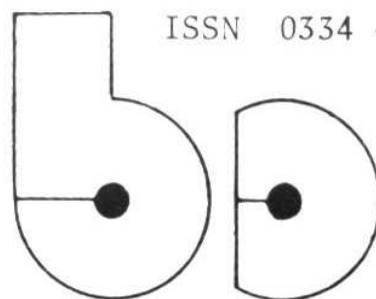
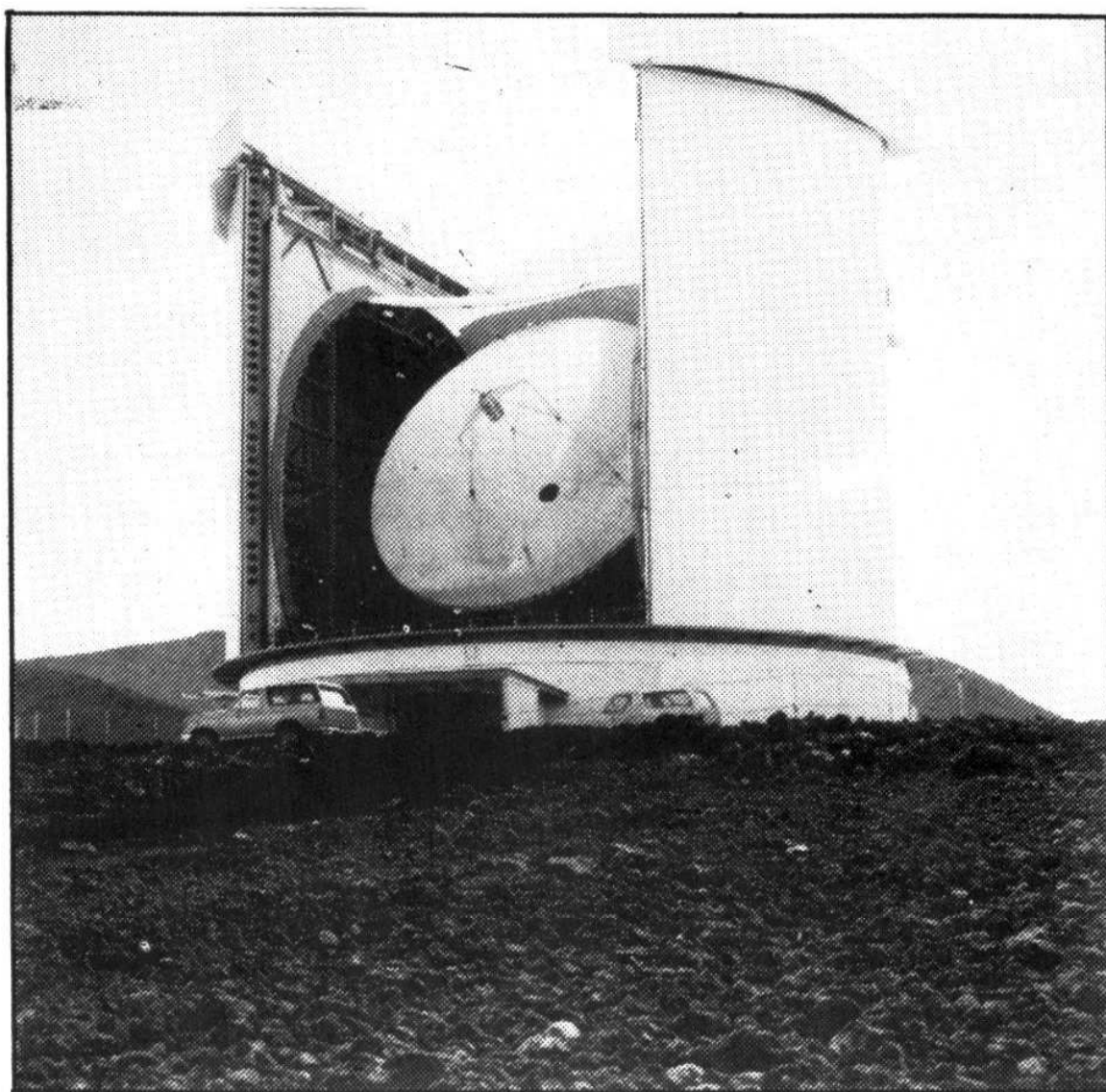


ISSN 0334 - 1127

אסטרונומיה
אסטרופיסיקה
חקר החלל



סופרי אור



2 / 1988



22

סל סופפי אור

אדר - אייר תשמ"ח
STARLIGHT

מרץ - אפריל 1988
MARCH - APRIL 1988

כרך 15, גליון 2
VOL.15, NO.2

מוציא לאור: האגודה הישראלית לאסטרונומיה, עמותה מס. 687-004-58
מצפה הכוכבים, גן העליה השניה, גבעתיים
מערכת/עורך: מרצל קיי, ת.ד. 149, גבעתיים 53 101 טל. 03-344 686
STARLIGHT VOL.15, NO.2, MARCH - APRIL 1988
PUBLISHERS: ISRAEL ASTRONOMICAL ASSOCIATION, THE OBSERVATORY,
2ND ALIYA PARK, GIVATAYIM 53101, POB 149.
EDITOR: MARZELL KAY, MSC, BSC, CE, MISTRUCTE, POB149, TEL. 03-344686

אסטרונומיה	35	פלוטו קטן ממה שסברו
	36	הרי געש על איו
(חנוך גרשט)	59	כוכבים כפולים קרובים
(חנוך גרשט)	65	מדידת שמיים חדשה
(שמואל פרלמוטר)	44	לחובב משקפת לחובב האסטרונומיה
שחל לוי	46	צייד אובייקטים בלי ייאוש
אילן מנוליס	47	צבע בשמי הלילה - תצפיות
ערן אופק, שחל לוי	49	פינת החובב - קבוצת החודש
יגאל פת-אל	52	- מעמד פונסה
יגאל פת-אל	54	לוח שנה אסטרונומי
אילן מנוליס	57	חידה
יוסף יהלם	66	בחלל גרוטאות של הלוויינים
"מער'ב"	43	פרסומים - לקט
חיים מזר	65	יחסות - ספר חדש
(חיים מזר)	58	מחבר לחבר הגדלת שדה הראיה
יהודה גפנן		

קשיי זמן מונעים מצוות המערכת החדשה את המשך עבודתם והגשמת כל המובטח עם כניסתם לתפקיד - וחבל. תקוותי שחזרה זמנית זו ל"משטר הישן" לא תאכזב; ריכוז החומר מחדש שוב גרם לאיחור מצער בהדפסה. הפעם הושם דגש על החובב עצמו עם מאמרים במגוון של נושאים. במערכת חומר רב נוסף ומעניין, מחברים רבים יחסית; הודפס רק מה שבמקרה הגיע מוקלט ומוכן לעריכה - היתר יופיע בגליונות הבאים. נשלח חוזר לחברים עם פרטי התכסות כוכב על ידי מאדים ונקודה לדיווחים מלאים ומעניינים בגליון הבא, יחד עם דיווח הכנס, האסיפה השנתית ובעלי התפקידים באגודה לשנה הבאה.

שער קדמי: (IP8/87) טלסקופ רדיו תת-מילימטרי, קוטר 15 מטר ע"ש מקסוול על מאונה קאיי בהוואי. לקליטת קרינה בין תת-אדום לרדיו של פרוזות ואבק בין-כוכבי בהפרדה משופרת.
שער אחורי: עליון - הנחתת רכב סיור סובייטי על מאדים לדגימת קרקע. אמצע - כלי ממריא נפגש עם מקפת. למטה - רכב לטיסה עצמאית אוסף מיכל כדורי המכיל דגמי קרקע לפני החזרה לתחנת החלל "מיר".
המסע מתוכנן ל-1996 ו-1998 (!?). הופיע ב-אנשים ומחשבים, 9/12/87.

אסטרונומיה

פלוטו קטן ממה שסברו המדענים הרמן-מיכאל האן (1)

האסטרונום האמריקני קלייד תומאוו (2) גילה את כוכב הלכת פלוטו בשנת 1930. 56 שנה מאוחר יותר, שני אסטרונומים מהאוניברסיטה הטכנית של ברלין (3) העובדים כעת במצפה האירופי הדרומי בהר לה-סילה (4) שבצ'ילה, מדדו את קוטרו של פלוטו בפעם הראשונה במדויק: 2,200 ק"מ. יוצא שכוכב הלכת אינו רק הרחוק ביותר מהשמש, אלא גם הקטן ביותר במערכת השמש. למעשה, פלוטו קטן במחצית ממה שהניחו בעבר.

שתי עובדות איפשרו את המדידות המדויקות. ראשית, בקיץ 1978 גילה האסטרונום האמריקני ג'יימס קריסטי (5) לווין של פלוטו. שנית, התגלתה אפשרות שבמחצית השניה של שנות ה-80 יוכלו אסטרונומים לחזות במסלול ירח זה במבט מהצד כשהוא חוצה את מישור ההקפה של פלוטו. כתוצאה מכך תתאפשר מדידה במדויק של הליקוי המתרחש ביניהם, בהקפה אחת. עקומת הירידה בעוצמת האור בזמן הליקוי תאפשר הסקת מסקנות מידיות לגבי מימדיהם של פלוטו וירחו. שיטה זו נמצאת בשימוש מזה זמן רב במקרים של כוכבים קרובים.

מדידות מבחן מוקדמות באפריל 1985 גילו שמישור מסלולו של כרון (6), הירח שגילה קריסטי, לא היה בקו אחד עם כדור הארץ באותו זמן. המצב לא השתפר עד לאביב 1986. בלילה של 2 באפריל, באמצעות טלסקופ 2.2 מטר שהושאל ממכון מקס פלנק (8), צפו מנפרד פאקול ו-קלאוס ריינש (7) בפלוטו. הם רשמו ירידה בסדר גודל של 0.2 בעוצמת אור כאשר צילו של כרון חצה את פני פלוטו. שחים וחצי הקפות מאוחר יותר, ב-18 באפריל, בהשתמשם כעת בטלסקופ 1.5 מטר שהושאל מדנמרק, הצליחו שני האסטרונומים הגרמנים לצפות ב-כרון כשהוא נעלם מאחורי פלוטו.

בדיקה קפדנית של עקומות האור נתנה את התוצאות המדויקות ביותר שהושגו אי פעם לגבי גודלם של פלוטו וכרון ולמרחק ביניהם. כרון, עם קוטר של 1,160 קילומטר, קטן בחצי מפלוטו. הוא נע סביב כוכב הלכת במסלול כמעט מעגלי, במרחק של 19,000 קילומטר. בהסתמך על זמן ההקפה והמרחק ביניהם, המסה הכוללת של פלוטו וכרון היא כ-2.5 אלפיות מזו של מסת כדור הארץ. בהנחה ש-פלוטו ו-כרון מורכבים מאותם החומרים - כנראה תערובת של סלעים וגזים קפואים - ב-כרון נמצאים כ-13 אחוז מהמסה הכוללת, ופלוטו לא יותר מ-87 אחוז. הירח שלנו, לשם השוואה, מייצג לא יותר מ-1 אחוז מהמסה הכוללת של כדור הארץ והירח. ****

מתוך VOL. III, NO. 1/87, GERMAN RESEARCH SVCE./SPEC. PRESS REPORTS

- (1) HERMANN-MICHAEL HAHN; (2) CLYDE TOMAUGH; (5) JAMES CHRISTY;
(3) BERLIN TECHNICAL UNIVERSITY; (4) LA SILLA; (6) CHARON;
(7) MANFRED PAKULL, KLAUS REINSCH; (8) MAX PLANCK SOCIETY

תעלומה ושמה איו (1)

דויד מוריסון (2) - אונג'ברסיטת הוואי במנואה

בסביבות השעה 5 בבוקרו של ה-8 במרץ 1979, שלשה ימים לאחר מפגשה עם צדק, צילמה החללית וויאג'ר 1 (3) תמונה הסטורית. היתה זו חשיפה ארוכה מהרגיל של חרמשו הדק של איו שנעשתה עבור צוות הניווט של החללית על מנת להראות את מיקום הירח יחסית לכוכבי הרקע. כאשר במהלך אותו יום המהנדסת לינדה מורביטו (4) עבדה עם תמונה זו היא גילתה קשת בהירה המשתרעת מחוץ לשפתו של איו.

בהעזרה בחוקרים אחרים ביטלה מורביטו את כל הגורמים האפשריים להופעת תוואי חדש זה, פרט למובן מאליו - ענן. לאחר זמן לא רב הבינו החוקרים כי החללית היתה עדה להתפרצות געשית בעלת עוצמה הרסנית. במשך הימים הבאים נתגלו מכתשי געש נוספים ועל פי פליטת החום החזקה הסיקו מומחי וויאג'ר לתת-אדום כי איו פעיל מבחינה געשית. וויאג'ר 1 זיהה שמונה התפרצויות ענק - שבע מהם עדיין פלטו חומר לחלל ארבעה חודשים מאוחר יותר כאשר הגיעה אליהם חללית תאומה.

איו - הפנימי ביותר מארבעת הלווינים הגלילאיים של צדק נודע במוזרויותיו עוד הרבה לפני מסעו של וויאג'ר - צבע אדמדם, כיפות קוטב כהות, בהירות לא אחידה, "אטמוספירה" מסתורית של נתרן ושליטה ניכרת בקרינת הרדיו באורך גל של עשרות מטרים הנפלטת מצדק. יחד עם זאת, אף אסטרונום או גיאולוג המורגל לחשוב במסגרות זמן בנות מיליוני שנים לא חשב לצפות בהשתנות פניו של עולם זה עקב פעילות געשית בקנה מידה גדול. היתה זו, ללא כל ספק, התגלית המרשימה ביותר של המשימה כולה.

גם לאחר שש שנים ממשיך איו להקסים ולהפתיע אותנו. מידע נוסף ממשיך לזרום מניתוח תצפיות וויאג'ר, תצפיות טלסקופיות מתוחכמות יותר ויותר מאפשרות לנו לעקוב אחר התפתחות הפעילות הגעשית, אך עלינו ללמוד עוד דברים רבים והמדענים מחכים לשעה בה יוצב הלוויין גליליאו (5) של נאס"א במסלול במערכת צדק. אנו מצויים כיום באמצע הדרך, בין המשימות של וויאג'ר ו-גליליאו, זמן מתאים לבחינת מצב ידיעותינו אודות עולם מסתורי זה.

ירח ללא אופי ירחי

אסטרונומים הבקיאיים במיתולוגיה יוונית יאמרו לך כי איו היתה בתו של אל הנהר אינכוס (6) ואחת מאהובותיו של זיאוס (7). הם לא יאמרו לך מה ההיגוי הנכון של השם. האסטרונומים המערביים נוטים לומר אי-הו (מלעיל, "א" פתוחה) ואילו האירופאיים אי-הו (מלעיל, "א" חרוקה). המילונים ומקורות אחרים גם חלוקים בשאלה זו, אם כי חוקרי היוונית הקלאסית מעדיפים צורה שלישית - אי-הו (מלרע, "א" חרוקה).

איו זהה כמעט לגמרי בגודלו, מסתו וצפיפותו הממוצעת לירח שלנו ומסלולו סביב צדק הוא בעל רדיוס דומה למדי. באנלוגיה, אם כן,

עלינו לצפות כי איו יהיה בעל הרכב סלעי, מחוסר ליבה מתכתית וקרום קפוא עבה השכיחים בין ירחי כוכבי הלכת החיצוניים. כדוגמת הירח, כח המשיכה שלו חלש מכדי שיוכל להחזיק אטמוספירה קבועה - כל גז שידלוף מחלקיו הפנימיים יברח תוך זמן קצר לחלל.

