה שלושה כוכבים קטנים ומזהירים בקרבת כוכב-הלכת וגילתה בכך את ירח צדק.

שליח הכוכבים

galilei פירסם את תוצאות תצפיותיו הראשונות בעבודה שננתן לה את השם: *Sidereus Nuncius* ("שליח הכוכבים"). היא הודפסה במרץ 1610 בונציה, חודשים מעטים אחרי התחלת התצפיות, והיתה מוקדשת לדוכס הגדל קוסמו הרו דה-מידיצי. העבודה הייתה כתובה לטינית ועל-ידי-כך מוגמנה לכל איש מדע. מכל עבודותיו של גלילי עוררה עבודה קטנה זו את הסנסציה ואת הסקרנות הגדולות ביותר בכל העולם המדעי של הזמן ההוא.

Sidereus Nuncius מתחליל בתקופות הממצאת הטלסקופ ועובר אחר כך אל התצפיות של פני הירח הפיטיים. הגוף השמיימי הראשון שנחקר על ידי גלילי. הוא מתאר את רוכשי הרים הגבוהים, הנראים אפלים מצד הפונה מן השימוש ולהלאה ומזהירים מצד האחר, והוא מביא הסברים ותרשיים עם פרטיהם רבים.³ הוא אין גם באפשרות של קיום אטמוספירה בירח. הוא מציין כמו כן שפנסגות הרים הגבוהים

² גלילי בנה במשך המן כמה מאות טלסקופים במו ידיו, הם היו מבקשים בכל חלקי אירופה. "טלסקופ לפי שיטת גלילי" (Galilean system), כפי שהוא נקרא עד היום, היה עד להתחפות באנאקוולר-המנסרה בשימוש נרחב כמשקפת ימית והעיקרונו שלו משמש גם היום להרכבת משקפת-אופרה. הוא נותן שדה ראייה מוגבר היטב ותמונה זקופה ובHIRה של עצמים מרוחקים. חסרונו בשדה הראייה המזומצם שלו, אף בהגדלות קטנות, שני ליקויים נוטפים הן הסתיות והספרית והכרומטית (spherical and chromatic aberration) כשהאובייקטיב עשוי רק עדשה יחידה, מישורי-קמורה (planoconvex), כמו אצל הטלסקופים של גלילי או דו-קמורה (biconvex).

galilei השתמש כנראה רק באחד המרכיבים של האובייקטיבים שלו ושיפר בו את הדמייניות (החרות) על חשבון הבהירות. באחד הטלסקופים שלו צומצם האובייקטיב, שמיפתחו המלא היה 5.1 ס"מ, עד 2.6 ס"מ ודאקוולר הקעור בעל קוטר 2.6 ס"מ צומצם עד 1.1 ס"מ. בראשית שנות ה-20 של המאה הזאת בנה שני אסטרונומיים איטלקים ידועים (Abetti, Ronchi) את הטלסקופ הזה ועוד טלסקופ שני (בעל מיסחה 3.7 ס"מ מצומצם עד 1.6 ס"מ) ואובייקטיב נוסף בעל מיסחה אפסטי של 3.8 ס"מ, שאטו גילה גלילי את ירח צדק. אובייקטיב זה, (על אף היותו שכור הירח) היה הטוב מכולם; הוא בעל מרחק מוקד של 169 ס"מ וכוח הפרדה של ~10. החוקרים צפו בדרך כלל באותו האובייקטיבים שבהם צפה גם גלילי: ירח, צדק, שבתאי ומשה. הם יכלו לקבוע את דיזוק הצטיחו של גלילי, למראות הליקויים האופטיים המובנים של הוכחות, והיו מלאי הערצה לחודות עינו ווהאגטואיציה שלו.

³ בಗלוון הבא של "כוכבים בחודש" נביא דוגמאות של צוורי הירח שהוכנו על ידי גלילי.

bijouter מוארים במרקח ניכר משפטו של חרמש הירח המואר ועל פי שיקולים גיאומטריים פשוטים, כאשר הארץ משמש לו להשווה, הוא מגיע למסקנה שהירח גבוהים לפחות פי ארבע מלה שבארץ. לאחר שהוא דן באופן בו מוחזר אלינו אור השמש מפני הירח וכך צד אותו הדבר חייב לחול גם להיפך, לגבי האור המוחזר מן הארץ (הוא מיחס את ה"פוסטורסאנציה" של החלק האפל של הירח לשינה האמיתית שלה — האריה על ידי אור השמש המוחזר מן הארץ⁴). הוא קובע שעובדה זו היא ההוכחה התקיפה ביותר לטבעה של הארץ ככוכבית-לכת, בניגוד לאלה החשובים, שיש להוציא את הארץ מכל משפחת כוכבי-הlections, כיון שהיא חסרה תנועה ואור. תחת זאת הוא מאשר בתוקף, וזאת על סמך הדגימות והתצלויות, שהארץ נעה, היא עולה בזוהר על הירח, והוא אינה "בור שופcin של זהמה מאסה אדמתית", כפי אנשים מסויימים היו רוצים לראות בה.



ציור 1. כוכבי החגורה והחרב של אוריאון⁵
Cinguli et Ensis Orionis Asterismus

"בחרתי את שלושת כוכבי החגורה של אוריאון ושת כוכבי חרבו, קבוצות כוכבים ידועות היטב ומן, והוספה עלייהם שמוניים כוכבים אחרים שגיליתי לאחרונה בסביבתם; שמרתי במידת האפשר על הרוחים ביניהם. את הכוכבים הידועים משכבר צירתי גדולים יותר, כדי להבדילם... את האחרים, שאין נראים לעין, צירתי קטנים יותר... שמרתי על ההבדלים בגודל עד כמה שיכולה" (מתוך "שליח הכוכבים").

⁴ לאונרדו דה פיזיצי הגיע לאותה המסקנה כמעט שנה ויתר קודם לכן.

⁵ אנו מבאים את הציור מתוך יומן התצפית בכתב ידו של גלילי (ולא לפי הדפס של חיתוך העץ המופיע בהזאה המודפסת של "שליח הכוכבים", כפי שנהוג בדרך כלל). הציור מופיע ביום בין תרשימי צדק וירחו ב-7 בפברואר 1610.

(Mss. Gal., P. III, T. III, car. 33 2; Opere III, 2, p. 433)

מלימוד הירח עובר גלילי אל קבוצת הכוכבים אוריון, שבה הוא מוצא ומצין בדיקנות כוכבים מרובים בחגורה ובחרב של הציד, שלפניהם אין מעולם לא נראה בעין (צ'ור 1); אותו הדבר נכון גם לגבי כימה, שבה נוספו בתצפית הטلسקופ כוכבים מרובים על אלה הידועים משכבר בעין הבלתי מצויה (צ'ור 2). גלילי ראה דרך הטلسקופ כוכבים רבים יותר מאשר בעין ומצא שככל הכוכבים נראים בו מזהירים יותר. שביל החלב נתן דרך הכוכית שלו חזין מפליא «בכל חלק אשר אליו הנך מפני את הטلسקופ, מיד מתגלת למבט המון עצום של כוכבים; אחדים מהם נראים גדולים ומשהירים, אך מספר הקטנים הוא מעבר לכל שעור הנition לקביעה». הוא מצא גם שהכוכבים החלשים אינם מוגבלים לשביל החלב בלבד. «מעבר לכוכבי הגדל השישי תוכל לראות דרך הטلسקופ המון כוכבים אחרים המתהמקים מן העין הבלתי מצויה ומספרם רב מעבר לכל המשוער, כי תוכל לראות כאן יותר משש דרגות נוספות של גודל; הגודלים ביניהם, שהייתי קורא להם כוכבים בני הגדל השביעי או בני הגדל הראשון של הכוכבים הבלתי נראים, נראים בטلسקופ מזהירים יותר מלהם בני הגדל השני הנראים בעין».

(בעין)

(בטلسקופ)

צ'ור 2. קבוצת הכוכבים כימה⁶

Pleiadum Constellatio

"ציירתי את ששת כוכבי מזל שור, המכונים פלייאדות (אני אומר בכונה שישה, כי השבעי כמעט נראה אף פעם), קבוצת כוכבים התופסת בשמיים אזור צר מאד. בקרבתם יש מעל לארכבים כוכבים אחרים, שאין בהם עין, ואף אחד מהם אינו מרוחק יותר ממחצית המעללה מאותם שישה הנזרים; בתרשים שלי בלתי רק שלושים ושישה מהם. שמרתי על הרוחים, הגדלים והאבחנה בין הכוכבים הישנים והחדשים, בדיקת כמה במקרה של אוריון" (מתוך "שליח הכוכבים").

