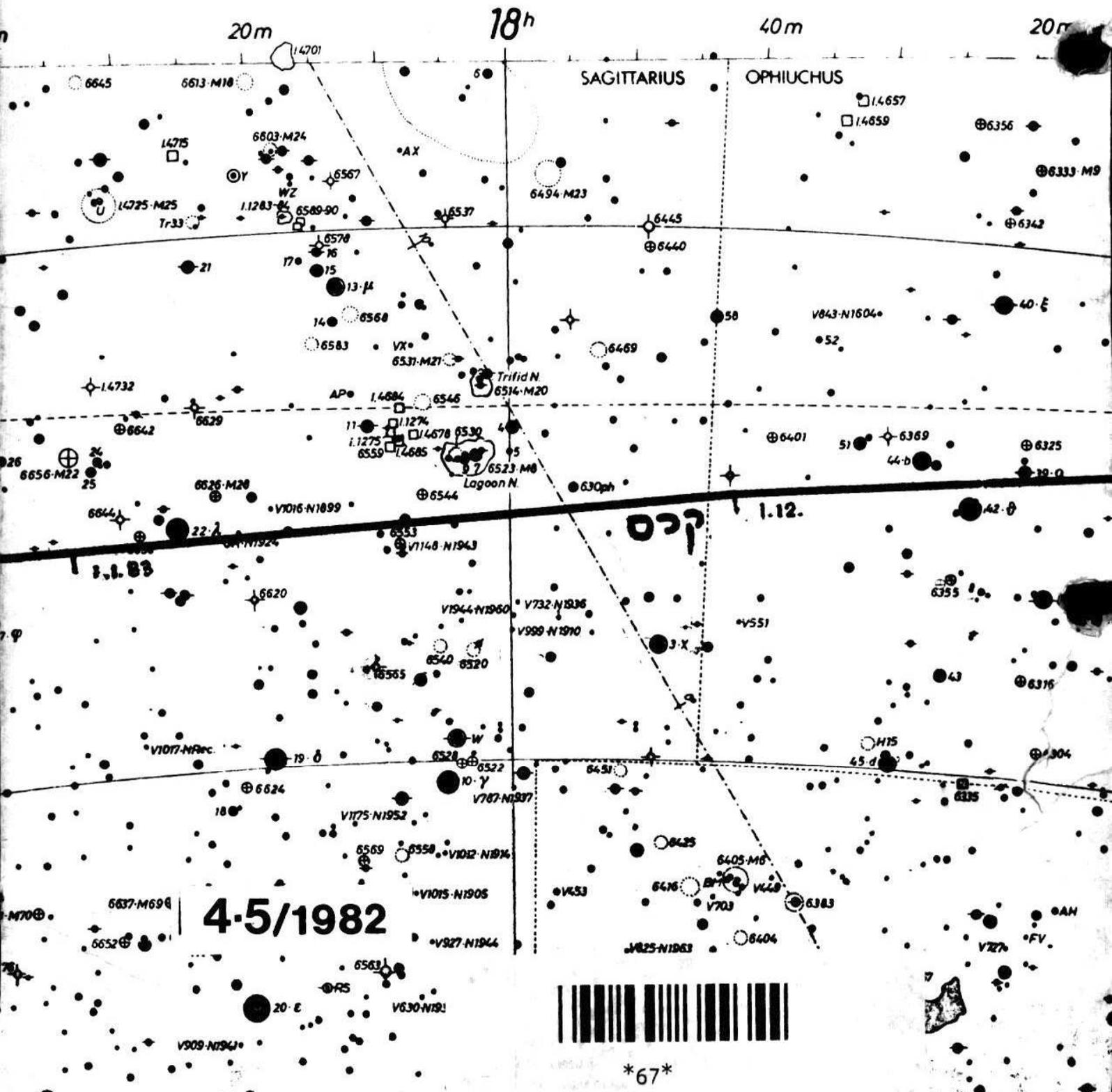


# סל פומי

אסטרונומיה  
אסטרופיסיקה  
חקר החלל

# אויפ



# כל כוכבי אור

כרך 9, גליון 4-5  
אב-חשון תשמ"ב/ג  
יולי-אוקטובר 1982

	תוכן	114	
	בפתח הגליון, מודעות	115	
י. שפר	מבצע קולומביה	116	מבצעי חלל
(ע. אילת)	ונרה 13, 14 לנוגה	121	121
(ח. גרשט)	שמי לילה אפלים	122	אסטרונומיה
(א. נעים)	משפחת שבתאי	132	
	חדשות באסטרונומיה	133	
א. שרבן	קרינח שבתאי וצדק	134	
ל. פרנקל	מידות השמש	136	
(י. צדוק)	שביטים זקנים	137	
(א. נעים)	9 - מטיס בניגוד	138	
(ל. פרנקל)	התכסות נוגה/ירח - 16.12.82	140	אירועים
א. שרבן	לקוי חמה 15.12.82	141	
י. גפנן	מסך שמש לטלסקופ	142	
א. שרבן	בארץ ובעולם	143	
א. שרבן	152, 144 ממדף הספרים		
י. גרינגרד	151 יומן השמים, 11-12/82		(ניתן לתלישה) 145
י. גרינגרד	פרויקטים לתצפית	147	(ניתן לתלישה)
	מדור לבולאות?	153	
א. שרבן	לא במפץ	154	א.טרופיזיקה
(א. נעים)	שמות ומונחים	158	
(א. נעים)	מוזר בכוכבי מירה	160	
(ג. ליפשיץ)	מקורות - א בעייתיים	160	
(א. נעים)	העקרון האנתרופי	161	
(י. צדוק)	עדשות כבידה	173	
א. מנוליס	פתרון חידה	175	לחובב
ג. ערב	תצפיות לחובב	177	
י. גפנן	מתקן כינון	179	
י. ריזל	תצפית בשעות בוקר	179	
ג. אריה	סופשבוע בהר גלה	180	באגודה
	צפיית מתיאורים	180	
א. שמעוני, י. מירון	פרסואידים 1982 - סיכום	181	
ג. ערב	שביט אוסטין	181	
ג. אריה, מ. רביב	הרצאות בסניף חל-אביב	183	

בשער: קטעי אטלס השמים החדש לשנת 2000.0 של טיריון (ראה עמ' 1982/28)  
עליו סימן חברנו לירון פרנקל מסלולו של האסטרואיד קרס.

# בפתח הגליון

## בפתח הגליון

אנו מאחלים לחברינו ולכל עם ישראל - באיחור מה - גמר חתימה טובה וקץ לאלימות עלי אדמות. נסתפק באיזה סופר-גובה יפה, אלימה ככל שתהיה, ולא קרובה מדי.

בנסיון להדביק את הפיגור בפרסום, אנו הוצאנו הפעם חוברת כפולה שתגיע לחברים סביב סוף אוקטובר. הפיגור עוד גדל עקב שהותו של העורך משך אוגוסט בחו"ל, שם היה מעורב בתאונת דרכים שריחקה אותו כחודש נוסף.

לקראת ליקוי החמה בדצמבר, יפורסמו פעולות באגודה לציבור הרחב, וכל חברינו מוזמנים להשתתף - חיכו למודעות!

חברנו עמנואל גרינגרד הכין סדרת דפי עבודה למבצעי תצפית מסוימים ואנו מתחילים לפרסמם בגליון זה. כמו יומן השמים הם ניתנים לתלישה.

ברצוננו לגוון את תוכן העתון. אנו מחפשים חומר מצויר, מקצועי ואף קריטוריה מתאימות. נשמח לקבל חומר מכל מקור שהוא, אפילו עבודה עצמית. כמו-כן יש צורך מתמיד בכתבות מתאימות, בכל אורך, גם בלועזית, ועזרה בתרגומן גם אם התרגון אינו מושלם. כתבות, עדיף מודפסות, גם עם מחיקות ותיקונים, עם רווחים כפולים בין השורות וכתובות מצד אחד של הנייר, או בכתב יד ברור.

## למכירה

מראת פיירקס לרפלקטור "6, f/10, יחס עובי 1/6, ציפוי סיליקון מונוק-סיד,  $\pm 1/25$  אורך גל, תוצרת Coulter Optical Co. יובל צדוק, טלפון 03-852746.

## למכירה

טלסקופ ניוטוני תוצרת MIZER. חרטונה אורי, אברבוך 19, רמת-השרון, טלפון 03-384669.

## כל כוכבי אור

עורך: מרצל קיי.  
מערכת: ת.ד. 149 גבעתיים 53101  
מוצא לאור על-ידי האגודה  
הישראלית לאסטרונומיה  
מצפה הכוכבים, גן העליה  
השניה, גבעתיים.

## STARLIGHT

Editor: Marzell Kay, M.Sc., B.Sc.,  
CE, MStructE.  
POB 149, Givatayim 53 101.  
Publisher:  
Israel Astronomical Association  
Givatayim Observatory,  
Second Aliya Park, Givatayim.

## מבצע קולומביה - SPACE TRANSPORTATION SYSTEM STS-4/Columbia מאת: ירון שפר, כפר-סבא

שוב הפך חדרי לחלק בלתי נפרד כמעט מחדר הבקרה במרכז החלל ב-כפ קנדי (מקודם קנוורל) בכפ-קנוורל, פלורידה (1) דרך שני מכשירי רדיו האזנת גם הפעם - כמו בכל מאורע מעין זה - בשידור ישיר של "קול אמריקה" (2) לתאור שיגור המבחן הרביעי ב-27.6.82 של המעבורת "קולומביה". השדור נפתח 60 דקות לפני זמן השיגור הנקרא "זמן T" והמחח באולפן (כלומר - הרגשתי האישיית בחדר שלי...). הלך וגאה ככל שקרבו המחוגים אל הזמן המיועד. האסטרונוטים עצמם, המפקד מטינגלי (3), בן 46, שהוא "ותיק" בטיסות חלל (הטיס את אפולו 16 במשך 12 ימים אך לא שהה ע"פ הירח) והטירון הרטספילד (3), 48, שזו לו הטיסה הראשונה, התמקמו בתא הקולומביה כשעה ומחצית לפני מועד השיגור. כל אותו הזמן נוצל לבדיקת כל המערכות כולל תקינות נוריות וצופרי ההתראה. המשקל הכללי שעמד להנתק מפני הארץ היה 2,034,174 ק"ג.

הספירה לאחור התנהלה בצורה חלקה ביותר, כאילו זהו שיגור בפעם המי-יודע כמה של הכלי החדיש. ב-טי פחות חמש דקות הופעלו מערכות הכח העצמ-איות של המעבורת המספקות חשמל על ידי הרכבת חמצן ומימן למים בתהליך שהוא הפוך לאלקטרוליזה. טי פחות 31 שניות הוא הזמן בו מועבר כל תהליך הבקרה למחשבי הקולומביה עצמם, ותפקידם לפקח על כל המערכות הנמצ-אות בפעולה. בטי פחות 6.8 שניות הוצתו שלושת המנועים הראשיים של הקולומביה והגיעו ל-90% מההספק חוץ 3 שניות. בזמן האפס בשעה 15 זמן גריניץ', (ובדיוק של אלפיות השניה!) מוצתות הרקטות של דלק מוצק המאיצות את הקולומביה אל על. בשלבים ראשוניים אלו משלבת הקולומביה מספר חידושים מעניינים כגון שינוי ההספק במנועים הראשיים על מנת להשוות את הלחצים המופעלים על חלקי החללית השונים. כבר בשניות הרא-שונות סבה המעבורת על צירה ומתהפכת כך שהאסטרונוטים טסים כשראשם כלפי מטה. הרקטות המאיצות פעלו שתי דקות ועשר שניות ואז הופרדו מגוף הקולומביה במטרה לצנוח אל האוקינוס האטלנטי ולהאסף משם ע"י אניות גרר לשימוש חוזר. הקולומביה המשיכה להאיץ בעזרת הדלק שבמיכל הענק הצמוד לגחונה. בדקה התשיעית לאחר השיגור הופרד המיכל ו"נזרק" בחזרה לכדור הארץ. במהלך ההאצה הסתבר שהמאיציט הניבו פחות הספק מהמצופה ובשל כך הגיעה המעבורת למסלול הנמוך מהמתוכנן בכ-2500 מטר. התיקון המיידני בוצע על ידי הפעלה של המנועים הראשיים הארוכה ב-2 - 3 שניות מהזמן המתוכנן. המסלול כעת הוא אליפסה של  $61.7 \times 240.9$  ק"מ וכעבור חצי שעה בוצע תיקון מסלול למעגל של 240.9 ק"מ. כחמש שעות לאחר השיגור בוצע התיקון האחרון שהעלה את הקולומביה למסלול אליפטי בגובה  $296 \times 324$  ק"מ - שהוא גבוה יותר מכל הטיסות שהיו עד אז. כבר בשעות הראשונות נדרשים האסטרונוטים לפעול בשטחים שונים. הם חייבים לפתוח את דלתות תא המטען על מנת לאפשר קרור של הרכב. מתחילים בהפעלת מכשירי הניסוי השונים ומפקחים על פעולת תאי החשמל והמערכת ההידראולית. בהמשך נתקלו אמנם האסטרונוטים במספר תקלות קטנות, אך בהשוואה לשלוש טיסות המבחן הקודמות היתה הטיסה האחרונה כמעט מבצעת לחלוטין.

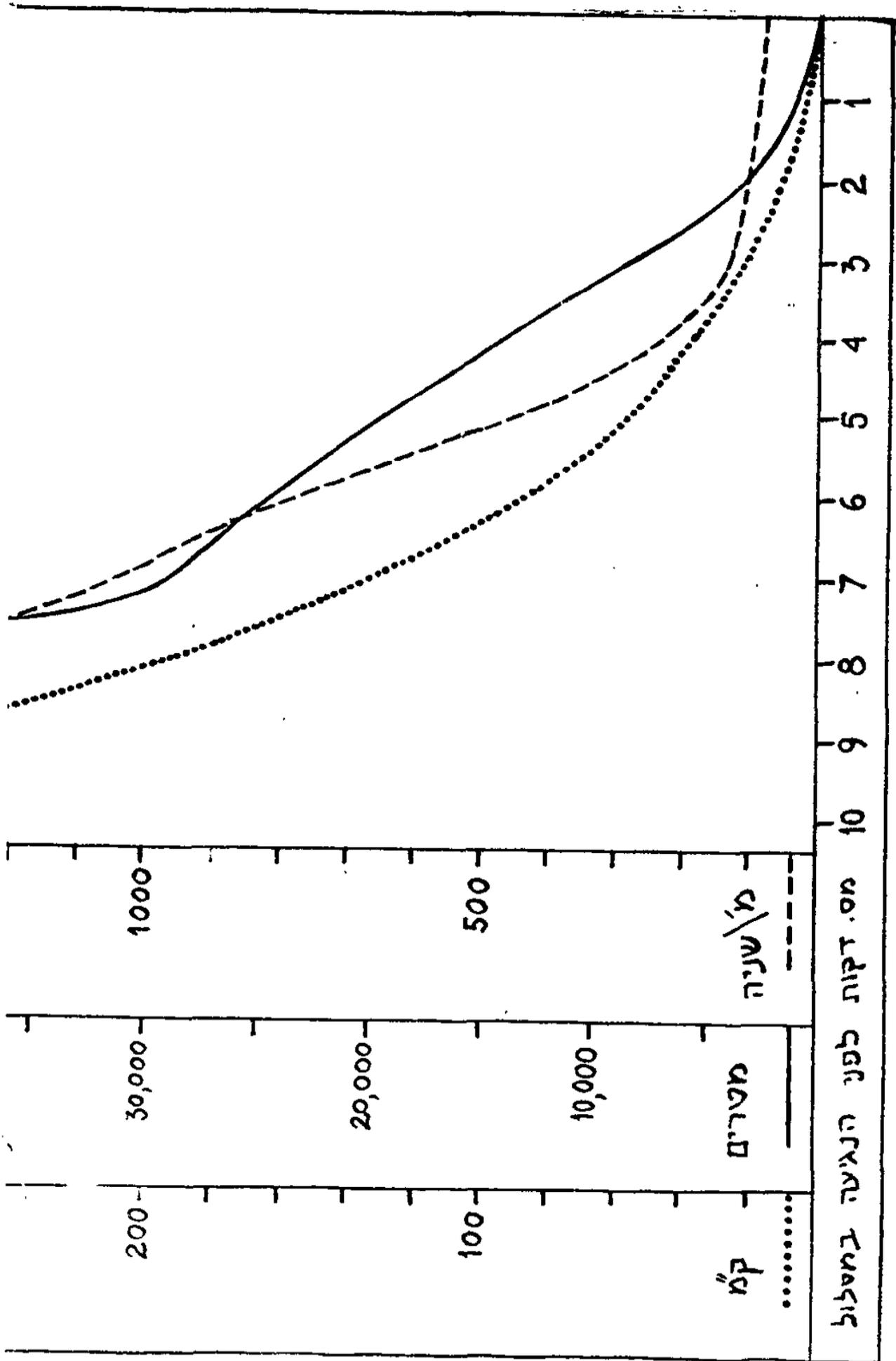
לראשונה נשאה הקולומביה ניסויים מסחריים וצבאיים שלא שייכים לנאס"א (NASA - רשות התעופה והחלל הלאומית של ארה"ב). חיל האויר האמריקאי רצה לבדוק את התנאים באטמוספירה המשפיעים על תצפיות צבאיות בתחומי התת-אדום והעל-סגול, בעזרת טלסקופים סודיים (שפרטים עליהם ניתן לקרוא במספר עתונים אמריקאיים) וכן נבדק מכשיר נווט חדיש ביותר הצופה בירח ומשווה את תנועתו הנצפית אל כוכבי השבת ועל ידי כך הוא מוצא את מקומו העצמי בחלל מבלי להזדקק לשירותי האיתור הקרקעיים. ביום הטיסה הראשון לא ניתן היה להציב את המעבורת במעמד מסוים ויציב, שכן היא היתה נתונה לכח מסחורי ששאף לטובב אותה סביב צירה. הסתבר שמספר ימים לפני השיגור ובעיקר בלילה שלפניו, שהתה הקולומביה בסערות גשמים וברד והאריחים שעל פניה ספגו כמות רצינית של מים שבהתאדותם גורמים ללחץ על גוף המעבורת. מיד ניתנה ההוראה לטובב את הקולומביה כשבטנה מופנית אל השמש וכך לייבש את האריחים מהמים. הדבר עלה יפה ואח"כ ניתן היה לייצב את הקולומביה בכל מעמד שהוא.

שעות רבות של תמרון הזרוע המכנית לטיפול בלויינים עברו על הרטספילד והוא עסק בהנעתו של מתקן לבדיקת איכות הסביבה על ידי המעבורת כדי לקבוע את התפלגות החומרים המלאכותיים והשדות החשמליים שמשרה הקולומביה על סביבתה. ומאחר והטיסה היתה במיטבה, התרחשה בעיה על פני הארץ, דווקא, ולא הצליחו להציל את המאיצים הריקים שהוצנחו. המצנחים לא פעלו כפי שציפו מהם (ייתכן בגלל השינויים שערכו במתקן לאחר הטיסה הקודמת) והמאיצים פגעו במים במהירות הגבוהה פי עשרה מהמבוקש וצללו אל הקרקעית בעומק של מאות מטרים, שם הם אותרו באמצעות מתקן מכ"ם: כנראה שלא יתאמצו למשותם.

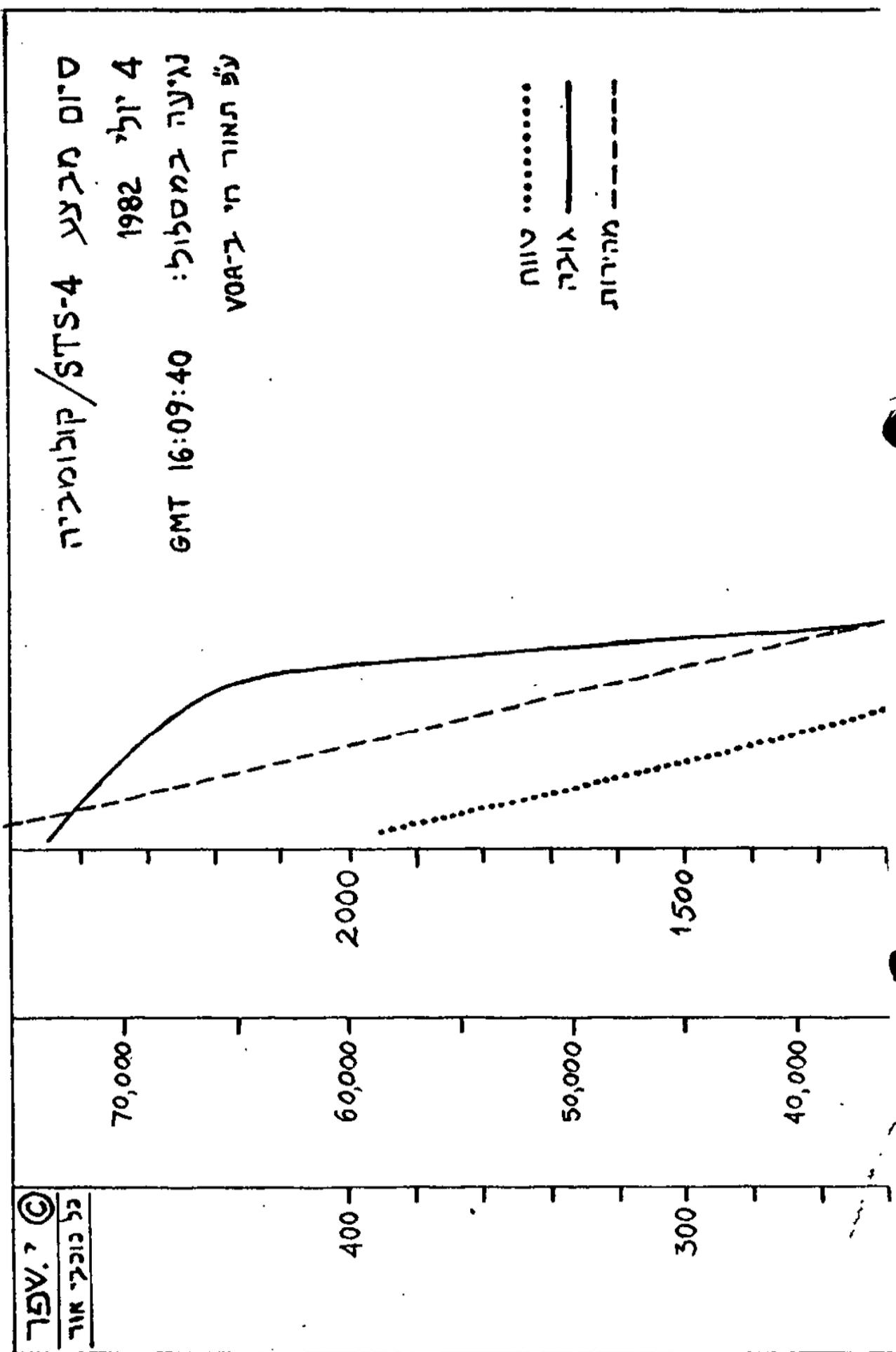
למעלה, הכל המשיך כיאה לטיסת חלל מכובדת, והופעלו גם ניסויים של סטודנטים אמריקאיים בתחומי הביולוגיה ומבנה החומר. ביום הרביעי לטיסה, התבשרה נאס"א על סיום בניית המעבורת השניה, צ'יאלנג'ר (4) שיצאה אל בסיס חיל האויר ע"ש אדווארדס (5). נסיון נוסף עלה יפה שם למעלה. לאחר חימום המעבורת בצד הבטן למשך 23 שעות חמימות, ניסו לסגור את דלתות תא המטען בידיעה מראש שהדבר לא יעלה בידי האסטרונוטים: מפאת החימום, מתעקמת הקולומביה בצורת גננה - זהו שינוי של עשרות ס"מ בלבד לעומת 18 המטרים של תא המטען. אך הוא מונע את נעילת הדלתות כמתוכנן. הכניסו את המעבורת למצב של טיסת "ברבקי" (6) בה היא מסתובבת על צירה ומאזנת את הטמפרטורה בכל חלקיה. בנסיון סגירה נוסף פעלו הדלתות כהלכה והוכיחו להנדסי נאס"א כי ניתן להחזיר את הקולומביה למצב מאוזן לאחר חמום יתר חד-צדדי.

ביום החמישי של הטיסה הצטמקה אוכלוסית אנשי החלל מטביב לכדור הארץ, כאשר נחתה סויוז T-6 (7) הרוסית עם שני רוסים וצרפתי אחד ולמעלה נשאו שני קוסמונוטים בתהנה סליוט-7 (8) החדשה. כל אותם 5 הימים היו במסלול סביב הארץ שבעה יצורי אנוש - בפעם השניה מאז אוקטובר 1969 - אך לראשונה היו שם בני שלושה לאומים שונים, בתוך ארבעה כלי טיס חלליים: שתי חלליות סויוז, תחנת חלל סאליוט ומעבורת קולומביה.