מאפיינים	הירח	איו
<u>הגוף</u>		
רדיוס (ק"מ)	1,738	1,815
מסה (ק"ג)	7.4×10^{22}	8.9×10^{22}
צפיפות (גרם לסמ"ק)	3.34	3.55
<u>המסלול</u>		
חצי הציר הראשי (ק"מ)	384,400	421,000
מחזור (ימים)	27.322	1.769
אקסצנטריות	0.055	0.004
נטיית המסלול (מעלות)	5.1	0.04

הירח שלנו נע הרחק מחוץ למגנטוספירה של כדור הארץ; בניגוד לו שוכן איו עמוק בתוככי חגורות הקרינה האדירות הסובבות את צדק. עקב כך מופגז הלווין תמידית בחלקיקים טעונים ובנוסף, בין איו לאטמוספירה של צדק נעים זרמי חשמל פעילים הנוצרים עקב תנועתו של איו דרך השדה המגנטי של צדק.

קל להבחין שאיו אינו תאום זהה לירח שלנו - מבט אחד על פניו המגוונות ימחיש זאת. חלקית גרמו להבדל תגובותיו למגנטוספירה, אך נראה שקיימת סיבה שונה ויסודית יותר לייחודו של איו. הסיבה היא חימום פנימו של הלווין עקב פעולת כוחות גאות, תהליך שהוצע (ופורסם כנבואה מתאמתת, כמה ימים לפני המפגש של וויאג'ר (1) ע"י התיאורטיקנים סטנטון פיל, פטריק קסן ו-ריי רנולדס (8) וזוהי דרך פעולתו:

מסתו של צדק עולה על זו של כדור הארץ פי 318. תוצאה אחת לעובדה זו היא שאיו משלים סיבוב אחד לאורך מסלולו ביומים בעוד שלירח דרוש חודש שלם. לצורך דיון זה חשוב יותר לציין את העיוות בצורתו של איו שאותו גורמים כוחות הגאות הנוצרים בהשפעת מסתו של צדק - הוא מתמתח בכ-10 ק"מ לאורך הציר הפונה אל כוכב הלכת. לו איו היה מפנה תמיד רק צד אחד לעבר צדק, היה ציר מוארך זה נשאר דרך קבע מכוון לכוכב הלכת ופנימו של הלווין לא היה מתחמם.

בנוסף לכך מושפע איו מקשרי כבידה ללווינים אירופה ו-גנימד (9) שמעברו השני; אלה כופים עליו מסלול שאינו מעגל מושלם. כתוצאה מכך פועלים על איו בו-זמנית שני כוחות גאות: שינוי מחזורי בעוצמת משיכתו של צדק, ותנועה מחזורית מצד לצד של הציר הפונה לעבר צדק. כוחות אלה גורמים לעיוותים משתנים ולחיכוך המחמם את פנימו של איו,

בדומה לחימום של תיל בכיפוף החוזר מספר רב של פעמים תוך זמן קצר.

עיוות גאותי מעין זה המשתנה באופן מתמשך יוצר חום בקצב של 60 עד 80 טריליון וואט. הספק זה עולה מאות מונים על מקור האנרגיה השני בחשיבותו - דעיכה רדיואקטיבית בליבה. עדיין לא ידוע העומק המדויק שבו משתחרר חום זה, אם כי סביר להניח שהוא חזק ביותר בליתוספירה (10) - הקליפה הקשה המורכבת ברובה מתרכובות צורן, שעיבייה כמה עשרות קילומטרים - בדומה לקרום כדור הארץ.

אנרגיית גאות זו, במקום לברוח ישר לחלל, נוטה להשאר כלואה מספיק זמן כדי להמיס חלקית את האזורים הפנימיים, וזה בתורו נוטה להביא לתופעות הגעשיות האנרגטיות, האחראיות למרבית תוואי השטח המיוחדים שאותם אנו צופים. אגב, מקור האנרגיה הסופי לכל הפעילות הזאת הוא צדק, המאבד אנרגיה במהלך התרחשותה: סיבובו מואט והולך כמו גם מחזורי הסיבוב המשולבים של איו, אירופה וגנימד.

טביעות פרסה ונקודות חמות

בגיאולוגיה של איו שולטת פעילות געשית בלתי פוסקת: אפילו מכתשי הפגיעה, צורת פני הקרקע השולטת במערכת השמש, אינם ניכרים על פניו - הם מתמלאים חומר או מושמדים בדרך אחרת, כמעט באותה מהירות בה הם נוצרים. תוואיו הבולטים ביותר של איו הם מכתשים געשיים נמוכים ואפלים הקרויים לועות (11); הם מכסים כ-5 אחוזים מפני השטח. זרמים ומאגרים של חומרים שונים, בהירים ואפלים, מכסים חלק גדול מהמישורים הנרחבים. על פני איו ניתן למצוא גם הרים, חלקם כנראה ממקור געשי; המסתוריים ביותר מבין אלה הם מספר הרים המצויים בקרבת הקטבים ומתחרים ב-אורסט בגבהים של עד 9 קילומטרים.

כמה מתוואיו הגעשיים של איו דומים במידה רבה למקביליהם על פני כדור הארץ - מבנים נמוכים דמויי מגן שבראשם לועות וסביבותיהם חומר שנפלט בעת ההתפרצויות, אך חלקם הגדול של הלועות על פני איו אינם על פסגות הרים אלא נראים מפוזרים ברחבי המישורים.

שמונת ההתפרצויות אותן צילם וויאג'ר 1 פלטו חומר לגבהים שבין 75 ליותר מ-250 ק"מ מעל פני השטח. כעבור ארבעה חודשים חלף וויאג'ר 2 במרחק גדול יותר מ-איו והצליח לוודא כי ההתפרצויות עדיין בפועל - ובעוצמה דומה. רק פלה (12), המקור הגדול ביותר, השתתק. מקור אחר, לוקי (13), נראה מתפרץ בשתי נקודות לאורך קו שבר של 250 ק"מ ולא מנקודה אחת.

ההתפרצויות עצמן הציגו מגוון של צורות - החל מהמטריה הסימטרית שנוצרה ב-פלה וכלה בפליטות לא סדירות מ-לוקי ואחרים. תוואי קרקע ברורים נתקשרו עם החומר המתפרץ - והגדול שבהם ה"פרסה" הגדולה של פלה שאורכה כ-1000 ק"מ, עם קצה משונן אחד. לתוואי מיוחד זה גוון כהה ולמרות שההתפרצות הקשורה בו פסקה, הוא נראה גם בתמונות וויאג'ר 2. בנגוד לכך היו מצבורי הקרקע של ההתפרצויות האחרות

לבנות, כדוגמת הסופגניה המקיפה את פרומיתאוס(14).

ה ר י הג ע ש ש ל א י ו

שם	מיקום במעלות		גובה ק"מ	רוחב ק"מ	פעילות בעת מעבר וויאג'ר	
	אורך	רוחב			1	2
פלה(12)	256.8	-19.4	305	1,200	כן	לא
לוקי(13)/מערב	305.3	+19.0	225	430	כן	כן
פרומתאוס(14)	153.0	-2.9	75	270	כן	כן
וולונד	177.0	+21.5	100	125	כן	כן
אמירני	118.7	+27.2	95	220	כן	כן
מאואי	122.4	+18.9	90	230	כן	כן
מארדוק	209.7	-27.9	70	195	כן	כן
מאסובי	52.7	-45.2	60	175	כן	כן
לוקי(13)/מזרח	300.6	+16.9	200?	400?	כן	כן
סורט(25)	337.7	+45.2	300?	1,200?	לא	?
אטן(25)	312	-48	300?	1,200?	לא	לא

הרי הגעש על פניו אינו נבדלים בצורתם, גודלם ואורך חייהם ממקביליהם על פני כדור הארץ. כמה מתוואי הקרקע של אינו עשויים להידמות לאלה שעל כוכב הלכת שלנו - אך רק במובן של דמות בשחור-לבן. דרך מצלמותיו הצבעוניות של וויאג'ר מקבל אינו אופי יחיד במינו. שינויי צבע מרמזים על שינויים בהרכב הכימי ומלמדים אותנו כי גם אם הרי הגעש על פניו אינו נראים מוכרים לגיאולוג, הרי שהכימיה הפועלת בהם שונה לגמרי מזו המוכרת לנו. למעשה, עצם קיומם מציג סביבה כימית השונה תכלית שינוי מזו של כדור הארץ.

קביעת הרכבו הכימי של גוף אסטרונומי היא בדרך כלל ענינה של הספקטרוסקופיה. במקרה של אינו, משמעות הדבר היא בעיקר תצפיות ספקטרוסקופיות מכדור הארץ אשר בהן אין אפשרות להפריד את האזורים הצבעוניים השונים המובלטים כל כך בצילומי וויאג'ר, ולכן יש לפעול בזהירות רבה כאשר משתמשים במחקר ספקטרוסקופי כדי לקבוע את שכיחותיהם היחסיות של מרכיביו הכימיים של הלווין.

את הזיהוי הספקטרוסקופי הראשון של אינו וגילוי קו בליעה באורך גל של 4.08 מיקרון עשה דיל קרוקשנק(22) מאוניברסיטת הוואי. לאחר השוואה עם דגימות המעבדה נתברר שקו זה הוא חותמה של גפרית דו-חמצנית. כמעט בו-זמנית זיהה הספקטרומטר לתת-אדום של וויאג'ר גפרית דו-חמצנית קשורה עם אחת ההתפרצויות הגעשיות הגדולות. בטמפרטורת החדר גפרית דו-חמצנית היא גז בעל מאפיינים דוחים למדי, אך אינו המרוחק הוא כה קר עד כי הגז קופא על פני השטח ככפור לבן ומבריק.

כיוון שמרבית פני שטחו של איו אינם לבנים, חייבות להימצא גם תרכובות אחרות (למרות שרק גפרית דו-חמצנית זוהתה בוודאות). עם חימום עשויה הגפרית בצורת יסוד לקבל צבעים שונים כמו לבן, צהוב, אדום, חום ואף שחור. עובדה זו מתאימה למראות שהגיעו מוויאג'ר, אם כי צבעי הצהוב והאדום הבהירים מוגזמים למדי בתמונות המקוריות. צירופים אחדים של נטרן וגפרית מציגים אף הם מגוון צבעים מתאים וגם אם חותמם הספקטרלי של יסודות אלה אינו ברור די צרכו במידע שנתקבל אודות איו, אף תצפית לא שללה את קיומם.

עדות עקיפה מהמגנטוספירה של צדק עשויה ללמד אף היא על הרכב פני הקרקע של איו. מכשירי וויאג'ר, כמו גם תצפיות ספקטרוסקופיות מכדור הארץ, זיהו כמויות גדולות של גפרית וחמצן אטומיים במגנטוספירה הפנימית שמקורם ככל הנראה באיו. אטומים אלה הם תוצרי הפירוק של גפרית דו-חמצנית ולכן אינם מפתיעים כלל, אך נתגלו גם פליטות של נטרן החוזרות ומרמזות על קיומן של תרכובות גפריתיות של הנתרן או מלחים דומים.

חומר שכיח אחד שאינו ניכר על פני איו הוא המים, המהווים את המרכיב העיקרי של שאר הירחים הגלילאיים, כמו גם של שאר הירחים של כוכבי הלכת החיצוניים. איו הוא אחד המקומות היבשים ביותר המוכרים לנו ברחבי מערכת השמש, גורם נוסף שאיתו יש להתחשב בבואנו להבין את הפעילות הגיאולוגית הייחודית.

אם בחלקם הגדול מכוסים פניו של איו בתרכובות גפרית ואם חומר זה הונח שם בעבר הקרוב עקב פעילות געשית, אזי אנו חייבים להניח כי לתרכובות אלה חלק משמעותי בגעשיות של איו. מצד שני, העדרם של המים, לבות צורניות ופחמן דו-חמצני (כולם שכיחים בהתפרצויות געשיות על פני כדור הארץ) מהווה טיעון נוסף בזכות מנגנון פעולה שונה לגמרי מאלה שהכרנו בעבר. חשוב לציין כי מאגמה צורנית, כדוגמת זו שבכדור הארץ, אינה חסרת חשיבות בעיצוב פני השטח של איו אך זרימה עשירה בגפרית נראית כשולטת בפעילות הגעשית.

רמז נוסף לטבעם של תוואים פעילים אלה מצוי בטמפרטורה שלהם. בעת המפגש עברה וויאג'ר 1 מספיק קרוב ללווין (22,000 ק"מ) כדי שמכשירה לתת-אדום ימדדו את טמפרטורת פני השטח של כשליש משטחו של איו. חלקו הגדול היה קפוא בטמפרטורה של 130 מעלות קלוין, ערך צפוי עבור עצם בעל מידת החזרה גבוהה המצוי במרחקו של איו מהשמש. יחד עם זאת זוהו כתריסר נקודות חמות, חלקן קשורות להתפרצויות געשיות מסוימות. האזור החם ביותר נמצא בטמפרטורה של כ-600 מעלות קלוין ונראה כחופף ללוע של פלה.

אות התת-אדום החזק ביותר לא הגיע מ-פלה אלא מאזור פעולתו של לוקי, הלוע הכפול. ניתוח מאוחר יותר מיקם את מקור החום בצידם של הלועות, קרוב לתוואי גדול ואפל בצורת האות "ח" (קערת לוקי-23) שקוטרו כ-

200 ק"מ. בצוות פיענוח התמונות, ספק בהלצה, כינו תוואי זה בשם אגם הלבה. הלצה זו מעט החטיאה, שכן הטמפרטורה הממוצעת של תוואי זה היא כ-300 מעלות קלוין, לא הרבה יותר מנקודת ההיתוך של גפרית או תרכובות הנתרן שלו. אם קצרת לוקי היא אגם של גפרית מותכת, אזי "קרחוני" גפרית מוצקה עשויים לצוף בו, כפי שמרמזים כמה צילומים.

לא אגמי הלבה ולא הזרמים הגעשיים מוכרים לנו לפרטיהם, אך אלפרד מקיזאן ולורנס סודרבלום(24) מצאו שהתפרצויות מתחלקות לשני סוגים עיקריים. עפ"י המידע שהגיע מוויאג'ר, התפרצויות מהסוג הנפוץ ביותר אורכות חודשים רבים והחומר הנפלט מהם מגיע למהירות של כחצי ק"מ לשניה ולגובה של כ-100 ק"מ. תצפיות התת-אדום של וויאג'ר העריכו את הטמפרטורות מעל לפתחי הלועות בכ-400 מעלות קלוין. העובדה החשובה ביותר היא אולי שהחומר הנפלט יוצר מאגרים לבנים כאשר הוא נופל חזרה על פני השטח.

בזמן מעבריהן של חלליות וויאג'ר נתגלתה רק דוגמא מייצגת אחת לסוג השני - פלה. למרות שהיה הגדול מבין כל ההתפרצויות, הוא היה היחיד שלא שרד לאחר מרווח ארבעת החודשים שבין שני המפגשים. טמפרטורת הלוע שלו הגיעה לכ-600 מעלות קלוין, מהירות פליטת החומר היתה קרובה לק"מ אחד לשניה והוא הוקף בטבעת כהה ולא לבנה. מאוחר יותר מצאו מקיזאן וסודרבלום שתי טבעות נוספות, כהות וגדולות, והן שוייכו ללועות סורט ו-אטן(25), שהופיעו בתמונותיה של וויאג'ר 2 אך לא באלה של וויאג'ר 1. הם סבורים כי טבעות אלה נוצרו בהתפרצויות מסוגו של פלה שארעו בין שני המפגשים.