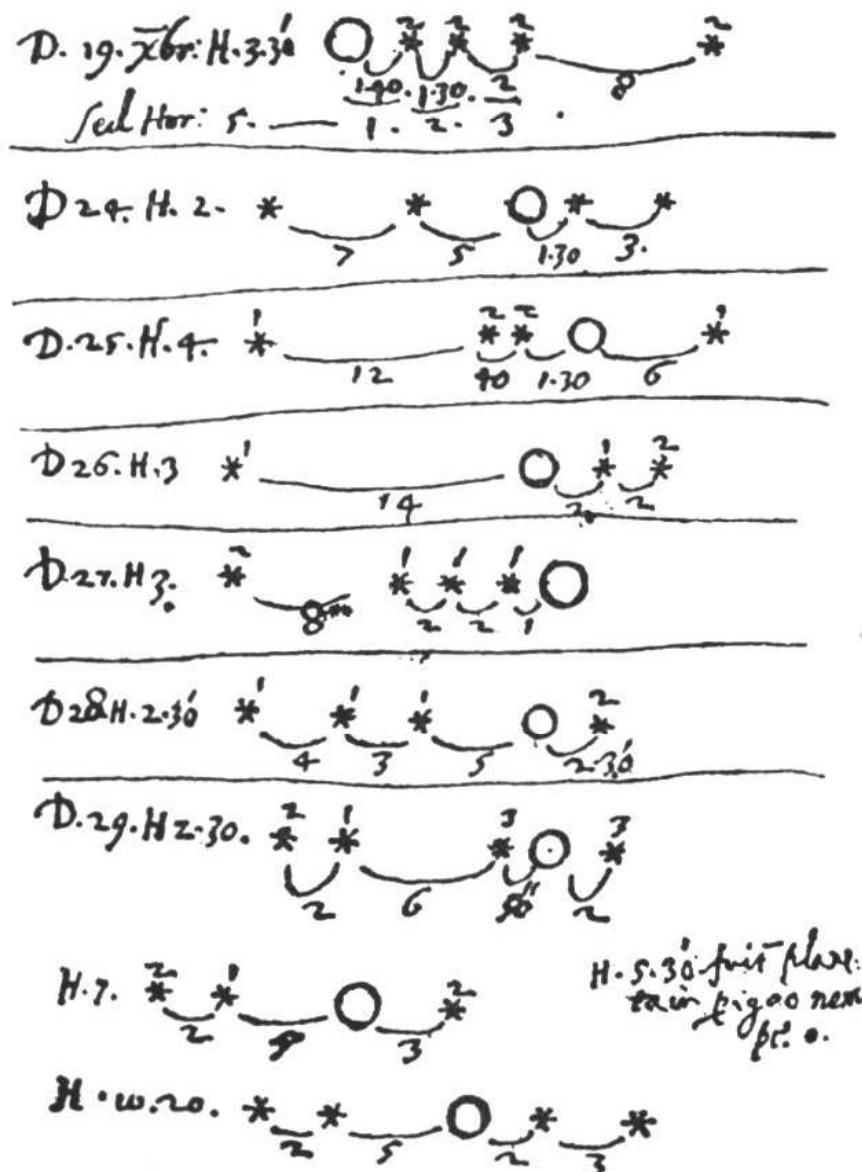
גילוי המלוויים של צדק

שיא הפלאים שהעללה הטلسקופ של גלילי (הרבייעי, שהגדיל פי 30), היה גילוי הירחים של צדק ב-7 בנואר 1610, כאשר גלילי התכוון ללמידה את פני כוכב-הලכת ואת תנועתו בין הכוכבים. בין כתבי-היד של גלילי שמרם היומניים שנרשמו בשעת התצפית (ראה צ'ור 3) וגם דפי הטיוטה של Sidereus Nuncius. הם מגלים את ההתרגשות והתחמוץ של גלילי כאשר הבחן, לא בתנועת כוכב-הලכת כפי שציפה, אלא במשחק התנועה המהיר של מלווו סביבו, בתגלותם והעלמותם של שלושה ולאחר מכן ארבעה מהם. בלילה הראשון של התגלית נראה לו צדק מלווה בשלושה כוכבים והוא חשב אותם לכוכבי-שבת שברקע. הכוכבים היו קטנים, אך מזהירים מאד, מזהירים יותר מכוכבים דומים אחרים שהטלסקופ גילה לו, והם היו

⁶ ראה גם העירה מס' 5. הצ'ור מופיע ביום בין תרשימי צדק וירחו ב-7 בפברואר 1610. (Mss. Gal., P. III, T. III, car. 32t; Opere III, 2, p. 432)

ערוכים בקו ישר, מקביל לאקליפטיקה. למחמת, ב-8 בינואר, הוא ראה אותם שוב. אך בסדר אחר ביחס לצדק, ובليل ה-10 הגיעו למסקנה ששינוי עמדתם הנראה אינו קשור בתנועות צדק, אלא בתנועות העצמית. בלילה שלמחר מכאן הוא ראה שוב שניים מהם באותו צד של צדק, אך במרקחים שונים ואחד עליה בזוהר על השני. בעוד שבלילה הקודם היה זהה; וגלילי רושם: "מכאן מתברר שסביר צדק יש שלושה כוכבי-לכת נוספים, שלא היו נראים לאיש לפני כן". ב-13 בינואר הופיעו פתאום ארבעה כוכבים, שלושה ממערב לצדק ואחד ממזרחו. ב-14 לא הייתה לו

160.



ציור 3. קטע מיום התמצית בכתב ידו של גליילי

הכול רישום מוצבי המלוחים של צדק ביום 19 עד 29 בדצמבר 1610
(Mss. Gal., P. III, T. IV, car. 74 t; Opere III, 2, p. 441)

אפשרות לצפות, אולם ב-15, בשעה השלישי של הלילה, הוא ראה שוב ארבעה כוכבים, אך כולם מצד מערב. חשו, שהתחילה לקבל צורה כבר על יסוד התמצית השנייה, הפך עכשו לוודאות גמורה: הכוכבים האלה אינם קבועים, אלא "נודדים", כמו כוכבי-הלכת.

בנוסח השקט והמלומד יותר של ה- Nuncius הוא קובע שישנם "כוכבי-לכת" המkipים את צדק בדומה לנוגה וככוכבי-חמה שמסביב לשמש. הוא כותב שלא היה יכולתו לקבוע את מחוזור הקפתם מחשדר זמן וחוסר טלסקופ טוב יותר מזה שהשתמש בו ביום ראשונים אלה. אך התגלית הגדולה נעשתה: ארבעה כוכבי-לכת זעירים נעים סבב כוכבי-הlection הגדול יותר במסלולים מעגליים בעלי קווטר שונה, במישורים הנבדלים רק במעט ממישור האקליפטיקה ובמהירות שהיא גדולה יותר, כל כמה שקטן מרחקו של המלואה מכוכבי-הlection הצדק. הקושי להבחין בין הירחים הבהיר מאד על קביעה המחוור שלהם. בדיון וחשבון המפורט של גלילי עלי סידרת תציפותיו הראשונה, שנמשכה מ-7 בינואר עד ה-2 במרס, הוא מצליה לקבוע את המחוור רק לגבי הירח הרביעי, המתפרק (ומתبدل) יותר מן האחרים, בשעור של 15 ימים בקירוב.

galili הבין מיד שתגליתו עשויה לספק נימוק מכריע להסרת הספיקות של מתנגדיו השיטה הקופרנינית. אלה לא רצו להאמין באפשרות של תנועת כוכבי-הlection סבב המשם ובמיוחד הציקה להם המסקנה, שהארץ "ביחד עם הירח" חייבים לנוע סבב המשם, מסקנה הנובעת מתנועת התקפה של הירח סבב הארץ. אך גלילי הביאו עדות על קיום גופים, המkipים בתנועתם גופים גדולים יותר במערכת המשם, ועל-ידי-כך לוקחים חלק במסלול רחב יותר סבב המשם. ונילוי קובע שצדק עם משפחתו בעלת ארבעת הירחים משלים בתקופה של שתיים עשרה שנים את תנועת הקפתו הגדולה סבב הגוף המרכזי, בדיק כמו הארץ במחזרה הנמשך שנה אחת. בהצהרה נועזת זאת, שגרמה לסתור רוחות ולתוכחות כה מרחיקות לכת, ובשם החדש של Sidereus Medicea ("כוכבי המדיצין") שנקבע על ידו לכוכבי-הlection החדש לכבוד הדופט הגדול של טוסקאננה, קוסמו הדיוו, מסתיים Sidereus Nuncius.

(המשך יבוא)

תיאוריית חדשות על היוצרות העל-חדשים¹

מאת ג. שורצברום, חיפה-רחובות

התופעות המאפיינות את העל-חדשים (supernovae) הן בעיקר ארבע:

(א) עליה מהירה של עצמת האור תוך כמה שעות ולפעמים דקות, בגין של עד 10^9 .

(ב) הסחה של קוי הספקטרום לעבר הסגול. תופעה המראה על התפשטות חומר ב מהירות רבה. המהירות שנדדו מגיעות עד 3000 ק"מ/שניה.

(ג) דעיכה אפסוננטיאלית של האור עם הזמן.

(ד) ניתן לחלק את העל-חדשים לשתי מחלקות בולטות: (1) על-חדשים מרובי מימן ו(2) על-חדשים מעוטי מימן.

הגורם המחוללים קטסטרופה עצומה כזו בכוכבים קשורים קשר הדוק עם התפתחות הדרגתית של הכוכב תוך מהלך חיין.

כבר מזמן התבדר שריפה רגילה של חומר (למשל מימן, שהוא האלמנט הנפוץ ביותר בכוכבים) אינה יכולה לספק את כמות האנרגיה העצומות המופקות בכוכבים במשך זמן חיים הארוך ובקצב שבו הכוכבים פולטים אנרגיה. החישובים מראים

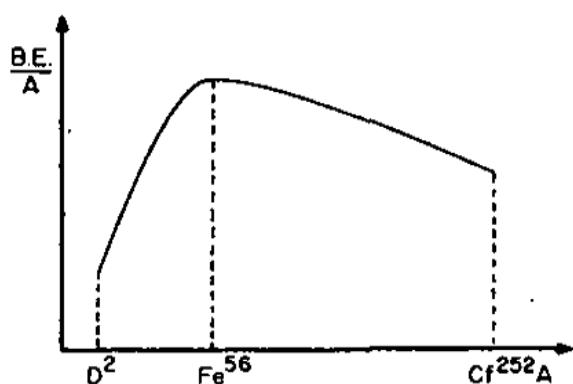
¹ על פי הרצאה שהושמעה בכינוס האסטרונומי הארצי החמישי בירושלים ב-26 באוגוסט 1963.

שגם הפיכת האנרגיה הגרביטציונית, הקשורה בכיווץ החומר, לאנרגיה תרמית אין כבוחה לספק את האנרגיה הדורשת.

עם התפתחות הפיזיקה הגרעינית הגיעו למסקנה שהתחילה המספק את האנרגיה הוא היתוך (fusion) של גרעינים. כדי להבין תחילה זה נטה זמן מה מאסטרו- פיסיילה לתחום הפיזיקה הגרעינית.