האסטרונוטים המשיכו לעסוק בפעילויות שונות: בדיקת חליפת חלל חוץ-



© י. שפיר  
כל הזכויות שמורות



רכבית ושידור טלוויזיה ישיר לאומה האמריקאית. תקלות קטנות נוספות כללו סתימת מסנן שמן באחד ממהוללים (גנראטורים), קלקול במתקן חימום של אחד ממכלי הדלק הפנימיים, התקררות במערכת ההידראולית. וביום השביעי לטיסה כבר עסקו האסטרונוטים בהכנות לקראת הנחיתה. שוב הופעל "חדר הבקרה" הפרטי שלי לקליטת השידור החי מקליפורניה ביום 4.7.82. חגיגות יום העצמאות האמריקאי הגיעו לשיאם בנחיתה הקולומביה. בהיותה מעל לאוקינוס ההודי הופעלו המנועים הראשיים לשם בלימת המעבורת והקטנת המהירות המסלולית ב-94 מטר/שניה והיא החלה נופלת לתוך האטמוספירה. החדירה הממשית החלה כעבור 30 דקות, ובמשך 17 דקות התלהטה קולומביה עד 1500 מעלות באזור האריחים התרמיים, והאסטרונוטים שהז בשל כך בדממת קשר. משחודש, הייתה קולומביה במרחק 550 ק"מ מאתר הנחיתה, בגובה של 50 ק"מ ובמהירות של 8 מאך. מעתה ואילך היתה קולומביה נתונה בפיקוד המחשב ומערכות ההנחיה לביצוע דאייה עד לשדה התעופה, כשהיא "נופלת" ומתקדמת תוך כדי כך ללא שימוש בכל מקור הנעה. כל הדאיה הזאת נמשכה 10 דקות בלבד. שלוש וחצי דקות לפני הנחיתה נשמע בום על-קולי אדיר באתר, ולאחר כדקה אפשר היה לראות את מטוס החלל כשהוא מתקרב אל השדה וצלליתו הולכת וגדלה. לאחר תמרון הקפה נרחב הקבילה קולומביה את עצמה אל מסלול מספר 22 באדווארדס בגובה של 800 מ' ובמהירות 400 קמ"ש בלבד: 40 שניות לפני הנגיעה בקרקע הועבר הפיקוד לידי האסטרונוטים. בשעה 16:09:40 (גריניץ') בדיוק נגעו גלגליה האחוריים של המעבורת במסלול האספלט זשמונה-עשרה שניות אח"כ נגע גם הגלגל הקדמי במסלול - בדיוק על קו האמצע. למרות שהרוח היתה מכוונת אל חרטום המעבורת וכך מנעה מאנשי נאס"א אפשרות לבדוק נחיתה בתנאים של רוח צידית, הרי לראשונה נחת הכלי על מסלול מוצק מוגבל - שאורכו רק 4500 מטר ורוחבו פחות ממאה. כל הנחיתות הקודמות התבצעו על אדמה מישורית ללא כל הגבלות באורך או ברוחב. כמובן שכך רואים את האפשרות פתוחה לנחיתות מוצלחות בעמיד על מסלול האספלט שנשלל במיוחד למעבורת בכפ קנדי.

חצי מליון צופים עמדו מרוב התלהבות וצפו במאורע, ובינם הנשיא רייגן. כעבור כשעתיים נשא הנשיא נאום המברך את נאס"א על הצלחתה, והוא נתן את האות להמראת מטוס הגיאמבו שנשא על גבו את צילנג'יר (4), המעבורת החדשה יותר, לכיוון טקסאס בדרך לפלורידה. כשבועיים לאחר מכן מועברת קולומביה באותה צורה אל המרכז ע"ש קנדי להכנתה לקראת הטיסה המבצעית הראשונה בנובמבר. רק בינואר 1983 תשוב צילנג'יר לראשונה, ומאפריל יקוימו גם הנחיתות בכפ קנדי. בטיסתה הבאה של קולומביה יסעו, בנוסף לשני האסטרונוטים המנווטים, עוד שניים הקשורים יותר במדע ובביצוע הנסיונות בחלל. המבצעים תחבטא בשיגור שני לווייני תקשורת, אשר לאחר שחרורם מתא המטען אל החלל באמצעות הזרוע המכנית, הם מואצים באמצעות שלב האצה קטן אל מסלול סינכרוני בגובה 36,000 ק"מ. ניסיון יותר מורכב ומלהיב יתקיים רק בטיסה ה... 13 של המעבורת ובו ינסו "לדוג" את הלוויין המשותק SMM, לתקנו בחלל (בעיקר החלפת נתיכים) ולהחזירו למסלול ממנו ימשיך בתצפיות אסטרונומיות על השמש.

אין ספק כי המעבורת מציינת שלב חשוב בקידום האנושות המתבטא בניצול משאבי החלל, ובפיגור האנושות המתבטא בניצול התכונות הצבאיות של מעבורת

זו או אחרת. אחרת? אכן - כן גם הרוסים לאחרונה עורכים נסיונות הקפה וחדירה לאטמוספירה של דגם מוקטן למעבורת משלהם, שתהיה קטנה אמנם מקולומביה אך תוכל לספק להם שירותים אל החגה כסאליוס ולבצע משימות צבאיות. האמנם "מלחמת הכוכבים" לא יותר רק כשם של סרט דמיוני? למעצמות פתרוניים.

- |                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| 1) Cape Kennedy (Canaveral) | 5) Edwards A.F.B. |
| 2) V.O.A - Voice of America | 6) Barbecue       |
| 3) Mattingley, Hartsfield   | 7) Soyuz T-6      |
| 4) Challenger               | 8) Salyut-7       |

תרגום: |ע. אילת

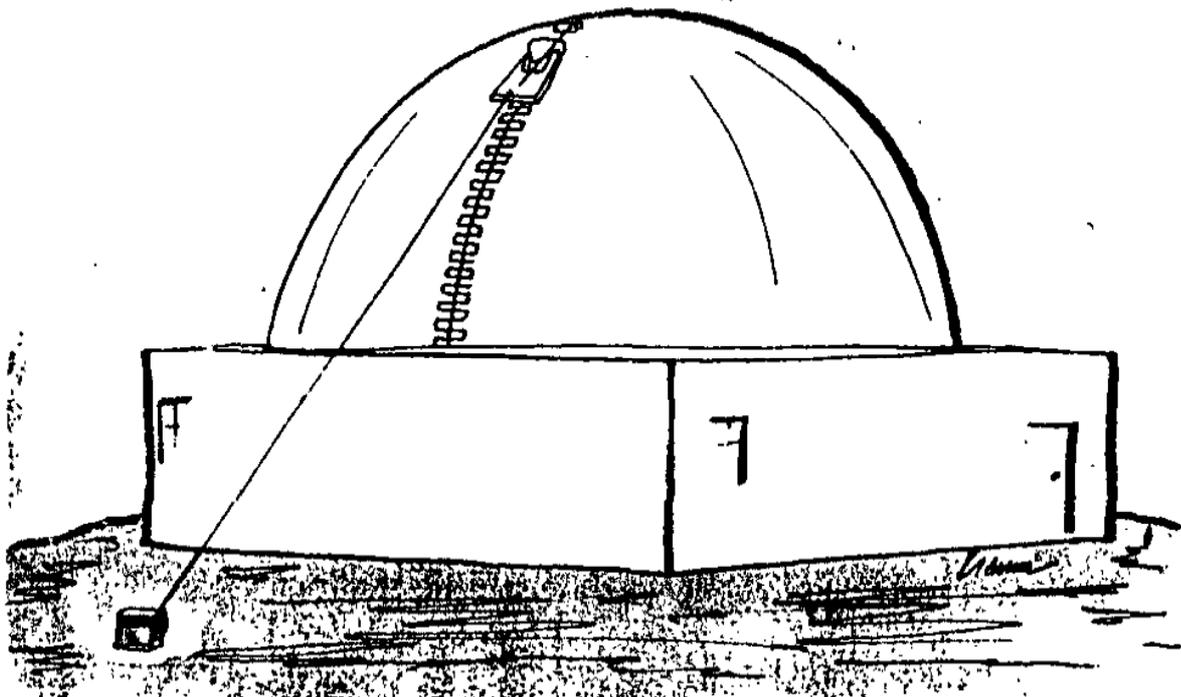
### הרוסים מנחיתים ונרה 13, 14 על פני נוגה

בחודש מרס בין ה- 1 - 5 נשלחו שתי חלליות סובייטיות ונרה 13, 14 (1) לנוגה. הן נחתו במרחק 2,000 ק"מ זו מזו, על המשטח שהחום בו  $770^{\circ}$  ק'. ונרה 13 שדרה נתונים במשך 127 דקות עד "שכנועה" לחום וללחץ הרב השורר בנוגה אך לפני כן היא הספיקה לעשות מדידות לסלעים חומים על פני נוגה. ונרה 14 שדרה נתונים משך 57 דקות בלבד ובצעה צילומים בצבע של קרקע נוגה ושיקופי קרני-א פלורסצנטים לקבל את דמותה של קרקע נוגה. שום גילויים חדשים מיוחדים לא נחגלו ע"י ונרה 14. לפי הרוסים, מנתוני החלליות יש לקבוע ששמי נוגה הם אדמדיים-חומים או כתומים, צבע שנגרם עקב השתקפות צבע הקרקע של נוגה.

במבצע זה השתמשו הרוסים במפות הקרקע מ-נ.א.ס.א. שנוצרו במבצע פייוניר במסלול סביב נוגה. עד עתה לא פרסמו הסובייטים נתונים מהבדיקות הכימיקליות.

1) Venera

מתוך: Astronomy, June 82



## הפרדוקס של שמי הלילה האפלים

מאת: E.R. Harrison  
תרגום: חנוך גרשט

### גיהנום של כוכבים

בקוסמולוגיה ישנו ניסוי פשוט אך חשוב, שכל אחד יכול לבצע: הוא מורכב בצפיה בשמי הלילה, תוך שימת לב מיוחדת למידה בה הם אפלים. לשאלה - מדוע אפלים השמיים בלילה? - נקבל בדרך כלל את התשובה כי השמש זורחת בצידו השני של כדור הארץ וכי אור הכוכבים חלש בהרבה מאור השמש. רק גאון מסוגל להבין כי לחולשה היחסית של אור הכוכבים יש חשיבות קוסמו-לוגית ראשונה במעלה. גאון מעין זה היה יוהנס קפלר.

כאשר אנו עומדים ביער מלא עצים מוגבל שדה הראיה שלנו - בכל כיוון אופקי סביב לנו - ע"י גזעי העצים. כאשר אנו מביטים לכיוון השמיים, דומה הדבר לעמידה במרכזו של "יער" מלא כוכבים. אם נניח כי הכוכבים משתרעים עד אינסוף, בדומה לעצים ביער אינסופי, אזי גם התצפית למרחקים גדולים תופרע ע"י כוכבים. בכל כיוון אליו נפנה את מבטנו, נפגע בסופו של דבר בפניו של כוכב.

ביקום אינסופי, המלא כוכבים מבהיקים, נראה מכדור הארץ את השמיים מכוסים בצפיפות כה גדולה, עד כי לא ישארו "פיסות שמיים" אפלוט ביניהם. כאשר כל הכוכבים דומים לשמש, יאירו השמיים מכל כיוון בעוצמה השווה לזו של השמש. בגיהנום זה של אור לא יוכלו החיים להתקיים יותר משניות ספורות. האטמוספירה והאוקיינוסים ירתחו ואף הארץ תתאדה תוך שעות מעטות. אך ידוע לכולנו, שמי הלילה אפלים. מה היתה הטעות בתיאוריית היער שלנו?

### קפלר ואימת האינסוף

קפלר האמין בתורתו של קופרניקוס אודות מרכזיות השמש והוקסם מתצפיותיו של גלילאו בטלסקופ שהומצא באותה תקופה. הוא תמך, בדומה לקופרניקוס וגלילאו, גם בתפיסה האריסטוטלית כי היקום הוא סופי בעל גבול ממשי. קפלר נחרד מעצם המחשבה כי ליקום אין גבול ותקף בקנאות ובעקביות כל נסיון להראות כי היקום הוא אינסופי.

בשנת 1610 קבל קפלר עותק מספרו של גלילאו "הודעה מהכוכבים" (1). לא עברו ימים רבים וגלילאו קיבל את תשובתו של קפלר. מכתב התשובה פורסם מאוחר יותר כחוברת בשם "שיחה עם השליח מהכוכבים" (2) ובה ניתן למצוא את התקפתו החריפה ביותר של קפלר על רעיון היקום האינסופי. "אינך מהסס כלל לצאת בהצהרה כי ניתן לראות יותר מ-10,000 כוכבים" - כותב קפלר - "ככל שמספר הכוכבים גדל, גדלה גם צפיפותם ומחזקת את טענתך כנגד הרעיון הטוען כי היקום אינסופי." אם היקום הוא ללא גבול, אזי כוכבים כדוגמת השמש נמצאים בכל מקום ואז "כיפת השמיים כולה תזהר כמו השמש".

לפי קפלר היקום אינו יער אינסופי, אלא מעין חורשה שבה אנו רואים בין גזעי העצים גם את החומה השחורה המקיפה את החורשה. קפלר לא השתמש במונחים אלה של היער. הוא הבין ישירות כי אם היקום משתרע עד אינ-

סוף, יאפיל האור המשותף המגיע מהכוכבים את אור השמש. טיעון זה של קפלר מהווה את המקור הידוע הראשון ל- "פרדוקס שמי הלילה האפלים".

### היקום האינסופי של ניוטון

ה"שיחה עם השליח מהכוכבים" של קפלר נקראה ע"י רבים והסתירה בין אינסופיות היקום לשמי הלילה האפלים הפכה לנחלת הכלל. הפרדוקס הלך והתחדד לאחר פרסום תורתו של ניוטון אודון אינסופיות היקום. ניוטון היה מוטרד יותר בבעיה דומה בגרויטציה - הכח הגרויטציוני דומה לאור בכך שהוא קטן ביחס הפוך לריבוע המרחק. בהתאם לכך היינו מקבלים לא רק כמויות אור גדולות אלא גם נמשכים ע"י כוחות משיכה חזקים מאד. ניוטון פתר את הבעיה בהניחו כי היקום הוא הומוגני - התנאים בו שווים בכל המקומות - ואז הכוחות הגרויטציוניים המושכים בכיוונים שונים מבטלים זה את זה. קרני האור הנעים בכיוונים מנוגדים אינם מבטלים זה את זה אלא מצטברים כך שהנחתו של ניוטון לא הביאה לפתרון הפרדוקס. הראשון שניסה לפתור את פרדוקס השמיים האפלים בתחומי היקום של ניוטון הוא ככל הנראה אדמונד האליי (3). בשנת 1720 הוא פרסם שני מאמרים ובהם הזכיר את הפרדוקס. האליי פתר את הפרדוקס באומרו "הכוכבים הרחוקים יותר ואף אלה הקרובים מהם בהרבה, אינם נראים אף בעזרת הטלסקופ, וזאת משום שהם זעירים מאד. אם אכן קיימים כוכבים נוספים הרי שאורם חלש מכדי שנוכל להבחין בהם. דומה הדבר לכוכבים הנראים בטלסקופ אך אינם ניתנים לצפייה בעין חשופה." האליי טעה בהניחו כי אור הכוכבים המרוחקים - גם אם יקובץ יחדיו - הוא חלש מכדי להגיע לעינינו. אין אנו מסוגלים לראות את הקרינה הנפלטת מאטום בודד אך אין כל בעיה לראותה כאשר היא נפלטת מקבוצה גדולה של אטומים. אם נחזור לתיאוריית היער - העצים הרחוקים ביותר אינם נראים לעינינו בשל ריחוקם ואנו רואים רק את העצים הקרובים ביותר המקיפים אותנו.

### ה"פרדוקס של אולברס"

בשנת 1744 ניסה אסטרונום שוויצרי צעיר בשם ז'אן פיליפ לויס דה שאזו (4) להסביר את הפרדוקס בכך שהניח כי הנוזל המפוזר בחלל הבין-כוכבי בולע את אור הכוכבים. בשנת 1823 הציג היינריך אולברס (5), אסטרונום גרמני מפורסם, טיעון דומה באומרו כי אור הכוכבים נבלע ע"י החוון הבין-כוכבי. ניתן להשוות טענות אלה להנחה כי העצים המרוחקים ביער אינם נראים בגלל הערפל המצוי בו.

פתרונותיהם של שאזו ואולברס לא האריכו ימים. בשנת 1848 הראה ג'ון הרשל (6) כי החומר הבולע את קרינת הכוכבים מתחמם ופולט קרינה במדה השווה לקרינה שספג. כמות הקרינה המגיעה אלינו לא תשתנה והשמיים צריכים להשאר בהירים.

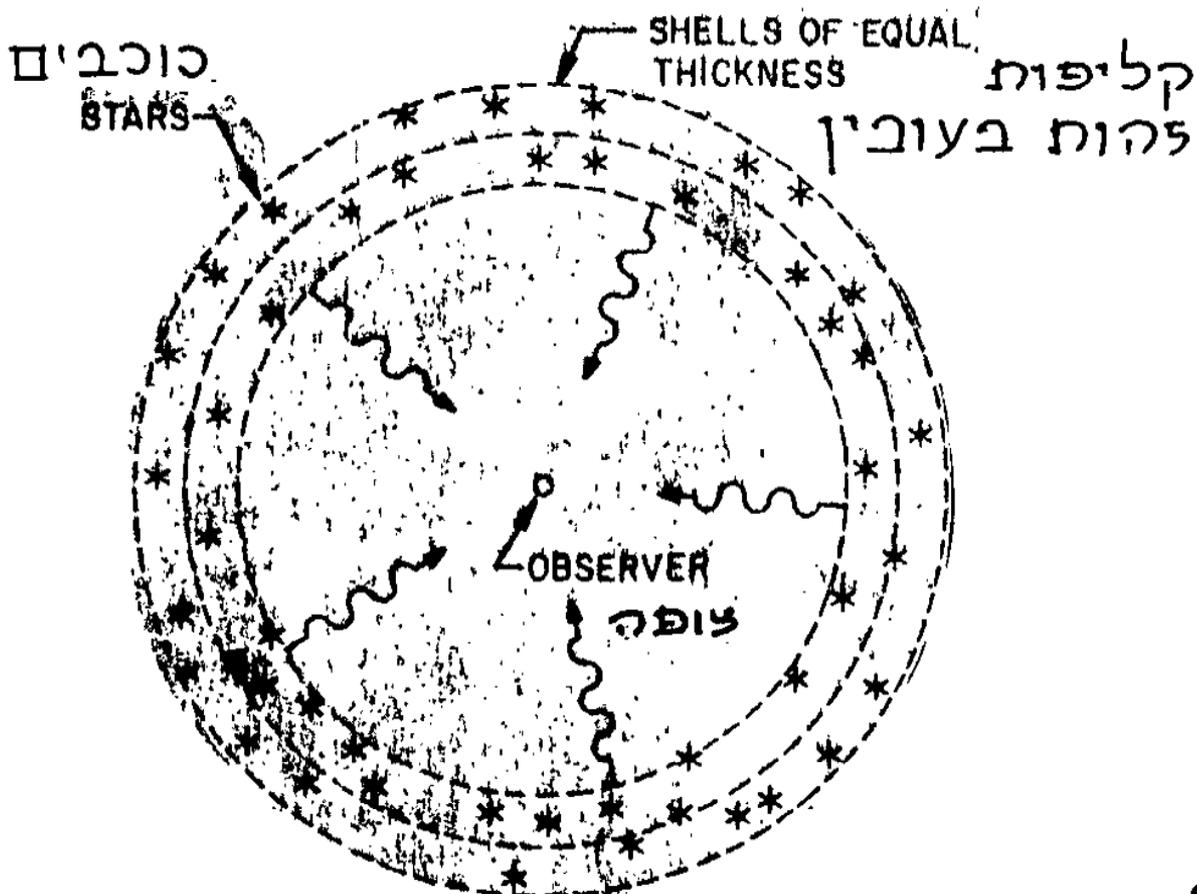
הפרדוקס של שמי הלילה הבהירים ידוע לרבים בשם "הפרדוקס של אולברס". שם זה נשתרש בדורות האחרונים בעקבות מחקריהם של חוקרים אשר לא ידעו על עבודותיהם של קפלר, האליי ושאזו בנושא והאמינו כי אולברס היה הראשון שהעלה פרדוקס זה.

## מעגלים קונצנטריים של כוכבים

הבה נאמץ לזמן מה את תפיסתו של ניוטון אודות היקום ללא כל הפיתוחים המאוחרים יותר אודות גלקטיות, התפשטות ודומיהם. ננסה להבין ולפתור את הפרדוקס ביקום אינסופי המאוכלס בכוכבים דמויי השמש שלנו, המפוזרים בכל הכיוונים בצורה אחידה.

אנו יכולים ל"תפוס" כל נקודה ביקום זה ולבדוק את כמויות האור המגיעות אלינו מכל הכיוונים. הכוכבים הקרובים מועטים במספר אך כל אחד מהם תורם כמות גדולה של אור. קיים מספר גדול של כוכבים מרוחקים אך כל אחד תורם תרומה קטנה של אור. בשל מספרם הרב של הכוכבים המרוחקים מצטבר האור מהם לכמויות גדולות. הבה ונתאר בדמיוננו סדרה של כדורים קונצנטריים שמרכזם בנקודה בה אנו נמצאים (רעיון אותו העלה לראשונה שאזו). נבנה את הכדורים כך שרדיוסם יגדל בכל פעם בגודל קבוע, בדומה לבצל בעל קליפות רבות. הנפח של כל "קליפה" כזו גדל ביחס ישר לריבוע המרחק. כיוון שהכוכבים מפוזרים באופן אחיד, מספר הכוכבים שבכל קליפה גדל אף הוא ביחס ישר לריבוע המרחק.

לעומת זאת, כמות האור המתקבלת מכל כוכב נמצאת ביחס הפוך לריבוע המרחק. אם נכפיל את מספר הכוכבים בכל קליפה בכמות האור המתקבלת מכל כוכב, באותה קליפה נראה כי כמות האור הכללית המתקבלת שווה בכל הקליפות.



ציור 6

"קליפות" של כוכבים במרחקים שונים כאשר הצופה נמצא במרכז. כמות הקרינה המגיעה אל הצופה מכל הקליפות שווה בלא קשר למרחקה של כל קליפה.

בלא חשיבות למרחקה של הקליפה ומספר הכוכבים בתוכה. כמות האור הכללית שתגיע אלינו תהא שווה איפוא לכמות האור המגיעה מקליפה אחת כפול מספר הקליפות.

ביקום אשר בו הכוכבים משתרעים עד אינסוף, יהיה גם מספרן של הקליפות אינסופי. כל קליפה תמרום כמות אור קבועה וסופית של אור. לפי חישוב פשוט, תגיע לעינינו כמות אינסופית של אור!

### תחום הראיה

כאשר אנו עומדים ביער, איננו רואים את כל העצים הנמצאים בו. גזעי עצים קרובים מסתירים בפנינו עצים רחוקים יותר, כך שלמעשה אנו רואים רק קבוצת עצים הנמצאים, יחסית, קרוב אלינו. בקרא בשם "תחום הראיה" למרחק המקסימלי של העצים אותם אנו מסוגלים לראות.

גם לכוכבים, בדומה לגזעי עצים, יש גודל מסוים ולכן אף הם מסתירים מאיתנו כוכבים אחרים הנמצאים מאחוריהם. למרות שמספר הכוכבים ביקום אינסופי הוא אינסוף, רק מספר סופי של כוכבים ניתנים לראיה מכל נקודה בחלל. כוכבים אלה מונעים מאתנו את הצפייה בכוכבים האחרים.

האור המגיע אלינו הוא אם כן, אורם של הכוכבים הנמצאים בתוך תחום הראיה בלבד. אורם של הכוכבים האחרים נבלם ע"י הכוכבים הקרובים ואינו מגיע כלל לעינינו. אם כן, עלינו לחבר את כמויות האור המגיעות מן הקליפות הנמצאות בתוך תחום הראיה בלבד. כלל האור המגיע אלינו הוא על כן בעל גודל סופי ולא אינסופי, כפי שחישבנו בתחילה.

### פתרון היקום החסום

כעת ניתן למצוא פתרון פשוט לפרדוקס שמי הלילה האפלים. כל שיש לעשות הוא להניח כי יש ליקום גבול ואז להראות כי גבול זה נמצא במרחק קטן יותר מתחום הראיה. למעשה, זה היה פתרונו של קפלר לפרדוקס. הבעיה היחידה היא שההנחה הרווחת שוללת כל אפשרות לחסום את היקום בחומה שחורה.

גבולות דמויי חומה יצאו מכלל חשבון עם עליית ההשקפה הניוטונית אך אפשרות תיחום היקום לא נשתכחה עד תחילת המאה הנוכחית. יקום הדומה לאי הצף בחלל אינסופי וריק הווה אחת התשובות הפופולריות ביותר לפרדוקס. דומה הדבר לצפייה דרך עצי היער למישור חסר העצים המקיף אותו. בשנת 1917 אמר הרלו שאפליי (7) "החלל המאוכלס הוא בעל ממדים סופיים אחרת השמיים כולם בווערים באור יקרות... כיון שאין השמיים בווערים ומידת הבליעה אינה בעלת היקף גרוב במרחקים לאורך המערכת הגלקטית שלנו, יש להניח כי מערכת הכוכבים המוגדרת כאן היא סופית". יקום/אי אינו פתרון מקובל כיום על המדענים מה גם שלא נמצאו לרעיון כל הוכחות תצפיתיות.

### יקום כדורי

כימוקים מסורתיים הביאו אותנו למסקנה כי יקום אינסופי ולא מוגבל יוביל אותנו לשמיים בהירים. נותר לבחון את האפשרות לקיום יקום לא מוגבל אך סופי במימדיו, כלומר בעל צורה כדורית.

במבט ראשון נראה כי השמיים עשויים להיות אפלים ביקום סופי אשר תחום הראיה שלו גדול בהרבה מגודל היקום עצמו. הנחה זו דומה להנחתו של קפלר, אך עוקפת את הצורך בגבול כלשהו ליקום. למעשה, אין תאוריה זו עומדת במבחן המציאות.

פניו של כדור אינם מוגבלים אך בעלי שטח סופי ועשויים לשמש מודל טוב ליקום סופי ולא מוגבל. יקום כזה הוא בעל גיאומטריה כדורית כך שאם ננוע לכל כיוון על פניו נגיע בסופו של דבר לנקודת ההתחלה. קרני אור מקיפות יקום כזה וממשיכות בהקפות עד אשר הן נבלעות ע"י מחסום כלשהו.