הסבר פיזיקלי לקיום שני מנגנוני ההתפרצות עשוי להמצא בעבודתה התיאורטית של סוזאן קייפר(26). בהתבססה על נסיונה הרב עם תופעות געשיות על פני כדור הארץ - מגייזרים של מים חמים ועד להר סנט הלן - היא חקרה את התרמודינמיקה של הרי געש המופעלים בחומרים נדיפים כמים, פחמן דו-חמצני, גפרית דו-חמצנית וגפרית. בכל מקרה נמנעת? ההתפרצות עקב המרה מהירה של נוזל חם לגז.

חישוביה של קייפר מראים כי התפרצות של גפרית דו-חמצנית יכולה להיווצר ממאגר תת-קרקעי של חומר נוזלי המחומם לכ-400 מעלות קלוין, בעוד שלזו הנגרמת מגפרית טהורה דרושה לטמפרטורה של כ-700 מעלות. הגז המתפשט במהירות עשוי בשני המקרים ליצור שטף אדיר בעת שהוא נע לתווך הריק כמעט שמעל פניו של איו. חלקה הפנימי של עננת החומר מתקרר, מתגבש ונופל חזרה אל פני הקרקע כגפרית מוצקה או שלג של גפרית דו-חמצנית.

תאור זה מתאים לתצפיותיהם של מקיזאן וסודרבלום, אם נניח כי ההתפרצויות הקטנות המאריכות ימים נובעות מכיסי גפרית דו-חמצנית נוזלית ואילו האנרגטיות יותר נובעות ממקור עמוק וחס יותר - הצטברויות חמות של גפרית נוזלית. יחד עם זאת, אף אחד לא הסביר עדיין מדוע סוג אחד של התפרצויות אורך יותר מהסוג האחר אך גודלם של המאגרים מתחת לפני השטח של איו עשוי להיות גורם בתהליך.

בעקבותיו של לוקי

חשוב לזכור כי חוקרי הגעשיות הלומדים על איו אינס משתמשים רק במידע שנתקבל מ-וויאג'ר. לדוגמא, בשנת 1979 בטלסקופי התת-אדום נרשמה עליה זמנית מרשימה בבהירותו של איו. משמעה של תצפית זו היא כתם חם על פני הקרקע בקוטר של 10 ק"מ שהגיע לטמפרטורה של כ-600 מעלות קלווין. באותו זמן שקלו המדענים - אך לבסוף דחו - את ההסבר הגעשי לתצפית מרשימה זו. זמן קצר לאחר מעבר חלליות הוויאג'ר, במהלך ליקוי של איו ע"י צדק, מצאו ויליאם סינסון (27) ועמיתיו מאוניברסיטת הוואי אותות פליטת חום חזקה המגיעה מאיו גם לאחר שנכנס לצילו של כוכב הלכת. זמן קצר לאחר מכן זוהו נקודות חמות דומות בתצפיות על ליקוי דומה לפני עשר שנים. מידע זה איפשר לחשב את פליטת החום הכוללת של איו.

אך אם נקודותיו החמות של איו מכסות שטח כה קטן, איך אנו מצליחים לגלותם? נניח כי טריליוני הוואטים הנוצרים מחימום הגאות משוחררים באופן אחיד דרך פני השטח. התוצאה תהיה התחממות כללית במעלה אחת או שתיים, תופעה שלא נצפתה מכדור הארץ או ע"י וויאג'ר. אך אם איו נפטר מאנרגיה זו דרך הרי הגעש, אזי הזרימה חייבת להיות מנותבת דרך מספר אזורים פעילים. כדי לאפשר לכמות גדולה של חום לברוח דרך אזור קטן, חייבת הטמפרטורה להיות גבוהה. מכאן שדמותו התת-אדומה של איו מציגה ניגוד מסויים - כ-98 אחוז מפני השטח נשארים קרים מאד (כ-130 מעלות קלווין) והופכים קרים עוד יותר בעת ליקוי, בעוד ששני האחוזים הנותרים הם בעלי טמפרטורה הנעה בין 200 ל-600 מעלות קלווין. כיוון שהפליטה מהנקודות החמות חזקה בהרבה מאשר בסביבותיה, בייחוד בתחום של 2-5 מיקרון, הם זוהרים בזמן הליקויים כאורות העיר לאחר השקיעה.

למרות שמדידות בעת ליקויים קבעו את פליטת החום הכוללת מצידו של איו הפונה לצדק (הצד היחיד המתגלה לעינינו בעת הליקוי), הן מלמדות מעט מאד על מיקומם או אופיים הפיזיקלי של הנקודות. למרות זאת עבד מחבר המאמר לאחרונה עם טורנס ג'ונסון ודניס מססון (28) ממעבדות ההינע הסילוני ואחרים כדי לשאוב מידע נוסף מסוג זה. בתחום התת-אדום שבין 8 ל-10 מיקרון פולטות נקודות חמות אופייניות (כ-300 מעלות קלווין) יותר קרינה מזו שמקורה באור שמש מוחזר (הבולטת באורכי הגל הקצרים) או קרינת ה"רקע" הקרה מפני השטח (הבולטת באורכי הגל הארוכים). באמצעות מעקב על איו בתחום 9 המיקרון אנו רואים את בהירותו משתנה בעת שנקודות חמות נכנסות ויוצאות משדה הראיה שלנו.

בהפתעת מה גילו שהשינויים הם רבים ומעידים כי האזורים הפולטים אינם מפוזרים באחידות. למעשה, יותר מחצי הפליטה נראית כנובעת ממקור אחד בקרבת קו אורך 310 ובהירותו מלמדת כי קטרו כ-200 ק"מ. מיקום וקוטר זה מתאימים בקירוב ל"אגם הלבנה" של לוקי אותו גילה וויאג'ר 1 לראשונה. לאחר שנים הסיקו כי תוואי זה לא רק שממשיך בפעולתו אלא גם מהווה נקודת הפליטה הראשית לחום פנימי על פני איו. (חלק גדול מפליטת 9 המיקרון הנותרת ניתן לייחס לנקודות אחרות,

קטנות וקרות מ-לוקי. לאחרונה הציעו מקיואן ושלשה מעמיתיו שאם להתבסס על צבעם והופעתם, מספר לועות נוספים מולאו בגפרית נוזלית.)

כפי שדווח בפגישת האגף למחקרים פלנטריים של האגודה האסטרונומית האמריקאית, אושרו חשדותיהם באופן דרמטי במהלך החודשים האחרונים עקב שימוש בשתי טכניקות חדשות: בשיטה אחת מודדים את הקיטוב של פליטת החום המגיעה מקערת לוקי. מידת הקיטוב תלויה בשיפוע של המקור ביחס לצופה - אם לוקי אכן מותך, אזי השיפוע של פניו החלקים ישחנה בעת ש-איו סובב על צירו. בהתבססם רק על עצמתם של מדידות קיטוב אלה שנערכו ביולי 1984 מיקמו סינטון וג'יי גוגן (29) מאוניברסיטת הוואי את מקור הפליטה בנקודת אורך 303 מעלות ורוחב +13 מעלות (עם סטיה אפשרית של 5 מעלות בכל כיוון) - התאמה יוצאת מהכלל עם מיקומו של לוקי.

שבוע אחד קודם לכן השתמשו רוברט הוואל ומרטינה מקגין (30), גם הם מאוניברסיטת הוואי, באינטרפרומטריה נקודתית כדי לקבוע את מיקומה של הנקודה החמה. פעם נוספת התאחד המידע שלהם למקור בודד באתר של קערת לוקי.

כעת יש בידינו עדות חזקה כי תוואי בודד הינו נקודת הפליטה העיקרית לחומו הפנימי של איו, אבל למה? איזה תהליך בחלקיו הפנימיים של הלוויין מאפשר ניתוב הזרימה בכיוון זה? כמה זמן עתידה זרימה זו להמשך והאם מיועד אתר אחר לחפוס את מקומו של לוקי כאשר זה ייסגר? שאלות אלה עדיין מחכות לתשובה. למען האמת יש כיום פחות הסכמה בקרב החוקרים העוסקים בגיאולוגיה של איו מאשר היתה לפני שנים אחדות. מסיבה זו ואחרות מצפים חוקרי כוכבי הלכת בקוצר רוח להגעתה של החללית גלילאו של נאס"א אל מערכת צדק.

תרגם חנוך גרשט מתוך SKY & TELESCOPE - MARCH 1985

- | | | | |
|---|----------------------|------------------|----------------------|
| (1) IO | (2) DAVID MORRISON | (3) VOYAGER | (4) LINDA MORABITO |
| (5) GALILEO | (6) INACHUS | (7) ZEUS | (9) EUROPA, GANYMEDE |
| (8) STANTON PEALE, PATRICK CASSEN, RAY REYNOLDS | | | |
| (10) LITHOSPHERE | (11) CALDERAS | (12) PELE | (13) LOKI |
| (14) PROMETHEUS | (22) DALE CRUIKSHANK | (23) LOKI PATERA | |
| (24) ALFRED MCEWEN, LAWRENCE SODERBLUM | (25) סורט ו-אטן?* | | |
| (26) SUSAN KIEFFER | (27) WILLIAM SINTON | | |
| (28) TORRENCE JOHNSON, DENNIS MATSON | (29) JAY GOGUEN | | |
| (30) ROBERT HOWELL, MARTINA MCGINN | | | |

ליקט חיים מור

פרסומים

* דו-ירחון על פעילויות נאס"א, \$12.50 לשנה (כולל משלוח).
GOVERNMENT PRINTING OFFICE, SUPT./DOCUMENTS, WASHINGTON DC 20402
מס. קטלוג 3-00000-001-733 SN, NAS1.46, 2M CODE FILE
* שאלות על תמונות מ-אפולו:
ALIEN BASES ON THE MOON,
FRED STECKLING, POB 1722, CA92083, US (\$3) (כולל משלוח אויר \$13.95)

המשקפת לשימוש חובב האסטרונומיה מאת שחל לוין

אתה חובב אסטרונומיה מתחיל או מתקדם ואין ברשותך טלסקופ. ציפית כבר בעזרת העין וראית את הירח, כוכבים, מטאורים, עצמי מסייה שונים ועוד. למדת קבוצות כוכבים וקראת ספרים שונים בנושא האסטרונומיה. לאחר זמן מה נתקלת בבעיה: לא היה לך עוד במה לצפות בעזרת העין. אתה חושב כי אי אפשר לעסוק באסטרונומיה תצפיתית מעשית, מלבד תצפית במטאורים ושביטים, ללא טלסקופ.

בבעיה זו נתקלים חובבי האסטרונומיה רבים, אשר מעוניינים לעסוק באסטרונומיה תצפיתית אך אין ברשותם כסף לרכישת טלסקופ שיהיה יותר מצעצוע. הפתרון לבעיה זו הוא השימוש המשקפת.

המשקפת היא שימושית וטובה לחובבים מתחילים יותר מאשר טלסקופ קטן. היא זולה יותר מטלסקופ והעצמים הנראים בה מופיעים כפי שהם נראים בעין. השדה הרחב שלה מאפשר חיפוש עצמים נוח יותר וכן השוואה עם הנראה בעין. גם חובבים מנוסים לעיתים קרובות משתמשים במשקפות לצפייה בצבירי כוכבים, בשביל החלב ובשביטים אשר חיוורים מדי לתצפית בעין אבל בטלסקופ יראה רק חלק קטן מהם.

כיצד לבחור משקפת?

כאשר אנו בוחרים משקפת, יש להתחשב בגורמים שונים מלבד המחיר. המשקפות הטובות ביותר לתצפיות אסטרונומיה הם המשקפות הנסרתיות (מלשון "מנסרה"); משקפות אלו הן הנפוצות ביותר. שני הגורמים החשובים ביותר בבחירת משקפת הם ההגדלה והמפתח.

שני ערכים אלה מופיעים על גבי המשקפת כך: "7X50" או "8X40" וכדומה (שדה הראייה של המשקפת מצוין בסמוך לערכים אלה, והוא נתון במעלות). המספר השמאלי, הקטן יותר, מציין את ההגדלה של המשקפת, במקרה זה פי 7 באחת ופי 8 בשניה. המספר השני מציין את המפתח, הנתון תמיד במ"מ, במקרה זה 50 או 40 מ"מ. מפתח של 40-50 מ"מ מתאים בדרך כלל לכל השימושים. כמובן, ככל שהמפתח גדול יותר, כך יראו עצמים חיוורים יותר, אבל משקפת בעלת מפתח גדול יותר גם תשקול יותר ותהיה נוחה פחות להחזקה ביד ללא משען מתאים.

קוטרו של אישון העין בחשיכה הוא בערך 7-8 מ"מ. מפתח היציאה של קרני האור (קוטרה של האלומה היוצאת מעינית המשקפת) צריך להיות בגודל זה, אחרת מתבזבז חלק מכמות האור אשר קולטת המשקפת. את מפתח היציאה מחשבים על ידי חלוקת המפתח בהגדלה. התוצאה במקרה זה צריכה להיות בין 7 ל-5. משקפות בעלות הגדלה גדולה שימושית יותר לצופה מן העיר: הן מכהות את הרקע ומגינות מפני הפרעות של תאורה סביבתית, אך יחד עם זאת, הן מקטינות את שדה הראייה ומקשות על מציאת עצמים בשמים. הגדלות גדולות מקלות מאוד בצפייה בעצמים כגון צבירים, כוכבי לכת וכוכבים כפולים. משקפות בעלות כושר הגדלה מעל 8 קשות

להחזה ביד ודורשות שמוש במשען. משקפות זום (ZOOM) המאפשרות שינוי בגודל שדה הראייה, אינן מתאימות לצרכים אסטרונומיים כיוון שהן מאבדות חלק ניכר מהאור המגיע אליהן.

ולבסוף המחיר: משקפת מאיכות טובה, בגודל של 7X50 צריכה: לעלות בסביבות ה-120 ש"ח. אם עורכים סקר שוק, ניתן להשיג משקפות אף במחיר נמוך מזה, אך יש להביא בחשבון את איכות המשקפת, כיוון שמשקפת מאיכות גרועה פוגמת בתצפית. אם כיסך מרשה זאת, השתדל לרכוש משקפת עם מיקוד נפרד לכל עין וגם ציפוי של האופטיקה (COATED OPTICS) ישפר את ביצועי המשקפת עד מאוד.

כיום, מצויות בשוק המשקפות בעלות המפתח של 80 מ"מ (11X80 ו-20X80). משקפות אלו מקבילות, מבחינת איסוף האור, לטלסקופ במפתח של 4" (נכון יותר 3" - מ.ק.) משקפות אלו כשהן מוצבות על מעמד פשוט, גם מהסוג המשמש למצלמות רגילות, מאפשרות תצפיות בגופים חיוורים מאוד וכן בגופים בעלי גודל זוויתי גדול. מחירן של משקפות אלו נע בסביבות ה-500 דולר ומכיוון שהן גדולות הן גם מצוידות באופטיקה בעלת ציפוי, מיקוד נפרד וכדומה.

כיצד לבדוק את איכותה של המשקפת?

כאשר באים לקנות משקפת, אין לסמוך רק על המלצות המוכר וצריך לבדוק אותן. רוב הבדיקות המיועדות לבדיקת טלסקופים טובות גם לבדיקת משקפות. להלן, כמה בדיקות המיוחדות למשקפת:

א. בדיקת איכות התמונה - הזז את המשקפת בהדרגה מעיניך תוך התבוננות אל תוך העינית. במרחק של 10 ס"מ צריכה הדמות להיות יחידה(?), גם אם תעצום את עיניך לרגע. במרחק של כ-30 ס"מ צריכים להיראות מפתחי היציאה עגולים לגמרי. כך תבדוק אם מלוא כמות האור הנכנסת מגיעה באופן שווה לעינית.