כידוע, מרכיב הגרעין של כל אלמנט מפרוטונים ונויטرونים. לפוטון ונויטרון מסה כמעט שווה, אך בעוד שהפוטון טוון חיובית הננויטרון חסר מטען חשמלי. כל גרעין מאופיין על ידי שני פרמטרים: A — מספר הפרוטונים בגרעין ו- Z — מספר הכפול של פרוטונים ונויטرونים בגרעין. (A — מספר הננויטرونים בגרעין נתון על ידי $Z=4$). בין החלקיקים בגרעין פועלים שני כוחות: (א) כח אלקטרומגנטי הנובע מכך שהחלקיקים טעוניים מטען חשמלי. כח זה הוא ברובו הגדול, כח דחיה אלקטרוני-אטומי. (ב) כח משיכה גרעיני הנובע ממטען גרעיניים הכלולים בפוטון ובנויטרון (באופן דומה למטען החשמלי הכלול בפוטון) והפועל בין כל שני נוקליואנים. (ז"א בין הפרוטונים לבין עצמם, בין הננויטرونים לבין עצמם ובין כל נויטרון ופוטון).

התהליכים של ייצור האנרגיה בכוכבים ושלבי התפתחותם השונים מוסברים במשחק שבין שני כוחות אלה ובתכונותיהם השונות. כח הדחיה האלקטרואטמי מצטיין בכך שתחום פועלתו, הטווח שלו, הוא אינסופי. בזאת דומה הכח האלקטרואטמי לכח המשיכה העולמי. הכח הגרעיני לעומת זאת, מצטיין בכך שתחומו שלו הרבה יותר קצר, ולמעשה טווח הכח הגרעיני שווה בערך לרדיוס הפוטון (או הננויטרון). דבר זה מוגם בתרשים מס' 1 (אשר איתנו מציין בקנה מידת). באותו טווח שבו הכח הגרעיני פועל, עצמותו גדולה בהרבה מן העוצמה של הכח האלקטרואטמי. לפיכך, באט נקרב פוטון וננויטרון זה לזה, הם ימשכו אחד לשני, החל מרחק מסוים שהוא טווח הכח הגרעיני, ונאלץ להשקייע עבודה כדי להפרידם. במילים אחרות, על ידי התגובות שני החלקיקים משחררת אנרגיה. אנרגיה זו נקראת אנרגיית הקשר של הגרעין המורכב. בדוגמה שלנו הרכיב הוא דויטריום.



תרשים מס' 2. תלות אנרגיות הקשר לנוקלייאון במספר הנוקליואונים.



תרשים מס' 1. תלות הכוחות שבגרעין במרחב בין החלקיקים הפעשיים.

נבחן עתה את הנעה בגרעין המכיל מספר מסוים של פרוטונים ונויטرونים. בגלל הדחיה האלקטרואטמית כל פוטון דוחה את כל הפוטונים האחרים, לאחר וטווח הדחיה האלקטרואטנית הוא אינסופי. המצב שונה כאשר למשיכה הגרעינית. לאחר והכח הגרעיני הוא בעל פעולה סופית, כל חליק משך רק את החלקיקים הקרובים לו — ולמעשה את אלה הנמצאים לידו. כאשר מספר החלקיקים בגרעין

קטן, הרי כל חלקיק יכול למשוך את כל החלקיקים האחרים, אך כאשר מספר החלקיקים בגרעין גדול בהדרגה אנו מקבלים מצבים בהם מcioוים חלקיקים המרוחקים זה מזה וכמעט אינם מושכים זה את זה (שהרי מספר החלקיקים היכולים "לעטוף" חלקיק מסוים מוגבל). באותו זמן אינה משתנית כמעט הדחיה האלקטרוסטטית בין הפרוטונים והיא ממשיכה לפעול בין כל שני פרוטונים.

אנו מגיעים בזורה זו למסקנה שעם הגדלת מספר החלקיקים בגרעין המשיכה ההדרית נעשה קטנה יותר. לנכון, בזמן נסיוון להוספת חלקיק, המשיכה שלו אל הגרעין תהיה קטנה יותר וכתוצאה לכך האנרגיה המסופקת על ידי ספיגתו בגרעין תהיה אף היא קטנה יותר. בהדרגה נגיע למצב שבו הדחיה מאחנת לגמרי על ידי המשיכה. בתנאים אלה יש להשיק אנרגיה, כדי להוסיף חלקיק נוסף (פרוטון) לגרעין. הגבול הוא גרעין הברזל Fe^{56} . הוספת פרוטון (או ניטרון) לגרעין, הקל מגרעין (fusion). בגרעינים כבדים יותר מגרעין הברזל כל נסיוון להוסיף חלקיק מן הגרעין (fusion). הברזל, מלאה בשחרור אנרגיה. אנרגיה זו נקראת אנרגית ההיתוך (fusion). תחילה או לאחר מוגבל, כאשר $A \geq 44$, הדחיה כה חזקה עד שאין ביכולת המשיכה הגרעינית להחיק את הגרעין והוא מתפרק לבד. תופעה זו נקראת בקוע ספונטני (spontaneous fission). זוהי גם הסיבה מדוע שורת האלמנטים היא סופית.

עובדות אלה באות לידי ביטוי בתרשים של אנרגית הקשר של הגרעין לכל נוקליואון בתלות במספר הנוקליואונים A שבגרעין (תרשים מס' 2). אנרגית הקשר של הגרעין (האנרגיה הקולית הקשורת את חלקיקי הגרעין נתונה על ידי האנרגיה המתקבלת כתוצאה מפרק הגרעין לחלקיו ורחקתם זה מזה לאינסוף) נתונה על ידי:

$$B.E. = m_{\text{p}}(Zm - A) - M$$

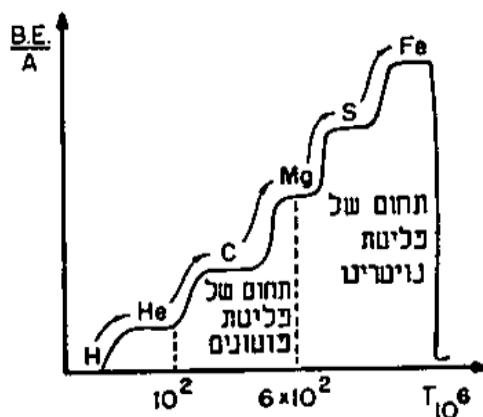
כאשר $B.E.$ היא אנרגית הקשר הנמדדת ב- Mev (מיליון אלקטרון וולט), m_{p} , m ו- A הם מסת הפרוטון, הניטרון והגרעין כולם כפי שנמדד בניסוי, בהתאם. אנו משתמשים כאן ביחס $E = mc^2$ המביע במקורה זה את העבודה שפחית המסה של הגרעין (סכום מסות כל מרכיבי הגרעין הבודדים פחות המסה הכוללת שלהם) נובע מן האנרגיה שהופקה בזמן חיבור הגרעין. העליה בתחום $56 \leq A \leq 2$ מביאה את העבודה שעיל ידי הוספה נוקליואון בתחום זה נקבע שחרור אנרגיה, בעוד שהירידה בתחום $A < 56$ מביאה את העבודה שנקבע אנרגיה על ידי פרוק (ביקוע) הגרעין.

ברם, למרות האנרגיה הגדולה המופקת בתחום ההיתוך, תנאי הכרחי להתרחשות תהליכיים אלה הוא קיומו של לחץ גבוה מאד. הסיבה לכך נעוצה בטוחה הקצר של הכוחות הגרעיניים. כדי שהכוחות הגרעיניים יתחלו לפעול יש לקרב את הנוקליואונים אחד לשני למרחק שבו הם כמעט זה בז. כדי לבצע פעולה זו דרוש לחץ עצום.

*

נחזיר עתה לאסטרופיזיקה. לאחר שהעננו הבין-כוכבי של מיון התגבש לכדור בעל מסה גדולה, גורמת פעולת הכוחות הגרביטציוניים ללחץ על מרכזו הכוכב ההולך ומתרחב. כשהולך והתרחבתוה במרכז הכוכב עולמים מעלה לשערור מסוים מתחילה הפקת האנרגיה על ידי היתוך המיinan. כתוצאה לכך מתחילה הליבה של הכוכב להפעיל לחץ נגדי על השכבות החיצונית (לחץ המורכב מלחץ אלסטי ומלחץ

קרינה). בזורה זו נמצא הכוכב בשיווי משקל: הכוחות הגרביטציוניים המופעלים על ידי השכבות החיצוניתים מאוזנים על ידי הלחץ האלסטי ולחץ הקרינה של הליבה. מצב זה נמשך עד שכמות המימן בליבה נאכלת, תופוקת האנרגיה קטנה, הלחץ הפנימי קטן ושיווי המשקל מתערער. במצב זה ממשיכים הכוחות הגרביטציוניים לפעול והם גורמים לעלייה נוספת בלחץ הפנימי. עלייה זו גורמת לכך שעתה ההלים (שנוצר מן המימן) יכול לעבור התוך ולתפרק אנרגיה. עם ההתחלה של הפקת האנרגיה על ידי ההלים חזרה הכוכב למאובט של שיווי משקל. עליית הלחץ הפנימי גוררת עלייה בטמפרטורה ובצפיפות במרכז הכוכב. חופה זו חוזרת בכל פעם שמלאי הדלק הגרעיני אוזל והריاكتזיה המפעיקה את האנרגיה צריכה להשתנות. תהליך זה מתואר באופן סכמטי בתרשימים מס' 3. ברור שבמציאות המעבר מריاكتזיה לריاكتזיה אינה מורכבת משלבים כה חדים כפי שהם מတורים בתרשימים מס' 3. ותהליך הוא הרבה יותר חלק והדרמטי. בזורה זו מתפתח הכוכב ומגיע למאובט שבו הוא מכיל ליבה המורכבת מ- Fe^{56} ושכבות חיצונית של אלמנטים קלים אשר לא נאכלו לחלווטין בזמן התפתחות הכוכב.



תרשים מס' 3. תלות המנגנון של הפקת האנרגיה בכוכבים בטמפרטורה הפנימית.