הבה נתאר לעצמנו כוכב לכת כדורי המכוסה כולו עצים. נעמיד את עצמנו בנקודה כלשהי בתוך יער אינסופי ולא מוגבל זה. לצורך זה עלינו לשער כי קרני האור מתעקמות ונעות במקביל לפני הכוכב. כאשר מסתכלים בכיוון האופקי קדימה נראה לפנינו יער אינסופי. כאשר תחום הראיה הוא יותר ממחצית היקף הכוכב, נוכל לראות כל עץ משני עבריו, אם נסתכל בכיוונים מנוגדים. כאשר תחום הראיה הוא יותר ממחצית היקף הכוכב, נראה בכל כיוון עצים החוזרים על עצמם מספר פעמים. היער הוא ללא ספק אינסופי ואנו נראה בקצה תחום הראיה רקע רצוף של עצים. לדוגמא, אם תחום הראיה הוא 100 פעמים היקף הכוכב, נראה בכל כיוון עצים החוזרים על עצמם 100 פעמים ויוצרים יחד יער רציף.

דבר דומה קורה גם ביקום סופי ולא מוגבל. אנו רואים רקע של כוכבים הנוצר ע"י קרני האור המקיפות את היקום. השמיים נראים מכוסים כוכבים בדומה לאופן בו הם נראים ביקום אינסופי. מכאן שיקום סופי ולא מוגבל אינו מספיק כדי לפתור את הפרדוקס.

### הפתרון ההירארכי

פתרונות הירארכיים - ע"י בניית שורה של צבירים בעלי גודל עולה - הועלתה לראשונה ע"י ג'ון הרשל וריצ'רד פרוקטור (8) במאה ה-19. גישה זו עובדה ע"י פורנדיה דיאלבה (9) שתיאר את היקום כאחד מסדרה של יקומים הנמצאים אחד בתוך השני, בדומה לבובות סיניות. רעיון זה שנהיה פופולרי מאד בתחילת המאה ה-19 אכן יכול להסביר מדוע השמיים אפלים. כל צביר הגדול מקודמו הוא גם בעל צפיפות קטנה יותר. אם צפיפות הצבירים יורדת במהירות גדולה יחסית, אזי תחום הראיה הופך להיות אינסופי.

פתרון מעין זה אינו משביע את רצוננו במידה מספקת. משתמע ממנו כי היקום אינו איזוטרופי בכל קנה מידה בניגוד לתצפיות - לדוגמא, האיזוטרופיה של קרינה  $3\text{K}$  הקוסמית. בקנה המידה הרחב ביותר, יקום זה הוא בעל מרכז ועל כן אינו הומוגני. יתר על כן, מיד ניווכח כי אין לנו צורך כלל בפתרון מעין זה.

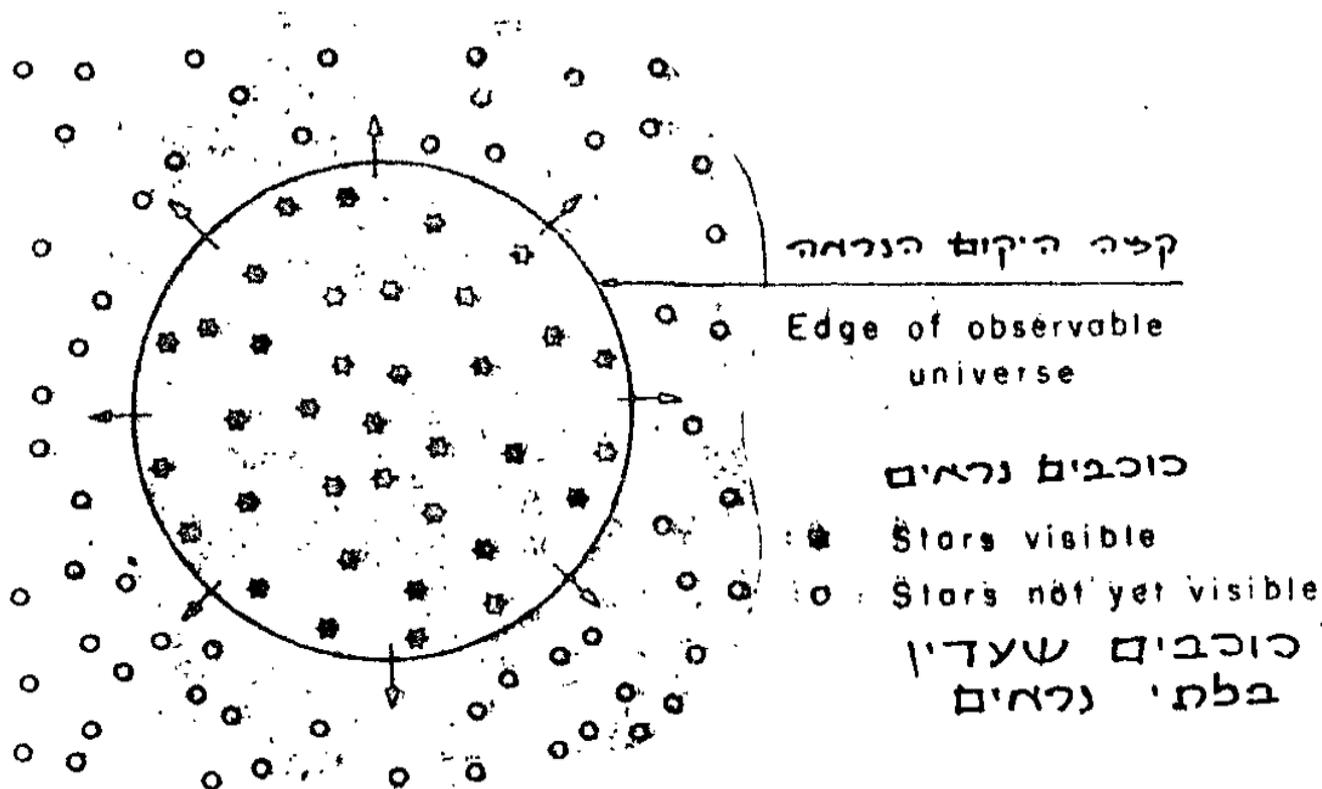
### יקום מציאותי יותר

עד עתה הנחנו כי היקום הוא ניוטוני - אינסופי ומאוכלס בכוכבים דמויי שמש המפוזרים בשמיים בצורה אחידה. כיצד יראה הפרדוקס ביקום מציאותי יותר? המסקנה כי השמיים יאירו בכל נקודה בעוצמה השווה לזו של השמש נובעת מהידע של המאות הקודמות. אם נשתמש בידע העומד לרשותנו

כעת נראה מיד כי המסקנה אותה קבלנו קודם לכן, גורמת למספר סתירות. לדוגמא, נבחן את הפרדוקס מנקודת המבט של כמויות האנרגיה ביקום.

הצפיפות הממוצעת של חומר לכל סוגיו ביקום היא לפי ההערכות, אטום מימן אחד לכל מטר מעוקב. קיים שוויון בין מסה ואנרגיה וניתן להפוך את כל המסה ביקום לאנרגיה של חום. חישובים הראו כי הקרינה שתיווצר, כאשר תפוזר ברחבי היקום, תהא בעלת טמפרטורה של כ-  $20^{\circ}\text{K}$ . טמפרטורה זו כמובן נמוכה במידה ניכרת מזו של פני כוכב ממוצע ואנו נאלצים להסיק כי ביקום אין מספיק אנרגיה כדי ליצור שמיים בהירים.

ביקום בעל שמיים בהירים, בטמפרטורה של  $6000^{\circ}\text{K}$  בערך-טמפרטורת פני כוכב כדוגמת השמש - כמות המסה הדרושה כדי ליצור טמפרטורה זו גדולה פי  $10^{10}$  מזו המצויה בכל הכוכבים גם יחד. צפיפות המסה בצורת קרינה ביקום מעין זה הייתה גדולה פי הרבה מאוד מונים מזו שבצורת חומר וביקום שלנו הייתה שולטת הקרינה. מצב דומה לזה היה ביקום שלנו בעידן



ציור 8

צטרון הפרדוקס ביקום של ניוטון. אנו רואים את הכוכבים הבהירים המקיפים אותנו עד למרחק של  $10^{10}$  שנות אור. במרחקים גדולים יותר אנו צופים לזמן שבו הכוכבים עדיין לא התחילו להאיר. הגבול החיצוני של הכדור המכיל את הכוכבים הבהירים מתפשט במהירות האור. היקום הנראה עצמו מתפשט במהירות האור למרות שהכוכבים הם סטטיים. כאשר הכוכבים סביבנו יפסיקו להאיר נראה את עצמנו במרכז כדור אפל שמעבר לו תשתרע קליפה של כוכבים מאירים. קליפה זו תהיה תמיד בעלת עובי של  $10^{10}$  שנות אור. מעבר קליפה זו ישתרע יקום מלא כוכבים שעדיין לא התחילו להאיר.

הקרינה כאשר הוא היה צעיר מאד, אך אין הוא אפשרי כיום.

אילו הכיל היקום פי  $10^{10}$  מסה בצורת כוכבים מאשר היום ואם היתה כל המסה הזאת נהפכת לקרינה, אזי היתה הטמפרטורה בכל מקום ביקום שווה לזו של פני השמש. אך כוכבים אינם מסוגלים להפוך כל המסה שלהם לקרינה. כוכב כדוגמת השמש הופך רק כעשירית האחוז ממסתו לקרינה במשך כל זמן קיומו. מכאן, שכמות המסה הנדרשת כדי להעלות את טמפרטורת היקום צריכה להיות גדולה פי  $10^{13}$  ולא פי  $10^{10}$ . שמיים בהירים עשויים להיות רק ליקום שצפיפותו גדולה פי  $10^{13}$  מזו של היקום שלנו.

אם כן, לאור ממצאי המאה ה-20, שמי הלילה אינם יכולים להיות בהירים. הבה ונראה מה היתה הטעות בתאוריה שהיתה מקובלת מאז המאה ה-17.

### גבול הצפייה לאחור וזמן ההארה

לשם נוחות בלבד, הבה נתמיד בהנחתנו כי כל הכוכבים דומים לשמש. כאשר צפיפות החומר ביקום היא אטום מימן אחד למטר מעוקב, וכל החומר הזה מרוכז בכוכבים, נמצא כי תחום הראיה ביקום מגיע ל- $10^{23}$  שנות אור. רוב האור שיאיר את שמי הלילה יבוא מחלקים מרוחקים מאד של היקום. מספר הכוכבים הדרוש כדי לכסות את השמיים הוא  $10^{60}$ . מספרים גדולים אלה מדליקים את נוריות האזהרה הראשונות בקשר לתיאוריית השמיים הבהירים.

האור נע במהירות קבועה וסופית - כאשר אנו צופים לחלל אנו צופים למעשה גם אחורה בזמן. תחום ראייה של  $10^{23}$  שנות אור משמעו כי גבול לאחור בזמן הוא  $10^{23}$  שנים. הכוכבים הרחוקים ביותר התורמים את אורם לשמיים פלטו אור זה לפני  $10^{23}$  שנים. ביקום הומוגני פולטים הכוכבים הרחוקים את אותה קרינה כמו הכוכבים הקרובים. מכאן שאם הכוכבים עדיין פולטים קרינה, אזי גם על הכוכבים הרחוקים לפלוט קרינה באותו קצב. אם נמשיך את הטיעון הקודם נראה כי הכוכבים הרחוקים פולטים קרינה במשך  $10^{23}$  שנים - דבר שהוא כידוע, בלתי אפשרי.

כוכבים כדוגמת השמש מאירים במשך מיליארדים אחדים של שנים. ניתן לומר כי זמן ההארה הממוצע של כוכב כדוגמת השמש הוא  $10^{10}$  שנים. זמן הארה זה הוא כאין וכאפס לעומת גבול הצפייה לאחור שחישבנו מקודם: נניח כי כל הכוכבים נוצרו ביחד, לפני  $10^{10}$  שנים. השמיים הבהירים נוצרים כזכור כתוצאה מחיבור תרומות האור מהקליפות השונות עד לתחום הראיה. יחד עם הנחתנו האחרונה קל לראות כי מעבר למרחק של  $10^{10}$  שנות אור אנו מביטים אחורה לזמן שבו הכוכבים עוד לא התחילו להאיר. כוכבים הנמצאים במרחקים הגדולים מ- $10^{10}$  שנות אור מאירים עתה אך האור הנפלט מהם יגיע אלינו רק כעבור זמן נוסף.

כל הקליפות של הכוכבים הנראים תורמות כמויות אור שוות לשמיים וסה"כ האור המגיע אלינו מהכוכבים הקרובים מ- $10^{10}$  שנות אור הוא  $10^{13} - 10^{23} / 10^{10}$  מן הכמות הדרושה כדי ליצור שמיים בהירים. מספר הכוכבים הנראים הוא על כן  $10^{21}$  ולא  $10^{60}$ , כמספר הנדרש כדי לכסות את כל השמיים ( $21 = 13 - 60$ ).

זוהי הסיבה האמיתית לאפלה השוררת בשמי הלילה של היקום האינסופי הניו־טוני. היא נובעת מהעובדה שזמן ההארה של הכוכבים נמוך בהרבה מגבול הצפייה לאחור בזמן. אם נחזור למודל העצים שלנו - אנו עומדים במרכז

קבוצת עצים המוקפת שורות של עצים צעירים יותר וצופים דרכם אל המישור שבו העצים עדיין אינם בראים לעין.

מה היה קורה אילו הכוכבים לא היו נוצרים כולם בבת אחת? לדוגמא, נניח כי רק 10 אחוזים מכלל הכוכבים המפוזרים ביקום באופן אחיד מאירים בכל רגע נתון. תחום הראיה הוא כעת גדול פי 10 ובהתאם גדל גם גבול הצפיה לאחור ל- $10^{14}$  שנים. כאשר כוכבים אלה דועכים כעבור  $10^{10}$  שנים מתחילים להאיר 10 אחוזים אחרים מכלל הכוכבים וכן הלאה. בחישוב הכולל נקבל כי זמן ההארה הממוצע של הכוכבים הוא  $10^{11}$  שנים. הכמות הכללית של האור המגיע לעינינו נשארת רק  $10^{-13} - 10^{24}/10^{11}$  מזו הדרושה להאיר את השמיים.

אין זו משימה קשה במיוחד לבנות יקומים תיאורטיים שבהם שמי הלילה בהירים. כל שנדרש הוא שגבול הצפיה לאחור יהיה קטן מזמן ההארה של הכוכבים. אם זמן ההארה וגבול הצפיה לאחור יהיה שווים, עלינו להגדיל את מספר הכוכבים עד שיכסו את כל השמיים. כאשר גבול הצפיה לאחור וזמן ההארה שווים ל- $10^{10}$ , מספר הכוכבים הדרוש כדי להאיר את השמיים כפני השמש צריך להיות גדול פי  $10^{13}$  ממספר הכוכבים ביקום שלנו.

### התפשטות היקום והפרדוקס

אמונה מקובלת בשנים האחרונות גורסת כי פרדוקס השמיים האפלים נפתר ע"י עובדת התפשטות היקום. קרינה מהחלקים המרוחקים של היקום מוחלשת ע"י התסחה לאדום הנובעת מהתפשטות זו כך שהשמיים נשארים אפלים בלילה. לפי טיעון זה, עובדת היות השמיים אפלים, מהווה הוכחה מספקת כי היקום מתפשט. אם היקום לא היה מתפשט, לא היתה הסחה לאדום והשמיים היו בווערים.

כפי שראינו, טיעון זה לפתרון הפרדוקס אינו נחוץ לנו. טיעון זה הועלה ע"י אנשים אשר האמינו כי בתנאי היקום של ניוטון שמי הלילה חייבים להיות בהירים כיוון שלא מצאו את פתרון הפרדוקס. כיוון שהוכחנו כי השמיים אפלים גם ביקום של ניוטון, אין כל ערך בפתרונות לפרדוקס שאינו קיים עוד. טיעון היקום המתפשט - בדומה לטיעון ההירארכי - רק הופך את השמיים אפלים יותר. יתר על כן, אם הטיעון אודות ההתפשטות היה הנכון, אזי ביקום היו  $10^{60}$  כוכבים אותם לא היה ביכולתנו לראות משום שאורם הוחלש ע"י ההסחה לאדום. קודם לכן הוכחנו כי מספר כזה של כוכבים מאירים אינו אפשרי ביקום כיוון שזמן ההארה שלהם הוא קצר, יחסית.

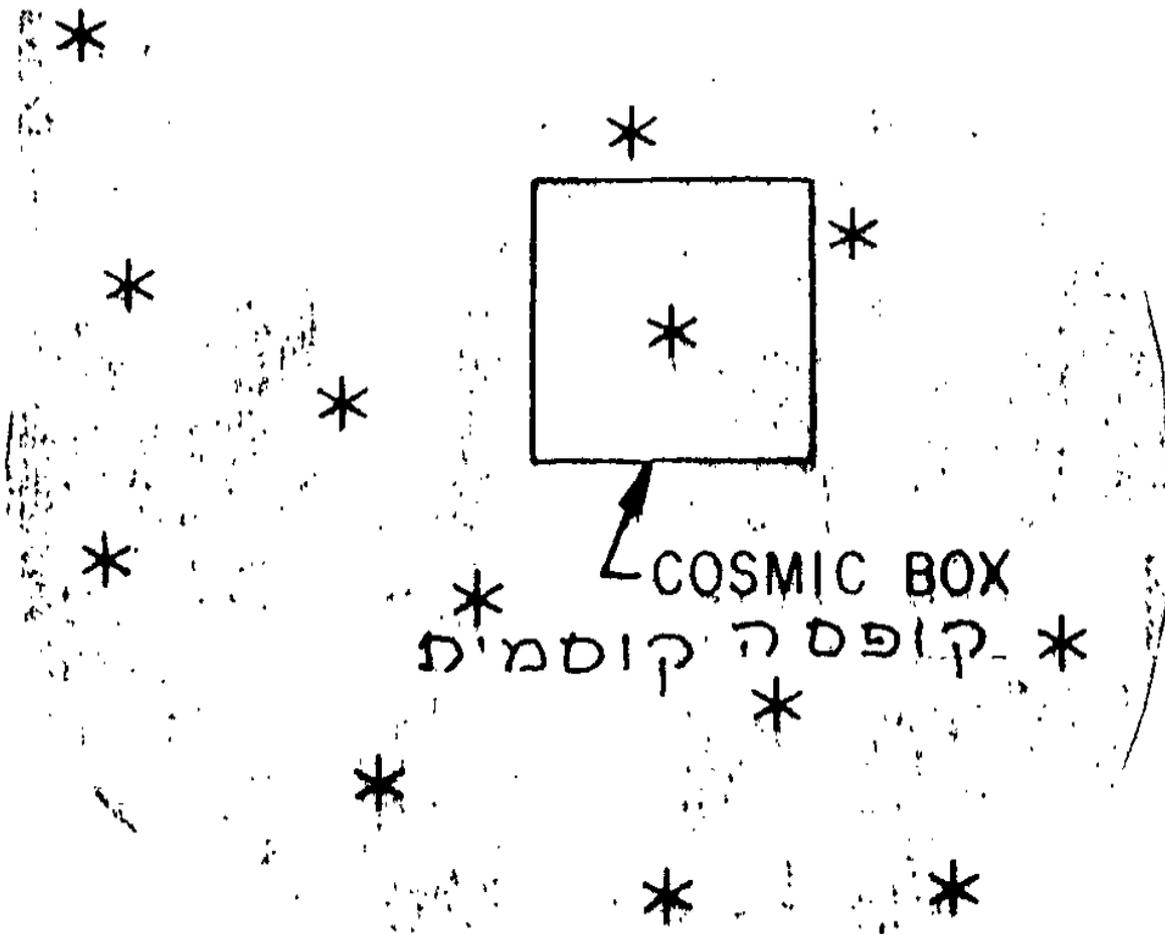
### הקופסה הקוסמית

אנו פונים כעת לדרך הוכחה אחרת וחזקה יותר של הפרדוקס. ניתן להניח כי לכל כוכב בממוצע נפח מסוים בחלל. נתאר לעצמנו כוכב מייצג המוקף בקירות המחזירים קרינה באופן מושלם. קירות אלה יוצרים קופסה בעלת אותו נפח חלל של הכוכב. אור הנפלט מהכוכב אינו ממשיך בדרכו בחלל עד אין סוף אלא נחסם ע"י הקופסה ומוחזר מקיר לקיר. מסתבר כי הקרינה בתוך הקופסה שווה לקרינה מחוץ לה כאשר ישנו פיזור אחיד של כוכבים וכל כוכב תופס אותו נפח ממוצע. הכוכב בתוך הקופסה שומר את כל קרינתו טביבו בעוד הכוכבים האחרים מערבבים את הקרינות מהם, אך פרט לזאת אין כל הבדל.

שמיים בהירים כפי שתוארו ע"י הטיעון המקורי משמעותם כי הטמפרטורה בכל מקום שווה לטמפרטורת פני כוכב. החלל אם כן מלא קרינה במידה כזו שתשווה אותו לפני הכוכבים. הזמן הנדרש כדי למלא את כל החלל בקרינה מכל הכוכבים שווה לזמן שנדרש מכוכב אחד כדי למלא את הקופסה הקוסמית שלו בקרינתו הוא. זמן המילוי של הקופסה בקרינה ניתן לחישוב בקלות יחסית. קרן אור מהכוכב שבקופסה נעה הלוך ושוב בין הקירות המחזירים עד שלבסוף היא נופלת חזרה אל פני הכוכב. זמן התנועה הממוצע של קרן אור מרגע בו נפלתה ועד לרגע בו נבלעה חזרה שווה לזמן המילוי של הקופסה. לאחר זמן זה שווה כמות האור הנקלטת חזרה ע"י הכוכב לכמות הקרינה הנפלטת ונוצר שיווי משקל עם הכוכב.

המרחק הממוצע אותו עובר האור בקופסה הוא לא אחר מאשר תחום הראיה אותו הכרנו קודם לכן. דומה הדבר לעץ בודד המוקף מראות. דרך המראות משתקפות דמויות רבות של אותו עץ היוצרות יער בעל רקע רציף במרחק תחום הראיה. הזמן הממוצע בו נעות קרני האור הוא על כן גבול הצפייה לאחור בזמן. זהו גם זמן המילוי של היקום כולו.

לפיכך, כוכב אחד חייב לזרוח  $10^{23}$  שנים כדי למלא את קופסתו בקרינה.



ציור 9

כוכב מוקף בקירות מחזירים אור היוצרים קופסה בנפח  $V$ , הנפח הממוצע בחלל אותו תופס כל כוכב ביקום. החנאים למילוי הקופסה הקוסמית הזאת בקרינה של הכוכב הבודד שוים לחנאים למילוי היקום כולו בקרינה מכל הכוכבים.

כזכור, מסוגל הכוכב לזרוח רק חלק קטן מאותו פרק זמן והקופסה אינה מתמלאת לעולם. אותו טיעון תופס גם לגבי היקום כולו - כמות הקרינה ביקום נשארת נמוכה כי זמן ההארה של הכוכבים קטן מאד יחסית לזמן המילוי.

### קופסה קוסמית מתפשטת

כעת נניח כי היקום מתפשט ונתאר כוכב ממוצע בתוך קופסה קוסמית המתפשטת עם היקום. הקופסה היא בעלת אותו נפח ממוצע לכוכב, נפח המשתנה עם התפשטות היקום אך מתאר תמיד את הנפח הממוצע לכוכב אחר. קרני האור מוחזרות מדפנות הקופסה המתפשטת ומוסטות לאדום כל פעם כתוצאה מהתרחקות הדפנות. הסחות דופלו קטנות אלה מצטברות ומסתכמות בסופו של דבר להסחת ההתפשטות של היקום. כמובן שהקרינה מחוץ לקופסה. ביקום מתפשט המאוכלס בכוכבים המפוזרים באופן אחיד, תמיד זהה לעוצמה בפנים.

לו השמיים היו אפלים כיוון שהיקום מתפשט, היתה הקרינה בקופסה במעט חלשה מזו שבקופסה הסטטית ברגע בו משתוים נפחי הקופסאות. ההתפשטות מורידה את עוצמת הקרינה ובמקדם שאינו קטן מחצי. מכאן שההתפשטות אינה הגורם לאפלה בלילה, כיוון שהאור חלש מהשמיים הבהירים. פי<sup>13</sup> ולא החצי הנובע מהתפשטות.

קל לבנות יקומים דמיוניים מתפשטים ולהם שמי לילה אפלים או בהירים. בניה מעין זו עוזרת לנו להבין טוב יותר את אופיו של היקום שלנו. התנאי הבסיסי לשמיים אפלים הוא שהקטן מבין זמן ההארה של הכוכבים וגיל היקום חייב להיות קטן מזמן המילוי של היקום. בהתאם, התנאי הבסיסי לשמיים בהירים הוא שהקטן מבין זמן ההארה של הכוכבים וגיל היקום חייב להיות גדול מזמן המילוי של היקום.

אנו יכולים לתאר יקומים מתפשטים בעלי שמיים אפלים בהם זמן ההארה וגיל היקום קטנים מזמן המילוי, כדוגמת היקום שלנו. קיימים גם יקומים כאלה בהם ההתפשטות היא הגורם לשמיים האפלים - בהם זמן ההארה של הכוכבים גדול מזמן המילוי אך גיל היקום קטן מזמן המילוי. יקום שבו גיל היקום גדול מזמן המילוי אך זמן ההארה קטן מזמן המילוי יהיה גם כן בעל שמיים אפלים. זהו למעשה היקום הניוטוני שבו גיל היקום הוא אינסופי.

ההתפשטות, אך לא ההסחה לאדום הנובעת ממנה, היא הגורם העוזר בקביעת משך הזמן בו ניתן לשפוך קרינה ליקום. אם גבול הצפייה לאחור, השווה לזמן המילוי, גדול מגיל היקום לא נוכל לצפות בשמיים מלאים כוכבים כיוון שהיקום צעיר מכדי שהאור יוכל לכסות את המרחקים של תחום הראיה.