ב. בדיקת יישור התמונה - אי יישור בין שתי העיניות יגרום התעייפות מהירה של העין ולכאבי ראש בלתי מוסברים. את יישור התמונה, בודקים בהרחקת המשקפת מן העין וכיוונה על עצם ישר כל שהוא (גדר, חומה וכדומה). העצם צריך להופיע ישר לחלוטין.

ג. בדיקת ציפוי - הציפוי במשקפת נועד למנוע החזרת אור. בדוק את הציפוי על ידי כיוון המשטחים האופטיים לנורה. במשטח מצופה תופיע דמותה של הנורה בצבע, בעוד שבמשטח לא מצופה תופיע הדמות בצבע לבן (טבעי) בלבד.

עליך לזכור כי משקפות מעטות מאוד מושלמות. לכן ייתכן ויתגלו פגמים כלשהן במהלך הבדיקות. על פגמים אלו להיות מזעריים ככל האפשר.

לסיום, אם אינך מכיר ומתמצא בסוגי המשקפות, עצה מבעל נסיון לעולם לא תזיק. קודם שתבדוק בשוק, בדוק אצל ידידיך בעלי המשקפות והשווה

ביניהם. כמו כן מצויים כתבי עת רבים מקצועיים ומקצועיים למחצה, בהם ישנן חוות דעת של בעלי משקפות וכל ציוד אסטרונומי אחר. אם ברצונך לקנות משקפת, רצוי לקנות משקפת מפירמה ידועה. פירמות ידועות כ-ROGER TUTHILL, CELESTRON, MEADE, BUSHNELL, SWIFT, PARKS, הן משקפות שעברו את הביקורת החמורה של החובבים ובעלי המקצוע בעולם. אין זה אומר שאין לבדוק כל משקפת מאחר ופגמי יצור יכולים להתגלות גם במשקפת הטובה ביותר, אך אין ספק שכדאי לחפש משקפות מהפירמות שהוזכרו לעיל.

כיצד לצוד אובייקטים מבלי להתיאש

מאת אילן מנוליס

התמונה מוכרת וידועה: הטלסקופ מכוון היטב לצפון. אתה בדקת זאת על-ידי כך שבחרת כוכב בהיר, שהקואורדינטות שלו מצויינות בידך, כיוונת את הטלסקופ אליו ואיפסת את השנתות. לאחר מכן עברת לכוכב בהיר אחר, ואכן קריאת השנתות של הטלסקופ מתאימה לקואורדינטות שלו במידה רבה. ועכשיו אתה מעביר את הטלסקופ אל האובייקט בו אתה רוצה לצפות. מכוון נטיה..., מכוון עליה ישרה..., הנה. אתה מביט אל תוך העינית, הציפיה רבה, ומה אתה רואה? כלום. כלומר, יש שם כמה כוכבים, אך איפה הגלקסיה או הצביר, או הערפילית הפלנטרית?

מה שאתה עושה כעת תלוי במידה רבה באופייך. אם אתה שקדן ויסודי, אתה מתחיל לחפש את האובייקט על-ידי "גיחות" קצרות מן השדה שבעינית, שמאלה, ימינה, למעלה, ולמטה. כאשר כל פעם אתה חוזר לשדה המקורי - אולי האובייקט המבוקש נמצא בשולי השדה. אם, לעומת זאת, אינך כל-כך יסודי, אתה מתחיל לקפוץ לכל הכיוונים, עד שלבסוף אתה מתייאש, ומתחיל הכל מחדש. אם גם הפעם לא מצאת את האובייקט, אתה עוזב את החיפוש אחריך לחלוטין. סך הכל קצרת הרבה תיסכול, עוגמת נפש, זמן מבוזבז והנאה מועטה - את האובייקט שחיפשת לא מצאת.

לא עוד. בעזרת הטכניקה הבאה, המנסה לכסות שטח נצפה באופן שיטתי, אני מקווה שכל מי שירצה, יוכל מעתה לאתר אובייקטים ללא כל קושי.

כל שעליך לעשות כאשר האובייקט אותו אתה מחפש אינו מצוי בשדה הראייה הוא להתחיל לנוע ב-"מעגלים ישרי זווית". אתה עושה זאת כך: אתה בוחר כוכב בקצה הימני של העינית ומזיז את הטלסקופ עד שהכוכב מצוי בקצה השמאלי שלה. אתה בודק אם האובייקט מצוי כעת (וגם בזמן ההזזה - מ.מ.ק.) בשדה. במידה ולא, אתה בוחר כוכב המצוי בקצה העליון של העינית, ומעביר אותו לקצה התחתון על ידי הזזת הטלסקופ. אם האובייקט עדיין אינו בשדה, אתה בוחר כוכב בקצה השמאלי של השדה ומעביר אותו לצד הימני. אתה חוזר על הפעולה פעם נוספת (כלומר הזזת שדה העינית פעמיים ימינה). אם עדיין לא מצאת את האובייקט אתה חוזר על התהליך פעמיים מלמטה למעלה. כל תהליך החיפוש נראה כך:



בקבוע קלווין.
שיא הקרינה צריך
להיות נתון
באנגסטרם (10
בחזקת 8 - ס"מ)
והקבוע של קלווין
הוא 2.898 כפול
10 בחזקת 7.
התוצאה תהיה

טמפרטורה במעלות קלווין - (273.16 - צלזיוס = 0 קלווין).

למטה רשימה של כוכבים שאת צבעיהם ניתן לגלות בעין בלחי-מזוינת:

שם	קבוצה	צבע	טמפ' השטח (ק)	סוג ספקטרלי
חפיקה	בתולה	כחלחל	20,400	B2
ריגל	אוריון	כחלחל	12,300	B8
סיריוס	כלב גדול	לבן	10,700	A0
ווגה	נבל	כחלחל	10,500	A0
פרוקיון	כלב קטן	קש	6,800	F3
קפלה	עגלון	צהוב	5,200	G0
ארקטורוס	רועה דובים	כתום	3,580	K5
אלדברן	שור	כתום	3,580	K5
אנטארס	עקרב	אדום	3,300	M1
בטלג'וז	אוריון	אדום	3,200	M2

בעזרת משקפת שדה או טלסקופ קטן נוכל לגלות עוד צבעים רבים.

ברשימה השניה כוכבים כפולים, אשר לכל אחד מהכוכבים בצמד צבע שונה.

שם	עלי"ש	נטיה	בהירות	P.A.	מרווח	צבע	מרחק
			א - ב		(")	א - ב	בש"א
9372	14:42.8	+27:17	5.1 2.7	335	3.0	צה-כח	220
אנטארס	16:26.3	-26:19	6.5 1.2	274	2.9	אד-יר	400
10418	17:12.4	+14:27	5.4 3.5V	109	4.6	אד-יר	550
דלתא קפאוס	22:27.3	+58:10	7.5 3.9V	192	41	צה-כח	950
אלביראו	19:28.7	+27:52	5.4 3.2	55	34.6	אד-כח	400

הסברים לטבלה:

- שם - השם הידוע או מספרו בקטלוג אייטקן (AITKEN).
 - בהירות - הבהירות של הצמד (A ו-B). האות V ליד הבהירות מסמנת כוכב משתנה, הבהירות היא ממוצעת.
 - P.A. - זווית קוטב-כוכב ראשי-מלווה (POSITION ANGLE).
 - מרווח - מרחק בשניות קשת בין הכוכבים בצמד.
 - צבע - אד' = אדום, צה' = צהוב, יר' = ירוק, כח' = כחול.
 - מרחק בש"א - מרחק מכדה"א בשנות אור (1 ש"א = 9434 מיליארד ק"מ)
- **** בהצלחה בתצפית !!!

קבוצת החודש

קבוצת החודש היא אחת המפורסמות בשמיים: קבוצת רועה הדובים (5). הקבוצה מפורסמת לאו דוקא בשל הא עצמים הרבים שבה, אלא בעיקר בשל הימצאותו של ארקטורוס, הכוכב הבהיר ביותר בחצי כדור השמיים הצפוני (הכוונה למדידות פוטומטריות); הכוכב קאפלה בעגלון יראה בהיר מ- ארקטורוס בשל העובדה שצבעו זהה לצבע השמש, צבע שהעין רגישה לו במידה הרבה ביותר). ארקטורוס ממוקם בקצה קבוצת רועה הדובים המזכירה צורת עפיפון, המשך דימוני של הקשת שמתווה ה"זנב" של הדובה הגדולה, מגיע הישר אל ארקטורוס ומכאן שמו - שומר הדב. שמו הערבי "עייש" מופיע בספר איוב אך הכוונה של ספר איוב היתה כנראה לדובה הגדולה.

ארקטורוס הינו כוכב בבהירות 0.05- ומרחקו - 37 שנות אור - מראה על בהירות מוחלטת השווה כמעט לבהירותו הנראית - 0.3-. הכוכב הוא כוכב ענק מטיפוס K2 III וקוטרו כ-25 קוטרי שמש. המעניין בארקטורוס הוא מהירותו העצמית הגבוהה - "2.29 לשנה! - המצביעה על מהירות של 150 ק"מ לשניה. מהירות כזו מצביעה על השתייכות הכוכב לכוכבי ההילה של הגלאקסיה הנעים במהירות גבוהה מזו של כוכבי הזרועות. מכאן, ש- ארקטורוס הינו כוכב מאוכלוסיה II (השמש וכוכבי הזרועות הם אוכלוסיה I). כוכבי הילה מסוגו של ארקטורוס רק חולפים במהירות דרך המישור של הגלאקסיה מצד לצד.

קבוצת רועה הדובים אינה מצטיינת במספר רב של אובייקטים לתצפית. למרות שמיקומה קרוב לקוטב הצפוני של הגלאקסיה, יחסית מועטות בה הגלאקסיות הניתנות לתצפית. סמוך לקודקוד הצפון-מערבי של הקבוצה מצוייה קבוצת הגלאקסיות של M101. קבוצה זו תוארה באחת הגליונות הקודמים אך אחזור על התיאור של M101. הגלאקסיה - M101 או NGC5457 - מצוייה בהמשך הקו בין 5-ל-6 דובה גדולה. גלאקסיה זו היא אחת הדוגמאות הקלאסיות לגלאקסיה ממבט על, ושוות לה M33, M51, NGC2403, M83 ועוד דוגמאות בודדות בין הגלאקסיות הבהירות, אך M101 היא החיוורת מכולן. למרות שבהירותה - 7.2V נראית - מבטיחה יחסית, הרי שגודלה הזוויתי - 26.9/26.3 דק' - הופכת אותה לעצם קשה. גם במצפה רמון, בטלסקופ "40", התקשיתי להבחין בגלאקסיה ומאידך, במשקפת שדה טובה הבחנתי בה ככתם מעורפל. ב-סלסטרון "8" הבחנתי בה ככתם ערפילי עגלגל. התצפית הטובה באובייקט מסוג זה תושג בטלסקופ קצר מוקד.

2 מעלות דרומית לכוכב 0 רועה דובים מצוי כוכב בבהירות 5. מדרום-מערב לו מצויות שלש גלאקסיות היוצרות קשת של כמעלה ומחצה - NGC5680, NGC5676 ו-NGC5689. אלו הן גלאקסיות ספירליות בבהירויות בין 11 ל-12. בשל גודלן המועט, הנע בין 2 ל-3 דק', ניתן להבחין בהן גם בטלסקופים של "4". מאחר והן קטנות, יעילים גם מפתחים של F/8 או F/10. בכל מקרה, לא יראו כל פרטים לבד מכתמים מטושטשים. לבד

מ-NGC5689 שלה גרעין מטושטש, שתי האחרות הן בעלות גרעינים בהירים דמויי כוכבים. שווה בשל האתגר.

גלאקסיות חיוורות נוספות ניתן למצוא סביב הכוכבים A ברועה דובים, אחת מהן, NGC5533, נמצא באותו שדה ראייה, 20' מערבה. כל הגלאקסיות המצוינות במפה הן בבהירויות 12 - 11.

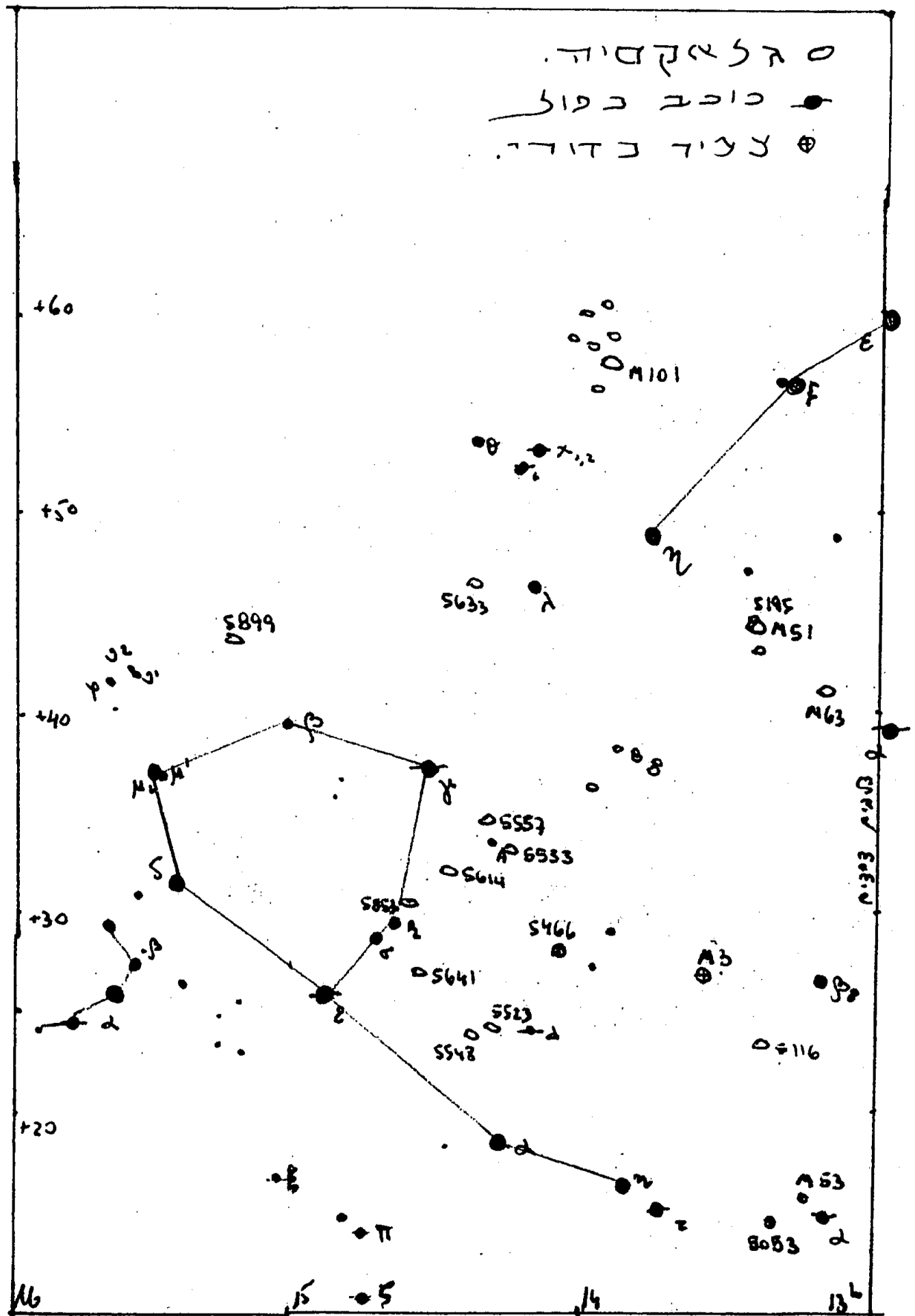
בדיוק במחצית הדרך בין ארקטורוס ל- α כלבי ציידים, נמצא את אחד הצבירים הכדוריים היפים בשמיים - M3 (NGC5272). בהירותו של M3 היא 6.35V וניתן לראותו בכל מפתח, החל מכתם עגלגל במשקפת שדה. במפתחים מ-4" ומעלה ניתן להפריד שולי הצביר לכוכבים בודדים, ב-8" ההפרדה מוחלטת עד המרכז; רצוי הגדלה פי 100. 4 מעלות מזרחה, בין M3 ל-רועה דובים, מצוי צביר כדורי נוסף - NGC5466. צביר זה חיוור משכנו, בהירותו 9.1V והעובדה שחסר לצביר גרעין מגובש כמו ב-M3 מקיזים מאוד על זיהויו במפתחים קטנים. ב-8" ניתן להפריד בשוליים.