צפיפות החומר במרכז הכוכב מגיעה עתה לכ- cc/kg^{10} . נשאלת עתה השאלה, כיצד, כשהחומר הוא כה צפוף, מועברת האנרגיה ממרכז הכוכב החוצה? בשלביה ההתפתחות הראשוניים של הכוכב, כאשר הלחץ והטמפרטורה נמוכים באופן יחסי, נעשית העברת האנרגיה ממרכז הכוכב החוצה על ידי קרינה אלקטטרו-מגנטית (פוטונים) ועל ידי הסעה. ברם, כאשר הצפיפות מגיעה לממדים כנ"ל, הדרך החופשית המוצעת של פוטון היא כמעט אפס. ככלمر אף פוטון לא יכול למצוא דרך השכבות הצפופות של הכוכב. ברור שבתנאי צפיפות אלה גם תהליכי המבוסס על הסעה אינם יכולים להתקיין. יש על כן לחפש תהליך אחר שבעורתו מועברת האנרגיה ממרכז הכוכב החוצה.

פינמן וגל-מן (R. P. Feynman and M. Gell-Mann) הראו באופן תיאורטי ולי וינג² (T. D. Lee and C. N. Yang) באופן ניסיוני, שמלבד הריاكتזיה

$$e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$$

(השמדת אלקטرون ופוזיטрон ויצירת שני פוטונים), קיים גם סיכוי להתחוללות הריاكتזיה

$$\bar{e} + e \rightarrow \bar{\nu} + \nu$$

כאשר ν ו- $\bar{\nu}$ הם הנוטרינו והאנטינוטרינו. הנוטרינו הוא חלקיק שקיים שוער תחילת על ידי פרמי (Fermi) בעקבות נסיגות התפרחות β. חלקיק זה מצטיין

בכך שאין לו מסת מנוחה — ועל כן הוא נע במהירות האור — ובכך שהדרך החופשית המומצת שלו היא כ- 10^{10} פעם כל היקום. במילימ אחורות, הסיכוי שנויטרינו יעבור אינטראקציה בחומר הוא אפסי והוא יכול לחזור בקלות דרך הכוכבים העופפים ביותר. ברור לנו לנו שאם בריאקציות בתחום הכוכב יוצרו נויטריינוים, הרי לגביהם אף השכבות האפופות ביותר שקוות למעשה ואין בפניהם בעיה של יציאה החוצה מן הכוכב.

הчисוב והנסיוון מראים שהטículo להתחוללות הריאקציה השנייה ולא הראשונה הוא 10^2 . ככלומר קמן מאד. אולם علينا לזכור שהחומר בו אנו דנים הוא כה צפוף, עד שצפיפות האלקטרונים שבו מגיעה לכ- 1 kg/cm^3 (בערך אחד חלקי עשרה אלפי מיליל הצעיפות; למרות שאין לדבר בתנאים הנדוניים על אטומים שלמים, הרי סך הכל מספר החלקיקים נשמר והחומר בכללו נויטרלי). בתנאים אלה תהליך הנויטרינו יכול לשחרר אנרגיה של כ- 10^{20} erg/sec או במילימ אחורות הכ- 10^2 משחררים אנרגיה של כ- 10^3 קילוטון TNT בכל שנייה. הננו מגיעים על כן למסקנה המעניינת שלמרות שהכוכב הנדונן לוהט בטמפרטורה עצומה בפנים, הרי את מרבית האנרגיה המופקת על ידי הכוכב איננו רואים. האנרגיה, המתחבطة בפוטונים בעלי אורך גל נראה לעין, מהויה חלק אפסי של האנרגיה המופקת על ידי הכוכב. החישובים הראשונים מראים שהחל מטמפרטורה של כ- 10^6 $\times 600$ התהליך האחראי להעברת האנרגיה ממרכז הכוכב החוצה הוא כמעט רק תהליכי הנויטרינו. נציג בהקשר זה שבמספר מקומות בעולם מתחילה כבר לבנות מצפיכוכבים שמטרתם גילוי הנויטרינו הנפלטים מכוכבים.

אפס, תהליכי היצאת האנרגיה על ידי הנויטרינו והאנטינו-נויטרינו אינם יכול לגרום עדין להתחפצות מהסוג של על-זידש. התנאי הכרחי לקיומה של קטסטרופה כזו זאת הוא קיומו של תהליכי היכול לשחרר את האנרגיה ממרכז הכוכב בזמן הרבה יותר קצר מן הזמן הדרוש לשכבות החיצונית להגעה לשינוי משקל. בתנאים בהם אנו דנים, התהליך הנדונן יכול לשחרר כ- 10^{13} erg/gm בכל שנייה, וזה קצב הקטן בגורם של 10^5 מן הקצב הורווש לשם יצירת קטסטרופה.

אך אם התהליך הנדונן אינו יכול לגרום לקטסטרופה, הרי הוא יכול לגרום להאצת התפוחות הכוכב. בغالל האפקטיביות של תהליכי היצאת האנרגיה על ידי הנויטרינו מתחילה הכוכב להשתתת במהירות גדולה והולכת וננו מגיעים בזמן קצר יחסית (בקנה מידה אסטרונומי כמובן) למצב שבו ליבת הכוכב מורכבת מגראעני ברזל Fe⁵⁶ והשכבות החיצונית מכילות את שרירות האלמנטים הקלים אשר לא עברו היתוך בתהליכיים הקודמים.

כיצד תתחולל עתה הקטסטרופה?

כל האלמנטים הקלים מצטיינים בכך שקצב הריאקציה שלהם רגish ביותר לטמפרטורה ביחידות T_c .³ עליה קטנה של הטמפרטורת גורמת לעליה גדולה מאד של קצב הריאקציה. כך למשל, אם נעלה את הטמפרטורה של C^{12} לכ- T_c , או הרכיה אובי הריאקציה Ne^{20} (C^{12}) α תספיק כ- 10^{17} erg/gm TNT בשניה. והוא סדר הגודל של האנרגיה המשחררת בכל המקרים של הנגרעינים הקלים. לפיכך, אם נעלה בכ- 10^3 ממסת המשמש בגרעינים קלים לטמפרטורה של כ- T_c נקבל שחרור אנרגיה של כ- 10^{50} erg או 10^{17} מגטון TNT שהוא האנרגיה המשחררת בזמן התפוצצות על-זידש.

¹ Phys. Rev. 104(1956), 254.

² Phys. Rev. 109(1958), 193.

³ $T_c = 10^9 \text{ }^\circ\text{C}$

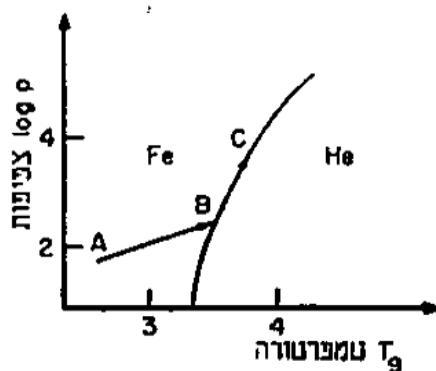
תופעה מפתיעה שנייה הדרישה להבנת התרכחות העל-חדש היא התופעה הבאה: גרעין הברזל שנוצר עד כה על ידי התחברות של גרעינים יכול עם עליית הלחץ והטמפרטורה להתפרק לפי הריאקציה



ריאקציה זו היא ריאקציה של שיווי משקל, זאת אומרת היא יכולה לנوع ימינה או שמאליה.

כדי להפנות את הריאקציה ימינה יש לספק כמות אנרגיה מינימלית לגרעיני ה- Fe^{56} . אפשר לראות אנרגיה זו כ"חום כמוס" של המעבר מ- Fe^{56} ל- 4He . מאין בא "חום כמוס" זה?

תרשים מס' 4 מתואר מצב הכוכב באופן סכמטי. כאשר הציפיות והטמפרטורה נמוכים הכוכב נמצא במצב A, ליבת הכוכב מכילה רק Fe^{56} . עם עליית הטמפרטור



תרשים מס' 4. תיאור מצב הכוכב במישור T, x .

ראה הלחץ כתוצאה מהתכוצות הנקודה המייצגת את מצב הכוכב נעה מ- A ל- B, לעבר קו שיווי המשקל שבין Fe^{56} ובין 4He . ככל זמן שאין מספיקים לגרעיני ה- Fe^{56} את האנרגיה הדרישה של המעבר, שהיא כ- 2.22 MeV, אין ביכולת הליבה לעבור מעבר לקו שיווי המשקל והכוכב מתליק לאורכו. אנרגיה זו גדולה יותר מהאנרגיה התרמית של החומר אפילו בטמפרטורה של 10^6 K. בטמפרטורה זו האנרגיה התרמית של תערובת נויטرونים וגרעיני הליום היא כ- 1.2 MeV לנוקליון.

תנאי הכרחי לקיומו של מצב שיווי-משקל בכוכב הוא קיומו של משפט ויריאלי (virial theorem):

$$\text{אנרגיית תרמית} = |\text{אנרגייה גרביטציונית}|$$

כאשר האנרגיות הן אינטגרלים על כל הכוכב ו- α הוא מספר בין 1 ל- 2 שערכו המדוייק תלוי בחשיבותו הייחסית של לחץ הקירינה כנגד לחץ הגאנג. בתנאים הנדונים הועצת האנרגיה על ידי הנזוטרינונים גורמת לקירור מהיר של ליבת הכוכב. קידור זה גורם להורדת התמיכה בשכבות החיצונית. כדי לאוזן קירור זה הכוכב מתכווץ, הלחץ והטמפרטורה עולים שוב. כאשר הכוכב מתכווץ, האגן השמאלי עולה בשיעור של α/R כאשר G קבוע המשיכה העולמי, M מסת הכוכב ו- R רדיוס הכוכב. מתוך תרשימים 4 נראה שכשר הציפיות עולות, הטמפרטורה עולה הרבה פחות, שכן עם התכווצות הכוכב גדל האגן השמאלי מהר ואילו האגן הימני גדול לאט. מצב זה אינו יכול להימשך זמן רב והכוכב מביא ביטול המשקל המכני.