### חולשתו של האור מהכוכבים

האפלה השוררת בשמי הלילה אינה נובעת מבליעת אור הכוכבים או ממבנה הירארכי של הצבירים ביקום או מסופיות היקום או מהתפשטות היקום או מכל סיבה אחרת שהועלתה במשך 350 השנים האחרונות. הפתרון הוא פשוט למדי - ביקום אין מספיק אנרגיה כדי להאיר את שמי הלילה. כדי לכסות את השמיים בכוכבים אלינו להסתכל על כוכבים במרחקים עצומים ולחזור

פרק ארוך מאד בזמן - הרבה מעבר לגילם של הכוכבים ושל היקום כולו. דרך אחרת לנסח זאת היא כי החלל בין הכוכבים גדול מכדי שהכוכבים יוכלו לכסותו בקרינה בזמן הנתון. מוזר לחשוב כי נדרשו שנים כה רבות כדי לענות תשובה כה פשוטה לשאלה - מדוע אפלים שמי הלילה? פשוט מכיוון שאור הכוכבים חלש מכדי שיוכל למלא את היקום.

- |  |                     |
|--|---------------------|
| (1) The Starry Message                     | (6) John Herschel   |
| (2) Conversation with the Starry Messenger | (7) Harlow Shapley  |
| (3) Edmund Halley                          | (8) Richard Proctor |
| (4) Jean Philippe Loïs de Cheseaux         | (9) Fournier d'Albe |
| (5) Heinrich Olbers                        |                     |

תרגם א. נעים

### משפחתו הגדלה של שבתאי

ב-1898 וויליאם ה. פיקרינג (1) גילה את פבה (2) והעלה את מספר הירחים הידועים של שבתאי באותו זמן ל-9. כאשר חלפה וויאג'ר-1 על פני שבתאי ב-1980 עלה המספר ל-17, הן תודות לחללית, והן תודות לתצפיות טובות יותר מכדור הארץ. רבות מאלה האחרונות עוד נותרו ללא אישור, אך גל חדש של תצפיות וויאג'ר עשוי עתה לנפח את המספר עד כדי שני תריסרים כמעט.

"חשוד" אחד לא בצפה ישירות, אך נוכחותו הוסקה מן התוצאות של גלאי הקרינה הקוסמית של וויאג'ר-2. רוכוס ווגט (3) ועמיתיו מציינים במאמר שפורסם ב"סיינס" שמספרם של האלקטרונים האנרגטיים "נפל" באופן בלתי-צפוי כאשר חלפה החללית מתחת למסלולו של מימאס (4) לאחר שהיא חלפה על פני שבתאי ב-25 לאוגוסט 1981. לנפילה כזו לא היה כל הסבר לאורך קו הגבול של מסלול ההקפה של מימאס. מימאס עצמו, עליו ידוע כי הוא בולע חלקיקים טעונים לאורך מסלולו, היה מצידו השני של שבתאי באותה עת. בליעות אלקטרונים דומות הובחנו ע"י פיוניר 11 ב-1979, והן הובילו את ווגט וקבוצתו למסקנה שירח אחד ואולי שניים שותפים למסלולו של מימאס סביב שבתאי.

בעוד סטיבן סינוט (5) ממעבדת ההנעה הסילוניית (6) מחפש אישור לתוצאה זו בין ממצאיה של וויאג'ר 2, פנה אליו חוקר וויאג'ר נוסף, ריצ'ארד טריל (7) שהבחין בפס בולט לעין בתמונה שצולמה מן החללית כשבועיים לפני שהיא חלפה על פני שבתאי. יחד הם קבעו כי עצם (שסימונו הנוכחי הוא S 12 1981) נע במסלולו של מימאס, אם כי כ-108 מעלות מאחוריו. עם זאת לא נמצא עדיין כל ירח במיקום אותו ניתן היה לחזות מנתוני החלקיקים הטעונים, ולפיכך ייתכן כי שני גופים שונים שותפים למסלולו של מימאס.

גם סקירותיו האחרות של סינוט בין נתוני וויאג'ר 2 הניבו פירות. עצם אחד (S 6 1981) מקיף את שבתאי במרחק זהה למרחק של תתים (8) משבתאי, או קרוב לו. ידועים כבר שני עצמים אחרים השותפים לירח זה במסלול ההקפה. אלו, S 13 1980; S 25 1980. נתגלו מן הארץ והם נשארים בנקודות לגראנז' (9), בערך 60 מעלות לפני תתים ואחריה. אולם טבעה המדויק של תנועתו של העצם החדש ביחס לתתים אינו ברור, כיוון שעד כה

הוא נצפה רק פעם אחת.

שני תצלומים של וויאג'ר-2 ואחד של וויאג'ר-1 מצביעים על כך שעצם אחד לפחות עשוי להימצא במרחק של 350,000 ק"מ משבתאי, בערך באמצע הדרך בין מסלוליהם של דיון (10) ותתיס. סינוט הולך ומשתכנע כי שלוש התצפיות (10 S 1981, 11 S 1981 ו-13 S 1980) הינן של אותו עצם. נוסף לאלה נראה שירח נוסף מקיף את שבתאי במרחק 470,000 ק"מ ממנו, בין מסלוליהם של דיון ו-ריא (11). זוג אחרון של תצלומים (8 S 1981 ו-7 S 1981) הינו של ירח הממוקם ליד "דיון-8" (6 S 1980), עצם קטן התופס את נקודת לגראנז' הקדמית במסלולו של דיון. סינוט נחקל בקשיים בנסותו ליישב את תנועתו הנראית של העצם, עד שניתוח שערך הצופה הצרפתי ס. וויילח (12) הראה כי אקסצנטריות המסלול של "דיון-8" היתה 0.01, גדולה בהשוואה לזו של דיון עצמו (0.0022). ע"י שימוש בערך הגדול מהשניים הצליח סינוט להבין את תצלומי וויאג'ר שברשותו, וכעת הוא סבור כי העצם החדש ו-"דיון 8" יכולים להיות די קרובים זה לזה. "זו תהיה בעיה דינאמית מעניינת", הוא כותב, "ללמוד כיצד הם מצליחים להימנע מהתנגשות".

הגם שחלק מן התצפיות החדשות דורשות אישור, סיכום השערות מועדפות על סמך התגליות האחרונות מראה חמישה ירחים קטנים ממש צמודים לטבעות שבתאי מבחוץ, אחד או שניים במסלולו של מימאס, שלושה בזו של תתיס, שניים בזה של דיון, ועוד זוג "משובץ" בין מסלוליהם של דיון, תתיס ו-ריא. מחקרו הקפדני של סינוט השתלם, אם כי נותרו קצוות "בלתי קשורים". "אין לי כל דרך לתכנן לוח זמנים מחודש עבור תצפיות נוספות", הוא באנח, "ומעורבת בכך כמות עצומה של תיסקול. רק בכאחוז אחד מן הזמן, או פחות מכך, מופיע משהו חיובי". לבסוף הוא מוותר, "מישהו על האדמה כנראה יצטרך להתיר את כל הסבר".

S & T. 5-6/82

- |                         |                   |                |
|-------------------------|-------------------|----------------|
| 1) William H. Pickering | 2) Phoebe         | 3) Rochus Vogt |
| 4) Mimas                | 5) Stephen Synott | 6) JPLI        |
| 7) Richard Terrile      | 8) Thetis         | 9) LeGrange    |
| 10) Dione               | 11) Rhea          | 12) C. Veillet |

א.ר. שרבו

### חדשות מעולם האסטרונומיה

#### האם היה כארון (1) בעבר חלק מפלוטו?

השערה ידועה בדבר מקורו של אחרון כוכבי הלכת הידוע לפי סדר מרחקו מן השמש טוענת שפלוטו אינו אלא ירח לשעבר של נפטון, אשר נמלט ממנו. לאחר גילוי ירח של פלוטו ביוני 1978 עלתה השאלה: "האם יכול היה כארון (הירח החדש) להיות לוויין טבעי של פלוטו, בה-בעת שפלוטו עצמו הקיף את נפטון?" - דוג לין (2) ממצפה הכוכבים ליק בקליפורניה הגיע, על סמך חישובים, לחשובה שלילית. כוחות גאות ושפל חזקים היו מביאים להתנגשות בין פלוטו לכארון תוך מיליון שנה בקירוב. בהסבר לקיומו של כארון, מציע לין את הרעיון, לפיו הוא "נשבר" מפלוטו ונפלט ממנו באותו זמן שפלוטו עזב את מסלולו סביב נפטון. לתהליך כזה דרושה תקופת סיבוב יחסית גדולה

ויחס מאסות של 10 : ו לכל היותר (רי גם כל כוכבי אור 5/1979, עמ' 127-132)

- 1) Charon                      2) Douglas Lin

### פלאנטואיד חדש ויוצא דופן

הפלאנטואיד DV 1982 שנחגלה ב-28 בפברואר השנה ע"י א.ה.א. שוסטר (1) ממצפה הכוכבים האירופי הדרומי (2) בצ'ילה, התקרב ב-12 באפריל עד כדי 22 מיליון ק"מ בלבד מכדור הארץ. קוטרו, הנאמד ב-3 ק"מ, עושהו לגדול במיוחד בין הפלאנטואידים המתקרבים כל כך לכוכב הלכת שלנו. משך מחזורו סביב השמש כ-3 שנים ונקודת מסלולו הרחוקה ממנה ביותר, האפהליון (3) נמצאת מעבר למסלולו של צדק. עקב מסלולו המיוחד, עשוי "DV 1982" להיות מועמד נוסף למשימת פגישה בחללית, כגון זו המתוכננת בשנת 1986 לעבר כוכב השביט האלי.

- 1) H.E. Schuster            2) ESO                      3) Aphelion

### אנטארקטיקה - אלדורדו של חוקרי מטאוריטים

תוך 10 שנים בלבד נחגלו בשני אתרים באנטארקטיקה לא פחות מ-5,000 (חמשת אלפים) מטאוריטים. ועד שנת 1970 נמצאו וקוטלגו בסה"כ כ-2000 מטאוריטים בעולם כולו. מסתבר, שהאקלים הקר והיבש הקיצוני השורר ביבשת הקוטב הדרומי משמר היטב את הגופים הקטנים מן החלל החיצון, המצטברים במקומות בהם הררי חוף מונעים מן הקרח, הנע ממרכז היבשת בכיוון רדיאלי החוצה, לפלוט את המטאוריטים שנקלטו בו אל תוך האוקיאנוס.

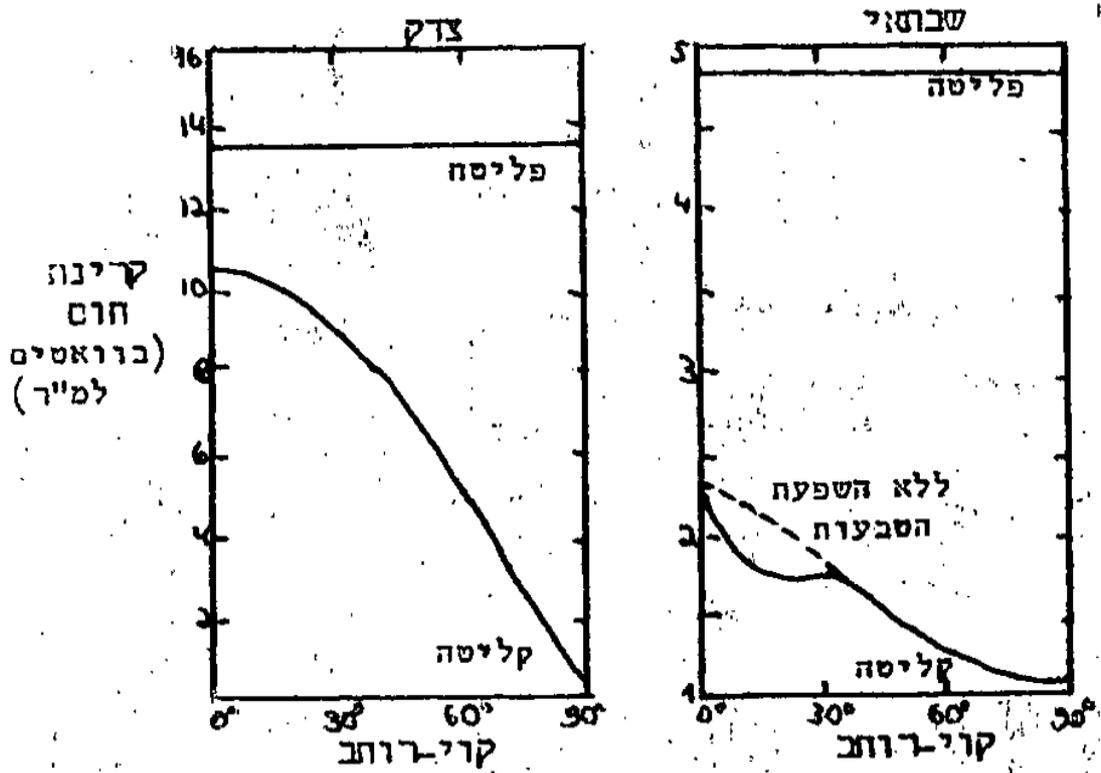
מקור קרינת החם של צדק ושבתאי                      מאת: לירון פרנקל, נוף-ים.

חלליות וואיג'ר אישרו את העובדה המתמיהה, כי צדק ושבתאי פולטים לחלל יותר חום מזה שהם קולטים מהשמש. מצב זה נראה בגרף מס' 1. ההנחה הראשונה שצצה להסברת התופעה היא, כי פליטת החם היא תוצאה של היחקרות כוכב הלכת מהזמן בו נוצר בטמפרטורות גבוהות לפני מיליארדי שנה, אך כאשר בדקו וחיטבו את הקרינה הצפויה (עקב ההיתקררות) והישו אל המציאות, התעוררה בעיה: חישוב פליטת הקרינה מצדק לפי איבוד האנרגיה מאז התהווה מתאים למימצאיהן של החלליות, אך אותו חישוב, שנעשה לגבי שבתאי, מצביע על פליטת חום קטנה מזו שנפלטה במציאות. או שגילו של שבתאי קטן מצדק פי שניים, דבר שאינו מתקבל על הדעת או שבשבתאי קיים מקור אנרגיה נוסף על ההתקררות, והוא הגורם לקרינה המוגברת.

מקור כזה שיכול להיות קיים בשבתאי אך לא בצדק, הועלה, והוא המקובל ביותר כיום: מכיוון שבשבתאי קטן מצדק, ורחוק מהשמש, פניו ותוכו קרים יותר. חישובים מצביעים על כך, שהטמפרטורות בשבתאי נמוכות מכדי ליצור תערובת אחידה בין המימן להליום בכל האזורים החיצוניים כפי שקורה בצדק. לפי המודל, במקום להתערבב, מתרכז ההליום מעל שכבת המימן המתכתי, וטיפות ההליום, אשר כבדות מהמימן, נופלות לכיוון מרכז

הכוכב, והאנרגיה הפוטנציאלית שהיתה בהם, הופכת לחום. תהליך זה החל לפי חישובים לפני כ-2 מיליוני שנים, כאשר הטמפרטורות ירדו מתחת לטמפי העיבוי של ההליום. בצדק תהליך זה יכול להתחיל רק כיום, והוא עוד לא פולט טמפרטורה בת מזידה.

ההליום הנדחס בקצה שכבת המימן המתכתי נלקח ממעטפת המימן וההליום הנוזלית-גזית (המעבר אינו חד). כדי לספק הליום לתהליך, כפי שהוא נצפה כיום, צריכה היתה המעטפת לאבד חלק ניכר מההליום שבה (לפי חישובים); ואכן, וההנחה מתאמת בממצאים המדויקים של חלליות וואיג'ר, שבדקו את היחס בין המימן להליום, מצד אחד, ומצד שני את מסת המעטפת כלפי הגרעין ע"י הסטות בשדה הגרביטציה, ומצאו כי היחס הליום חלקי מימן קטן הרבה יותר בשבתאי מאשר בצדק (איזור 3). מכיוון ששני כוכבי הלכת נוצרו, כפי הנראה, ישירות מערפילית השמש הקדומה, מראה היחס המוקטן ירידה בכמות ההליום בשבתאי. על כך מעיד גם היחס של הליום חלקי מימן בשמש, הקרוב יותר לצדק מאשר לשבתאי.



איזור מס' 1: הקרינת הניקלסת בצדק ובשבתאי (מהשמש) והניפלסת מהם, כתלות בקרי הרוחב.

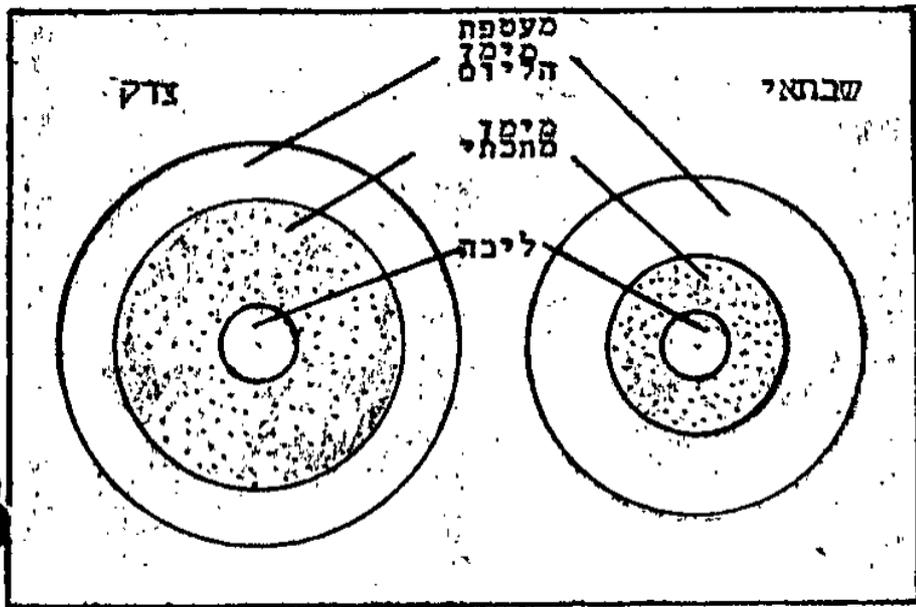
**תיקונים**

עפ"י החלטת האיגוד האסטרונומי הבינלאומי (IAU) ב-1976 ב-Grenoble, אורך 1 י"א הינו 870 597 149 ק"מ.

בעמ' 104 באותה חוברת, בראשית הידיעה על טבעות אוראנוס, צ"ל: "מאז גילויו ב-1977 (10.03), ... עמ' 80

Stefan-Boltzmann

"limb darkening" בעברית "האפלת-שפה" ולא "האפלת-איברים" כפי שהמחבר אכן חש בעצמו אח"כ (עמ' 79).



איור 2: חתך בצדק ובשבחאי

איור מס' 3: הרכבם של הליום ומימן באטמוספירה צדק ובשבחאי (עבודה שנתית, כיתה י')

שמש	צדק	שבחאי
מימן 89%	90%	94%
הליום 11%	10%	6%

מאת: ליפ. י. רובינסון (1)  
תרגם: יובל צדוק

מידותיה של השמש

כיצד למדוד גודל חסר גבולות - עגון, עשן סיגריה באויר, להקת דבורים? השמש שלנו, לא כמו כל כוכב אחר, מופיעה כדיסקית בהירה על רקע שמים כחולים, גדולה כמחצית בוהן ידך המושטת. השמש שלנו כמו כל כוכב אחר עדיין היא כדור גז דחוס מוקף אטמוספירה אשר גבולתיה מיטשטשים כל כמה כגדל המרחק מהגוף המרכזי.

מה שעינך קולטת הינו למעשה הקו החיצוני המקיף את הפוטוספירה בשמש הנוגהת כמו נורת חשמל ומוגדלת במקצת מסיבת גלישת האור ממנה אל תוך האזור הסמוך האפל יותר - תופע פיסיולוגי שמקורו ברשתית העין. קרוב ביותר לסף הפוטוספירה עצמת האור יורדת בצורה תלולה, באלפי מונים בתחום של כמה אלפי קילומטרים. בתחום צר זה נמדדו מימדיה של השמש על ידי אקסל ויטמן (2) ועמיתיו ממצפה אוני' גטינגן. במסגרת ועדת קיץ בשנה האחרונה במצפה סקרמנטו הציגה קבוצה זו אחת מהקביעות המדויקות ביותר של קוטרה הזוית של השמש. ה"ערך הטוב ביותר" שלהם הוא 1920.0 שניות קשת במרחק של יחדה אסטרונומית אחת. הערך המקובל כיום הינו 1919.26 שנתקבל מזמן על ידי אוארס (3) 1891-. הטעות המיוחסת לתוצאה הנוכחית היא 0.01 אחוזים.

במחקר משותף אסטרונומים אלה חיטבו מחדש את קבוע ההקרנה (הגלישה כנ"ל)

המתווסף לקוטרה האמיתי של השמש להתאמתו לתמונה המוגדלת הנצפית בעיננו. הם הסיקו כי ההקרנה מסתכמת רק בכמה עשיריות של שניות קשת, והערך 1922.36 המקובל על אלמנטים שונים הוא גדול מדי. כמוכן, עם התקדמות אמצעי מדידת השמש וירידת חשיבותן של מדידות היסטוריות יהפוך היבט של הבעיה לבעל ענין אקדמי בלבד.

אם 1920.0 שניות קשת הוא הערך האמיתי לזווית שהשמש נראית ממרחק של יחידה אסטרונומית אחת, הרי את הקוטר הקווי יש להגדיל ב-0.04 אחוז עד 1,392,530 קילומטרים, פי 3.6 מהמרחק ארץ-ירח. כמוכן מאמינים ויטמן (2) וקבוצתו כי גדלה של השמש לא השתנה ביותר מ-1.5 ק"מ לשנה (שפרושו 0.0001 אחוז) משך שלשת המאות האחרונות.

מחוך: The Disquieting Sun: How Big, How Steady? Sky & Telescope, April 1982

1) Lief J. Robinson; 2) Axel Wittmann, Goettingen; 3) Auwers.

### הופעות בלתי רגילות של שביטים זקנים

תרגום: אבי נעים

בנסותם להבין טוב יותר את טבעם ומקורם של השביטים, מקבצים האסטרונומים עצמים מיסתוריים אלה לפי תכונות בצפות, דוגמת מאפייני מסלול ההקפה והתנהגות הבהירות. למשל, מספר שביטים בעלי מרחקי פריהליון קטנים מאד מהשמש נצפו בשנות ה-80 המוקדמות של המאה שעברה, וקבוצה דומה הופיעה באמצע שנות ה-60 של המאה הנוכחית.

ל. קרסאק (1) מהמכון האסטרונומי של האקדמיה הסלובאקית למדעים, צ'כוסלובקיה, הצביע על העובדה ששביטים בעלי מחזור הקפה של 200 עד 500 שנים לא הופיעו בקרבת השמש במרווחי זמן אקראיים. בכתבו בכרך ה-32 של הבולטין של המכונים האסטרונומיים של צ'כוסלובקיה, הוא מתעד קבוצה של חמישה (ואפשר שבעה) שביטים בעלי מחזור הקפה בינוני בארכו, שהופיעה בשנות ה-30 המוקדמות של המאה הנוכחית.

שביטים אלה, III 1930, III 1931, I 1932, V 1932 ו-X 1932 הינם בעלי מסלולי הקפה שפיזורם בחלל הוא אקראי, ולפיכך מקור משותף של השביטים נראה בלתי סביר. עם זאת צוין כי כפי שהם נראים מכיוון השמש, כשהיה כל אחד מהם במרחק 2 יחידות אסטרונומיות מן השמש, הם תמיד נראו כבאים מאותו איזור בשמים. יתירה מזו, ב-1905 היו המרחקים ההליוצנט-ריים של כל השביטים בתחום של 1% מ-43 יחידות אסטרונומיותו קרסאק גם חישב ששביטים אלה זקנים מאד, ועברו מאות מצבי פריהליון ככל הנראה, במרחק של יחידה אסטרונומית אחת מן השמש.

בהשתמשו בטיעונים סטטיסטיים מפורטים, הוא הוציא מכלל חשבון כל מגמתיות בצפיה שעלולה היתה לסלף את התוצאות כגון פעילות מוגברת בתחום ציד השביטים שהביאה לגילויים של שביטים אלה; גם האפשרות שמהו פתאום גרם לשינוי מחזורי ההקפה לאורכם הבינוני הנצפה הוצאה מכלל חשבון. בנוסף, הסיכוי לכך שכל השביטים הללו יופיעו בתוך שנתיים-

שלוש הוא פחות מאחד למיליון.

מדוע, אם כן, נראתה כמות בלתי רגילה של שביטים עתיקים בעלי מחזורים של 200 עד 500 שנים בשנות ה-30 המוקדמות של המאה הנוכחית? קרסאק מציע שמכניזם שלעת עתה אינו ידוע לנו גרם להתבהרותם פי 10 לערך, ובכך איפשר את גילויים. עדות מסייעת לכך באה מעקומות האור הבלתי-רגילות שלהם, המציגות שינויים גדולים עד להפתיע בבהירותם העצמית (הבהירות שמקורה בשביט עצמו).

אם משחו חריג אכן השפיע על עצמים במחזור בינוני כאלה, הישפיע גם על אחרים? נראה שהתשובה היא חיובית. מחקר על השביטים קצרי המחזור שנצפו ב-1931 גילה שהם היו בהירים כפליים, לערך, מכפי שניתן היה לצפות בתנאים רגילים. הגם ששינויים בבהירות שביטים קושרו כבר עם פעילות השמש, לא מצא קרסאק דבר בלתי-רגיל כלשהוא במהלך שנות ה-30 המוקדמות. כמו-כן, משך הפעילות השביטית המוגברת היה גדול מכדי שניתן יהיה לייחסו לאיזור פעיל ובודד על פני השמש.