שני צבירים כדוריים נוספים נמצאים בקרבת ארקטורוס, אם כי אינם שייכים לקבוצת רועה הדובים, אלא לקבוצה השכנה ממערב, שערות ברניקה(6). הכוונה לצבירים M53 (NGC5024) ו-NGC5053. למציאת שני הצבירים יש לנוע בהמשך הקו מ-ארקטורוס ל-רועה דובים עד שמגיעים ל- α בשערות ברניקה. כוכב זה הינו מערכת בינארית של שני כוכבי סדרה ראשית מטיפוס F6V ובבהירויות 5.05 ו-5.08. המרחק הזוויתי של שני הכוכבים הוא 0.66" בלבד ומותר סיכוי קלוש לבעלי 8" בהגדלה מקסימלית. לשני הכוכבים זמן מחזור של 25.87 שנים בלבד. לשניהם יש גם מלווה שלישי, בהירותו 10.1 ומרחקו 110" מהכוכב הכפול. מהווה מעין פרס ניחומים למי שלא מצליח לראות את הכוכב הכפול עצמו. בהירות כל המערכת - 4.31.

כמעלה צפון-מזרחית ל- α בשערות ברניקה מצוי הצביר הכדורי M53. צביר זה חיוור למדי - 7.72V - ומהווה צל חיוור של M3, אך עדיין מעניין יותר לתצפית. גודלו הזוויתי 12.6 דק' והוא דומה ל-M3 במבנהו. הצביר נראה גם במשקפת שדה, אך ניתן להפרדה רק במפתחים של 6" ומעלה, וגם אז רק בקצוות. מעלה וחצי מזרחית ל-שערות ברניקה ומעלה דרום-מזרחית ל-M53 מצוי NGC5053. צביר כדורי זה חיוור בהרבה משני קודמיו, בהירותו 9.8V וגודלו הזוויתי 10.5 דק'. מבנה הצביר פזור וקלוש מאוד ולא ניתן להבחין בריכוז משמעותי בגרעין, עובדה שמקשה מאד על הצפייה בצביר. לבעלי טלסקופים עם שדה ראייה גדול ממעלה יהיה זה מראה יפה לראות את שני הצבירים בשדה אחד.

בקבוצת רועה דובים מספר כוכבים כפולים מעניינים:

א - זוג כוכבים המהווים צמד של בהירויות 4.6 ו-6.6 בהפרדה של 13". מתאים לכל טלסקופ מפתח 2" ומעלה. צבעי הכוכבים לבן וצהבהב. הצמד נמצא בקודקוד הצפון-מערבי של רועה הדובים. 1 מעלה דרום-מזרחית ל- χ נמצא i. זהו זוג כוכבים בבהירויות 4.9 ו-7.5 במרחק 38.5". לזוג יש מלווה שלישי בבהירות 12.6 במרחק של 85.9".



π - כפול מעניין נוסף, בהירויות 4.9 ו- 5.8 במרחק "5.7. אובייקט יפה למפתחים קטנים. צבעים כחול (B9) ולבן (A5).

ε - 'יזהר'. אחד הכוכבים הכפולים היפים בשמיים. בהירויות 2.5 ו- 4.9 במרחק "2.8 בלבד. ניגוד הצבעים בין הכתום (K0 III) והלבן (V A0) מהיפים בשמיים. מלווה שלישי בהירות 11.8 במרחק "1.77.

α - כלבי צייד, 'קור קרולי'. אמנם אינו שייך לקבוצה, אך זוהי הזדמנות פז להזכירו. אנך היורד לדרום-מזרח מקצה יצול הדובה/עגלה הגדולה פוגש בו. ניגוד צבעים אין, אך זה עדיין אחד הכוכבים הכפולים היפים לטלסקופים קטנים, וגם למפתחים גדולים בהגדלות מינימליות. בהירויות בני הזוג - 2.9 ו- 5.5 והמרחק הזוויתי בינם "19.6 בלבד. צבעי בני הזוג לבן ותכול.

מעמד פונסה(1)

בגליון זה תחרוג פינת החובב ממתכונתה הרגילה. הפע הפינה מוקדשת לכל אותם החובבים שהינם בעלי טלסקופים שאינם ממונעים, הרוצים להיכלל בין אותם המאושרים הצופים בכוכבים זמן רב ללא צורך לשנות את כיוון הטלסקופ.

בפינת החובב בגליון 4/1987 הקדשתי מאמר נרחב על יסודות הצילום האסטרונומי. אחזור בקצרה על שתי שיטות צילום נפוצות:

1. הצילום הרגיל הוא צילום של גרמי שמיים מחוץ למערכת השמש. צילום זה קרוי צילום גרמי שמיים-רחוקים (באנגלית המינוח הוא DEEP SKY OBJECTS ומי שמוצא תרגום קולע יותר מוזמן בזאת להציעו). צילומים אלו מצריכים טלסקופים בעלי מעמד משווני הממונעים בעזרת מנוע ומכיוון שמחירם בדרך כלל יקר מאוד, הם אינם נמצאים בהישג ידו של כל חובב. הצורך במתקן עקיבה נובע מהעובדה שצילומים אלו דורשים זמני חשיפה ארוכים - בדרך כלל בין מחצית השעה לשעה וחצי.

2. הסוג השני של הצילומים הוא צילומי עקבות כוכבים. צילום זה פשוט ביותר ומושג על ידי הצבת מצלמה המכוונת אל כוכב הצפון, ופתיחת הצמצם לכל פרק זמן רצוי. מובן שבמקרה זה המצלמה נייחת בזמן הצילום ואינה דורשת יותר מאשר כן או חצובה יציבים.

נשאלת השאלה, מה ייעשה החובב שברשותו מצלמה פשוטה, והוא רוצה בכל זאת לצלם את השמיים? מסתבר, שבעזרת מיתקן פשוט להפליא, קל וזול ביותר להכנה, ניתן לצלם צילומי שמיים הדורשים עקיבה ברמה בינונית בעזרת מצלמה פשוטה ללא טלסקופ! ניתן להגיע, ללא מאמץ מיוחד, לצילומים מרהיבים של שביל החלב, ערפיליות בהירות ועוד - כל זאת בעזרת מעמד ה-פונסה.

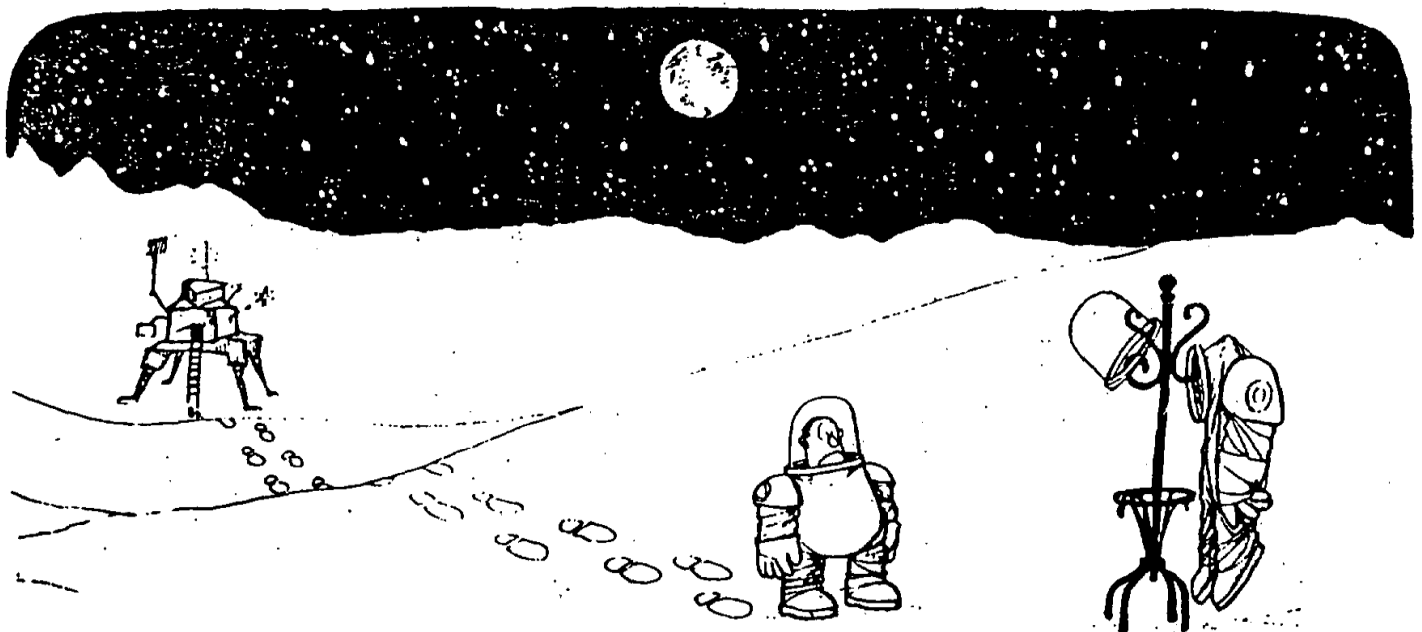
מהו מעמד הפונסה?

מעמד הפונסה נקרא על שם ממציאו - אדריאן פונסה(2). למעשה, מעמד ה-פונסה בא לתת פיתרון לאותם טלסקופים שהחלו לכבוש בסערה את עולם החובבים - הטלסקופים ה-דובסוניים(3). הטלסקופים הדובסוניים הם טלסקופים בעלי מוקד קצר ביותר ומפתח רחב - $F/4.5$ לכל היותר - המיועדים לתצפיות על גרמי שמיים רחוקים כגון גלאקסיות, ערפיליות וכל סוגי הצבירים. מעלתם הגדולה היא כמות האור האדירה שהם אוספים ושדה הראייה הגדול שלהם. בשל העובדה שלטלסקופ הדובסוני שדה ראייה גדול, עובר זמן רב עד שהאובייקט עוזב את שדה הראייה, ומכאן שאין כל צורך במתקן הנעה מיוחד. זו הסיבה שטלסקופים דובסוניים הינם בעלי כן אדימוטלי פשוט. עובדה זו הופכת אותם לניידים ביותר, פשוטים ביותר להצבה ולכיוון - והחשוב מכולם, מחירם זול ביותר ממחצית מכל טלסקופ באותו מפתח. חסרונם היחיד הוא אי היכולת לצלם. נכון יותר, אי היכולת לצלם עד שהומצא מעמד ה-פונסה.

בינואר 1977(4) פורסם מאמר ראשון על מתקן ה-פונסה. מאמר זה מציין את הנוחות בעקיבה בציר אחד בלבד בעזרת מעמד משווני ואי הנוחות של בעלי טלסקופים אדימוטליים. פונסה הבין ש"גוף קשיח הנתמך ב-3 נקודות, כאשר האחת משמשת כציר סיבוב קבוע ושתי האחרות נעות על משטח קבוע יסתובב סביב ציר דמיוני, ניצב למשטח ועובר דרך נקודת הציר הקבוע". נקודת הציר אינה חייבת להיות על המשטח עצמו אלא יכולה להיות בכל נקודה - מעליו או מתחתיו. אם המשטח מקביל למישור המשווה השמימי, נוצר מעמד משווני פשוט ביותר. ****

1 FONCET DRIVE; 2 ADRIEN FONCET; 3 DOBSONIAN; 5 BOOTES;
4 SKY AND TELESCOPE, JANUARY 1977; 6 COMA BERENICES.

(יתרת הכתבה על מעמד פונסה עם פרטי מבנהו והתקנתו תובא בקרוב, לאחר פתרון בעיית יציבות המעמד כשזה נושא טלסקופ ומוטה לצידו תוך כדי מעקב - מ.ק.)





לוח השנה האסטרונומי
THE ASTRONOMICAL CALENDAR
 מאת אילן מנוליס

מהו לוח שנה אסטרונומי?

לוח השנה האסטרונומי הינו כלי עזר חדש לרשותו של האסטרונום המקצועי והחובב כאחד. בעזרת כלי עזר זה, פרי פיתוח מקורי, יכול הצופה לתכנן את מועדי ושעות תצפיותיו בנוחות, זמן רב מראש ותוך דיוק מירבי. ייחודו של לוח שנה זה הוא בשני תחומים - דיוקו הרב והעובדה שהמידע המובא בו מחושב ומודפס אינדיבידואלית עבור כל צופה לפי מקום התצפית שלו.

מתכונת הלוח

כמו בלוחות שנה רבים המצויים כמעט בכל בית, גם לוח זה מקדיש דף לכל חודש, עם משבצת לכל יום. סידור זה נוח במיוחד משום שבמבט חטוף הוא מאפשר קבלת מידע רב ככל האפשר. המידע הנוגע לחודש שלם פרוש לפני המתבונן בו. בלוח של שנה שלמה מצויים, על כן, 12 דפים אשר נתלים על קיר במקום נוח לעיון.

התוספת בלוח שנה זה הינו המידע האסטרונומי המובא בכל משבצת יום. המידע כולל את שעות זריחת השמש ושקיעתה, האזימות בו מתרחש האירוע (במעלות, כאשר הצפון = 0, מזרח = 90, דרום = 180 ומערב = 270), שעות זריחת הירח ושקיעתו עם הפאזה של הירח בעת התרחשות האירוע (אחוז פני הירח המוארים באור השמש). כדי להקל עוד על נוחות השימוש מובאים מועדי הזריחה והשקיעה של הירח בסדר הכרונולוגי של התרחשותם - כלומר, אם שקיעת הירח חלה בשעה הקודמת לזריחה - תופיע שורת השקיעה לפני שורת הזריחה (ראה תרשים 1). כמוכן, בסוף כל דף חודש, מובאים המועד והשעה של מולד ומילוא הירח עבור אותו חודש.

מדוע נולד הצורך בלוח זה?

כל מי שאי פעם תכנן תצפית זמן מה מראש מודע לצורך במידע עדכני לגבי מועדי זריחת השמש ושקיעתה (שהם בערך תחילת מועדי ההכנות לתצפית וסיום התצפית), ואף חשוב מכן - לדעת מתי בדיוק יופיע הירח ומה יהיה גודלו, שכן אם הוא זורח בשעה מוקדמת יחסית בליל התצפית משמעו שהירח לפני מילוא ופוגע בתצפית. תכנון מראש מונע יציאה מיותרת לתצפית והידע הבסיסי הוא הכרחי לצורך התכנון מראש.