עם הסטיה מ מצב שיווי המשקל נמסרת האנרגיה הגרביטציונית לגרעיני ה-⁵⁶Fe. ההופך מיד להליום, (הכוכב עבר את קו שיווי המשקל). ברגע זה נעלמת כמעט אנרגיה השווה לחום הרים של המעבר וליבת הכוכב מתקררת באופן פתאומי. קירורו פתאומי זה מסלק את התמיכה מן השכבות החיצונית. השכבות החיצונית, בהעדר תמיכה פנימית, נופלות פנימה לעבר המרכז בנפילת חופשית. סדר הגודל של זמן הנפילת הוא sec 100—. במרקzn, האנרגיה הדינמית של השכבות החיצונית נהפכת לחום, הטמפרטורה עולה מעלה לטמפרטורה הקritisית של האלמנטים הקלים הנמצאים בשכבות אלה וחל שחרור עצום של אנרגיה המועיף את היתרה של הכוכב. לתופעה זו אנו קוראים על-חדש supernova.

ברור שאם הכוכב אינו מספיק מסיבי, לא יהיה לשכבות החיצונית מספיק משקל כדי ללחוץ את הפנים ולהביא אותו לטמפרטורה ולהז כולה. מצד שני, אם הכוכב כבד מאוד, הרי הפנים יתפתח מהר מאד מבחינה גרעינית ויגיע מהר לelibת המכילה רק ברזול. בתנאים כאלה העלה-חדש יכול כמות גדולה של מימן. כדי שיוצר על-חדש יש, איפוא, לדרש שמסת הכוכב בזמן הייצור ליבת הברזול תהיה לפחות 1.4 פעמי מסת השמש (גבול צ'נדראסקהר). אם מסת הכוכב ההתחלתית אינה כה גדולה כדי שתתאפשר ליבת של ברזול בזמן קצר (ויאוצר על-חדש המכיל הרבה מימן), אך היא מספיק גדולה כדי שבתוך התפתחות הנורמלית של הכוכב תהיה המסה מעלה לגבול צ'נדראסקהר, נתקבל על-חדש מכוכב «זקן» שאיכל את כל מלאי הדלק הגרעיני שלו, וכן על-חדש מהוסר מימן.

תיאוריה זו של הויל ופואולד (Hoyle and Fowler) נותנת, על כן, גבול עליון ותחתון למסה האפשרית של כוכב. מתחת לשיעור מסוים הכוורות הגרביטציוניות לא יהיו מספיק חזקים כדי לבב את החומר ולגרום להז מספיק של השכבות החיצונית על הפנים. הדרוש לשם הצהה של ריאקציות היתוך. מעלה לשיעור מסוים, יתפתח הכוכב מהר מאד ויגיע לצב של על-חדש וכן יפלוט את עודף המסה.

СПРОС:

1. F. Hoyle and W. A. Fowler: Nucleosynthesis in Supernovae. *Astrophys. Journ.* Vol. 132 (1960), 565-593.
2. E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, W. A. Fowler and F. Hoyle: Synthesis of Elements in Stars. *Rev. Modern Phys.* Vol. 29(1957), 547-650.
3. B. Pontecorvo: The Universal Fermi Interaction and Astrophysics. *Journ. Exptl. Theoret. Phys. USSR* Vol. 36(1959), 1615-1616.

РЕДАКТОРЫ:

במאמרו של ח' ד. ליטאי על "רדיו-ספקטרוסקופיה בשירות האסטרונומיה" בجلישון הקודם של "הכוכבים בחודש", כרך י"א, מס' 1 (ינואר 64) נפלו כמהшибושים: בעמ' 4, בשורה הראשונה של המבואה: צריך להיות "מלחמת העולם השנייה" (ולא "הראשונה").

בעמ' 7, שורה 6 מלמעלה: צריך להיות "1946" (ולא "1846").

בָּאָגָוְדָה

ב-12 49 נמוך במערב, בגובה °-25°-30°. את הופעתינו הבאות אפשר לחשב על ידי חיסור של 24 דקות בכל יום משעת גובה השיא. ככל שהשעה מאוחרת יותר, כן הוא נטה יותר למערב והוא נמוד יותר".

ח' דוד זכאי, תל-אביב, ראה את אקו !! (ביחד עם ח' דרונר) ב-26 בינואר והודיע על כך בעיתון "דבר" ב-1/27. מרשיםתו אנו מעתיקים: "אורו (של אקו !!) גדול כאור סירויו (ג' 1.6-). הבהיר בכל כוכבי השbeta. הוא מקיף את הארץ ב-109.0 דקות בגובה של 1200 ק"מ; קוטרו כ-40 מטר".

ח' מנחם רביב, הורע, כותב לנו ב-26 בינואר: "ראיתי הערב בשעה 18:50 בקריות (אולי כמעט לפני כן) לווין זהר מאד — גודלו עלה על זה של סירויו — עobar את קבוצות הכוכבים אנדרומדה וקסיופיה ונע לכיוון צפון-מערב. לפי התחזית לנצח אקו !! בಗלון האחרון של "כוכבים בחודש" אין רואים ביום אלה לווין וה בשעות הערב; אני מניח, אפוא, שראיתי את אקו !! שוגר אתמול מארה"ב".

"מטאורולוגיה בישראל"

האיגוד המטאורולוגי הישראלי (אמ"י) קם לאחרונה ביוזמתם של חברי מועד האוניברסיטה העברית בירושלים, הטכניון בחיפה, משרד הבטחון, השרות המטאורולוגי, צה"ל ועוד. מטרתו: ללמד את המטאורולוגים בגוף מקצועית מדעי, לעורך הרצאות וכו'. כל הפעילויות של האיגוד הוא רביעון מקצועני בשם "מטאורולוגיה בישראל". החוברת הריאי-שונה יצאה לאור באוקטובר 1963.

אנשים המתעניינים במטאורולוגיה מזומנים להצטרף לאיגוד. הם יפנו לפוי הכתובת: האיגוד המטאורולוגי הישראלי, ראל, ת. ד. 25, בית דגן.

עצרת גליליאו גילי

בחכנית האגודה לעורך עצרת חגיגית לציון 400 שנה להולדתו של גליליאו גילי. מטעמים טכניים לא יכולנו לקיים את העצרת סמוך ליום הולדתו, ב-15 בפברואר, והוא תערך במועד מאוחר יותר.

חוג אסטרונומי חדש ביבנה

מן הנקודת הדרומית ביותר במקפת אגדתנו מזוח לנץ ח' שלום אלתי: "התחלתי להפעיל חברי לתצפיות ביבנה, אנו נפגשים כתריסר חסידים מדי ליל שבת, צופים בעין ובמשקפת פרימיטיבית (מתוצרת יפן), וכבר מדריכים על בניית טלסקופ של ממש". (אנו מeahלים: בהצלחה !)

בסניף תל-אביב

ערבי תצפית ליד הטלסקופ. יתקיימו על גג בית ההסתדרות ברמת-גן, פינת הרחובות הרצל ויהלם:

ביום ה', 13 בפברואר, בשעה 00:19

ביום ה', 20 בפברואר, בשעה 00:19.

תצפית החברים באקו !!

ח' צבי דרונר, תל-אביב, כותב לנו ב-26 בינואר: "במושאי שבת (25/1), בשעה 19:04, ראיתי לווין הנע מדרום לצפון ולאחר מכן בחזרות "קול ישראל" (בשעה 21) הודיעו על שיגור לווין חדש "אקו !!". באותו יום על ידי האמריקאים. ראתיו גם היום (26/1) בשעה 18:40. הוא נע שוב מדרום לצפון ולפי מהזоро הוא 109.0 דקות בגובה מקרים להופיע מערב לערב ב-24 דקות. גובה השיא שלו הוא תמיד במזרח או במערב והוא נע בשעות הערב מדרום לצפון. ב-1/27 הוא יהיה בגובה השיא ב-16:18, ב-28 ב-17:53 ובו ביום ייראה שנייה

תחזית לנצח אקו 1 בפברואר 64 Echo 1 February 64

מאת צ. דרונר, תל-אביב

הمسلسلים הנראים במשך החודש

הטורים: א' — היום, ב' — שעת השיא (שעות וזכות), ג' — גובה השיא (במעלות מע 2400, מקורב), ד' — כיוון השיא, ה' — מקום הזירה, ו' — מקום השקיעה.

הכיוונים: 0 — קווקז, 1 — צפ', 2 — צפון-מערב, 3 — צפון, 4 — מזרח-צפון, 5 — מז', 6 — מזר-מערב, 7 — דרום, 8 — דרום-מערב, 9 — דר', 10 — דר-דרום, 11 — דרום, 12 — דר-דרום-מערב, 13 — מער', 14 — מער-מערב, 15 — צפ-מערב, 16 — צפ-מערב.