בעוד שקרסאק לא מצא כל סיבה להתבהרותם של השביטים בעלי המחזור הבינוני, הוא היה מסוגל לאפיין את האירוע כדלקמן: הוא היה מוגבל לעצמים בשלבי התפתחותם המתקדמים ביותר. כמו-כן, הוא נמשך מ-1930 עד 1932 (התרחשות דומה אפשר שקרתה בין 1865 - ל-1861). ייתכן שקיים קשר בין הצתת תהליך הפעילות המוגברת של שביט לבין מיקומו ביחס לשמש. היתה גם התבהרות פי עשרה בשביטים כמעט כבויים בעלי מחזור בינוני, והתבהרות בו-זמנית של שני מונים של השביטים קצרי המחזור.

אם יתרחש אירוע דומה בעתיד מציע קרסאק ללמוד אותו בזהירות כדי שנוכל להבין טוב יותר את התהליכים הפיסיים והכימיים בשביטים, וכיצד מגיבים מבקרים אלה עם סביבתם.

S & T 1) L. Kresak

תרגום: לירון פרנקל

אסטרואידי 9 - מטיס בניגוד

בשישה באוקטובר, שנה זו, האסטרואידי התשיעי להתגלות-מטיס מגיע לניגוד במרחק הכמעט קטן ביותר האפשרי. מצב זה מהווה הזדמנות לחיפוש אחר ירח שעשוי להיות לאסטרואידי.

מספר תמונות של מטיס שצולמו בסין בין 23 בדצמבר 1979 ו-23 בפבר' 80 הראו "בליטה" על האסטרואידי שמצביעה אולי על ירח כזה. האסטרונומים הסיניים השתמשו ברפרקטורים של 100 ושל 60 ס"מ. לאסטרואידי נראתה בליטה צפון-צפון מזרחית בתוך שלושה לילות מתוך ה-13 בהם צולמו, ודרום-דרום מערבית בשלוש אחרים, וב-7 הלילות הנותרים נראה האסטרואידי עגול מושלם ללא בליטה.

תצפיות אלה דומות לאלה בהן נתגלה הירח של פלוטו ב-1978. הדמויות המאורכות של מטיס, מצביעות על ציר סיבוב בן 4.59 ימים, שהקוטב שלו/כיוונו 198° בחבוקל אורך של האקוליפטיקה וקוי רוחב של 4°- ליד

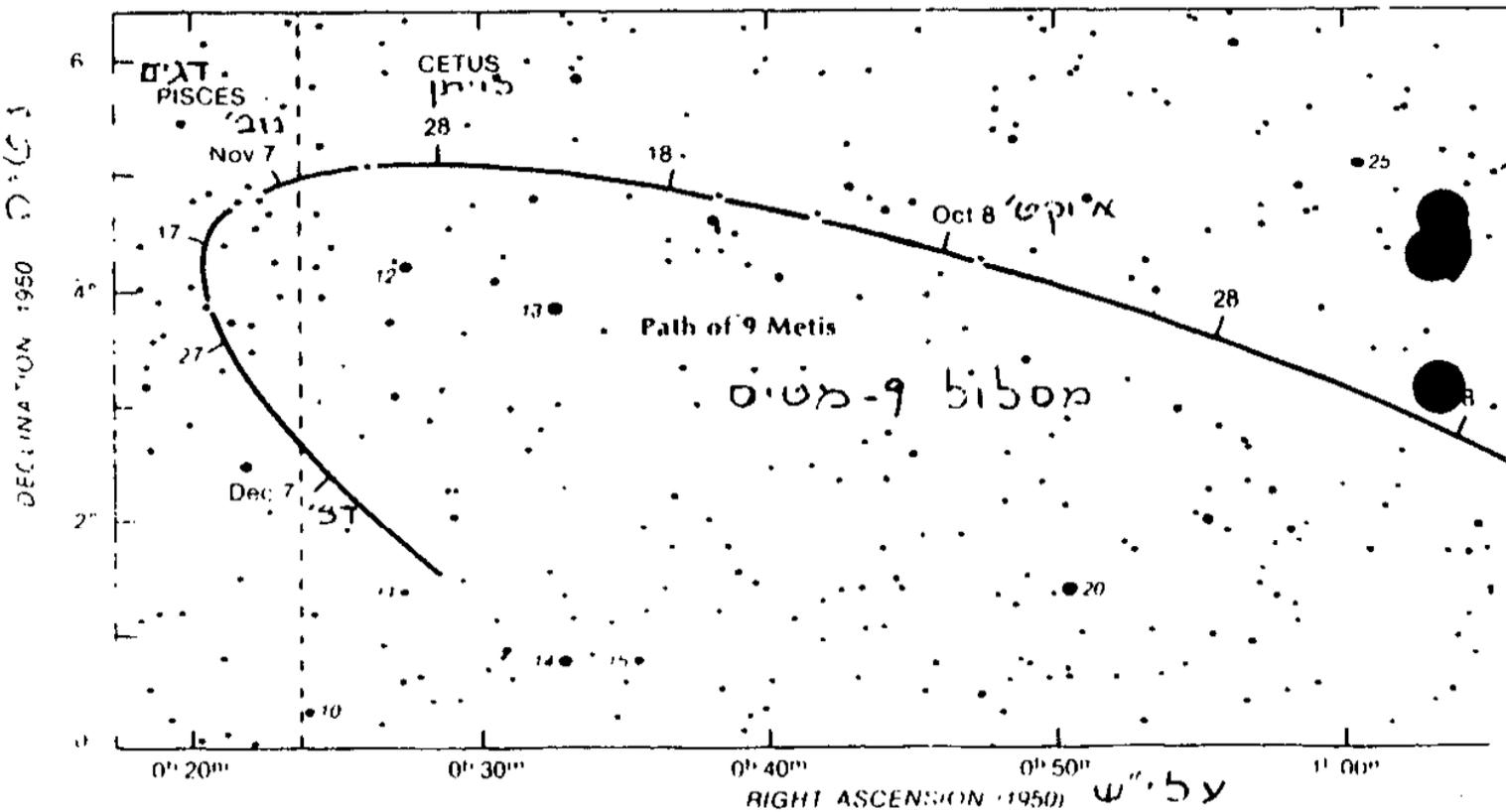
ספיקה. לפי ליקוי של כוכב ממגניטודה 7 ע"י מטיס ב-11.12.1979 חישבו כי קוטר הירח 65 ק"מ בערך - חצי מזה של מטיס, שכן בהירותו קטנה מזו של מטיס ב-1½ מגניטודות.

בניגוד של שנה זו, ציר הסיבוב שהוזכר לעיל, יהיה בדיוק, כמעט, עם קו הראיה מכדור הארץ. אם אמנם קיים זיחה במסלול זה, הוא יסתובב סביב למטיס בהפרדה זוויתית (מכדור הארץ) כמעט קבועה, והוא יראה בזווית של 1.2 שניות ממנו. זוהי הפרדה גדולה מספיק לצופי כוכבים כפולים מנוסים, ולבעלי טלסקופים גדולים או בינוניים כדי לנסות ולהשתתף במה שעשוי להיות תגלית חשובה ביותר בתחום מערכת השמש.

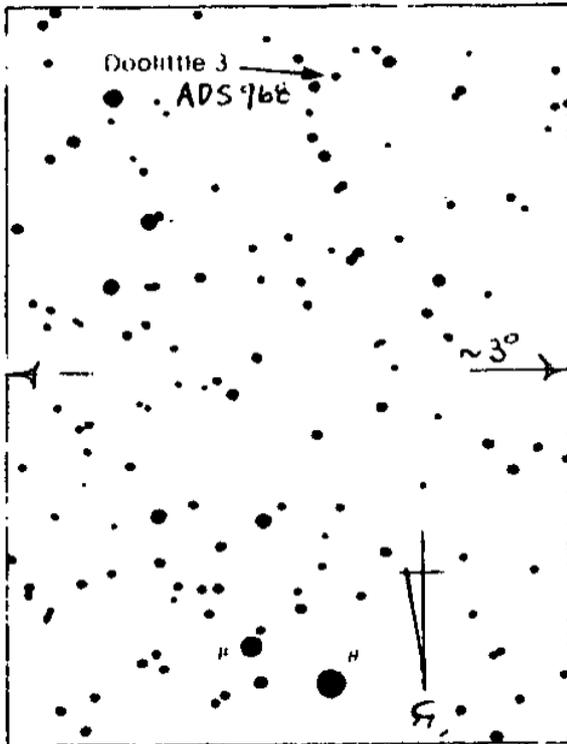
מאמצע אוגוסט עד סוף נובמבר, יהיה מטיס כ-1.5 יחידות אסטרונומיות מכדור הארץ, כשמרחקו המינימלי (1.232) יהיה ב-7 באוקטובר, ובהירות של בין 10 - 9. דוחות של נגטיבים חשובים, במיוחד כאשר נקבעים מגבלות בטלסקופ ע"י צילום כוכבים כפולים באותם תנאים אטמוספריים. את הדוחות לשלוח אל: **FREDERICK PILCHER, Dept. of Physics and Astronomy, Illinois College, Jacksonville, Ill. 62650**

הערה: הצפיה לא תהיה קלה גם לחובבים בעלי הטלסקופים המצוינים של 10 - 16 אינטש. כדי לבדוק אם טלסקופ נתון יהיה מסוגל להפריד את מטיס מירחו במשוער, יש לנסות להפריד את הכוכב ADS-968 אשר מרכיביו (מגניטודה 9.2 ו-10.7) קרובים מאד לאלה המצופים ממטיס וירחו. הכוכב ממוקם בעל"ש : 0.79 ו ש' בנטיה 25° +, רק 3.25 דרום מ-μ קסיופאה, ונראה במפה המצורפת.

מתוך 8/82 S & T



Among the easiest asteroids to see in late summer and early this fall is Metis, whose path is superimposed on the ecliptic. Binoculars should suffice to pick it out from among the faintest stars shown here.



The faint double star Doolittle 3, also designated ADS 968, is marked on this finder chart of a 3°-wide field in southeastern Cassiopeia. Stars as faint as 10th magnitude are shown, and south is up on this adaptation from *Atlas Borealis*. Use Theta (θ) and Mu (μ) Cassiopeiae in "star-hopping" to the area.

מג' (Mag)	מרחק (Dist. a.u.)	נטי' (Dec)	עליוש (RA 1982)	מג' (Mag)
			h m	
10.4	1.627	0 47	9 1 10.6	אוג' 9
10.2	1.518	0 56	19 1 13.2	19
9.9	1.422	1 20	29 1 13.0	29
9.7	1.342	-1 57	8 1 09.8	ספט' 8
9.5	1.281	-2 44	18 1 03.8	18
9.3	1.244	-3 34	28 0 55.5	28
9.2	1.232	-4 19	8 0 46.0	אוק' 8
9.4	1.245	-4 51	18 0 36.6	18
9.5	1.282	-5 04	28 0 28.6	28
9.7	1.340	-4 55	7 0 23.1	נוב' 7
9.9	1.416	4 24	17 0 20.6	17
10.1	1.505	3 13	27 0 21.2	27
10.1	1.603	2 25	7 0 24.8	דצמ' 7

This table is based on information in the 1982 Leningrad Ephemerides of Minor Planets and lists the 1950 right ascension and declination at 0 hours Universal time on each date. The distance of Metis from Earth is in astronomical units and the predicted magnitudes are visual.

מיקום 9 - מטיס בשעה 0 (גריניץ) בימים שצוייננו. מתוך 1982 אסמריס, מלנינגרד.

א. שרבו

התכנסות נוגה עיי. הירח לאור היום ב-16.12.1982

ב-16 בדצמבר 1982, יום לאחר ליקני החמה החלקי שיראה גם מאזורנו, יכסה הירח ה"צעיר" (כמעט ואמרבנו: "חרך הבולד", שהרי יהיה בן פחות מיממה...) את כוכב הלכת נוגה. אם מזג האויר לא יפריע, ניתן יהיה לעקוב אחר התופעה בטלסקופ, אף שהיא מתרחשת אצלנו לאור היום - זהירות רבה בכיוון הטלסקופ - השמש קרובה מאוד!

העלמות נוגה צפויה לשעה 55 : 26 : 08 לפי שעון ישראל ואופק ירושלים, בזווית מצב של 153° מנקודת הצפון של דיסקת הירח, הנמצא 11° בלבד מעל לאופן במז'ד'מז'. אותה עת נמצאת השמש 19° מעל לאופק והמרחק תזוויתי בינה לבין נוגה והירח יהיה 3° - 10° (אין זה ההפרש בין הגבהים שהרי מדובר בקשת ממעגל גדול על פני כדור השמים והירח ונוגה נמצאים צפונית לשמש). נוגה אמור לשוב ולהתגלות בשעה 56 : 28 : 09, בזווית מצב של 240°, כאשר הוא נמצא עתה 21° מעל לאופק והשמש עלתה בינתיים לגובה של 27°. גודלו הראומי של נוגה: -3.4.

נשמח לקבל דיווחים של צופים בעלי מכשור מתאים. (הנתונים לפי J. Meeus וכן עפ"י רשימת ההתכסויות של מצפה צי ארה"ב ל-1982 עבור יבנה / מר מנחם אלון.)

ביום ד', 15 בדצמבר 1982, יחול ליקוי חמה חלקי אשר ייראה גם מאזורינו בגודל 0.4 לערך (כאשר הקוטר הזוויתי הנראה של השמש הינו 1.0; גודל הליקוי מציין איזה חלק מקוטר השמש מכוסה ע"י הדיסק האפל של הירח ברגע מסוים, לאורך הקו המחבר את מרכזי דיסקות השמש והירח). זהו ליקוי החמה הרביעי והאחרון בשנת 1982 והוא חל 22.5 שעות לפני מעבר הירח ב"קשר היורד" (אחת משתי נקודות החיתוך של מסלול הירח עם המילקה (1) בה הוא חוצה את המלקה מצפון לדרום; הזווית בין שני המסלולים היא כ-9°5') חצי הצל (2) המוטל ע"י הירח נופל על חצי הכדור הצפוני באירופה, צפון מערב אפריקה, מערב ומרכז אסיה. גודלו המירבי של הליקוי: 0.735, בצפון הרי אוראל, באזור העיר ארכאנגלסק בצפון מערב ברית המועצות. ההתקבצות בעליה ישרה בין השמש והירח חלה בשעה 3.56<sup>m</sup>10<sup>h</sup>11 לפי השעון הסטאנדארטי הנהוג בישראל. תנאי הליקוי בישראל אופטימאליים בצפון מזרח וגודלו קטן במקצת בהדרגה בכיוון דרום מערב.

1) Ecliptic      2) Penumbra

מהלך ליקוי החמה החלקי בישראל

מקום	תחילה	p	z	h	שיא	p	z	h'	r'	סוף	p	z	h
דפנה	09:44:21	323	349	28	11:13:31	16	21	33	0.418	12:46:27	69	51	31
חיפה	09:44:05	324	351	28	11:12:16	17	22	34	0.407	12:44:30	68	51	32
צפ' ת.א.	09:44:45	325	352	29	11:12:06	17	23	34	0.393	12:43:35	67	51	32
י-ם	09:45:43	325	352	29	11:13:20	17	22	35	0.392	12:44:50	67	49	32
באר שבע	09:46:02	327	353	30	11:12:42	17	23	35	0.379	12:43:24	66	49	33
אילת	09:48:54	329	356	31	11:14:02	17	23	37	0.352	12:42:56	64	46	35

p° - זווית נקודת המגע על דיסקת השמש מהנקודה הצפונית בכיוון מע'-צפ'-מז'-דר'

z° - זווית נקודת המגע על דיסקת השמש ונקודה הפונה לכיוון הזנית המקומי.

h° - גובה השמש מעל לאופק

r - גודל הליקוי היחסי

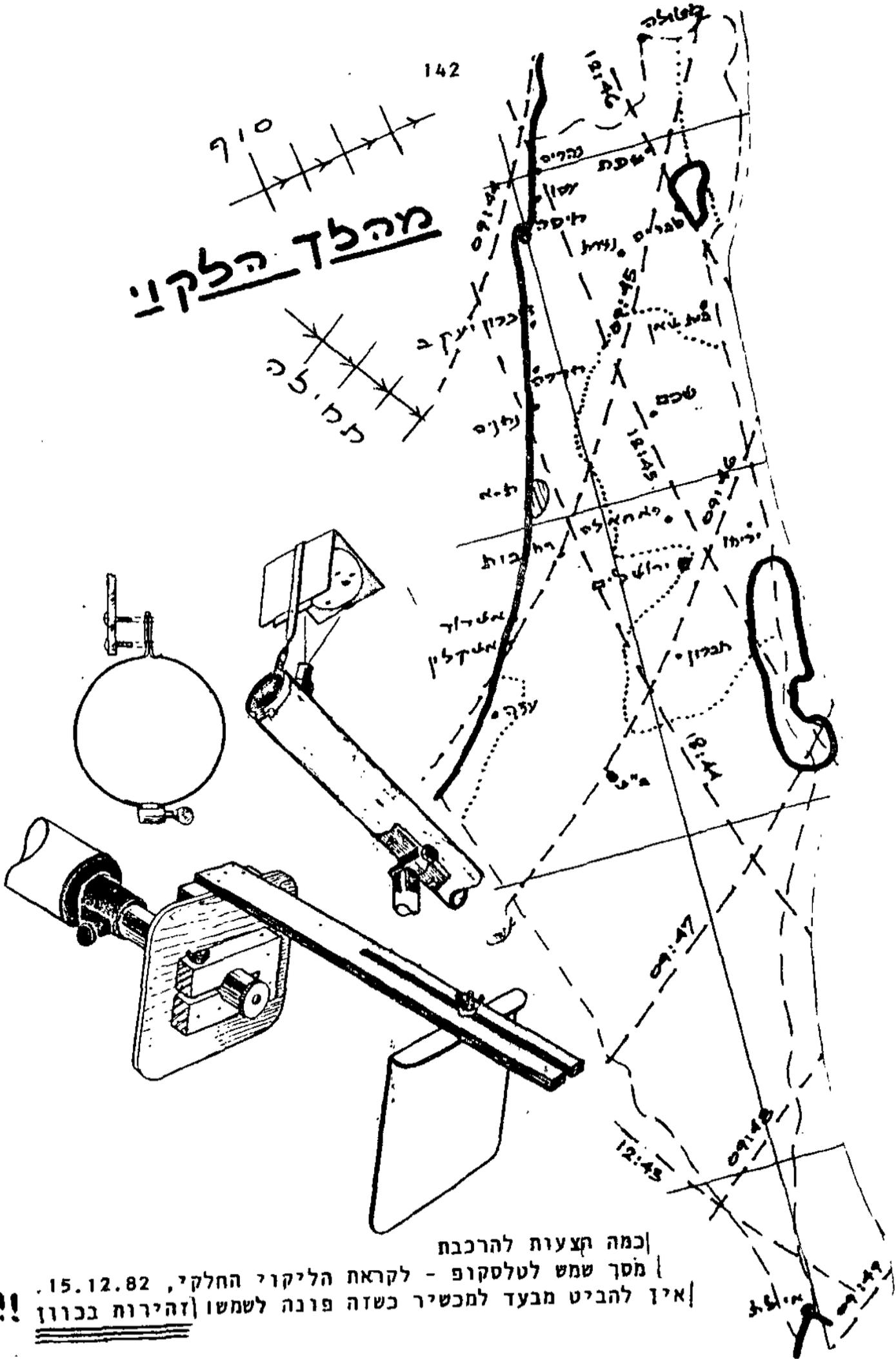
כל הזמנים עפ"י השעון הסטאנדארטי הנהוג בישראל (2 ש' + זמן גריניץ'). החישובים בוצעו עפ"י בקשתנו המיוחדת ע"י JEAN MEEUS (בלגיה).

ברשותי טלסקופ "4. חברים המעוניינים להצטרף ל"קבוצה תצפית", יתקשרו עמי. יואב ריזל, רמת השרון, טל. 471054-03.

# מהפך הלקוי

710

ת.מ.5.כ



כמה תצעות להרכבת

מסך שמש לטלסקופ - לקראת הליקוי החלקי, 15.12.82

אין להביט מבעד למכשיר כשזה פונה לשמשו (זהירות בכוון)

!!

=====

כארץ ובעולם

בחודש אפריל 1982 ביקרה בישראל האסטרונומית הידועה Margaret Burbidge ונשאה מספר הרצאות באוניברסיטת תל-אביב.

400 שנה (סיום מחזורו השלם הראשון) תמלאנה ב-15 באוקטובר 1982 להכנסתו לשימוש לראשונה של לוח השנה הגרגוריאני. לאחר 146 097 ימים הוא חוזר איפוא, בדיוק נמרץ, על עיקבותיו. פרטים על הנושא ניתן למצוא במדורנו ב"מדע", כ"ו - 4, לאחר שיופיע כמובן, ובגליון מאי השנה של "Scientific American".

ליקוי-החמה הטבעתי ב-21.8.1933

עוד לפני הופעת בקשתנו בנדון ב"כל כוכבי אור" 3/1982, מצאנו תחזית ודיווח מפורט עליו ב-"Palestine Post" (קודמו של ה-"Jerusalem Post"), ב"דבר" וב"הארץ" מאותם ימים. גודל הליקוי המירבי בארץ היה 0.966 ואילו במצפה גריניץ ביקשו לדעת היכן בדיוק נמצאת תל-אביב, כאשר קצין בריטי ביקש תחזית עבודה. הליקוי נראה היטב בשעות הבוקר המוקדמות. הנתונים ב"דבר" וב-"Palestine Post" היו קרוב לוודאי של חברנו המנוח דוד זכאי (1886 - 1978).

100 שנה להולדת A. P. EDDINGTON

ב-28 בדצמבר 1982 יצויין יובל המאה להולדתו של אחד ממניחי הבסיס לאסטרופיסיקה התיאורטית המודרנית, חקר הרכב ומבנה הכוכבים, היחסיות והתפשטות היקום. עבודתו הידועה ביותר: "The Internal Constitution of the Stars" (1926) אדינגטון נפטר ב-22.11.1944.

אסטרונומיה בבולגריה

- רשימה בנושא זה מתפרסמת בגליון אוקטובר 1981 של הירחון המערבי-גרמני "כוכבים וחללי" (1) בחתימתו של משתלם בולגארי אנדריי ניקולוב. מצפה הכוכבים המודרני הראשון בבולגריה נוסד בשנת 1894 במסגרת אונ. סופיה הצעירה (אז). במשך 40 שנה החזיק בקאתדרה לאסטרונומיה המקומית ניקולא בונב, לאחר שהשתלם בפאריס (1924-1926) ובפוטסדן (2), ליד ברלין (1926-1928). כיום פועלים באותה מסגרת 15 איש: פרופסור אחד, שני מרצים, 7 אסיסטנטים בכירים, 5 עוזרי-הוראה. ב-20 השנה האחרונות נוסדו מצפי כוכבים עממיים כמעט בכל הערים הגדולות, כגון סטארא זאגורה (3) (1961); מרכז פעיל של חובבים, במרכז המדינה) דימיטרובגרד (4) (1962), ורנה (5) (1968), סמוליאן (6) (1975), סופיה (1978), ועוד. ב-1952 נוסדה המחלקה "אסטרונומיה" במסגרת האקדמיה למדעים בבולגריה. כ-90 אחוז מעבודות הדוקטורט בתחום זה מבוצעות בבריה"מ.

- 1) "Sterne and Weltraum Bochuum 2) Potsdam 3) Stara Eagora  
4) Dimitrovgrad, 5) Varna 6) Smolian

Horst Schienke, מברלין המערבית, אסף כבר כ-35,000 קטעי עיתונות מכל העולם בנושאים אסטרונומיים והסטוריה של האסטרונומיה לאחר 1900 ופנה גם אל הח"מ בבקשה לעזור לו בעניין. בידינו אכן נמצאים גם פריטים מסוג זה מתקופות מסוימות ונוכל לספק לו העתקים בלבד, אולם, כל מי שיכול לתת ידו לכך, מוזמן להתקשר עם א. שרבן.

### 75 שנה לתופעת "אוריון" ברומניה -

בשנת 1907 החל להופיע ברומניה כתב עת אסטרונומי פופולארי ראשון מסוגו, זמן רב לפני שקמו דומים לו בארצות מערב אירופה ומעבר לים. את "אוריון" ערך עתונאי אסטרונום-חובב מלומד וויקטור אנסטין (1875-1918) אשר התמיד בכך במשך 5 שנים, למרות קשיים מרובים. בין דפי כתב העת - הנדיר כיום (הח"מ מצא במקרה את שלוש השנתונים האחרונים מכורכים יחד אצל מוכר ספרים ישנים בבוקארשט, באוגוסט 1973), רשימות ומאמרים, המשקפים היטב את הנושאים שעמדו ברומנו של העולם האסטרונומי באותה תקופה, ביניהם הופעת שביט הלי ב-1910 והשביט החדש 1910A שעלה עליו בזוהרו, ייסוד מצפה הכוכבים העממי בבוקארשט באותה שנה (כיום: "מוזאון האסטרונומיה ברומניה"), פרטים ביבליוגרפיה פייס ממצים של הספרות האסטרונומית בארצות שונות ועוד. על אף ידיעו-תיו הרחבות במדעים ושפות (שבע במספר, כולל שוודית), נאלץ וו. אנסטין לעבוד במשך מרבית חייו הקצרים כמגיה ועורך לילה במערכות של עתונים שונים, ואילו עבור כתב-עת מדעי-פופולארי כללי שאת תפוצתו הגדיל פי 5 ל-20,000 לא קיבל פרוטה... בשנותיו האחרונות נאלץ למכור כמעט את כל ספריתו העשירה, אשר היוותה מוקד לעליה לרגל של שוחרי האסטרונומיה ברומניה דאז ומת בגיל 43 בחוסר כל.