במשך השנים עמדו מספר פתרונות לרשות האסטרונום. ישנם ספרים המודפסים בחו"ל (כגון האלמנך האסטרונומי, מודפס על ידי מצפה הצי של ארה"ב או ספר הצופה של האגודה האסטרונומית המלכותית הקנדית) הכוללים מידע מעודכן זה. הבעיה עם פרסומים אלה היא שיש להזמיןם במיוחד מחו"ל, עלותם גבוהה יחסית וכשהם מגיעים, לרוב כחודש חודשיים לאחר תחילת שנה קלנדרית, יש צורך לחשב את הנתונים

המדויקים עבור מקום התצפית על פי המובא הספר. זאת היות ועבור כל אירוע מובאים תאריכים נבחרים, לרוב בקפיצות של 5 ימים, וקווי אורך ורוחב נבחרים (לרוב בקפיצות של 5 מעלות). כמוכן מובא המידע בזמן עולמי (UT - ולא "זמן יקום" כדברי קול ישראל! מ.ק.) ומחושב עבור מצהר גרניץ' ולא עבור מיקומו של הצופה. עם זאת, יתרונם של ספרים אלה בכך שהם מביאים מידע נוסף כגון זריחה ושקיעה של כוכבי הלכת, מצב ירחיהם וכו'.

פתרון נוסף העומד לרשות כולנו הינו 'מגיד הרקיע'. פרסום זה הינו טוב ומגיע ישירות לכל חבר האגודה בסוף השנה הקודמת לשנת התצפית, כך שהוא מכסה את כל השנה. הזמנים בו מבוטאים בזמן מקומי ולא בזמן עולמי UT; הבעיה איתו שגם בו יש צורך לעשות אינטרפולציה כדי למצוא את הזמנים המדויקים עבור מקום התצפית, היות שהמגיד מחושב עבור הקואורדינטות במרכז ישראל. כמוכן ומחוסר מקום גם בו מובא המידע תוך פסיחה על מספר ימים.

הצורך בפתרון לבעיות אלה נולד בזמן הופעת השביט האלי, כאשר היה צורך לצפות בו בכל לילה אפשרי. "יחיד סגולה" זכו לקבל מעמנואל גרינגרד מהדורה מיוחדת של מגיד הרקיע בצורת טבלה יומית רציפה של נתוני זריחה/שקיעה שמש/ירח לכל משך הופעת השביט. היתרון של מידע זה הוכח כבעל ערך רב והיווה דחיפה מכרעת לפיתוח הכלי החדש, המוצג כאן לראשונה.

מה יתרונו של לוח השנה האסטרונומי?

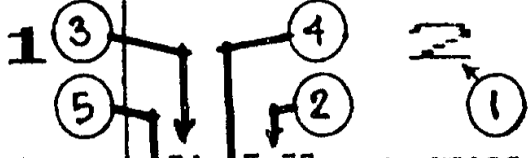
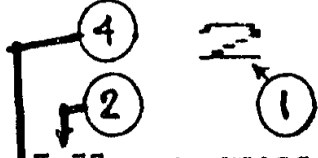
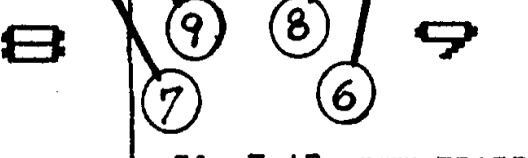
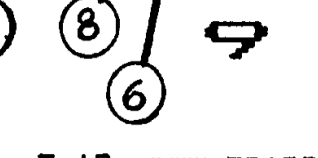
ובכן, כפי שהוזכר למעלה, יתרונו של הכלי החדש בכך שהוא "לוח", כלומר תלוי על הקיר ונוח לעיון בכל עת, בניגוד לספר אשר יש לפתוח מחדש בעמוד המתאים בכל פעם שנזקקים לו.

שנית, הלוח מחושב באופן אינדיבידואלי לכל צופה לפי נתוני מקום התצפית שלו (קווי אורך ורוחב). רק המצאתו של המחשב האישי והגברת העניין באסטרונומיה חישובית הביאו למצב שבו בכלל ייתכן פתרון לבעית החישובים המסובכים הכרוכים בחיזוי נכון של מועדים אלה על בסיס מיקום גיאוגרפי אישי.

ושלישית וחשוב מכל, הנתונים מדויקים מאוד. בלמעלה מ-93% מנתוני השמש, הזמנים תואמים את אלה המובאים באלמנך האסטרונומי הנ"ל. ביותר ה-7% הסטייה היא של ± 1 דקה בלבד. בנתוני הירח 82% מהזמנים תואמים את אלה המובאים באלמנך וביתר 18% הסטייה היא של ± 1 דקה בלבד. פאות הירח מובאת בדיוק של $\pm 1\%$.

מה לא כלול במועדים המובאים בלוח השנה האסטרונומי?

אף על פי שהנתונים המובאים בלוח מדויקים מאוד, קיימים מספר גורמים המסוגלים לשנות את מועדי הזריחות והשקיעות; מדובר בהתחשבות באופק המסוים של הצופה, שאותו אין תוכנית המחשב מכירה. בעת התצפית

שני	שבת
	
זריחת שמש: 5:29 84	זריחת שמש: 5:28 84
שקיעת שמש: 18:1 276	שקיעת שמש: 18:1 277
שקיעת ירח: 4:53 99%	שקיעת ירח: 5:18 מלא
זריחת ירח: 17:18 99%	זריחת ירח: 18:15 מלא
	
זריחת שמש: 5:20 81	זריחת שמש: 5:19 80
שקיעת שמש: 18:5 279	שקיעת שמש: 18:6 280
זריחת ירח: -----	זריחת ירח: 0:27 60%
שקיעת ירח: 9:10 67%	שקיעת ירח: 10:14 55%

יש לזכור במיוחד את מגבלות האופק - צופה שעבורו מתרחשת הזריחה באופק מזרחי מאוד הררי מטבע הדברים צפוי איחור של דקות ספורות לעומת הנמסר בלוח השנה והקדמת השקיעה (ההפך נכון לגבי נקודת תצפית גבוהה, עם אופק מישורי או של ים - מ.ק.).

כמובן לא נלקחה בחשבון אפשרות הנהגת שערן קיץ במידה ויונהג, משום שבעת כתיבת שורות אלה טרם נודע אם אכן יונהג ואם כן בין אלו תאריכים. יש לזכור פרט זה במיוחד; בעת קיום שערן קיץ ועד לביטולו יש להוסיף שעה אחת לנתוני הזריחה והשקיעה.

תרשים 1

קטע מן הגרסה העברית, מוגדל בכ-55% פירוט נתוני התצפית כפי שחושבו ל-שבת, 2 באפריל 1988 לקואורדינטות של מצפה הכוכבים בגבעתיים, "15'48"34 מז', "30'4"32 צ'.

שנה עובר השנה שלאחר מכן, בגליונות נובמבר ו-דצמבר בירחון SKY & TELESCOPE וכל שנה בגליון 5-6 של 'כל כוכבי אור'. בינתיים החלטתי להפיץ בארץ מהדורה ראשונית כבר השנה. ניתן לרכוש את הלוח בפניה לכתובת המובאת מטה, תוך ציון מקום התצפית (או המגורים) שעבורו מעונינים בלוח (או תוך ציון קואורדינטות אורך ורוחב מדויקות, אך אין הכרח בכך).

כיצד ניתן לרכוש לוח שנה זה?

החל משנת 1989 יוצע הלוח למכירה ברחבי העולם, על ידי מודעה קבועה שתפרסם מדי

המחיר הוא 1.75 ש"ח עבור חודש אחד (או כפולה עבור מספר חודשים), ו-14 ש"ח עבור לוחות לשנה קלנדרית שלמה; נא לרשום את השק לפקודתי.

מקרא:

היום בחודש	[1	
שעת זריחת השמש	[2	(5:28)
אזימות מרכז השמש בעת זריחתה	[3	(84)
שעת שקיעת השמש	[4	(18:01)
אזימות מרכז השמש בעת השקיעה	[5	(277)
שעת שקיעת הירח	[6	(5:18)
אחוז של פני הירח המוארים בעת השקיעה	[7	(מלא)
שעת זריחת הירח	[8	(18:15)
אחוז של פני הירח המוארים בעת הזריחה	[9	(מלא)

סיכום

לוח השנה האסטרונומי אשר הוצג כאן לראשונה אינו בא כתחליף ל'מגיד הרקיע' או כל אלמנט אחר המצוי ברשותנו. זהו כלי נוסף אשר מטרתו הן פשטות, נוחות ודיוק. אני מקווה שרבים ימצאו בו כלי עזר חשוב ושימושי לתכנון תצפיותיהם, ממש כשם שאני נעזר בו כעת ללא הרף. ****

כתובת להזמנות: אילן מנוליס, ת.ד. 590, כפר סבא 104 44.

רזילה

השנה היא שנת 2019. לא מכבר הוקמה על הירח מושבה אנושית, המביאה תועלת לכדור הארץ. בנוסף לעבודות המחקר המאומצות במושבה, מיוצרים בה מוצרים תחת כח כובד מופחת, דבר שהוכיח את יעילותו לעומת הייצור על פני כדור הארץ.

כדי לענות על בעיות התעבורה. נחנך לפני כמחצית השנה קו מעבורת חדיש ע"י חברת EARTHMOONSPEED. כל מעבורת עושה את הדרך בין שתי תחנות חלל, האחת המקיפה את כדור הארץ והשנייה המקיפה את הירח, במשך 4 יממות ארציות תמימות (24 שעות ביממה).

כל שעותיים ארציות יוצאת מעבורת מכל אחת מתחנות החלל אל עבר רעותה, כאשר מסלוליהן זהים (אך כמובן בכיוונים הפוכים). ושעת היציאה זהה בדיוק בשתי המקומות.

השאלה הנשאלת היא: בכמה מעבורות הבאות בכיוון הנגדי תפגוש המעבורת שיוצאת מתחנת החלל של כדור הארץ, בשעה 12.00 ביום 22.03.2019, עד הגיעה לתחנת החלל של הירח. ****

על התשובות להגיע למערכת עד 15.06.88.

בהצלחה,

יוסף יהלם

הודעות, מכתבים, מידע מחבר לחבר

למערכת, "כל כוכבי אור",

אני מציע לפרסם מדי פעם מכתבים או הסברים של חברים על אילתורים או שיטות שביצעו, באמצעות ציוד צפיה או אחר, למען שיתוף כל המעוניינים באפשרויות חדשות. כותרת המדור, אותה אני מציע היא "מצופה - לצופה".

יהודה גפנן

(ההצעה מתקבלת בברכה והיא מיושמת כבר בגליון זה - המערכת.)

למכירה !!!
טלסקופים 8" ומעלה
לתצפיות על גלאקסיות, עד ניזות,
צבידי - כוכבים ועוד.
מיוחד לחברי האגודה, המקום היחיד
בארץ. טל. 793581 כל שעות היום.
731727 בערב, לעקש את יאן.

- יהודה גפנן

הגדלת שדה הראיה

בטלסקופ שלי (קוטר 8", F/10) שדה הראיה קטן מאוד. בהגדלה מינימלית 50% שדה הראיה הוא 0.7 מעלה. היות ואני מרבה לצפות בערפיליות, גלקסיות וצבירים חיוורים, שאפתי להגדיל את שדה הראיה ולזכות באיבוד מועט יותר של אור. בעזרת מתאמים שיוצרו עבורי בארץ, הרכבתי "טלה-קומפרסור" (TELECOMPRESSOR), עדה מקטינה המיועדת לצילום, לפני העינית. הטלסקופ הפך ל-F/7, הגדלה 35% ושדה ראיה של 1 מעלה לערך.

בשלב נוסף רכשתי עינית "שדה רחב" (WIDE ANGLE) 24.5 מ"מ. התקבל שדה ראיה של 1.2 מעלות לערך והגדלה 60% בערך. העלות גבוהה, אולם התוצאה נפלאה. היעילות הומחשה בעת התצפית בשביט בראדפילד. ****

מדריך לכוכבים כפולים קרובים

וירג'יניה טרימבל (1)
אונ' קליפורניה, אירוויין

מרבית הכוכבים הכפולים באים בצמדים. את מרכיביהם של צמדים רחוקים ניתן להפריד גם בשלסקופים קטנים והם נמנים על המראות השמימיים המוכרים והמקסימים ביותר. צמדים רבים אחרים הם כה קרובים עד כי לעולם לא נוכל להפרידם.

כפולים קרובים נראים תחילה כעצמים המעוררים עניין מועט אך במובנים רבים קשה למצוא כוכבים מעניינים יותר, שכן מתגלה בהם מגוון רחב של תופעות דרמטיות. התנהגותו הצפויה של משתנה מסוג אלגול, ההפתעה הגמורה שבהופעת נובה, ההרכב הכימי המוזר של כוכב נורמלי למדי, הבהובו המהיר של מקור קרינת-X והתפוצצות סופרנובה הן אחדות מהתופעות הקשורות בכוכבים כפולים. למעשה, רבות מדמויות אלו ואחרות עשויות לתאר את אותו הצמד בשלבי התפתחותו השונים.

בכפול רחוק - שבו מרוחקים הכוכבים זה מזה מרחק העולה על מספר יחידות אסטרונומיות - חי כל כוכב את חייו כאילו היה לבדו. מסתו היא הגורם היחיד הקובע את צבעו וזהרו, איזה דלק גרעיני הוא יבעיר וכן, מתי ובאיזו צורה ימות. לעומת זאת, אם הכוכבים קרובים במידה המאפשרת תגובות הדדיות חזקות, יתפתח הצמד בדרכים מסובכות יותר. מגוון השלבים שאותם עוברת מערכת כזו והתופעות הנוצרות במהלך כל שלב עשויים לעתים להדהים, אך גם בתהליכים אלה קיים סדר - וכדי למצאו עלינו לעקוב אחר התפתחותם של כפולים קרובים בעלי מסות ומידות הפרדה התחלתיות שונות. לאורך הדרך נוכל לראות כיצד מוצאת כל תופעה את מקומה.

כאן המקום להסב תשומת לב לעובדה שדיון זה מתייחס רק לכוכבים מאוכלוסיה I (אלה שגילם מתחת ל-10 מיליוני שנים, הרכבם דומה להרכב השמש, שנוצרו בדיסקת הגלקסיה) ולא לכוכבים הזקנים הדלים במתכות המצויים בהילת שביל החלב ושייכים לאוכלוסיה II. כוכבים כפולים נדירים שם יותר ותהליכי הווצרותם, התפתחותם ומותם שונים לגמרי. מקרב כוכבי אוכלוסיה I גם לא נדון בכל הסוגים הנדירים; מנגנונים השנויים במחלוקת לא יוזכרו או יימסרו בקיצור רב.

צעדים ראשונים

הווצרות כלל הכוכבים לא מובנת עדיין - בפרט לא הווצרותם של כוכבים כפולים. עננים דחוסים של גז ואבק מסתירים את בתי הגידול של הכוכבים עד לשלב בו הם נעשים בהירים דיים ומסוגלים להרחיק מעליהם את שרידי בריאתם. עקב כך אנו רואים טרום-כוכבים רק כמקורות קרינה בתת-אדום (ולפעמים גם כמקורות רדיו עקב הגז החם שבסביבתם) ואין באפשרותנו להסיק דבר על הרכבם, תנועותיהם או מסתם כמקובל בספקטרוסקופיה של אור נראה. במערכות כפולות קיימת בעיה נוספת - הכוכב המסיבי שבצמד מקדים להתפתח ומאפיל על עמיתו הטרם-כוכבי

ברגע שמתחיל בתגובות גרעיניות. עקב כך זיהינו עד היום רק מספר מועט מאד של צמדים שבהם אחד הכוכבים עדיין מתכווץ ומצוי מחוץ לסדרה הראשית. דוגמא אפשרית עשויה להיות BM ב-אוריון - משתנה לוקה והכוכב החיוור ביותר מבין ארבעת כוכבי הטרפז שבערפילית אוריון.