א'	ב'	ג'	ד'	ה'	ו'	א'	ב'	ג'	ד'	ה'	ו'	א'	ב'	ג'	ד'	ה'	ו'
3	11	7	80	19 54	19	5	9	7	15	19 34	12	3	12	15	55	02 47	1
7	15	3	60	02 02	20	3	15	1	30	01 40	13	3	15	1	30	04 51	1
8	15	11	55	04 04	20	6	15	2	50	03 43	13	3	11	15	75	01 40	2
3	10	7	55	18 46	20	7	15	11	70	05 45	13	3	13	16	40	03 43	2
3	11	15	60	20 48	20	3	10	7	45	20 28	13	5	15	2	40	05 47	2
7	15	0	90	02 56	21	5	15	2	40	02 35	14	3	13	16	45	02 36	3
9	14	11	25	04 57	21	7	15	3	75	04 38	14	3	15	1	30	04 40	3
3	11	15	80	19 40	21	4	9	7	25	19 22	14	3	11	15	65	01 29	4
3	13	16	40	21 44	21	4	15	2	35	01 30	15	3	14	16	35	03 31	4
7	15	3	70	01 50	22	7	15	3	60	03 32	15	5	15	2	40	05 35	4
8	15	11	45	03 52	22	8	15	11	55	05 34	15	3	13	16	40	02 25	5
3	11	7	60	18 35	22	3	10	7	55	20 16	15	4	15	2	35	04 30	5
3	12	15	55	20 36	22	5	15	2	45	02 24	16	3	12	15	55	01 17	6
7	15	11	70	02 45	23	7	15	0	90	04 26	16	3	15	1	30	03 21	6
9	13	11	20	04 46	23	4	9	7	35	19 11	16	5	15	2	45	05 24	6
3	11	15	65	19 30	23	3	11	15	80	21 10	16	3	13	16	40	02 13	7
3	13	16	40	21 32	23	5	15	2	40	01 17	17	5	15	2	40	04 17	7
9	14	11	30	03 41	24	7	15	3	70	03 20	17	7	15	3	70	06 20	7
3	11	7	80	18 24	24	8	15	11	45	05 22	17	3	13	16	45	01 06	8
3	13	16	45	20 25	24	5	9	7	15	18 04	17	3	15	1	30	03 10	8
3	11	15	60	19 18	25	3	11	7	60	20 05	17	6	15	2	50	05 13	8
3	14	16	35	21 20	25	6	15	2	50	02 13	18	3	14	16	35	02 01	9
3	11	15	85	18 11	26	7	15	11	70	04 15	18	5	15	2	40	04 05	9
3	13	16	40	20 14	26	9	13	11	20	06 16	18	7	15	3	80	06 09	9
3	12	15	55	19 06	27	3	10	7	45	18 58	18	4	15	2	35	03 00	10
3	15	1	30	21 10	27	3	11	15	65	21 00	18	7	15	3	60	05 02	10
3	11	15	65	18 00	28	5	15	2	40	01 05	19	3	15	1	30	01 51	11
3	13	16	40	20 02	28	7	15	3	75	03 08	19	5	15	2	45	03 54	11
3	13	16	45	18 53	29	9	14	11	30	05 11	19	7	15	0	90	05 56	11
3	15	1	30	20 58	29	4	9	7	25	17 52	19	5	15	2	40	02 47	12
						7	15	3	70	04 50	12						

זמן הזירה הוא כ-10 דקות בmmoץ לפני גובה השיא.

זמן השקעה הוא כ-11 דקות בmmoץ לאחר גובה השיא.

בשעות הבוקר: עד שעה אחת לפני זריית החמה יופיע הלוין סמוך לזריהם.

בשעה 03 בערך יופיע הלוין מעלה לדרום (או הצפון), ככלומר בשעת צהירתו.

בשעות הערב: עד שעה אחרי שקיעת החמה, יעלם הלוין סמוך לשקיעתו.

בשעה 20 בערך יעלם הלוין מעלה לדרום (או הצפון).

הפרש הזמן בין שתי כניסה (יציאה) עוקבות מצל הארץ הוא 114.8 דקות. פיגורו

המשמעות לתחילת פברואר הוא 63.8 דקות; יש לצפות שפיגורו ישאר יציב במשך החודש.

השימים בחודש פברואר 1964

תופעות מיווחדות

יום	שנה (לפי שעון ישראל)	
18	נוגה בדורמץ, ° 37 מוי לשמש, ° 30 מע' לזרק; נוגה מתקרב אל זוק ב מהירות במשך החודש ומתќבץ אותו כ-28 בפברואר, ראה להלן.	1
18	זרק בדורמץ.	1
24	הירח צפ'צ'ם'מע' לספיקה. ¹	2
24	הירח צפ'מ'ז'מע' לספיקה. ¹	3
21	ליד זוק נראים שני ירחים בלבד, ראה הערות בלווח "ירחי זוק", עמ' 38.	4
5	הירח צפ'צ'ם'מע' לאלאפה ² במאוניים. ²	5
19	ליד זוק נראים שני ירחים בלבד, ראה הערות בלווח "ירחי זוק", עמ' 38.	6
2	הירח צפ'צ'ם'ז'מע' לאביבטה ³ בעקבות, ראה גם כ-27 בחודש להלן.	7
21	אורנוס נוח לתצפית, עד 18 בחודש; ראה גם כ-27 בחודש להלן.	8
(21)	כוכב-חמה מתќבץ עם הירח, כוכב-חמה ° 0.7 צפ'; התכונות שתיראה בזילניה החודש, דר' פציפיק, אנטארקטיקה ודרי אמריקה.	11
2	נפטון נוח לתצפית, עד 23 בחודש.	12
(8)	שבתאי מתќבץ עם השמש.	15
18	ירוח דר'מע' לנוגה.	15
15	נוגה מתќבץ עם הירח, נוגה ° 5 צפ'; תצפית לאור הירום!	16
19	הירח דר'מע' לנוגה, דר'מע' לזרק.	16
(5)	מאדים מתќבץ עם השמש.	17
(11)	זרק מתќבץ עם הירח, זוק ° 4 צפ'.	17
19	ירוח מיררמן ⁴ לזרק.	17
5	נטען, ב מול מאוניים, עובר מתנועה קדומנית לאחורנית.	19
22	ירוח דר'מע' לכימה, ⁵ צפ'מו' לאולדיברן. ⁶	19
21		20

* (הסוגרים) סביר כיון השעה מסמנת תופעות שיש בהן עניין, אך הן אין ניתנות לתצפית.

¹ Spica, α Virginis (=שבולות): ג' +1.2, ג' מוחלט -1.6, מ' 120 ש"א, ט' 200000, תנועה עצמית ° 0.055, מהירות רוויאלית + 2 ק"מ/שנ'; כוכב כפול ספקטורוסקופי, מ' 4.014 ג' ; סמ' B2 + B5.

² Librae α/₁α: כוכב כפול, ג' 2.9, 5.3/2.9. מ' 23, ז' מ' 314 (مشקפת שדה!), מ' 58 ש"א, קרוב למילקה.

³ Scorpii β: כוכב כפול, ג' 2.9, 5.1/2.9, מ' 14, ז' מ' 23, מ' 400 ש"א, סמ' B1; מלחה שני, ג' 9, סמוך מאור.

⁴ Scorpii α, Antares (מתחרה של מארט, מאדים): ג' 0.9—1.8, משתנה סדר לכחזה, מהיר שינוי האור 1733 ג' 3.3, ג' מוחלט —3.3, ק' 330×شمם, עצמת-אור 1900 ×شمם, מ' 250 ש"א, ט' 2300, תנועה עצמית ° 0.034, מהירות רדייאלית 3 — ק"מ/שנ'; סמ' gM0.

⁵ Pleiades M45 — כימה (פליאודות), סמ' 45 זביר כוכבים פתוח כמול שור, כ-230 כוכבים בני ג' 3 עד 14 (כ' עד 10 נראים בעין), מ' 410 ש"א, קווטר הzbיר 30 ש"א: הכוכב הראשי, אלקיונה, בן ג' 3.0 הוא כוכב כפול-ארבעה. ראה מפה בכרך י' (1959) עמ' 116.

⁶ Tauri α, Aldebaran (אד-דאברהן = שבא אחורי, בלומר הכוכב העולה אחורי כימה): ג' +1.1, ג' מוחלט -0.2, מ' 53 ש"א ק' 35×شمם, ט' 35000, חנואה עצמית ° 0.203, בז' מ' ° 160, מהירות רדייאלית + 55 ק"מ/שנ'; מלחה בן ג' 13, מ' 31, סמ' gK5.

							יום	שנה (לפי שעון ישראל)
3	21	hirah utbar et abir ha-cocbeim "ha-aydim" ⁷ , zef' al-dibron ⁶ .						
5	22	hirah utbar b-shua 34 05 21°10' dr' le-urfilat m ⁸ .						
17	22	hirah utbar '40° 1° zef' le-abir ha-cocbeim 35° ⁹ b-mol taoemim.						
18	22	lid zek nraha irah zo b-lbav, ra'a ha-urot blot, "irchi zek", um' 38.						
23	22	lila hirah dr' la-kastor/pollaf.						
20	26	hirah matkaz um regolos ¹⁰ w-ufer c- $\frac{1}{2}$ zef' lo.						
(16)	27	azor-nos bo-yod le-smash; merakon ha-gia-azotri 17.309 Y'A = 2,588 milion k'm; orro magiv alinu achari 24h 2'; g' 5.7; koptro ha-momoa "3.96". — Mokom shel azor-nos c- $\frac{1}{2}$ 2 m' la-cocb "ro" ba-aria ¹¹ , c- $\frac{1}{2}$ 9 m' zidromi la-regolos ¹⁰ (meskaf shora!); bat-sukof katan nraha ha-disk shel azor-nos b-baror, tuo b-ul ganz yarak opifini.						
(4)	28	cocb-hama matkaz um shabta'i w-ufer 1.0 dr' lo.						
10	28	noga matkaz um zek w-ufer 1.7 zef' lo.						

Hyades צביר ההיאדים מורכב מ-150 כוכבים בעלי תנואה עצמית באותו הביוון, ומהרה: ⁷ 7, 8 + 7°, 6h 10m ^a. אלדיבון איננו נמנה עם הצביר.

⁸ Crab Nebula, M1/NGC1952: Urfilat plontrit, g' 8.5, k' 240, cocb merkzi ben g' 16, h' 100000, m' 1000 sh'a, mozaa mul-tadsh meshta 1054 (perutim nosfim, ra'a ha-cocbeim b-hodshim, shna 1/117, 116, novemb 1959).

⁹ M35/NGC2168, צביר cocbeim ptoch b-mol taoemim, g' 5.3, c-120 cocbeim, m' 2600 sh'a, kopter ha-zbir 40° = 31 sh'a.

¹⁰ Regulus Leonis: hamelk katan; ha-shem nitn ul ydi kopernikos; g' 1.3+, g' 1.3 molchalt — m' 70 sh'a, t' 13400, tanuha uzmit 0.247° 269°, mahirot redialit 7 + 0.4 K'm/shn, uzmati-or 97 x shesh; malha ben g' 8.4, m' 176; B8.

¹¹ Leonis: g' 3.8+, g' 3.8 molchalt 6.0, perlafsa 0.0012, mahirot redialit +42 K'm/shn, sp' B0; ha-cocb rishom b-mifa shlano, um' 40, wo' miyozg ul ydi ha-nokoda ha-boudet ha-krooba b-yoter la-regolos, she-o ha-cocb ha-rashi ba-aria (19).