זמן קצר לפני סגירת הגליון, קבלתי 3 מאמרים נוספים מחברנו מ. גנוט, שהופיעו בבטאון צעירי אגו"י - "דרכנו". טרם הספקתי לקרוא אותם, וכאן אסתפק בציון הנושאים:

שבת / גליון 12 ליקוי ירח וקור בעולם; הירח רועד; כמה ירחים לכדה"א; ירח מלא ופעילות בעלי חיים; מחלת ירח (סהרוריות).

ניסן / גל. 13 תופע יופיטר - 10.3.82.

תמוז / גל. 15 קבוצות כוכבים, מפת שמים, גורמים.

ליקט וערך: אנדריי ר. שרבן

## ממדף הספרים -

"Sterne und Weltraum", Max-Planck Institut fuer Astronomie, D-6900, Heidelberg - Koenigstuhl, F. R. of Germany.

ירחון גרמני היוצא לאור בר.פ. גרמניה ושאיפתו להיות מעין "Sky and Telescope" גרמני, כדברי מיסדיו ב-1962, חוגג בימים אלו 20 שנות הופעה. הירחון מופיע 11 פעמים בשנה במתכונת גראפית מצוינת ומביא לרוב מאמרים ורשימות ברמה העולה על הממוצע. המערכת נתונה בידי אנשי מקצוע, אך לאיגוד החובבים VdS נציגות קבועה בה. דמי המנוי, כולל משלוח, הם עתה - DM73 לשנה. (המשך בעמ' 152)

נובמבר

שמש

יום עליית לזמן 0	נטיה אפימריס	שעת כוכב אריניץ	ET דקי	חחילת זריחה דמדומים	צהירה גבה זמן	שקיעה מקומי	סוף דמדומים
14:23.4 1	15°15' -14°	2:39:50	16	4:33	11:24	16:51	18:14
15:15.4 14	05' -18°	3:31:05	16	4:43	11:24	16:41	18:06
16:14.0 28	12' -21°	4:26:17	12	4:54	11:28	16:36	18:02

שמש - מפרטים פיסיקאליים

יום מרחק קוטר מארץ "	מרכז-הדיסק אורך רוחב	זריחה הציר	יום מרחק קוטר מארץ "	מרכז-הדיסק אורך רוחב	זריחה הציר
32.3 .993 1	321.8 4.4	24.6	32.5 .987 28	326.0 1.3	17.4
32.4 .989 14	150.5 3.0	21.8			

ירח

יום עליית לשעה 0	נטיה אפימריס	< ליברציה > אורך רוחב	גיל בימים	קוטר "	חלק מואר	זריחה הארה	שקיעה מקומי
2:02.4 1	33' 7°	-4.5	15.0	32.1	.99	17:06	5:29
8:00.0 7	33' 22°	2.7	21.0	32.4	.64	22:31	11:56
14:06.8 14	58' -7°	5.3	28.0	30.6	.03	4:43	16:14
20:00.0 21	40' -22°	-1.9	5.4	29.5	.24	10:58	21:21
1:40.1 28	08' 5°	-6.4	12.4	31.8	.88	15:00	3:09

כוכבי-לכת

שם יום לשעה 0	נטיה אפימריס	מרחק מארץ	קבוצה זריחה	קוטר "	חלק מואר	גודל זמן	זריחה שקיעה מקומי
13:41.2 1	44' -8°	1.295	VIR	5.2	.92	5:01	16:22
14:18.1 7	41' -12°	1.373	VIR	4.9	.97	5:24	16:25
15:02.0 14	53' -16°	1.427	LIB	4.7	1.00	5:52	16:30
15:46.9 21	25' -20°	1.449	SCO	4.6	1.00	6:19	16:37
16:32.8 28	08' -23°	1.442	OPH	4.6	.99	6:46	16:48
14:21.6 1	08' -13°	1.715	LIB	9.8	1.00	5:53	16:51
14:50.9 7	38' -15°	1.714	LIB	9.8	1.00	6:05	16:50
15:26.0 14	15' -18°	1.712	LIB	9.8	1.00	6:20	16:50
16:02.1 21	28' -20°	1.707	SCO	9.9	1.00	6:35	16:52
16:39.2 28	13' -22°	1.700	OPH	9.9	1.00	6:49	16:57
18:00.1 1	51' -24°	1.775	SGR	5.3	.92	10:05	19:56
18:43.1 14	28' -24°	1.833	SGR	5.1	.92	9:55	19:49
19:29.6 28	13' -23°	1.892	SGR	4.9	.93	9:43	19:44
15:03.5 1	24' -16°	6.380	LIB	30.9	1.00	6:43	17:24
15:15.0 14	11' -17°	6.391	LIB	30.8	1.00	6:06	16:42
15:27.6 28	59' -17°	6.363	LIB	31.0	1.00	5:25	15:57
13:42.6 1	13' -8°	10.694	VIR	15.6	1.00	5:01	16:25
13:48.4 14	45' -8°	10.631	VIR	15.7	1.00	4:17	15:38
13:54.3 28	16' -9°	10.517	VIR	15.8	1.00	3:29	14:47
16:05.1 1	42' -20°	19.801	SCO	3.5	1.00	7:57	18:14
16:08.4 14	51' -20°	19.873	SCO	3.4	1.00	7:09	17:25
16:12.0 28	00' -21°	19.899	SCO	3.4	1.00	6:18	16:33
17:40.6 14	09' -22°	31.082	SGR	2.4	1.00	8:45	18:54
14:06.6 14	43' 4°	30.837	VIR	.6	1.00	4:01	16:30

צדק קרוב מדי לשמש בעבור חצפיה

שבחאי קרוב מדי לשמש בעבור חצפיה

מועדי משחנים קצרים

		מלגול		ביחא נבל		זיחא מאומים	
19:08 - 11	17:14 - 2	11:20 - 4	1:16 - 4	16:40 - 4	9:21 - 18	20:17 - 14	6:10 - 21
23:22 - 18	16:06 - 6	9:47 - 17	22:05 - 6	20:17 - 14	2:59 - 24	23:55 - 24	2:59 - 24
3:37 - 26	14:58 - 10	8:13 - 30	18:54 - 9	9:19 - 30	23:48 - 26		23:48 - 26
<u>דלמא קפאוס</u>				<u>מטא נשר</u>		<u>למבדא טור</u>	
10:39 - 5	12:43 - 18			14:54 - 4	20:36 - 29		
19:26 - 10	11:35 - 22						
4:14 - 16	10:27 - 26						
13:01 - 21	9:19 - 30						
21:49 - 26							

מאורעות החודש (יום שעה מופע)

שיא מטר המטיאורים	17	כוכב-חמה $7^{\circ}$ דרומית	8	1
ליאונידים. גיל הירח 1.4 ימים וחלקו המואר .02		לשבחאי		
נפטון $9^{\circ}$ צפונית לירח	10 18	14:59 = ירח מלא	14	1
נוגה בריחוק זויחי מירבי מזרחי $1^{\circ}$	12 19	נוגה בהתקבצות עליונה	1	3
מאדים $5^{\circ}$ דרומית לירח	23 19	שיא מטר המטיאורים		4
כוכב-חמה בהתקבצות עליונה	0 20	טאורידים א'. גיל הירח		
נוגה $03^{\circ}$ צפונית לאורנוס	17 22	18.0 ימים וחלקו המואר .92		
22:06 = רבע ראשון של הירח	22 23	8:40 = רבע אחרון של הירח	8	8
כוכב-חמה $1^{\circ}$ דרומית לאורנוס	19 24	שיא מטר המטיאורים		9
נוגה $5^{\circ}$ צפונית לאנטארס	1 26	טאורידים ב'. גיל הירח		
שיא מטר המטיאורים	27	23.0 ימים וחלקו המואר .42		
אנדרומידים. גיל הירח		נוגה $3^{\circ}$ דרומית לצדק	11	11
11.4 ימים וחלקו המואר .80		שבחאי $3^{\circ}$ דרומית לירח	17	13
כוכב-חמה $3^{\circ}$ צפונית לאנטארס	10 27	צדק בהתקבצות	23	13
אורנוס בהתקבצות	14 27	כוכב-חמה $3^{\circ}$ דרומית לירח	10	15
		צדק $3^{\circ}$ דרומית לירח	13	15
		17:11 = מולד הירח	17	15
		נוגה $3^{\circ}$ דרומית לירח	22	15
		כוכב-חמה $8^{\circ}$ דרומית לצדק	11	16
		אורנוס $2^{\circ}$ דרומית לירח	14	16

דצמבר

שמש

יום עליית לזמן 0	נטיה	שעת כוכב עז	תחילת זריחה	צהירה גבה	שקיעה סוף	יום עליית לזמן 0	נטיה	שעת כוכב עז	תחילת זריחה	צהירה גבה	שקיעה סוף
16:26.9	$21^{\circ}43'$	4:38:07	4:56	11:29	16:36	16:26.9	$21^{\circ}43'$	4:38:07	4:56	11:29	16:36
17:23.7	$23^{\circ}11'$	5:29:22	5:05	11:34	16:37	17:23.7	$23^{\circ}11'$	5:29:22	5:05	11:34	16:37
18:25.8	$23^{\circ}19'$	6:24:34	5:12	11:41	16:43	18:25.8	$23^{\circ}19'$	6:24:34	5:12	11:41	16:43

שמש - מפרטים פיסיקאליים

יום מרחק קוטר	מרחק-הדיסק	זוית	יום מרחק קוטר	מרחק-הדיסק	זוית
32.5	.986	1	32.6	.983	28
32.5	.984	14	32.6	.983	28

(המשך בעמ' 151)

## פרויקטי חצפית

מאת

עמנואל גרינגר

חובבים רבים המבקשים לצפות בשמים ואפילו ברשוחם אטלס-כוכבים, ומדריך לצופה, מגלים עד מהרה כי לאחר צפיה בגרמי שמים בודדים הם חסרים, לפתע, אוביקטים נוספים לחצפית.

הסיבה לכך איננה חסרון באוביקטים לחצפית - כאלה יש רבים, יפים ומגוונים - אלא משום שהחצפית איננה מתנהלת בצורה מסודרת, היא מתנהלת ללא חוכמה בנויה מראש. לאט לאט דועכת ההתלהבות הראשונית ושוב עולה השאלה: "על מה נסתכל עכשיו?"

בכדי לעזור לחובבי האסטרונומיה, בין אם הם נוהגים לצפות בחברות ובין אם הם צופים בודדים, בארגון חצפיות נפרסם, החל מחוברת זאת, רפיס מנחים לפרויקטי חצפית.

הפרויקטים קלים ונינוחים; מרביחם מיועדים לחצפית עין - ללא מכשיר אסטרונומי כלשהוא - או במשקפת שדה, חוץ כרי שאתה משתרע בכסא נוח. חלק מהם ירחיבו ויפנו לשימוש בטלסקופ (קטן) שבעזרתו ניתן יהיה להעמיק חקר עוד יותר.

הרעיון מקורו בספרו של פ.ס. שרוד, המוזכר בעמ' 69 בחוברת "כל כוכבי אור" מספר 2/1982, שאם כי איננו "שלם" כפי שטוען שמו, ואיננו נקי מפגמים ושגיאות מספר הדיהו ספר מנחה נאה לפרויקטי חצפית, צילום, מדידת זוהר הכוכבים וכו' בפירוט והרחבה רבה.

דפי הפרויקטים המופיעים בסוף הספר הורחבו בחומר נוסף ובפרויקטים נוספים ממקורות שונים.

חלק מהפרויקטים הם רב שנתיים משום שהם מתבססים על גרמי שמים מחוץ למערכת השמש, וחלקם חד פעמיים משום שהם מתבססים על מאורעות חולפים, רובם במערכת השמש.

אין הפרויקטים "שלמים" ומקיפים אלא כוונתם להצביע על חצפיות בסיסיות - מובטחני שכל אחד ואחד ימצא דרך להרחבתם.

למרבית הפרויקטים מחווספות שאלות שאינן עוסקות ישירות בחצפית, אך הן מכוונות אח המעוניין לשימוש באטלסים, ספרי-הדרכה, מיחולוגיה וכו' - אלה יפים גם ליום סגריר.

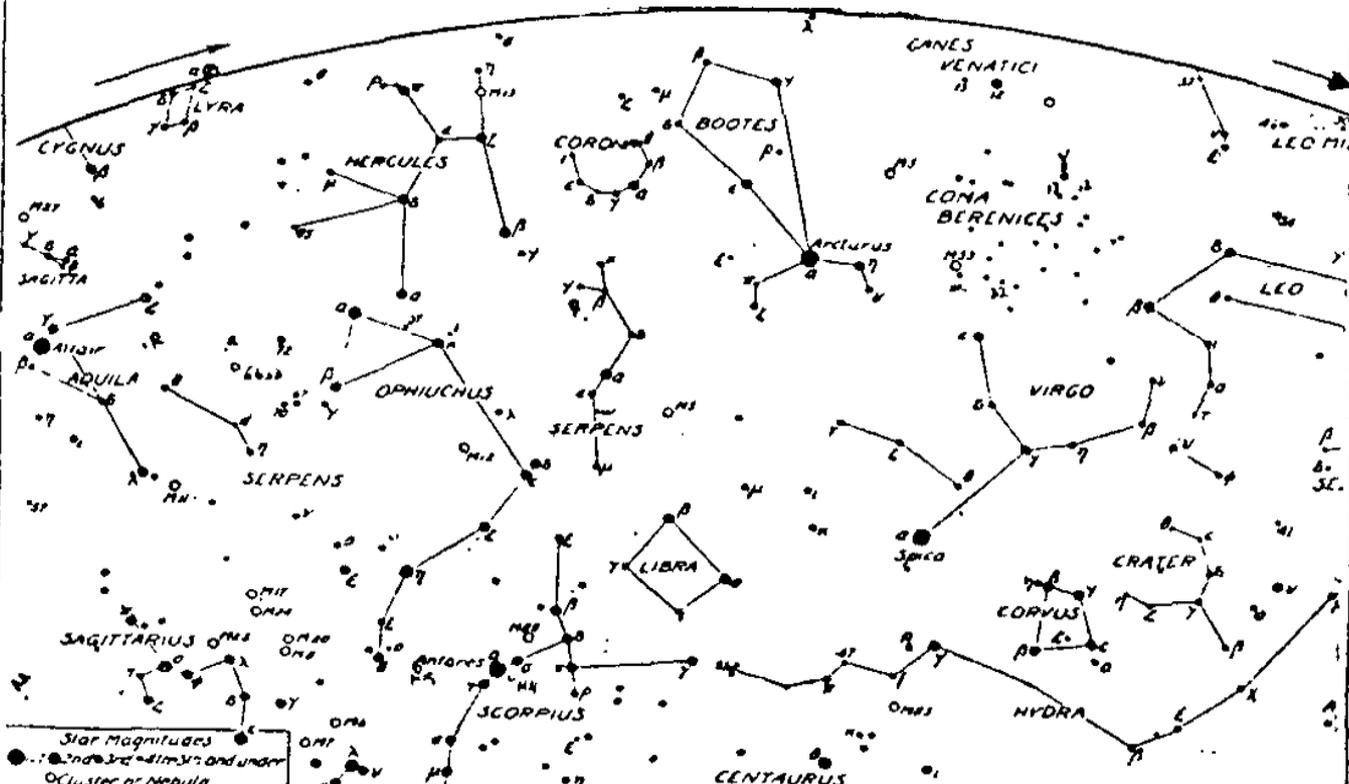
תקופה: אוגוסט-ספטמבר 1982

פרויקט: PLT-1

תנועת כוכבי הלכת

כלילוח אוגוסט וספטמבר ניתן לצפות בעין בשלושה כוכבי הלכת מאדים, צדק ושבתאי.  
 כוכבי הלכת נדרדים בחומי קבוצות הכוכבים: בחולה, מאזניים ועקרב. יחד עם כוכבי השבת הזוהרים ספיקה מקבוצת בחולה ואנטארס מקבוצת עקרב הם יוצרים חצרות יפות של חמישה כוכבים בהירים.  
 אם נשתמש בשני כוכבי היבת המזרחיים לעיל כנקודות יחוס (מכיוון ואינם זזים), וכמובן ניתן להוסיף עוד מספר כוכבי שבת כנקודות ציון נוספות - כגון  $\alpha$  מאזניים - נוכל לחזות תוך מספר לילות בתנועת כוכבי הלכת.

לשם כך צפה בשלושת כוכבי-הלכת ושרטט את מיקומם על גבי המפה המצורפת, או אף על גבי גליון ניר חלק (גדול יותר) שעליו סמן את כוכבי הייחוס שבחרת.



צפה בכוכבי הלכת אחת לשניים או שלושה לילות וציין את מיקומם הלילי. צדק ושבתאי נעים לאיטם, מאדים נע מהר ומשנה את מקומו בברור ביחס לכוכבים האחרים. חבר בעקומה את הנקודות שציינת על המפה. לבקורת ולעזר השתמש בטבלא שלהלן המוסרת את מיקום כוכבי הלכת משך התקופה.

1/10/82		1/9/82		1/8/82		
16:22	-22° 52'	14:58	-18° 06'	13:45	-11° 42'	מאדים
14:37	-14° 26'	14:16	-12° 38'	14:01	-11° 11'	צדק
13:28	-6° 51'	13:16	-5° 33'	13:06	-4° 28'	שבתאי

סדויקט: Sco-1

תקופה: קיץ

עקרב (SCORPIUS)

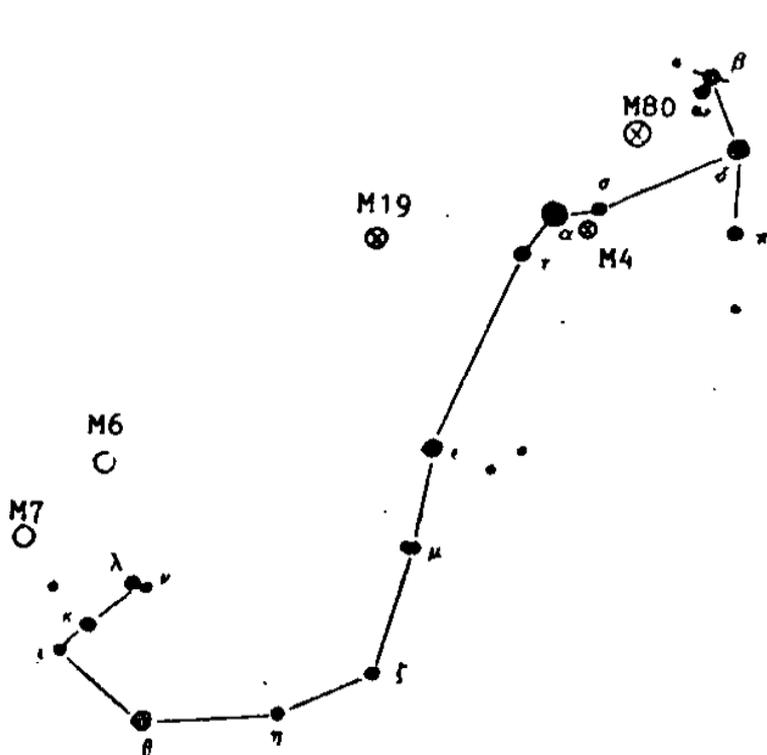
הקבוצה: קבוצה עקרב היא מהמוגדרות והבולטות ביותר בשמיים. סרוק אח הקבוצה לכל אורכה בכדי להנחות מעושר הכוכבים המוכלים בה.

1.2	זוהר	$-26^{\circ}19'$	נסיה	16:26	על"יש	אנסארס $\alpha$	שמות כוכבים:
2.5		$-22^{\circ}30'$		15:57		דשובה $\delta$	
1.7		$-17^{\circ}30'$		17:30		שאולה $\gamma$	

--- נסה למצוא את פרוש שמותיהם של כוכבים אלה.

תאריך צפייה: \_\_\_\_\_ שעה (זמן עולמי): \_\_\_\_\_

הצופה: \_\_\_\_\_ מכשיר אופטי: \_\_\_\_\_



רשמים:

--- צפה בגרמי השמיים שלהלן - רשום ושרטט רשמיך.

_____	M6	$(-32^{\circ}11' \quad 17:37)$
_____	M7	$(-34^{\circ}47' \quad 17:51)$
_____	M19	$(-26^{\circ}12' \quad 16:59)$
_____	M80	$(-22^{\circ}51' \quad 16:14)$

כוכבים:

_____	צבע	_____	$\alpha$
_____	צבע	_____	$\gamma$
_____	(כפול עין ערומה)	_____	$\mu$
_____	(כפול משקפח קל)	_____	$\epsilon$

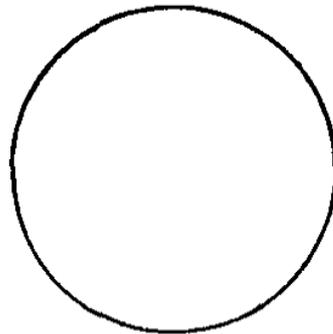
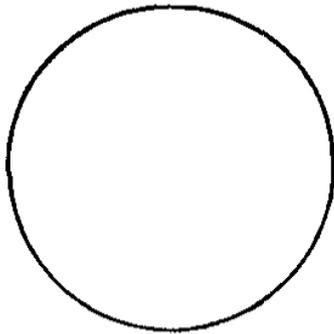
%. \_\_\_\_\_

פרויקט: Sco-1 (המשך)

עקרב (המשך)

צפה:

--- ברוק את  $\beta$  עקרב דרך שלסקופ בהגדלה קטנה, ורא שאתה מצליח להפרידו למרכיביו. שרטט את סממניו בעיגול הימיני. החלף את הענית להגדלה חזקה וחקור את אבתיך משני המרכיבים - האם עולה בידך לגלות את מרכיבו החיוור הנוסף? שרטט בעיגול השמאלי.



הגדלה: \_\_\_\_\_

הגדלה: \_\_\_\_\_

---  $\nu$  (ליד  $\beta$ ) הוא כפול המהווה מבחן למשקפת שדה - האם אתה מצליח להפרידו למרכיביו? (זוהרם 4.2 ו 6.5 והמרחק הזוויתי " 41).

--- 22 עקרב נמצא ממש מעל אנטארס. האם אתה מצליח למצוא אותו? זוהרו 5 ולו שני מלוויים חיוורים.

חקור:

קבוצת עקרב היא אחת מהמזלות. לפיכך היא שוכנת על המילקה. מצא ושרטט היכן עוברת המילקה בתחום הקבוצה.

דרומית לעקרב שוכנות שתי קבוצות קטנות שאנו רגילים לשייך אותן לשמי הדרום. אחת קרויה Norma (סרגל) והשניה ARA (מזבח). ברוק את מיקומן באטלס כוכבים. האם אתה מצליח להבחין בהן?

ירח

זריחה שקיעה זמן מקומי		זווית הארה	חלק מואר	קוטר "	גיל בימים	< ליברציה > רוחב אורך		נטיה אפימריס	יום עליוש לשעה 0	
6:31	17:10	176.2°	1.00	33.0	15.4	3.0	-2.7	19°23'	4:27.5	1
12:06	23:37	111.3°	.57	32.0	21.4	-6.0	5.9	13°36'	10:38.5	7
16:02	5:28	108.7°	.02	29.8	28.4	-3.2	4.1	-18°56'	16:19.8	14
21:59	10:50	251.6°	.26	29.7	5.6	5.6	-5.1	-15°43'	22:12.9	21
4:06	14:54	254.3°	.91	32.7	12.6	3.7	-5.4	17°36'	3:59.2	28

כוכבי-לכת

זריחה שקיעה זמן מקומי		גודל	חלק מואר	קוטר "	ריחוק זוויתי	קבוצה	מרחק מארץ	נטיה אפימריס	עליוש לשעה 0	יום לשעה 0	שם
16:53	6:57	-.6	.99	4.7	-6°	OPH	1.431	-24°01'	16:52.9	1	כח
17:07	7:17	-.6	.97	4.8	-10°	OPH	1.392	-25°13'	17:33.7	7	
17:26	7:39	-.6	.92	5.1	-13°	SGR	1.319	-25°34'	18:21.7	14	
17:48	7:55	-.6	.84	5.5	-17°	SGR	1.210	-24°43'	19:08.4	21	
18:07	8:03	-.4	.69	6.3	-19°	SGR	1.062	-22°44'	19:49.7	28	
16:59	6:55	-3.4	.99	9.9	-7°	OPH	1.697	-22°48'	16:55.3	1	נג
17:06	7:07	-3.4	.99	10.0	-8°	OPH	1.689	-23°40'	17:27.9	7	
17:15	7:19	-3.4	.99	10.0	-10°	SGR	1.678	-24°08'	18:06.3	14	
17:26	7:29	-3.4	.98	10.1	-12°	SGR	1.665	-23°59'	18:44.9	21	
17:39	7:38	-3.4	.98	10.2	-13°	SGR	1.650	-23°14'	19:23.1	28	
19:43	9:39	1.3	.93	4.9	-44°	SGR	1.905	-22°50'	19:39.5	1	מח
19:41	9:25	1.3	.94	4.8	-41°	CAP	1.960	-20°45'	20:22.0	14	
19:39	9:06	1.3	.95	4.6	-38°	CAP	2.018	-17°48'	21:06.7	28	
15:48	5:17	-1.3	1.00	31.0	14°	LIB	6.351	-18°09'	15:30.2	1	צד
15:06	4:39	-1.3	1.00	31.4	24°	LIB	6.279	-18°48'	15:41.7	14	
14:21	3:57	-1.3	1.00	32.0	36°	SCO	6.162	-19°26'	15:53.6	28	
14:37	3:18	.8	1.00	15.9	38°	VIR	10.487	-9°22'	13:55.5	1	שב
13:49	2:33	.8	1.00	16.1	50°	VIR	10.337	-9°47'	14:00.4	14	
12:58	1:43	.8	1.00	16.4	63°	VIR	10.142	-10°08'	14:05.0	28	
16:22	6:07	6.0	1.00	3.4	3°	SCO	19.898	-21°02'	16:12.7	1	מר
15:34	5:20	6.0	1.00	3.5	16°	SCO	19.861	-21°11'	16:16.1	14	
14:42	4:29	6.0	1.00	3.5	29°	SCO	19.771	-21°19'	16:19.5	28	
17:00	6:52	7.8	1.00	2.3	-5°	SGR	31.250	-22°11'	17:45.2	14	נפ
14:35	2:07	15.0	1.00	.7	55°	VIR	30.531	4°32'	14:10.4	14	נפ

צדק קרוב מדי לשמש בעבור תצפית

שבתאי קרוב מדי לשמש בעבור תצפית

מועדי משתנים קצרים

זריחה שקיעה		זריחה שקיעה		זריחה שקיעה		זריחה שקיעה	
16:20	- 17	7:04	- 8	6:40	- 13	17:25	- 2
20:34	- 24	5:56	- 12	5:06	- 26	14:14	- 5
		4:48	- 16			11:03	- 8
		3:41	- 20			7:52	- 11
		2:33	- 24			4:41	- 14
		1:25	- 28			1:30	- 17
						22:19	- 19
						19:08	- 22
						15:57	- 25
						12:46	- 28

מאורעות החודש (יום שעה מופע)

נוגה $3^{\circ}$ דרומית לירח	10	16	= 2:23 ירח מלא	2	1
כוכב-חמה $2^{\circ}$ דרומית לירח	20	16	כוכב-חמה $1^{\circ}$ דרומית לנוגה	20	2
המשתנה הארוך ז קפאוס		19	= 17:56 רבע אחרון של הירח	17	7
במקסימום			כוכב-חמה $3^{\circ}$ דרומית לנפטון	15	8
מאדים $2^{\circ}$ צפונית לירח	3	19	המשתנה הארוך אטא תאומים		9
נפטון בהתקבצות	3	19	במקסימום		
תחילת החורף: השמש בחוג	7	22	נוגה $2^{\circ}$ דרומית לנפטון	3	10
הגדי-היום הקצר ביותר בשנה			שבתאי $2^{\circ}$ דרומית לירח	4	11
= 16:17 רבע ראשון של הירח	16	23	צדק $2^{\circ}$ דרומית לירח	7	13
שיא מטר המטיאורים		24	שיא מטר המטיאורים		14
אורטידים. גיל הירח 8.6			גמינידים. גיל הירח 28.4		
ימים וחלקו המואר .54			ימים וחלקו המואר .02		
= 13:34 ירח מלא	13	30	אורנוס $2^{\circ}$ דרומית לירח	0	14
ליקוי ירח מלא. תחילת	13	30	= 11:19 מולד הירח	11	15
הליקוי 11:51. תחילת			ליקוי חמה לא-מרכזי חלקי	12	15
הליקוי המלא 12:59. מועד			בגודל 741. בחצי הכדור		
הליקוי המירבי 13:29. סוף			הצפוני מועד הליקוי המירבי		
הליקוי המלא 13:58. סוף			11:33		
הליקוי 15:06			נפטון $6^{\circ}$ צפונית לירח	19	15

Encyclopedie scientifique de l'Univers |

II. Les etoilles, de|systeme solaire. 1979. 292 pp.

III. La Galaxie, l'Univers extra-galactique. 276 pp. 1980 F 129

Redigee sous la responsabilite scientifique du Bureau des  
Longitudes. Gauthiers-Villars (Bordas), Paris.