רק בשנת 1981 זיהו ה.מלוין דיק(2) מאוניברסיטת הוואי ועמיתיו שותף פולט קרינה בתת-אדום עם כוכב T-שור, אבטיפוס לכוכבים שלא הגיעו עדיין לסדרה הראשית. היתה זו הדוגמא הראשונה לצמד שבו שני הכוכבים מצויים עדיין בשלבי הווצרותם, אך טרם וודאו פרטים כלשהם אודותיו, אף לא מסתו. איתורם של גופים רבים נוספים עוד צפוי לנו במידע שנתקבל מלווין התצפית בתת-אדום איראס(3) וממצפי תת-אדום שיופעלו בחלל בעתיד. שאלה חשובה שלא נמצאה לה עדיין תשובה היא כיצד ובאיזה שלב מאבדים טרום-כוכבים מתכווצים שונים כמויות שונות של תנע זוויתי כדי ליצור מגוון מרחקי ההפרדה שנמדדו - החל משנת אור שלמה וכלה בקפרי הכוכבים עצמם.

כאשר כוכבים כפולים מתגלים לעינינו לרוב כבר החלו בהם התגובות הגרעיניות והם נחשבים חברים מן המניין בסדרה הראשית המפיקים אנרגיה מהמרת מימן להליום. בדיון זה לא יוזכרו עוד הצמדים הרחוקים שבהם כל כוכב משלים את מהלכי התפתחותו בנפרד ותוך התעלמות משותפו. כוכבים כפולים אחרים הם כה קרובים עד כי מעטפת משותפת לשניהם נוצרת כמעט מרגע הווצרותם. דוגמאות אופיניות לצמדי מגע(4) כאלה הם W בדובה הגדולה ו-SV ב-קנטאורוס (בעלי מסות גבוהות ונמוכות, בהתאמה). כוחות כבידה הפועלים בין חברי הצמד מעוותים את צורתם ומאפשרים זרימה חופשית של חומר בשכבות החיצוניות המשותפות. סביר להניח שצמדים אלה יתאחדו לבסוף בחלקם הגדול ליצירת כוכבים ענקיים בודדים הסובבים במהירות סביב צירם. הכוכב FK בשערות ברניקה עשוי להיות דוגמא טובה לצמד מתמזג מסוג זה.

בתווך שבין צמדים עם מרחקי הפרדה גדולים לבין הכפולים המחוברים מצויים צמדים שנוצרו בנפרד אך מגיעים למצב של השפעה הדדית חזקה רק כאשר אחד הכוכבים או שניהם מתפתחים ומתרחבים. צמדים אלה מהווים בין שליש למחצית ממספרם של כלל הכוכבים הכפולים, כולל הלוקים נוסח אלגול, נובות ואף סוגים אחדים של סופרנובות.

תקופת הביניים

הכוכב המסיבי יותר בצמד - הכוכב הראשי - יהיה תמיד זה שיתפתח מהר יותר ויהיה הראשון שיתנפח ויצא מהסדרה הראשית. לעיתים הוא יגיע לקרבת שותפו עוד בשלב מוקדם מאד. RS כלבי צייד הוא אב-טיפוס לקבוצת המשתנים המראים קוי פליטה בהירים, קרינת רדיו וקרינת-X בעוצמה רבה ועדויות לכחמי-כוכבים(5). הסיבה להתנהגות זו היא ככל הנראה סיבוב מהיר אותו כופה הכוכב המשני על הכוכב הראשי עקב תנועות גאות. (פעילות רבה על פני שטח כוכב נחשבת לתוצאת סיבובו המהיר). מרבית הכוכבים הבהירים בתחום הרדיו הם גם כוכבים כפולים - הקרינה נובעת מהתנגשות רוחות כוכביות וכדומה.

סביב כל שני גופים הסובבים זה את זה קיים משטח דמיוני המתווה את אונות רוש(6) שלהם. משטח זה דומה בצורתו לשעון-חול ומסמן את גבול התחום שבו יש לכל גוף השפעה כבידתית עדיפה - חומר המצוי מבחוץ עשוי להילכד על ידי כל אחד מהגופים. כל עוד כוכב הוא מספיק קטן כדי להשאר בתוככי אונת הרוש שלו הוא נשמר מכבידת שכנו, אך אם הוא מתפשט אל מחוץ לתחום זה הוא פותח במסע ארוך וסוער המשנה את צורתו לחלוטין ועשוי אף להסתיים בהתפרצות מרשימה של זיקוקין די-נור.

בעת שהכוכב הראשי מתנפח לקראת הפיכתו לענק אדום הוא ממלא את אונת ה-רוש שלו ומתחיל לבלוט החוצה. חלק מהגז העודף נופל לעבר הכוכב המשני ולעיתים קרובות יוצר דיסקת ספיחה הסובבת במהירות. קצב התהליך גובר מרגע תחילתו, שכן עם איבוד מסתו קטנים גם מימדי אונת רוש שלו. תהליך זה נמשך ובסופו נותר הכוכב הראשי המקורי הפחות מסיבי שבצמד (אנו נמשיך לקרוא לו "ראשי" לשם פשטות ההסבר). בשלב זה מתחילה אונת רוש של הכוכב הראשי לגדול שוב [*?] - הסיבה לכך לא מוסברת כאן - מ.ק.]. העברת המסה נעשית איטית הרבה יותר ונמשכת פרק זמן ארוך יותר, כיוון שכמניע נותרת רק נטיית הכוכב הראשי להמשיך ולהתנפח כדי להפוך לענק אדום, בעת שגם האונה מתרחבת והולכת [*?].

אנו רואים רק מעט מאד כוכבים המצויים בשלב ההעברה המהירה כי זה אינו אורך זמן רב; הדוגמא המקובלת לכך היא ביתא בקבוצת נבל. כוכבים גדולים יותר, הקרויים על שם W סרטן מצויים בסיום השלב המהיר. הבהירות והספקטרא של כוכבים בשלב זה מראים שינויים מוזרים שאותם גורמת הזרימה של גז מהכוכב הראשי הפוגע בדיסקת הספיחה ומסתחרר מטה אל פני שטחו של הכוכב המשני.

בנוסף למעבר של חומר בין שני הכוכבים, עשויות כמויות גדולות של גז (וגם תנע זוויתי) בשלב זה לברוח לגמרי מהמערכת. זאת אנו יודעים ממערכות בשלבי התפתחות מאוחרים יותר, עם מרכיבים קרובים יותר מאשר יכלו להיות לו שניהם היו פעם בסדרה הראשית. נראה שחומר מהכוכב הראשי יוצר מעטפת סביב שני הגופים המועפת החוצה בדומה לכוס קפה ובו כפית הבוחשת במהירות גדולה מדי.

בעוד קצב העברת החומר ואיבודו קטן והולך, מקבלת המערכת את צורתו של אלגול, הצמד הלוקה המפורסם. הענק הקר, הכוכב הראשי במערכת זו מכסה במחזוריות את הכוכב המשני החם שבסדרה הראשית, שהוא כעת בעל המסה הגדולה יותר. אחד ההצלחות הראשונים של תורת הכוכבים הכפולים היה הסבר של מה שנראה כסתירה: הכוכב הפחות מסיבי בצמד מקדים את שכנו בשלבי התפתחותו.

הכוכב הראשי ממשיך להתפתח; עם הזמן הוא מבעיר הליום בליבתו או משיל את מעטפתו העשירה במימן או שניהם גם יחד. כל אחד מתהליכים אלה גורם להתכווצות הכוכב לתוך אונת ה-רוש שלו. מעבר החומר פוסק והמערכת אינה בולטת עוד לעינינו.

בסופו של דבר מגיע הכוכב הראשי לסוף דרכו - כננס לבן, כוכב

ניוטרוניים או חור שחור - גופים שלרוב לא ניתן לראותם. המשתנה V471 שור המצוי בצביר ה-היאדים הוא האב-טיפוס למערכות בהן נראים ננס לבן ככוכב ראשי וכוכב משני מהסדרה הראשית; קרבתם היא רמז לעובדה שפעם היו מוקפים במעטפת משותפת. קשה להניח שכוכב ניוטרוניים ראשי במערכת מעין זו יתגלה כפולסר, שכן הגז שנפלט מהכוכב המשני "יכבה" את פעימות הרדיו.

אחריתו של כוכב נקבעת על פי מסתו ההתחלתית וכמות החומר שאיבד. אלה שמסתם ההתחלתית היא 10 עד 12 מסות שמש בדרך כלל מסיימים את חייהם כננסים לבנים [בד"כ מדובר על מסה גבולית של 6 מ"ש - מ.ק.]. אלה שמסתם 12 עד 50 מסות שמש הופכים לבסוף לכוכבי ניוטרוניים ורק כוכבים מעטים ומסיביים עוד יותר עשויים ליצור חורים שחורים. התפוצצות הסופרנובה המלווה ביצירת כוכב הניוטרוניים עלולה לעיתים לפגוע בצימוד ולשלח את שני מרכיביו לכיוונים מנוגדים. שכיחה יותר היא התפוצצות א-סימטרית הגורמת למערכת כולה לנוע במהירות של 100 ק"מ לשניה ויותר.

מערכת עם כוכב ראשי "מת" עשויה לחשוף את עברה במספר דרכים.

ראשית, הכוכב המשני יהיה מסיבי יותר מכוכב בודד מאותו גיל. כאלה אולי הכוכבים הכחולים שבצבירים; עצמים מתמיהים אלה הם מסיביים מדי (כחולים ובהירים ביותר) ולא ייתכן שעברו את תקופת חייו של הצביר ונותרו במצבם הנוכחי.

שנית, אחד הכוכבים בצמד (או שניהם) עשוי להראות סימני הרכב יוצא דופן עקב הסרת חומר מהכוכב הראשי עד לעומק שבו מתרחשת בעירת מימן או הליום. כוכבים ראשיים מפותחים ביותר שלא הפכו עדיין לננסים לבנים עשויים להופיע ככוכבי הליום (מכילים יותר אטומי הליום ממימן באטמוספירה שלהם), כדוגמת אופסילון קשת ו-KS פרסאוס. הם עשויים גם ליצור צמדי וולף-ראייה(7) עם כוכב ראשי דחוס ובהיר מאד (ובו מתגלות סימני מימן מיזעריים, עם כמויות גדולות של הליום וחנקן או פחמן) הסובב כוכב משני רגיל למדי מהסדרה הראשית, מטיפוס O או B.

כוכבי הבריום גם עשויים להשתייך למשפחה זו. בריום נוצר עקב הוספת ניוטרוניים איטית לאטומי ברזל, בתחום שבין אזורי בעירת המימן וההליום. מכאן שכמויות עודפות של בריום מלמדות כי פניו של הכוכב זוהמו בתוצרי בעירה גרעינית בליבת כוכב - שלו או של שכנו. סוג אחד של כוכבי בריום מתגלה תמיד בצמדים עם ננס לבן בעל מסה נמוכה יחסית ככוכב משני. אין אישור תצפיתי חד-משמעי להסבר הפשוט - שהכוכב השכן הוא מקור הזיהום; מערכות מסוג זה הן עדיין בחזקת מסתורין.

שלישית, חלקים גדולים מהמעטפת שהושלה מהכוכב הראשי עשויים להתגלות לעינינו בצורת ערפיליות פלנטריות שלהם כוכב מרכזי כפול. תחום זה כולל גופים כ-VV חץ, FG חץ, NGC246, NGC1514 ו-NGC6543. דוגמא נוספת לכוכב שמת לא מכבר ומוקף במעטפת שפלט הם שרידי הסופרנובה

1.0-1.1 G109.1 שבהם הגוף המרכזי הוא כוכב כפול בתחום קרינת ה-X.

ילדות שניה

כעת מגיע גם תורו של הכוכב המשני. בעת שזה מתפתח ומתנפח זורם חומר חזרה אל הכוכב הראשי. תחילה זוהי זרימה איטית של רוח כוכבית, אחר כך מואץ הקצב עקב גלישה מתחומי אונת רוש ולבסוף מואטת הזרימה בעת שיחס המסות שוב מתהפך. המראה שיתגלה לעינינו תלוי בקצב זרימת החומר ובאופיו של הגוף שהיה פעם הכוכב הראשי.

גז המסתפח בקצב איטי עד מתון ($10E-10$ עד $10E-8$ מסות שמש לשנה) אל כוכב ניוטרונים או חור שחור מתחמם מאד בעת שהוא נופל לתוך הבאר הכבידתית העמוקה של הכוכב הראשי ופולט קרינת-X בעצמה, הגדולה אלפי מונים מזוהרה הכולל של השמש. מקורות קרינת-X מוכרים ברחבי הגלקסיה כ-ברבור X-1, עקרב X-1, הרקולס X-1 ו-מפרש X-1 הם כולם מסוג זה.

מעבר חומר מהיר יותר יוצר מעטפת גז עבה סביב הכוכב הראשי כך שקרינת ה-X אינה יכולה להגיע אלינו. ספיחת חומר מתמשכת אל כוכב ניוטרונים נראית דרך פשוטה להגיע לחור שחור, אך ככל הנראה דבר זה אינו קורה לעיתים קרובות. שני המועמדים הטובים ביותר לחורים שחורים, הכוכבים הראשיים של ברבור X-1 ו-LMC X-1, הם מסיביים מדי מכדי שיתפתחו בדרך זו במשך תקופת חייהם של שותפיהם לצמד.

עם ננס לבן ככוכב הראשי, נפילת הגז אליו גורמת למגוון תופעות הידועות בשם הכולל - משתנים מתפרצים (8). בתחום זה ניתן לכלול את הנובות, הנובות הננסיות (9), הנובות הנשנות (10), המשתנים דמויי הנובה (11), הכוכבים הסימביוטיים (12) והפולריים (13). כולם מראים הבהובים מהירים וחלשים, ואחדים מהם אף מתפוצצים. כאן פועלים שני מקורות אנרגיה נפרדים:

באחד, גז הנופל לעבר הננס הלבן משחרר אנרגיה כבידתית בצורת חום ולכן ניתן לראותו זוהר באור נראה ובעל-סגול. עקב כך משתנה הבהירות הכוללת של המערכת עם כל שינוי בזרימה. תהליך זה מתגלה בכוכבים סימביוטיים וכן בצורה כעין מחזורית בנובות הננסיות.

בשני יכול המימן המסתפח לשחרר אנרגיה גרעינית - אם יבער וייצור הליום. לשם כך עליו להגיע לצפיפות וחום גבוהים ביותר. אם קצב העברה מתון יצטבר מימן על פני הננס הלבן עד שתיוצר שכבה של $10E-4$ מסות שמש בקירוב. בשלב זה מתחיל היתוך גרעיני בחומר המצוי בתחתית שכבה זו. נובות ונובות נשנות נוצרות עקב התפוצצויות מימן מעין אלה בננסים לבנים כפולים. המימן שלא נוצל בתהליך זה בדרך כלל נפלט לחלל כמעטפת המתפשטת במהירות.