שימוש

פברואר עלייה נסיה שעה עליה ישרה 1964									
שקיעה		זהירה		זריחה		שעת כוכבים		נסיה נסיה	
זמן גובה	(לפי שעון ומן עולם)	זמן גובה	(לפי שעון ישראל וופק ירושלים)	זמן גובה	(לפי שעון ישראל וופק ירושלים)	זמן גובה	(לפי שעון ישראל וופק ירושלים)	במצהר של אחריו גריינץ'	במצהר של אחריו גריינץ'
h m	°	h m	h m	h m	h m s	°	°	°	h m
17 13	41	11 53	6 32	8 40	58.0	-15 59	-17 26	20 54.4	1
17 22	44	11 53	6 25	9 20	23.5	-12 44	-14 24	21 34.7	11
17 31	47	11 53	6 16	9 59	49.0	-0 09	-10 59	22 13.7	21
17 36	50	11 52	6 07	10 31	21.5	—	- 8 02	22 44.0	29

¹ בטור זה מובאת הגטיה ב-6, 16 ו-26 של כל חודש.

² לכל ° 1 אוֹרֶך' מז' מגריניצ' יש להוסיף 4m (למשלzman cocbeim b-shvil orak giografim shel yerushlim '13° = 35° 20m 52s + 2h). השינוי לימה: s 56.56s + 3m + 8.86s.

אוֹרֶך' ha-yom gadol mi-10 shuot 41 duktot b-rashit ha-hodesh ud 11 shuot 29 duktot b-sopon. ha-ridimodim ha-astronomiim (ha-shem ° 18° matchta la-ofek) nashchim b-rochb ha-giaografim shel yerushlim 1h 22m.

חצ' kopter ha-shem: bi-z b-pverbazar '16' 16' 29' bo '10' 16' (chz' kopter ha-binyoni tuo '01' 16', cphi she-o nraha b-merekh shel 1 Y'A).

ירח

צורה			ויריחה (לפי שעון ירושלים) ואופק ירושלים)	קולונג. ¹ גוטר	חצי יום	נסיה (ל' שנות זמן עולמי)	עליה ישראל	ברואר 1964	
d	h	m	h	m	°	"	°	h	m
5 14 43	⟨		8 58	20 51	122.5	15 30	+ 8 38	11 29.0	1
13 15 02	●		11 36	0 31	183.3	14 47	-14 16	15 19.9	6
20 15 25	⟩		15 22	4 58	244.2	15 07	-22 42	19 32.7	11
27 14 40	○		20 29	8 21	305.2	15 51	- 5 46	23 57.1	16
			0 47	11 34	6.1	16 08	+18 46	4 23.4	21
6 22		אפריליאום	5 36	16 32	66.8	15 52	+18 38	9 22.5	26
21 10		פְּרִיָּאָוּם	7 27	19 35	103.2	15 24	+ 5 35	11 58.4	29

¹ קולוניגיטה סלונגונרית של השמש.

לייבורציה מכסיינית

° d (U.T.) ° d (U.T.)

—6.7	2.7	ברוחב :	+5.7	1.0
+6.6	16.9		—5.2	13.6
—6.6	29.9		+4.7	28.5

באורן : + שפה מע' מגולה
ברוחב : + שפה צפ' מגולה
— שפה מז' מגולה

פירוש הסימנים :

כוכבי לכת

צורה			ויריחה (לפי שעון ירושלים) ואופק ירושלים)	מזהה ² באי"ג	טונעה ² ברוחב	מזרק	חצי יום	נסיה	עליה ישראל	ברואר 1964
h	m	h	m	m	"	"	°	'	h	m
15 13	10 12	5 11	0.0 0.70	3.1	1.086	ק	קשת	-22 04	19 13.3	1 ♀
15 34	10 30	5 26	-0.1 0.82	2.7	1.221	ק	נדין	-21 07	20 10.3	11
16 06	10 53	5 40	-0.2 0.90	2.5	1.314	ק	נדין	-18 05	21 12.9	21
16 38	11 14	5 50	-0.6 0.94	2.5	1.359	ק	דלי	-14 03	22 05.2	29
20 03	14 17	8 31	-3.5 0.79	7.0	1.201	ק	דלי	- 5 44	23 18.1	1 ♀
20 21	14 21	8 22	-3.6 0.76	7.4	1.139	ק	דגים	- 0 32	0 01.5	11
20 36	14 24	8 12	-3.6 0.72	7.8	1.074	ק	דגים	+ 4 43	0 44.2	21
20 48	14 26	8 04	-3.7 0.70	8.3	1.020	ק	דגים	+ 8 47	1 18.2	29
17 23	12 08	6 53	—	2.0	2.369	פ	נדין	-17 27	21 10.1	1 ♀
17 20	11 54	6 28	—	2.0	2.370	פ	דלי	-13 23	21 59.8	* 17
17 18	11 43	6 08	—	2.0	2.370	פ	דלי	- 9 58	22 35.9	29
22 04	15 52	9 40	-1.8	17.3	5.315	ק	דגים	+ 4 44	0 56.2	1 ♀
20 39	14 22	8 05	-1.7	16.2	5.667	ק	דגים	+ 6 51	1 15.9	29
18 06	12 43	7 20	+1.0	6.9	10.795	פ	נדין	-14 42	21 46.4	1 ♀
17 18	11 54	6 30	+1.0	6.9	10.821	ק	נדין	-14 08	21 53.0	* 15
16 32	11 06	5 40	+1.0	6.9	10.796	ק	דלי	-13 35	21 59.5	29
8 04	1 42	19 16	+5.7	2.0	17.424	א	אריה	+ 8 54	10 44.1	1 ♀
6 19	23 52	17 29	+5.7	2.0	17.309	א	אריה	+ 9 18	10 40.1	* 27
6 10	23 43	17 20	+5.7	2.0	17.308	א	אריה	+ 9 20	10 39.7	29
11 21	6 00	0 39	+7.8	1.2	30.421	ק	מאוניים	-15 26	15 03.2	1 ♀
10 11	4 50	23 25	+7.8	1.2	30.110	ע	מאוניים	-15 27	15 03.6	* 19
9 32	4 11	22 46	+7.8	1.2	29.944	א	מאוניים	-15 25	15 03.5	29

ההערות לגלו' "כוכבי לכת", ראה בעמ' 38

מנוחים וערבים (6)

אנרגיית תרמית (thermic energy). אנרגיה תרמית היא האנרגיה הקינטית של המולקולות בטמפרטורה מסוימת. ככל שהטמפרטורה גבוהה יותר גדולה המהירות של המולקולות ועם גובה האנרגיה התרמית. הטמפרטורה של גז אינה אלא ביטוי למהירות המולקולות או לאנרגיה שולג.

דחיה אלקטרוסטטית (electrostatic repulsion). דחיה הנובעת מן המטען החשמליים הקבועים (הסטטיים) של הפרוטונים.

דעיכה אקספוננציאלית (exponential decay). בשם זה מכונה כל ירידת עוצמה בזמן המתרוגנת לפי החוק $t \rightarrow e^{-kt}$, כאשר t הזמן ו- k קבוע. ירידה זו היא ביטוי מתמטי לחוק ופטיקי האומר שקצב הירידה (ודעכה) בעוצמה הוא יחסי לעוצמה עצמה. לדוגמה: מספר האטומים העובר התפרקות רדיואקטיבית ביחידת זמן הוא יחסי למספר האטומים הכלל (חוק ההתפרקות הרדיואקטיבית).

ירחי צדק

רישי תיבות ראה בolumn מס' 11, עמ' 139 (נובמבר 1963)

h	m	d	h	m	d	h	m	d	h	m	d				
ל"ס	18	43	22	או	מ"ז	מו'	ב'	צ"ס	17	38	7	אי	מ"ז	מד'	3
ב"ס	20	27		מ"ה	18	19	21	או	מ"ז	מע'	11	מ"ה	III	18 42	4
צ"ס	II	20	31	צ"ה	19	19		כ"ה	19	03	13	מ"ה	II	21 17	
מ"ה	I	20	21	מ"ס	20	32		מ"ס	18	30	14	מ"ס	III	21 27	
אי	מ"ז	מע'		ב'יה ³	III	17	42	ב'	צ"ס	19	34	מ"ה	I	19 48	5
כ"ה	I	17	34	צ"ה ³	II	18	08	ל"ה	III	17	46	צ"ה	I	20 58	
מ"ה	II	18	58	מ"ס ³	II	18	40	צ"ס	II	17	55	ל"ס ²	I	20 23	6
				ל"ס	III	20	10	ל"ס	II	20	43	ל"ס	II		

¹ ליד צדק נראים שני ירחים בלבד במשך 10 וקוטר, משעה 21:17 עד 21:27: 17 מיל' | מע' | ו-17' צוברים על פני ארץ.

² ליד צוק נראים שני ירחים בלבד, עד שעה 23:20: זן מזון, זן מעור, ודרשו לוקרים.
³ בצד אגם נראם ים אן בלרב, משאשע 12:42, ערך 18:46; ואבנש גלובוס ועוגבר על חוף אגם צבר.

החל מ-08/16 צובר גם צילו של וען פני צדק.

זמן מינימום של אלגול

ב-1 בחודש בשעה 21.6, ב-4 בשעה 18.4, ב-19 בשעה 02.5, ב-21 בשעה 3.23.3, ב-24 בשעה 20.1, ב-27 בשעה 17.0.

הארות גלעד "רוכבי רוח" פברואר, 20

ראה בראשית התופעות המירוחות בתאריך זה.
בاز גרשם צמ' במקל שבחמוננו ונ' כוכב-בלכת. לפי תיכון בכוורת-כוכבים בגבול גיאים

2 זוכרים המסלולים של כוכביכלוך גם ב��ומות שאין נמנות עם גלגוליהם.

ע = עוגן מתנעה (בעליה ישירה), עובר מכיוון אחר למשנהו.

\mathbf{C} = תנועה קרומנית (ממ"ע למד').