שניים מתוך שלושת הכוכבים של "היאנציקלופדיה המדעית של היקום" שהוצאו  
בהשגחתו של המכון התיאורטי רב-המוניטין אשר נוסד עוד בזמנו של  
נפולאון (1795) מביאים את עיקרי ידיעותינו על מערכת השמש, על הכוכבים  
והמערכת החוץ-גאלקטית בצורה בהירה ומוסמכת. שני הכוכבים הם בבחינת  
עבודת יען חשובה לכל קורא צרפתי המתעניין בנושא.

"Sisteme calendaristica". G. Stanfla. Colectia Stunta pentru |  
toti", "Editura Stuntifica si Enciclopedica, Bucuresti, 1980.  
144 pp. Lei 2,60.

בספר הכיס בפורמאט קטן מסוכמים מאפייניהם העיקריים של לוחות השנה  
בבבל, יוון העתיקה, הלוח המוסלמי, הלוח העברי, הלוח הסיני, היפאני,  
ההודי, הקאמבודי, הווייטנאמי, הלאוסי, זה של המאיה, האצטקי, לוח  
קומראן, וכמובן הלוח היוליאני והגרגוריאני (אשר השנה תמלאנה 400  
שנה להכנסתו לשימוש לראשונה), מקור השבוע, הצעות לשיפור הלוח ויתר  
פנינים מתחום הכרונולוגיה הטכנית-אסטרונומית.

"A l'affut des etoilles - Manuel pratique de l'astronome amateur"  
P. Bourge, J. Lacroux. Septieme edition, entierement refondue.  
Dunod, Paris, 1980 ISBN 2-04-011083-6. 298 pp.

מדריך שימושי לחובב האסטרונומיה המתחיל, גבו הרבה עצות מעשיות. חלקו  
הראשון מיוחד לתאור הכלים האסטרונומיים השונים וטכניקות הצילום

האסטרונומי, השני מהווה תאורט של מרכיבי מערכת השמש השונים. הפרקים האחרונים מבין ה-42 שבספר עוסקים, בקצרה, בכוכבים (כפוליס, משתנים וכו'), גאלאקסיות, יסודות הספקטרוסקופיה, עם רשימת ספרות מומלצת ואפשרויות הפעילות באגודה של אסטרונומים חובבים. בהקדמה מדגישים שני המחברים שהמחשבו מאוד בהערות הרבות מצד הקוראים מאז הופעת המהדורה הראשונה, בשנת 1969, ועד לנוכחית, השביעית.

"The New Solar System" J. Kelly-Beatty, B. O'Leary, A. Chaikin.  
Intro: Carl Sagan. Sky Publishing Corporation & Cambridge  
University Press. 224 pp., 1981 19.95\$

ספר מאוייר ומבואר היטב שהוציאה מערכת "Sky and Telescope" באביב 1981, המביא את הממצאים האחרונים על מערכת השמש, כפי שנתקבלו ממבצעי החלל השונים עד סמוך למועד ההופעה. פרקי הספר כתובים כל אחד ע"י אחד האנשים שעמדו בראש מבצע מתאים. יזדקק לו כל מי שרוצה לעדכן ידיעותיו בנושא, וכל מי שברשותו ספרים מלפני שנים מספר נמנה עם אלה את הספר ראינו גם בכמה חנויות בישראל.

בי"מערב" מיום 8 ביולי 1982 הופיע תצלום שהופץ ע"י סוכנות החדשות "Associated Press" של ליקוי הירח המלא ב-6 ביולי השנה, בשלבים שונים מעל העיר ניו-יורק.

מעניין בכרכי "הכוכבים בחדשם" (או חוברות)  
מרדכי גנוט, רח' דמשק, 45, בני-ברק

אסטרונומיה ובולאות - ברצוני לארגן תערוכת בולים בנושאים אסטרונומיים ואסטרונומיים. חברים שבידיהם אוספים מתאימים יכתבו אלי תוך פירוט מתומצת על תוכנם. ומעניין לעניין באותו עניין: רומניה הוציאה בראשית השנה סידרה של 6 בולים לרגל התרכזות חלק מכוכבי הלכת במיגזר אחד של השמים, שעוררה, כידוע, את מפיצי הגוזמאות משנתם הרופפת. שם הסידרה - "Alinierea planetelor 1982" ("החייצנות כוכבי הלכת על קו ישר"), משקף עובדה זו, אולם מלבד זאת, הבולים בהחלט אסתטיים מאוד ומציגים נאמנה את כוכבי הלכת השונים ומערכות הירחים שלהם ביחס לשמש. נציין עוד, שפרט למבצעי החלל הרבים אשר זכו לתהודה בולאית רחבה בכל קצווי חבל, הוציאו מדינות רבות בולים במלאות 500 שנה להולדתו של קופרניקוס ב-1973, ו-400 שנה להולדתו של קפלר בסוף 1971. ליקוי החמה מ-30.6.73 מופיע על בוליהן של מדינות צפון-מרכז-אפריקניות רבות. ב-65-1964 הוציאו פולין, ר.ד. הגרמנית, צ'כוסלובקיה, בריה"מ ואחרות סדרות לרגל "השנה הבינלאומית של השמש השקטה". מצפי כוכבים שונים מופיעים על בולי המדינות בהן הם פועלים, כגון זה שבהר פאלומר (ארה"ב, 1948), מקסיקו 1942, יפאן 1978, בריה"מ 1958, ר.ד. הגרמנית ועוד. אכן, מי שמנסה לשלב שני תחביבים רב-גוניים, חינוכיים ומרחיבי אופקים מאין-כמוהם, טוב יעשה אם יבחר באסטרונומיה ובפילאטליה. נראה לנו, שבין חברי האגודה ישנם וודאי כמה שכבר עושים זאת ואולי יתרמו מפרי עטם (לא מן האוסף עצמו...) למדור קטן בנושא?

לא במפץ כי אם בקול ענות חלושה (NOT WITH A BANG BUT WITH A WHIMPER)

מאת: סון קווק (SUN KWOK)

תרגום: א. נעים

כוכבים אינם חיים לעד. מה קורה כשהם מזדקנים? משך שנות דור רווחה ההשקפה כי חייו של כוכב מסתיימים במחזה אלים, שפרטיו ועצמתו שונים ממקרה למקרה. לפי השקפה זו, לכוכבים שמסתם גדולה לפחות פי 1.4 מזו של השמש אורח חיים קצר ואלים וסופם להתפוצץ כסופרנובות המפזרות את חורבותיהן בגלקסיה כולה. כאשר חומר זה נמוג, כל שנותר - באתר המקורי -אם בכלל- הוא כוכב נויטרונים (אולי נבחין בו כבפולסאר) או אולי חור שחור.

עצמים מסיביים פחות, דוגמת השמש שלנו, מסיימים את חייהם באורח דרמטי פחות. עד לזמן האחרון האמינו כי גם עצמים אלה מסיימים את חייהם באופן חד, כאשר תחילה הם מתנפחים לממדי ענק מאדים ובולעים את כוכבי הלכת שבקרבתם, ואחר כך פולטים את שכבותיהם החיצוניות. הכוכב יוצר מצבת עצמו בצורת ערפילית פלנטרית הנוצרת לבסוף, עטרה זוהרת של חומר המתפשט ומחוויר לאיטו עד שהוא נעלם, תוך כמה עשרות אלפי שנים. הליבה החשופה מתכווצת בינתיים לננס לבן לוחט.

#### מה הופך לסופרנובה?

תפיסות אלו, באשר למות הכוכבים, היו פופולריות משך עשרות שנים, כפי שיגלה מבט חטוף בכמה ספרי יסוד. אולם יש צורך להתמודד עם כמה עובדות "לא נוחות". למשל, סופרנובות הינן נדירות למדי: רק בודדות מתרחשות בגלקסיה שלנו מדי מאה. עובדה זו עומדת בסתירה למספר הצפוי, שהינו גדול בהרבה אם כל כוכב שמסתו יותר מ- 1.4 מסות שמש אמור לעבור את שלב הסופרנובה. בעיה דומה קיימת עם פולסארים: צריכים להיות יותר פולסארים אם מותו של כל כוכב מסיבי גורם ליצירת פולסאר. גרוע עוד יותר הוא המצב בצביר בפלייאדות (1) המכיל ננס לבן. כוכב זה חייב היה לדעוך מכוכב מקורי שמסתו מעל ל-6 מסות שמש; אם מסתו של הכוכב המקורי היתה פחות מ-6 מסות-שמש, משמעות הדבר היא שהוא זקן יותר מן הצביר אליו הוא שייך.

מסתירות כאלה גברו הדיעות שהחפיסה המקובלת עשויה להיות מוטעית כאן. בשנים האחרונות גדל והולך מספר האסטרונומים שאימצו את ההשקפה לפיה רק כוכבים שמסתם עולה על 8 מסות שמש חווים את שלב הסופרנובה והופכים לכוכבי נויטרונים או לחורים שחורים. ייתכן גם שמותם של עצמים מסיביים פחות אינו כה חד כפי שסברו פעם. מעברם אל שלב הננס הלבן לאחר פליטתן של ערפיליות פלנטריות עשוי להיות תהליך הדרגתי וממושך. הגישה הטובה ביותר לגבי הסיבות למותו של כוכב היא לבחון את ה"חולה" ממש לפני מותו, מעין "ניתוח שלפני המוות" צנוע. דרך המחקר המתבצע על הענקים האדומים, האזרחים הנכבדים ביותר באוכלוסיית הכוכבים, צצו ועלו רעיונות חדשים בנושא. האירוע שגרם לשינוי כה ניכר בכיווני החשיבה היה גילוי רוחות כוכביות רדיאליות חזקות היוצאות מפני שטחם של הענקים האדומים. רוחות כאלה נחקרו לראשונה ב-1956 ע"י ארמין דויטש (2) תוך שימוש בספקטרא

של אלפא-הרקולט שנלקחו באור הנראה. הוא מצא כי גם כוכבים קרים זוהרים אחרים הציגו אותה התנהגות, אך רגישותם המוגבלת של המכשירים בהם השתמש מנעה הרחבת הסקר. משום כך לא היה ברור באותו זמן שרוחות כוכביות אפיינו את כל הענקים האדומים.

טכנולוגיה משופרת של תת-אדום וגלי-מיקרו בשנות ה-60 אפשרה ללמוד הרבה יותר על רוחות כאלה. אדוארד ניי ונוויל וולף (3) הבחינו בפליטה בתת-אדום מגרגרי אבק שהיו מעורבים בזרמי החומר שבאו מדוב הענקים האדומים שסקרו.

עצמת הקרינה של כוכבים אלה בתת-אדום ככלל גדולה בהרבה מעצמתם באור הנראה. קרינתם באורכי הגל הקצרים יותר נבלעת בגרגרי האבק הטובבים אותם, המתחממים כתוצאה מכך ופולטים את האנרגיה באורכי גל גדולים יותר. דוגמא אחת היא הכוכב cw אריה; זהו המקור החזק ביותר מחוץ למערכת השמש של קרינה באורך גל של 5 מיקרון, ועם זאת כמעט שלא ניתן להבחין בו בטלסקופים גדולים בחלק הנראה של הספקטרום. במקרים מסויימים הרוחות כה חזקות ומכילות כה הרבה חומר, שהן מסתירות מעינינו כליל את הכוכב באורכי גל של אור נראה.

בשנות ה-70 המוקדמות הובחנו קוי פליטה של פרודות, (בעיקר OH, H<sub>2</sub>O ו-CO) מכיוון ענקים אדומים זקנים. עד אמצע העשור כבר היתה הסכמה כוללת על כך שגם קרינה זו נובעת מרוחות כוכביות. תוך שימוש במכשירי צפיה חדשים אלה נמצא שכמעט לכל הענקים האדומים בדיסקת הגלקסיה יש רוחות כוכביות. סקרים בתחום התת-אדום ובגלי המיקרו של ה-OH גילו על-ענקים אדומים רבים בעלי קרינה חזקה, המוסתרים מעינינו בשל רוחותיהם הכוכביות המלאות אבק.

כמות החומר הנישאת מפני השטח של הכוכב ע"י רוחות אלה מוערכת כמסתם שמש אחת בכל 100,000 שנים - קצב גדול דיו כדי להסיר חלק ניכר ממסתו של הכוכב בחוף פחות ממליון שנים, פרק זמן קצר מאד בקנה מידה אסטרו-נומי. למעשה, חישובים מראים שקצבי פליטה אלה גדולים בהרבה מקצב צריכת החומר בליבת הכוכבים כחלק מתהליך הבעירה הגרעינית, שנחשב פעם כתהליך החשוב ביותר בכוכבים אלה.

אם נבחן את הגלקסיה כולה נמצא שהענקים האדומים ולא הסופרנובות הם ה"מזהמים" העיקריים של הגלקסיה, לפי קצבי פליטה אלו. הענקים האדומים מצויים בשלב התפתחותי מתקדם ויש בהם שכיחות גבוהה של יסודות כבדים, שהוכלאו בליבותיהם והובאו אל פני השטח ע"י קונווקציה. הרוח המשוחררת לכולם היא האמצעי העיקרי להעשרת הגלקסיה ביסודות הכבדים הנמצאים מלכתחילה בכוכבים מדורות מאוחרים יותר. הטיעונים בדבר רוחות מענקים אדומים מתועדים כיום היטב. תצפיות ב-co, ע"י גייליאן קנאפ (4) ועמיתים לעבודה, מצביעות על קיום עטרות גדולות, כזו המקיפה את הכוכב cw-אריה בעלת קוטר זויתי של 6 דקות קשת. ענן זה, שגדלו כחמי-שית מזה של הירח המלא (הכוונה, כמובן, לגודל זויתי) מתאים לגודל קווי בערך פי 1000 מכל מערכת השמשו העטרה מכילה לא פחות משתי מסות שמש של חומר. עם זאת, צפיפותו אינה אחידה אלא יורדת ככל שמרחקים

מן הכוכב. (הגם שרוח השמש שלנו דומה לענן זה מבחינה זו, היא חלשה פי מיליארד לערך ממנו, ואינה משחקת תפקיד משמעותי בהתפתחותה של השמש).

ההפרדה הגבוהה של המעריך הגדול (5) - של צלחות רדיו - איפשרה מדידה ישירה של תופעות דומות במקומות אחרים, בעוד שגלאים רגישים חדשים בהם השתמשו אנדרו ברנס (6) ואחרים במצפה הלאומי של קיטפיק בארה"ב איפשרו גילוי עטרה סביב אלפא-אוריון, בטלג'יז המשתרעת עד כדי 1.5 דקות קשת מן הכוכב. בעוד שאנו חייבים להסתמך עדיין על השיטות הבלתי-ישירות של ניתוח ספקטרולי כדי לחקור עצמים מרוחקים יותר, הרי ש"צילומים" ישירים אלה של עטרות כוכביות מאששים במידה ניכרת את הטיעונים הנוגעים לאבדן מסה מענקים אדומים.

### נגס לבן, כוכב נויטרונים או חור שחור?

הגם שעדיין שוררת מחלוקת לוחט באשר לגורמים ולהתפתחות של רוחות כוכביות, רוב העוסקים בשטח זה יסכימו ככל הנראה שקצב אבדן המסה גדל עם הגיל. יתירה מזו, נראה סביר שכוכב בעל מסה של כ-8 מסות שמש עשוי לרדת בדרך זו אל מתחת לגבול הקריטי של 1.4 מסות שמש, ולהפוך לנגס לבן לפני מותו. תקופה זו בחייו של כוכב היא לפיכך תחרות קשה בין בעירה גרעינית בליבתו לבין פליטת רוח כוכבית מפני שטחו. אם מצטבר כמות מספיקה של "אפר" מן הבעירה הגרעינית, עשויה להתרחש סופרנובה. ומצד שני - אם תסולק כמות מספיקה של דלק בטרם יגיע הכוכב אל המסה הקריטית (לאותו רגע בחייו) - לא תהיה התפוצצות אדירה.

מכיוון שמרבית הכוכבים בגלקסיה שלנו נוצרים עם מסות קטנות בהרבה מזו של 8 שמשות, פליטת חומר ע"י רוחות חזקות מענקים אדומים עושה סופרנובות (לפחות אלו מטיפוס II) לנדירות. אולי 5% מכל הכוכבים מסיימים את חייהם בדרך מרהיבה כזו, בעוד שרוב הכוכבים הופכים פשוט לנגסים לבנים. משמעות הדבר היא שייצורם של כוכבי נויטרונים, ובמיוחד חורים שחורים הרבה פחות יעיל ממה שהיה נהוג לחשוב עד כה.

### רוחות וערפיליות פלנטריות

גילויין של רוחות כוכביות חזקות מענקים אדומים הציג בעיות חדשות הנוגעות למוצאן של ערפיליות פלנטריות. משך זמן מה רווחה ההנחה כי ערפיליות פלנטריות נוצרות כתוצאה מהשלכת שכבותיו החיצוניות של ענק אדום באופן פתאומי. מסה טיפוסית לערפילית פלנטרית היא כעשירית מסת שמש, מסה קטנה בהשוואה לכמות החומר המועברת ע"י רוחות כוכביות. אילו נוצרה כל ערפילית פלנטרית מענק אדום, היה עליה להיות מוקפת עטרה של מסה רבה ובלתי-נראית, שנוצרה קודם לכן ע"י הרוח הכוכבית. שאלת הקשרים האפשריים בין שני מרכיבים אלה, הסובבים את הכוכב, הועלתה ב-1978 ע"י כריסטופר פרטון, מ. פים פיצ'גרלד, וסון קווק (7). מכיוון שמסתה של ערפילית פלנטרית היא כה נמוכה, היא יכולה להיווצר ע"י פיזור מחדש של החומר שנפלט במקור ע"י הרוח. האמצעי שהוצע כדי להשיג היערכות מחודשת זו עשוי להקרא תהליך "מפלסת השלג".

ענק אדום מורכב מליבה לוחטת וצפופה וממעטפת קרה ודלילה; ובעלי ההצעה טענו שהרוח ממשיכה "לנשוב" עד שהליבה נחשפת. כתוצאה מכך משחנה צבעו של הכוכב מאדום לעל-סגול, ושינוי זה מגביר את מהירות הרוח מכ-10 ק"מ שניה עד כ-1000 ק"מ/שנייה. רוח מהירה חדשה זו תחלוף דרך הרוח הישנה האיטית כמו מפלסת שלג, ותצבור חומר דחוס לאורך קו המפגש בין הרוחות.

פליטת אנרגיה חזקה מן האטומים, הנוצרת באיזור הצפוף, הופכת את החומר שנשחף לנראה לעין, בעוד שלחצים מבפנים ומבחוץ יוצרים "קליפה" עבה המופיעה לעינינו דמוית טבעת. בעלי הרעיון חיטבו שלאחר כמה אלפי שנים יהיו מהירות ההתפשטות, הגודל, הצפיפות והמסה של מערכת כזו דומות לאלו הנצפות עבור ערפילית פלנטרית טיפוסית. יש לשים לב לכך שבתיאוריה זו אין מסתה של הערפילית קבועה, אלא גדלה עם הזמן. מחקר שנעשה לאחרונה ע"י סטיוארט פוטאש (8) הראה שמסותיהן של ערפיליות אלה גדלות ביחס ישר לגידול בגדלן, דבר התואם את התיאוריה שהוצגה.

תיאוריות "מפלסת השלג" והפליטה הפתאומית שונות זו מזו בכך שהראשונה מנבאה מציאות חומר הן בתוך הערפילית הפלנטרית והן מחוץ לה. לפיכך ההבחנה בחומר כלה בעל בהירות פני שטח נמוכה היא חיונית עבור התמונה החדשה. התקדמויות שנעשו לאחרונה תבחנו רגישות מכשירי המדידה ותחום הספקטרום הנחקר, מאפשרות בחינה תצפיתית, ועטרות חיוורות אכן נמצאו סביב ערפיליות פלנטריות.

גלאים אופטיים בעלי תחום דינמי מורחב הופעלו ע"י קבוצת חוקרים באוניברסיטה של קולומביה הבריטית, וב"אימפריאל קולג' בלונדון, ובעזרתם נתגלו עטרות חיוורות שגדלן פי כמה מגודל הקליפה סביב הכוכב המרכזי בערפילית הפלנטרית NGC 7027. בנוסף, צפיות שנערכו עם לוויין המחקר I.U.E. (International Ultraviolet Explorer), ע"י שרה היפ (Sara Heap) ואחרים, מספקות עדויות לרוחות מהירות הנובעות מן הכוכבים המרכזיים של כמה ערפיליות פלנטריות. תוצאות אלה תומכות בהצעה שהפליטה אינה תופעה יחידה במידה ונדירה, אלא יכולה להיות מושפעת באופן דינמי ע"י רוחות כוכביות.

הגם שקיימת מידה רבה של ודאות באשר לחלקן של רוחות בהיווצרותן של ערפיליות פלנטריות, האם אנו יכולים להיות בטוחים שפליטה פתאומית של חומר אינה מתרחשת לעולם? כיום רווחת הדיעה שככל שכוכב מזדקן הוא נעשה חסר יציבות, פולט פולסים של אנרגיה משך זמן מה ולבסוף מתפרץ בדרך כלשהיא. ממהלך פליטת הפולסים (שלב זה נקרא "שלב מינה" (Mira Phase)), על שם הכוכב המשתנה המפורסם "מירה קטי", (0 בלוויתן), סבורים כי מחזור פליטת הפולסים מתארך עם הזמן.

פעם סברו כי חיו של כוכב כענק אדום מסתיימים בפליטה, אלימה מעט פחות עם מעט יותר, של חומר כאשר מחזור פליטת הפולסים מגיע לערך כלשהוא בין 400 ל-600 יום. מכל מקום, לאחרונה נתגלו משתני מירה בעלי מחזורים של 2000 יום, בעזרת הרדיו-טלסקופ שבדווינגלו (9) הולנד. כוכבים אלו היו בלתי ידועים לפניכן, מכיוון שהם יוצרים רוחות כה חזקות עד כי חקירתם באורכי הגל הנראים לעין הינה בלתי אפשרית כיום. קיומם של עצמים כאלה

מראה שגם לכוכבים שגילם מופלג יכולות להיות רוחות, ואפילו חזקות מאד, ועובדה זו פוגעת קשות בבטחון שהיה באשר ל"תסריט המוות הפתאומי".

### סיכום

הרעיונות הרווחים באשר לשלבים המאוחרים בחייו של כוכב עברו מהפיכה שקטה בעשור האחרון. כיום אנו יודעים שאבדן מסה הנובע מקיומן של רוחות חשוב לא פחות מבעירה גרעינית בכל הנוגע לבקרת התפתחותו של ענק אדום, ומספר הכוכבים ההופכים לסופרנובות נראה נמוך בהרבה ממה שהאמינו בעבר. רובם המכריע של הכוכבים שאינם מתים באורח קטסטרופלי עשויים לבוע במסלול פתוח אליהם אל שלב הערפילית הפלנטרית, מן המסלול שהאמינו פעם כי הם נעים בו. תהליכים אלימים באופן קיצוני, מושכים ככל שהם עשויים להיראות לחוקר, עשויים לפנות את מקומם בשל תצפיות חדשות.