מבין הסוגים האחרים, הפולריים דומים למדי לנובות הננסיות אלא שבהם הספיחה אינה מתרחשת דרך דיסקה כמקובל - השדה המגנטי החזק של הננס

הלבן דוחס את החומר לשני צינורות. המשתנים דמויי נובה מתנהגים כנובות זקנות אך מעולם לא זוהתה כל התפוצצות באחד מהם. סביר להניח כי הם מכילים מערכות נובה רגילות שבהם טרם זכינו לראות התפוצצות. מספרן של התפוצצויות אלה אמור להיות קטן למדי, שכן הן קורות רק אחת ל-10,000 עד 100,000 שנים. משתנים אחרים מסוג זה הם ככל הנראה נובות ננסיות שנלכדו זמנית בקצב זרימה גבוה. יש עוד צורך בעבודה רבה כדי למיין ולסווג את כל הסוגים השונים של משתנים מתפרצים עם התהליכים הפיזיקליים הפועלים בהם. כמו כן יש לאתר את יוצאי הדופן, לברר את אופיים של כוכבי האב, את דרכי התפתחותם ואת הסיבות למעבר החומר בכל אחד מהם.

לא כל הצירופים האפשריים של (כוכב תורם:קצב זרימה) יניבו תוצאות ברות זיהוי. כאשר קצב העברת החומר הוא נמוך ביותר, סביר להניח שלא יקרה כל דבר מעניין. בקצב ההעברה הגבוה ביותר יותך כל המימן מיד עם הגיעו, כך שהננס הלבן יחקה כוכב ענק רגיל, עם מעטפת חיצונית השורפת מימן. בעת שמצטבר ההליום החדש הנוצר עשויה שרשרת התגובות להמשך גם עד ליצירה ושריפה של פחמן וחמצן. אם הננס צובר מספיק חומר ומגיע לגודל הקריטי של כ-1.4 מסות שמש - גבול צ'נדרסקר (14) - הוא שורף את כל מלאי ההליום, הפחמן והחמצן באחד ממגוון תהליכים אלימים. כוכב מסוג זה הוא המועמד הטוב ביותר לסופרנובות מסוג I, אלה המתרחשות בכוכבים זקנים.

אחרית דבר

הכוכב המשני כמו הכוכב הראשי עשוי לגמור את חייו באחד מכמה אופנים: כננס לבן, כוכב ניוטרונים או חור שחור - בהתאם למסתו בעת שהסתיימה התקופה השניה של מעברי חומר. התוצר הנפוץ ביותר הוא צמד ננסים לבנים מוקפים תחילה בערפילית טבעת, שכן כוכבים קטני מסה הם השכיחים ביותר; UU חץ עשוי להיות דוגמא למקרה זה. ניתן לראות צמדי ננסים לבנים במגוון רחב של הפרדות - החל מהצמד הנראה G107-69/70 בעל הפרדה גדולה ועד AM כלבי ציד שמרכיביו נוגעים זה בזה.

צמדי ננסים לבנים קרובים מאד יאבדו תנע זוויתי בדרך של קרינה כבידתית ויוכלו להתאחד תוך פרק זמן הקטן מאורך חיה של הגלקסיה. אם לאחר ההתמזגות עולה המסה המשותפת על גבול צ'נדרסקר, יוצחו גרעיני הפחמן והחמצן, הם יתפוצצו ובכך ייצרו סופרנובה מסוג כלשהו.

כאשר אחד המרכיבים בצמד (או שניהם) הם כוכבי ניוטרונים וסביבם אין יותר מדי גז חופשי, אנו נראה פולסר כפול. התנועות הסיבוביות גורמות להסחות דופלר במחזור הפעימות ובכך מתגלה קיום השותף, גם אם הוא חלש מכדי שניתן לזהותו. סביר להניח כי לשניים מבין שלשת הפולסרים הכפולים המוכרים לנו יש שותף שהוא ננס לבן. לכוכב השלישי, PSR1913+16, המפורסם גם כמקור גלי כבידה, יש שותף שהוא כוכב ניוטרונים. פולסרים זקנים שעדיין סובבים במהירות רבה סביב צירם עשויים להיות אף הם תוצרים של צמדים קרובים.

צמדי כוכבי הניוטרוניים כמו גם הצמדים הכוללים חורים שחורים הופכים לבלתי ניתנים לזיהוי, ברגע שנפסקת פליטת הקרינה מהפולסר. אנו עשויים רק לצפות בפרץ של קרינה כבידתית כאשר שני הגופים מתאחדים, ויתכן שנבחין גם בזרימה של יסודות כבדים - אם כונב הניוטרוניים לא נבלע בשלמותו, בחור השחור.

לסיכום, נראה כי אף צמד קרוב אינו יכול להתקיים לנצח. אם מרכיביו מצליחים לעבור את חייהם מלאי המעש בלא להתנגש או לברוח זה מזה, הרי שגוויותיהם הבלתי נראות נידונות להתקרב זו לזו באיטיות ולבסוף גם להתאחד - אם נניח שהיקום עצמו יתקיים זמן כה ארוך. ***

תרגם חנוך גרשט מתוך גליון אוקטובר 1984 של SKY & TELESCOPE

- (1) VIRGINIA TRIMBLE (2) H. MELVIN DYCK (4) CONTACT BINARIES
 (3) IRAS (5) STARSPTS (6) ROCHE LOBES (7) WOLF-RAYET STARS
 (8) CATAclysmic VARIABLES (9) DWARF NOVAE (10) RECURRENT NOVAE
 (11) NOVALIKE VARIABLES (12) SYMBIOTIC STARS (13) POLARS
 (14) CHANDRASEKHAR'S LIMIT

השמיים נמדדים שוב

באביב 1989, בעזרת טיל אריאן, תשגר סוכנות החלל האירופית לווין מיפוי שימדוד כ-500,000 כוכבים למשך תקופה של שנתיים וחצי. לצורך שמירה על יציבות הלווין פותחה בגרמניה מערכת מנועים בדחף של 5 מיליון ניוטון.

תרגם שמואל פרלמוטר, מתוך GERMAN RESEARCH SERVICE
 SPECIAL PRESS REPORT, VOL III, 6/87.

*** חיים מזר ממליץ ***
 *
 * "מושגים בתורת היחסות" מאת עמוס הרפז.
 *
 * מתוך סדרת "אופק" בהוצאת ספריית הפועלים והוצאת הקיבוץ
 * המאוחד. 17 ש"ח.
 *
 * וקטורים, טנסורים, מטריקה תלויה במרחב, מרחב 4 מימדי,
 * עקרונות תורת היחסות, משוואת איינשטיין, פתרון שוורצשילד,
 * פתרונות קוסמולוגים, תופעות באסטרופיסיקה יחסותית.
 *
 * ספר קריא מאוד. מתאים ליודעי חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי.
 * * * * *

מגרש הגרוטאות של הלוויינים

30 שנה לאחר שיגורו של "ספוטניק 1", הלוויין הראשון מעשה ידי אדם שהקיף את כדור הארץ 92 יום, הופך החלל הקרוב מעל האטמוספירה למגרש גרוטאות ענק שבו חגים שברי לוויינים; מאיצים, לוויינים שיצאו מכלל פעולה ורסיסים של מאיצים שהתפוצצו.

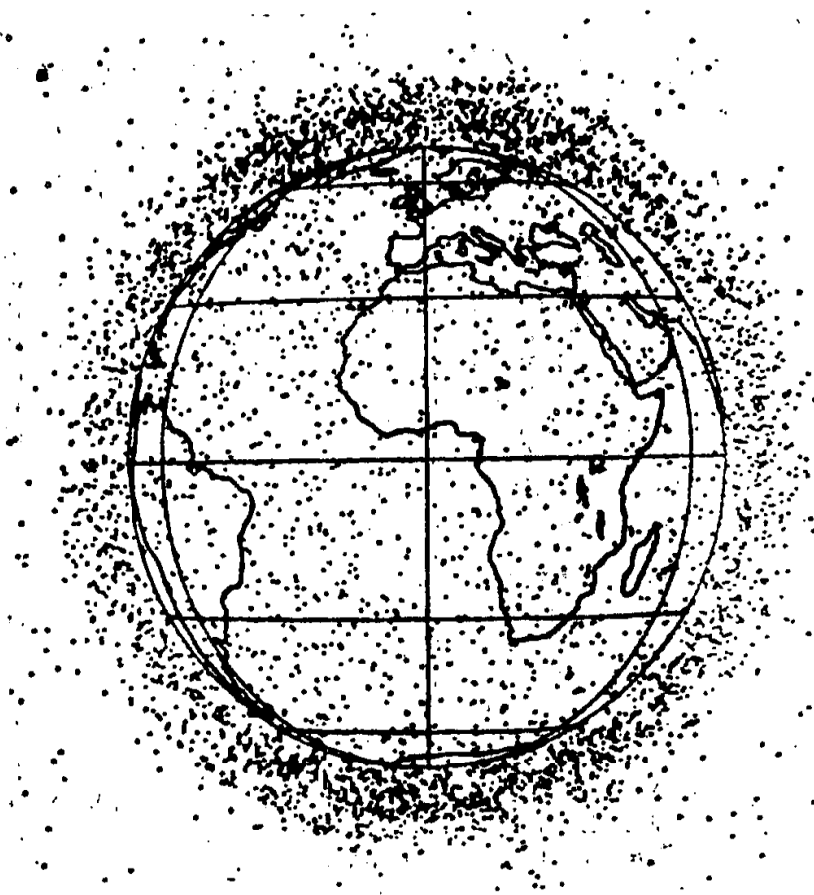
השברים והחלקים הסובבים את כדור הארץ כבר יוצרים בעייה ממשית בתחומים רבים, העלולה להחמיר עד כדי כך שתכשיל, למשל, את ביצוע חוכנית "מלחמת הכוכבים".

מי שסבור כי מדובר בהגזמה כדאי שיאזין לעובדות: פיקוד ההגנה האווירית האמריקני, "נוראד", עוקב כיום אחר 7000 גופים בגודל של

כדור ביסבול או יותר, הנעים סביב כדור הארץ. מרביתם לוויינים פעילים או "מתים" ומאיצים וחלקי מאיצים של הטילים ששיגרו אותם. לפני ארבע שנים בלבד עקב נוראד אחר 4000 גופים כאלה בלבד.

מספרם העצום של גופים אלה נראה קטן אם בוחנים את מספרם של הרסיסים והשברים הקטנים יותר. לדברי דונאלד קאסלר מסוכנות החלל האמריקנית, כפי שצוטט בירחון 'סיינטיפיק אמריקן', נעים במסלול סביב כדור הארץ 40,000 שברים וחלקים הקטנים מכדור ביסבול - אך גדולים מאפון. חלקיק בגודל אפון המתנגש בלוויין או בחללית הנעה במהירות של 10 ק"מ בשניה יהיה בעל עוצמת הרס של רימון יד, ולדברי מומחי חברת טלדיין בראון, אפילו חלקיק קטן יותר יכול לגרום נזק ניכר. ב-1984 חזרה מעבורת החלל צ'אלנג'ר ממשימתה הראשונה כאשר על השמשה הקדמית שלה כרסום פגיעה בקוטר של ס"מ אחד. השמשה שהוחלפה נפגעה בסך הכל מחלקיק בגודל 2 עשיריות המ"מ.

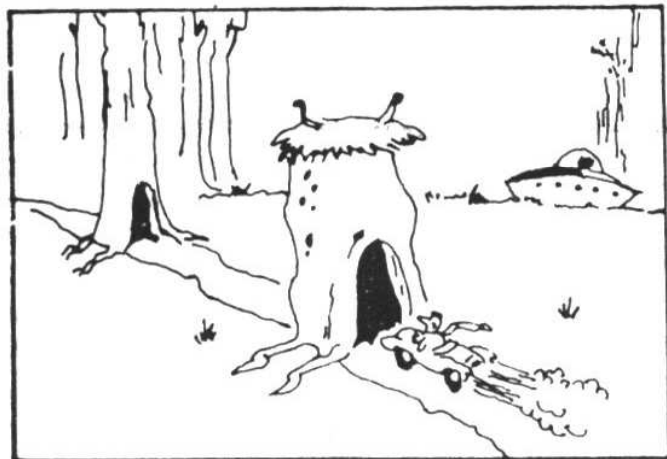
מתכנני תחנת החלל האמריקנית בוחנים הוספת מיגון לתחנה שייגן עליה



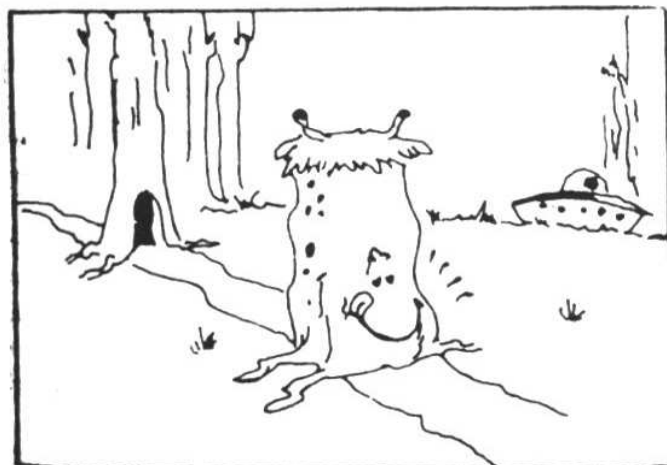
במקרה של פגיעת חלקיק בקוטר ס"מ אחד - אך הגנה דומה לא תוכננה לחלליות שישוגרו בתחילת העשור הבא, כמו טלסקופ החלל האבל. חישוב מדויק מראה כי לטלסקופ סיכוי של 50 אחוז להפגע מחלקיק מסלולי במהלך שירותו וסיכוי של אחוז אחד להיהרס מפגיעה כזו. הטלסקופ עלול גם להיפגע בצורה אחרת - כאשר שבר לוויין מואר באור השמש יברזק את האור אל תוך מערכת העדשות שלו ויפגום במיכשור האלקטרוני הרגיש במיוחד לאור שמאחוריהן.

חלקי לוויינים ומאיצים המוארים בשמש מפריעים כבר כיום לאסטרונומים במצפי הכוכבים על פני כדור הארץ - ובמאמר ב-'אסטרופיזיקל ג'ורנאל' העלה פול מאליי השערה לפיה הבזקים שנחשבו לאותות ממקור של קרינת גאמא מחוץ למערכת השמש היו למעשה החזרי אור מלוויין סובייטי. לדעת מאליי הוטעו אסטרונומים על ידי שברי לוויינים במקרים רבים בעבר.

ראשי תכנית יוזמת ההגנה האסטרטגית "מלחמת הכוכבים" חוששים אף הם שהרסיסים יפגעו בכושרם של גלאים שיוצבו בחלל לאחר התקפת טילים. נראה כי ככל שמתקדמת בדיקת היתכנות של תוכנית זו, עולה משקלם של שברי הלוויינים.



האחריות לשברים המרחפים סביב כדור הארץ מוטלת בעיקר על ארה"ב ובריה"מ, אם כי אחת התרומות האחרונות לגרוטאות בחלל היתה התפוצצות מאיץ השלב השלישי של טיל אריאן הצרפתי ב-1986. הכבוד המפוקפק של תרומת הרסיסים הגדולה ביותר שייך, לדברי רוברט רינולדס מחברת לוקהיד, לארה"ב, בעיקר בשל שורה ארוכה של מאיצי דלתא שהתפוצצו בחלל בשנות ה-70.



הפתרון אותו מבקשים לאמץ הן ב-נאס"א והן ב-אריאנספייס הוא תיכנון ובניית חלקי חלליות מוגנים מהתפוצצות שאפשר יהיה לשלוט בהם ולהחזירם לאטמוספירה כדי שיישרפו בעת כניסתם. ****

מתוך "הארץ", 8.11.87 -
מדור מדע, בעריכת מיכאל גרטי