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

4. אֶל כוכביהlection צדק ושבתאי מובא כאן חזי הקוטר מקוטב לקוטב.

הסעה (convection). הסעה היא העברת של חום על ידי תנועה בפועול של המדיום; חלקים שבמגע עם מקור החום נעשים חמימים יותר, מתרחשת, הופכים פחות וחרוטים ועולים; מוקדם נתרפס על ידי חלקים קרירים יותר וכן גזירים ורמי הסעה. בכך נקבעת התפשטוות ההדרגתית של החום במדיום בשם הולכה (conduction); החום עובר בה מן החלקים החמים יותר של מօירם אל החלקים יותר, החום עצמו מתרחב ללא תנועת המדיום.

כח גרעיני (nuclear force). החישובים והגיטונות הפיסיקליים מראים שמלבד הכוחות הידועים (כוח גравיטציה, כוחות חשמליים וכו') חייב להימצא בגרעין כוח נוסף הנקרא משומן ככוח גרעיני. הכוח הגרעיני, אשר על סמך הנסיוון פועל בין שני פרוטונים, כל שני נויטرونים ובין כל פרוטון ונויטרון, נבדל מן הכוחות החשמליים והגרביטציוניים בתכונותו הייחודית, כגון אופן השתנות עצמת הכוח עם המרחק שבין שני החלקיקים, כיחס פועלות הכוח (האם הכוח פועל לאורך הקו המחבר את שני החלקיקים, או בניצב لكו זה וכד'), ובעודת היומו תלוי במהירות החלקיקים ועוז. כתוצאה לכך שהכוח הגרעיני פועל רק בטוחנים קצריים ביותר, טוחנים מסדר הגודל של ממד גרעין, אין רישומו של כוח זה מוגש בחיי יום.

לחץ אלסטי (elastic pressure). לחץ אלסטי בהקשר זה פירושו הלחץ הנובע מכוחו הגונן. לפי חוקי הגזים, כאשר מנוסים להקטין את נפחו של גז (למחוץ לביסותו של גז) גידל הלחץ של הגז.

לחץ קרינה (radiation pressure). הנסיוון מראה שכאשר מציבים חייז' בדרך הקרינה האלקטרומגנטיות, הקרינה מפעילה לחץ על חייז'. דוגמא בולטת היא הונב' של כוכב שביט הנוצר על ידי הלחץ של קרינת השמש, הפועל על חלקי השביט. — לפי התיאוריה, הקרינה האלקטרומagnetית, בדומה לגוף בתנועה, נושאת עמה תקיפה. ההתקלות של הקרינה בחיז' גורמת להיפיכת התקיפה ללחץ הפועל על החיז'. הדבר דומה ללחץ שמאפיילות המולקולות של גז על פני הכלבי בו הן אצורות.

מסת מנוחה (rest mass). מכת המנוחה היא המסה של הגוף כשהוא נח ואינו נע ביחס לצופה. בהתאם לתורת היחסות חלואה מסת הגוף m ב מהירותו v ביחס לצופה לפי הקשר

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

כאשר m_0 היא מסת המנוחה ($m = m_0$ עבור $v = 0$). הנוסחה הניל' נכונה לגבי כל גוף שהוא. על ידי הכפלת ב- c^2 נקבל

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ומכאן שגם האנרגיה של הגוף תלויות ב מהירותו. עבור מהירותות קטנות אפשר להוכיח שבקיים רב

$$E = mc^2 = m_0 c^2 + \frac{1}{2} m_0 v^2$$

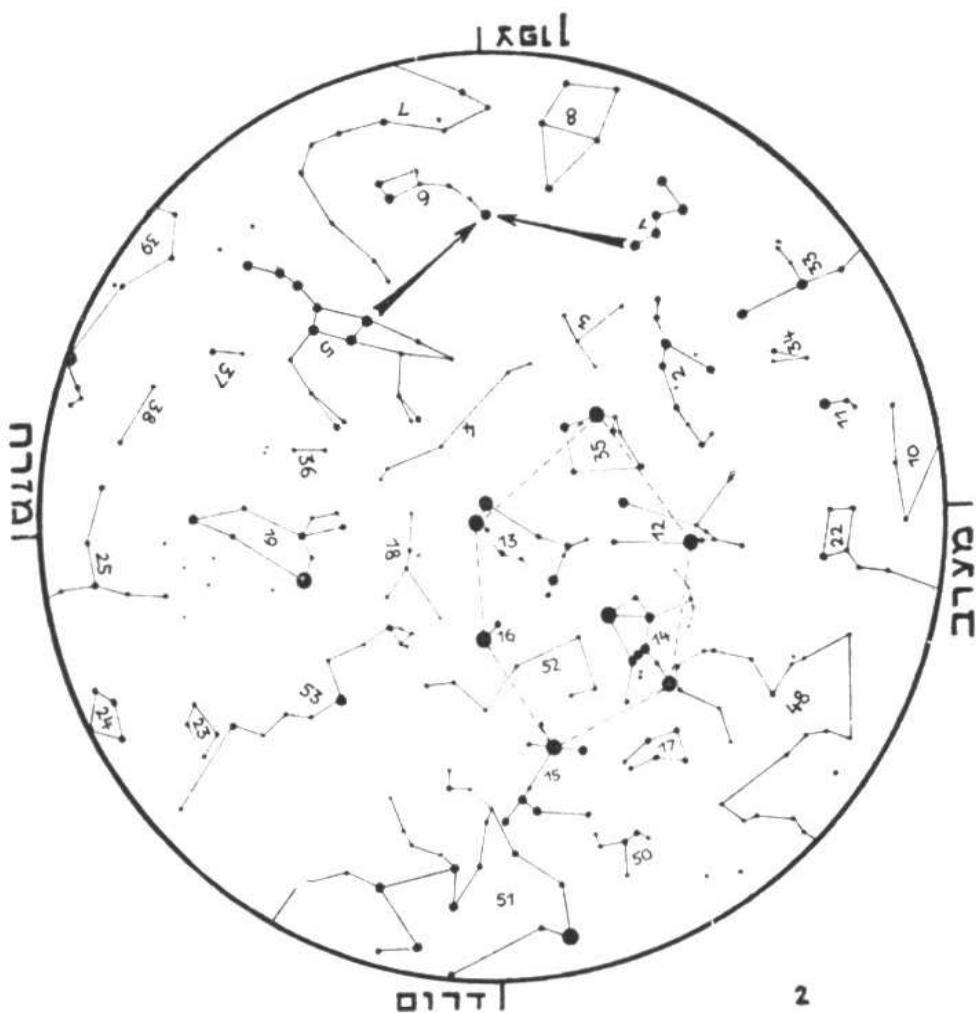
האיבר השני מימין הוא הביטוי היוזע לאנרגיה הקינטית. האיבר הראשון אינו אלא הנוסחה המפורסת של אינשטיין המביעה את זהותם שבין מסה ואנרגיה.

פחית המסה (mass defect). פחת המסה הוא ההבדל בין סכום המסות של כל החלקיקים הבודדים בגרעין לבין המסה של הגרעין הכללי. לפי תורת היחסות הפרטית האנרגיה E שקופה למסת m , כך ש $E = mc^2$ כאשר c היא מהירות האור. פחת המסה אינו אלא ביטוי ביחס למסה לאנרגיה הכוללת האזורה בגרעין ותកורת את מרכיביו בלבד.

קרינה אלקטרומגנטית (electromagnetic radiation). הקרינה האלקטרומagnetית היא אחת מזרות העברת האנרגיה. היא יכולה להופיע בצורות שונות כמו, למשל, בזרת קרני אור, קרני א. גלי רדיו ועוד, והוא נובעת משודות חשמליים הקיימים בשדר והם מעבירים למקלט את האנרגיה שפוערה על ידו.

מפת שמי הערב ב-22 בפברואר ב-00:00

בראשית החודש ב-00:23 ובסופה ב-00:21 = שעת הכוכבים: 40:07



מצ' ומע' מסומנים במפות כוכבים הפוך מן הנוהג במפות הארץ, כי אנו צופים על פני הארץ "מלמטה" (מבחוץ), על השמים "מלמטה" (מבפנים). יש אפוא ליחסיק את מפת השמים מען בראש. צריך לדאוג שהקו צפ'-דר' יהיה מכיוון אלינקון (בעזרת כוכביה הקוטב המסתובן בחיצים) ואז יתאיםו נקודות מצ' ומע' של המפה. קבוצות הכוכבים מסומנות במפה במספרים המופיעים בתאuro שמי הערב בסוגרים אחרי שמות הקבוצות. הכוכבייה הראשיים הנזכרים בתאuro חכ' הכוכבים המזהירים בכל קבוצה וקבוצה.

המספרים במפה מצינים את קבוצות הכוכבים כללה:

1	קאסיאופיה	8	כָּלְבִּיכָּרִים	16	כָּלְבִּיכָּרִים	25	בַּתּוֹלָה	39	רוּחֵי־זָבוּבִים
2	פרסיאוס	10	דְּגִים	17	אֲרַנְבָּת	33	אַנְדְּרוֹמֶדָה	48	אַרְיָדָנוֹס
3	בִּירָאָפָה	11	טְלָה	18	סְרִטְן	34	מְשׁוֹלֵש	50	יְוָנָה
4	ליינקס	12	שָׂוָר	19	אַרְיָה	35	עֲגָלוֹן	51	סְפִינָתָ אַרְגָּנוֹ
5	דוּבָה גְּדוֹלָה	13	תְּאוּמִים	22	לוֹוִתָן	36	אַרְיָה קָטָן	52	רָאָם
6	דוּבָה קְטַנָּה	14	אוֹרְיוֹן	23	גְּבִיעָ	37	כְּלַבִּיצִיד	53	נְחִשִּׁים
7	וּרְאָקוֹן	15	כָּלְבִּגְדִּיל	24	עוֹרָב	38	שְׁעִירִבִּירְוֹנִיקָה		

כתובת המערכת והניהלה: אגודה אסטרונומית-חובבים, ע"י האוניברסיטה העברית, ירושלים
דף קואופרטיבי "אהוֹה" בע"ג, ירושלים