שלא כחיילים וחקיקים, כוכבים זקנים אכן מתים. אולם, כמוהם, רובם עשויים פשוט להימוג בשקט.

### מושגים

#### סופרנובה

התפוצצות כוכב, המשמדה אותו לחלוטין, או מותירה ממנו רק שריד דחוס ביותר. במהלך ההתפוצצות עולה עוצמת הקרינה ממנו פי עשרות אלפים, ועל פי סוג האוכלוסיה אליה משתייך הכוכב, מחלקים את הסופרנובות 1 בחלוקה גסה ל-2: טיפוס 1, כוכבים זקנים (הנמנים עם אוכלוסיה 2 בגלקסיה), וטיפוס 2, כוכבים צעירים ומסיביים, הנמנים על אוכלוסיה 1 בגלקסיה.

#### כוכב נויטרונים

כוכב שצפיפותו כה גבוהה עד כי החלקיקים התת-אטומיים מאבדים בו את זהותם החשמלית, והופכים כולם לנויטרונים. למצב זה מגיע כוכב כתוצאה מקריסה אל תוך עצמו.

#### פולסאר

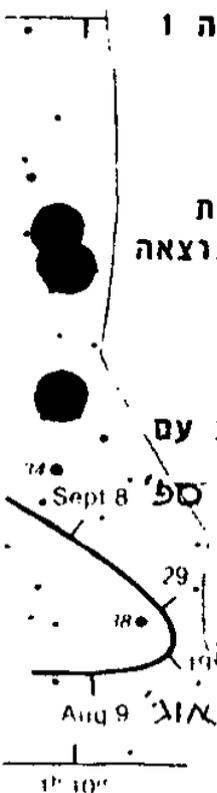
כוכב הפולט קרינה בפולסים, בעלי תדירות מחזור קבועה (הנוטה לרדת עם הזמן, אם כי בכמות מזערית בדרך כלל). סבורים שפולסאר הוא כוכב נויטרונים הסובב על צירו במהירות.

#### חור שחור

עצם המצוי בצפיפות כה גבוהה, עד כי מהירות ההימלטות מפניו גבוהה ממהירות האור, ולפיכך אינו מוציא כל קרינה שהיא.

#### ערפילית פלנטרית

ערפילית שצורתה עגלגלה, קטנה למדי (בגודל זויתי) ואשר במרכזה מצוי



כוכב שגרם להיווצרותה.

### ננס לבן

כוכב שהתכווץ לאחר ששרף את מלאי ה"דלק" הגרעיני שלו עד תום, אך אינו מסיבי מספיק בכדי לקרוס לכוכב נויטרונים או חור שחור - מסיים את חייו כגוף מכווץ הפולט את אנרגיית החום שלו אט-אט, עד שהוא מתקרר לגמרי. זה יהיה, כנראה, סופה של השמש שלנו.

### ענק אדום

כוכב זקן שלקראת סוף חייו התנפח לממדי ענק, וצבעו השתנה לאדום. סבורים שכל כוכב עובר שלב זה בסוף חייו.

### רוח כוכבית

תנועת חומר מכוכב, בצורת חלקיקים מהירים. גם לשמש רוח משלה, המשפיעה על ההשדות המגנטיות הסובבות את כדור הארץ.

### תת-אדום

קרינה שאורכי הגל שלה גדולים מאלה של האור הנראה. בדרך כלל קרינת תת-אדום היא פליטת חום, כמו בדוגמא שניתנה עם גרגרי האבק.

### קוי פליטה

כאשר מחממים חומרים שונים, הם פולטים ספקטרא מגוונים. בספקטרא אלה בולטים קוים מסוימים, המאפיינים את החומר שפלט אותם, ומהווים מעין "טביעת אצבעות" שלו. אלו קרויים קוי פליטה. אם החומר ניצב בדרכו של מקור קרינה אחר, הרי שבמקומות מסוימים בספקטרום של אותו מקור יהיו "קוי בליעה" - נקודות חשוכות כתוצאה מבליעת אנרגיה ע"י החומר שבין המקור לבינינו.

### קונוקציה

(הסעה) העברת חום (או אנרגיה מסוג אחר) ע"י תנועה של חומר (או איזור בתור גוף) בעל אנרגיה רבה לאיזור שהאנרגיה בו נמוכה יותר.

### קוטר זויתי

השמיים נתפסים בעינינו כקליפה כדורית. גודל זויתי הוא גודלו של עצם, כפי שהוא נראה מכדור הארץ על רקע כיפת השמיים. ככל שמרחק העצם מאתנו גדול יותר, כך גודל זויתי מסויים מסמל גודל ממשי גדול יותר ויותר.

### מערך גדול מאד

מערך צפוף של רדיו טלסקופים בדרום-מערב ארה"ב, שעבודתם המשולבת מניבה תוצאות מדויקות הרבה יותר מעבודתו של טלסקופ בודד.

שינוי צבע

תזוזה של התחום הספקטראלי בו נפלטת רוב האנרגיה מעצם מסוים. מעבר מאור נראה לאולטרא-סגול פירושו קרינה אנרגטית יותר, ולכן גם החלקיקים ה"נישאים" ע"י ה"רוח" יהיו אנרגטיים יותר, כלומר - מהירים יותר.

- 1) Pleiades 2) Armin Deutsch 3) Neville Woolf, Edward Ney  
 4) Gillian Knapp 5) Very Large Array 6) Andrew Bernati  
 7) Christopher Purton, M. Pim Fitzgerald, Sun Kwok  
 8) Stuart Potash 9) Dwingeloo

תרגם גלעד ליפשיץ

המוזר בכוכבי מירה

R דלי הוא משתנה מסוג מירה בעל תנועות מיוחדות. זהו הכוכב היחיד מסוג מירה שמלווה ע"י שותף כחול ומקושר עם ערפילית מתפשטת בת 600 שנה. במשך מאה שנה, מאז גילויו ב-1841 עד לשנות ה-20 המאוחרות של המאה העשרים, R דלי התנהג כמו כל כוכב מירה טפוסי. משתנה בארבע או חמש מגניטיודות במשך שנה. ואז במשך שמונה שנים, המקסימום שלו פחת בשתי מגניטיודות והאמפליטיודה של אורו קטנה בשני שלישי.

מאז 1974 המקסימום של R דלי עמום. שלושה אסטרונומים אמריקאים הגיעו למסקנה שהפחתה במקסימום היא כתוצאה מליקוי המערכת ע"י ענן גז מסביב לשותפו הכחול. משך הליקוי הוא 8 שנים והם קורים במרוח זמן של 44 שנה.

לפי לי אן וילסן (1) ושותפיה הליקוי הנוכחי צריך להסתיים, אף כי יתכן שתצפיות ב-1981 וב-1982 עשויות להראות הפרעות של חומרים. הם מצפים שגרף האור של R דלי יחזור לנורמלי באמצע 1982. הליקוי הבא יתחיל ב-2018 ויגמר ב-2026.

מתוך: (1) Lee Anne Willson Sky and Telescope, August 1981

שני מקורות x בעייתיים תרגם א. נעים S & T, 5-6/82

שני מקורות x שנתגלו בקרבת סיריוס הינם קשים לזיהוי עם עצמים אופטיים כלשהם, בשל בהירותו הרבה של סיריוס. המקור הרחוק יותר מסיריוס, כ-9 דקות קשת מדרום לו, קרוי 1648 - E0643.0, וכעת הוא זוהה עם משתנה מתפרץ (1). המקור השני, 1640.8 - E064301, שוכן רק שתי דקות קשת דרום-מזרחה לסיריוס וזיהויו האופטי היווה בעיה קשה הרבה יותר. ו.א. פיבלמן (2) ממרכז טיסות החלל ע"ש גודארד, דיווח על מועמד לזיהוי האופטי בגליון ה-365 של חוזר האיגוד האסטרונומי הבינלאומי (3). הדמות האופטית היא בעלת בהירות 13 בערך, והיא העצם הכוכבי היחיד הבהיר מ- $16^M$ , המצוי בריבוע שצלעו היא שתי דקות קשת, ואשר עצם זה מצוי במרכזו.

הזיהוי הארעי נעשה על צילומים שנעשו לפני שנים בעזרת רפראקטור-ת'או (4) בן 30 האינץ', במצפה אלגני (5) תוך שימוש בטכניקות לא מקובלות, כדי להפחית מזהרו המשנוור של סיריוס. המקור הובחן בלוח צילום שהוכן

ב-1964.1.4. כתריסר צילומים של האיזור נעשו בין 1960 ל-1964 תוך שימוש בטכניקות המיוחדות שהוזכרו. לרוץ המזל, רק במקרה אחד ניתן להעריך את בהירות העצם, כך שאין כל מידע על שינויי בהירות אפשריים שלו. בשל קרבתו לסיריוס, תצפיות ספקטרוסקופיות תהיינה קשות ביותר.

- |                         |        |              |
|-------------------------|--------|--------------|
| 1) Cataclysmic variable | 3) IAU | 4) Thaw      |
| 2) W.A. Feibelman       |        | 5) Allegheny |

The Anthropic Principle. מאת ג'ורג' גייל  
by George GALE. תרגום: יובל צדוק

Scientific American, Dec. 1981

תנאי הסביבה כטמפרטורה, השוררת נותנים הסבר להווצרות החיים על פני כדור הארץ. עקרון האנתרופיה טוען להיפוכו של דבר: נוכחות החיים היא נקודת מוצא אפשרית להסברת התנאים.

כדור הארץ הינו מקום מסביר פנים ביותר ליצור האנושי. יש בו שפע רב של מים ובטמפרטורה הממוצעת המים במצב צבירה נוזלי. בהתבסס על המקור האבולוציוני של החיים, יש להתפלא אך מעט על עובדות אלה; לו היה כדור הארץ קר ויבש כדוגמת מאדים, או אם היה בעל אטמוספירה גזית צורבת כדוגמת נגה, הרי שיצורים נבונים כלל לא היו מתפתחים עליו. מעבר לזאת נראה תמוה למדי לטעון כי הימצאות חיים על פני כדור הארץ יכולים לתת "הסבר" לתחום הטמפרטורות הנע בין נקודות הקפאון והרתיחה של המים. מקובל יותר ההיפך מכך, כלומר שהחיים התפתחו על פני כדור הארץ הודות לנסיבות סיבתיות מסייעות.

למרות שמבט ראשון הסיבתיות של המאורעות יכולה להראות הפוכה, הרעיון כי המצאות חיים נבונים טומנת בחובה מקור להסברים הוצג לאחרונה בפני מדע הקוסמולוגיה; מדע שמשימתו היא הבנת תולדות היקום כולו, ולא רק של כוכב לכת בודד. נקל עלינו לדמיין יקום שונה לחלוטין מזה שבו אנו חיים. שינוי ערכיהם של קבועים פיסיקליים מסויימים למשל יכול לאפשר יקום שבו לא נוצרים לעולם יסודות הכבדים מהליום או בו כל הכוכבים הינם גדולים, חמים וקצרי ימים. ברוב ה"יצירות מחדש" ההפותטיות הללו של היקום אין כל סבירות לגלות אי פעם השתלשלות אירועים שתוביל להיווצרות צורת חיים אנטולוגנטית. עצם קיומם של חיים נבונים ביקום מציבה אילוצים בפני מגוון הדרכים האפשריות בהן יכל היקום להיווצר, ובפני חוקי הפיסיקה שהכתיבו את התפתחותו. במלים אחרות, היקום הינו בעל תכונות כפי שהן נצפות כיום כיוון שאילו מאפייניו הקדומים היו שונים בהרבה, לא היינו מצויים כאן כעת כצופים. העקרון המנחה שיטה זו של אנליזה קוסמולוגית זכה לשם עקרון אנתרופי, שמקורו במילה היוונית אנתרופוס = אדם (1).

שיטת ההיקשים הנעוצה בעקרון האנתרופי שונה בתכלית מהשיטה הדדוקטיבית אשר זה זמן רב מאפיינת חלק גדול מהחשיבה המדעית. תאוריה דדוקטיבית פותחה בבחירת תנאי החחלה של מערכת פיסיקלית וחוקי הטבע הנוגעים להם;

התיאוריה אז מנבאת את המצבים העתידיים - העוקבים של המערכת. לדוגמא, האדם יכול להסיק על התנאים הנוכחיים של כדור הארץ באמצעות בדיקה גודל התחלתי, מסה והרכב כימי של הערפילית ממנה נוצרה מערכת השמש, ואז לעקוב אחר התפתחות השמש וכוכבי הלכת תחת פעולת חוקים פיסיקליים הקובעים כוחות כבידה, תגובות גרעיניות וכן הלאה. העקרון האנתרופי היה בדיוק זה שלשכמותו שוועה הקוסמולוגיה לעזרה, משום שבשטח כזה לא ניתן ליישם את השיטה הדדוקטיבית. תנאי ההתחלה של היקום אינם ידועים, ואף חוקי הפיסיקה שפעלו בשלבי בראשית ההיוליים בתולדות היקום אינם ודאיים; ייתכן אף שמקור חוקי הפיסיקה עצמם נעוץ בתנאי ההתחלה של היקום. ואכן, יתכן שהאלוץ היחידי שניתן להציב בפני תיאוריה הבונה תנאי התחלה כלשהם של היקום בצרוף חוקי פיסיקה נלווים הינו הדרישה שלבסוף יתרמו תנאים וחוקים אלה ליצירת יקום מאוכלס.

במיעוטו, מציג העקרון האנתרופי קשרים בין קיום האדם להיבטי הפיסיקה שניתן לראותם כבאים לביטויי בביולוגיה. בכללותו, יכול העקרון לחשוף רעיון כי היקום בו אנו חיים הינו היחיד האפשרי המתיר קיום חיים. מן הראוי מכל מקום, להוסיף, שאין כל הקוסמולוגים והפילוסופים של המדע תמימי דעים בנוגע לייעילות העקרון האנתרופי, או אפילו לחקיפותו. להלן כמה דרכים שבהן יושם העקרון והקורא ישפוט בעצמו.

העקרון המנחה חלק נרחב מהקוסמולוגיה המודרנית נקרא העקרון הקופר-ניקאי. ניתן לעקוב בהסטוריה אחרי מקור הצהרתו של ניקולאיוס קופרניקוס (2) - 1543 כי כדור הארץ אינו מרכז היקום. הרחבת העקרון בלבדו המודרני מיוחסת להרמן בונדי (3) מאוניברסיטת קיימברידג' בשנת 1948. העקרון גורס כי אין מצבו של הצופי האנושי מועדף או מיוחד, מכל מצב אחר כלשהו; בשל כך תצפיות קוסמולוגיות אינן תקפות אך ורק לכדור הארץ או מערכת השמש אלא גם לחלקים מרוחקים של היקום. העקרון הקופרניקאי והגחות דומות לו הינן בעלות אופי מתודי הכרחי בקוסמולוגיה; ללא עקרון זה, היו ממצאים קוסמולוגיים ברי ביטול באמתלה שהינם בעלי צביון מיוחד הנובע ממבנה פיסיקלי המיוחד לרסיס היקום שבו יושבים הצופים האנושיים.

הכללה של העקרון הקופרניקאי מופיעה בעקרון הקוסמולוגי. עקרון זה מחזיק כי לא רק שאין מעמדה של מערכת השמש חסר עדיפות ביקום, אלא, אף יותר מכך, אין שום מקום ביקום שהינו בעל עדיפות על פני מקום אחר. כאן במפורש כרוכה ההנחה כי היקום הינו אחיד ככל שהדבר נוגע לסדרי גודל עצומים, לבד מאי סדירויות מקומיות כגון גלקסיות, הרי כל חלקי היקום זהים בדיוק. המחשבה על מבנה הומוגני מפתה בהחלט (בהעדר כל ראייה סותרת), משום שזהו המבנה הפשוט ביותר האפשרי. תחת הנחה מתו-דולוגית זו, כדור הארץ תופס מקום טיפוסי ביקום.

מקור עדויות רבות לעקרון הקוסמולוגי הינו עקרון שכפול מרבית הניסויים המדעיים, גם כאשר ניסוי כגון זה של מדידת מהירות האור חוזר ונשנה באותה מעבדה, עדיין אין זה נעשה לא באותם זמנים וגם לא באותן נקודות במרחב (בשל תנועת כדור הארץ במהלך הזמן). מזהות התוצאות בנסויים נפרדים בזמן ובמרחב, נראה כי מיקום כדור הארץ בזמן הניסוי

ובמרחב אינו משפיע על הניסוי. מכל מקום, עדות כזו הינה פחות משכנעת כיוון שמסקנות קוסמולוגיות, מטבען, חובקות תחומי חלל/זמן גדולים לאין ערוך מאלה שעובר כדור הארץ.

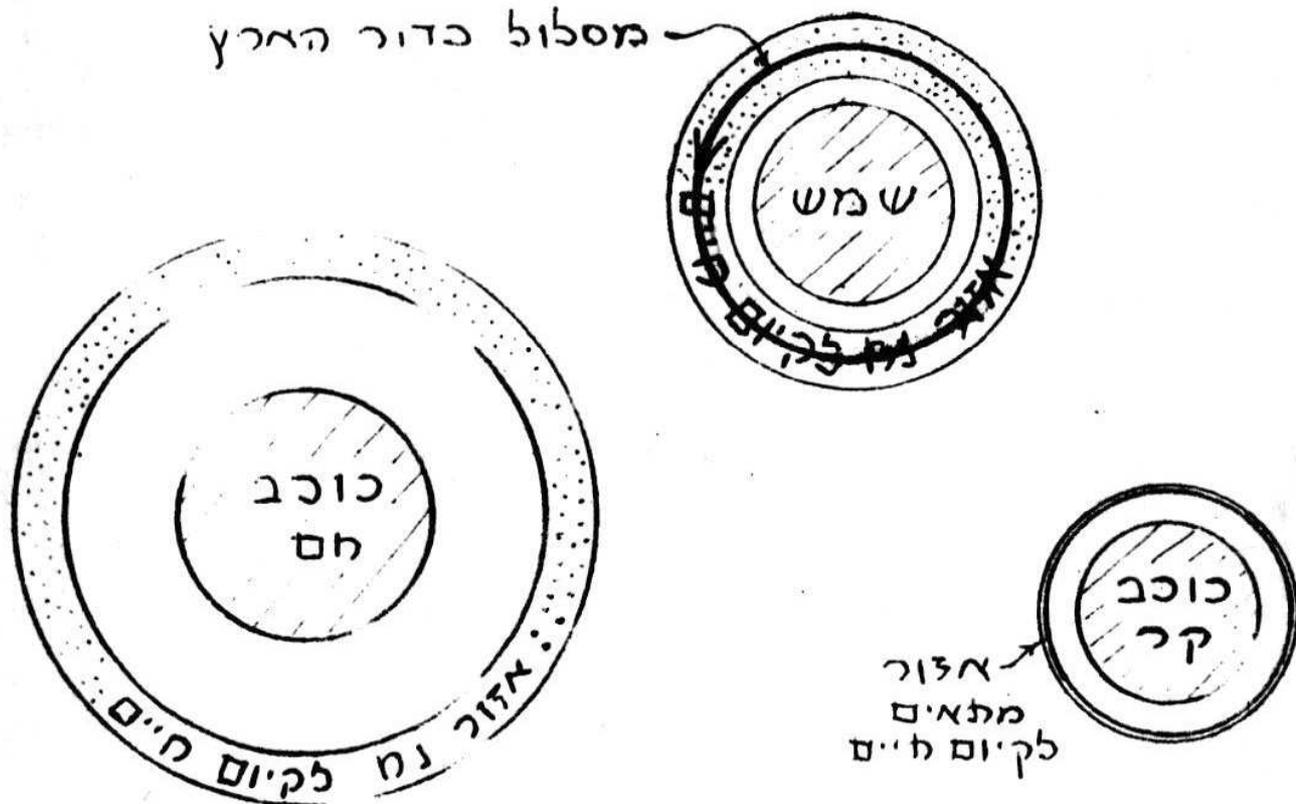
בונדי ותומס גולד מאוני' קורנל (4) הציעו הנחה כללית אף יותר שכונתה "העקרון הקוסמולוגי השלם" (5). העקרון מצהיר כי לבד מאי סדירויות מקומיות, היקום אחיד בזמן ובמרחב גם יחד, כך שצופה יראה אותו מבנה בתחום הסקאלות הגדולות מכל נקודה במרחק ובכל תקופה שהיא בזמן. העקרון הקוסמולוגי השלם הינו אבן בנין יסודית למודל המצב היציב, אשר בניסוחו המקורי טען ליקום אחיד לחלוטין בזמן ובמרחב. כדי להתמודד בעדויות הנסיוניות להתפשטות היקום, מניח מודל זה התהוות בלתי פוסקת של חומר. מודל זה הוזנח בחלקו הגדול מעת שהוצע ויחד עמו הוזנח העקרון הקוסמולוגי השלם, עקב אבחון קרינת רקע קוסמית (גלי מיקרו) בשנת 1965. קרינת הרקע מוסברת כשאריות של פעולות שלב מוקדם בהתפתחות היקום, כאשר היה זה דחוס החם יותר מאשר כיום. בזמן שקרינת הרקע הקוסמית מוציאה מכלל חשבון אחידות היקום על פני זמן היא גם מספקת עדות מתחרה לאחידות היקום במימדים גדולים; שכן הקרינה הנצפית היא איזוטרופית - כלומר, היא באה מכל הכיוונים בחלל באותה עצמה עד כדי שינויים בגבול של אלפית. בשל כך, אופי הקרינה הבאה ממרחבי החלל תומכת בעקרון הקוסמולוגי אך לא בעקרון הקוסמולוגי השלם.

ההתפשטות הנצפית של היקום גם היא מתישבת עם העקרון הקוסמולוגי. להתפשטות היקום לא קיים כל מרכז: צופה בכל גלקסיה יראה את שאר הגלקסיות המרוחקות ממנו - נעות ממנו והלאה. ככל שגלקסיה רחוקה יותר, כך גדלה מהירות הבריחה שלה ממנו. עבור גלקסיות באותו מרחק, מהירויות הבריחה נמצאות זהות בתחום שגיאה של אלפית ואף פחות מכך.

קרינת הרקע הקוסמית, בריחת הגלקסיות המרוחקות והעקרון הקוסמולוגי, כולן מרכיבים במודל המפץ הגדול (6) אשר מיחס את הקור היקום לנקודה חסרת מימדים בעלת צפיפות אין-סופית. מקור כזה ליקום הוצע לאור ניסוי מחשבתי ההופך את כיוון המהירויות הוקטוריות של הגלקסיות מזה הנצפה היום: בעזרת אקסטרפולציה אחורנית בזמן מסתבר כי הגלקסיות תפגשנה בנקודה. מאחר והיקום מתפשט מאז רגע המפץ הגדול, ניתן להעריך את גילו מתוך מאפייני ההתפשטות. אם מהירויות הבריחה בין הגלקסיות לא השתנו משך הזמן, ישווה גיל היקום למנת המרחק בין הגלקסיות מחולק במהירותן זו ביחס לזו. גיל הפותטי זה מכונה זמן האבל על שם אדווין פ. האבל (7) שגילה ב-1923 את היחס בין מרחק למהירות בריחה.

למעשה, סביר כי מהירויות הבריחה השתנו, אף כי לא ברור בכמה. גורם אפשרי אחד לכך היא המשיכה הכבידתית בין כל הגלקסיות שתורמת להאטת התפשטות היקום. השינוי בקצב ההתפשטות משך התקופה מאז המפץ הגדול קובעת באם היקום "פתוח" או "סגור". יקום פתוח יתפשט לנצח. ביקום סגור תבלם לבסוף ההתפשטות, ותתחיל התכווצות שתסתיים בקריסה (8). אם היקום פתוח בקצב ההתפשטות הנוכחי נקבל הערכת גיל עבורו של כ-20 מיליארד שנים, יקום סגור בקצב התפשטות נוכחי מביא להערכה של כ-13 מיליארד שנים.

מסלול כדור הארץ



מערכות כוכבים המאירות פנים להתפתחות חיים: בין אלה המערכות מובנים כוכבים היוצרים מידת חום בתחום מסוים בחלל שבו טווח הטמפרטורות מתאים למים נוזליים (בתנאים סטנדרטיים). בציר מוצג טווח סוגי הכוכבים האפשרי לקיום חיים סביבם, מהחם דרך השמש ועד הקר שבהם. (קנה המידה אינו זהה לשלושתם). הערכים הקיצוניים לקביעת גבול גדלו של כוכב שסביבו ישנם חיים נובע מתכונות שונות של מערכות שמש. כוכב גדול ובהיר יותר יוכל ליצור סביבה נוחה לחיים אבל המצב בו הוא יסאר יציב לא ימשך זמן מספיק לאפשר התפתחות חיים. כוכב קטן ואפל יותר גם הוא ייצור סביבה בעלת טמפרטורות נוחות אבל הלויין יהיה קרוב מדי לכוכב, וכוחות הגאות על הלויין יגרמו לעצירת סבובו וייווצר הפרש טמפרטורות עצום בין החלק המואר לחלק החשוך כאשר בשלב מאוחר יותר תקפא האטמוספירה בצד החשוך ותמלט כתוצאה מהתחממותה בצד המואר. החיים התפתחו על פני כדור הארץ הודות לנסיבות ששיכנו אותו בתחום בו ניתן לקיים חיים. עקרון האנתרופיה טוען לדבר ההפוך, מציאות החיים על פני כדור הארץ מסבירים מדוע הטמפרטורה וכוכב הלכת היא בתחום בו המים נוזליים. נותר להמתין ולראות אם יזכה העקרון האנתרופי להיות מקובל על הקוסמולוגים.

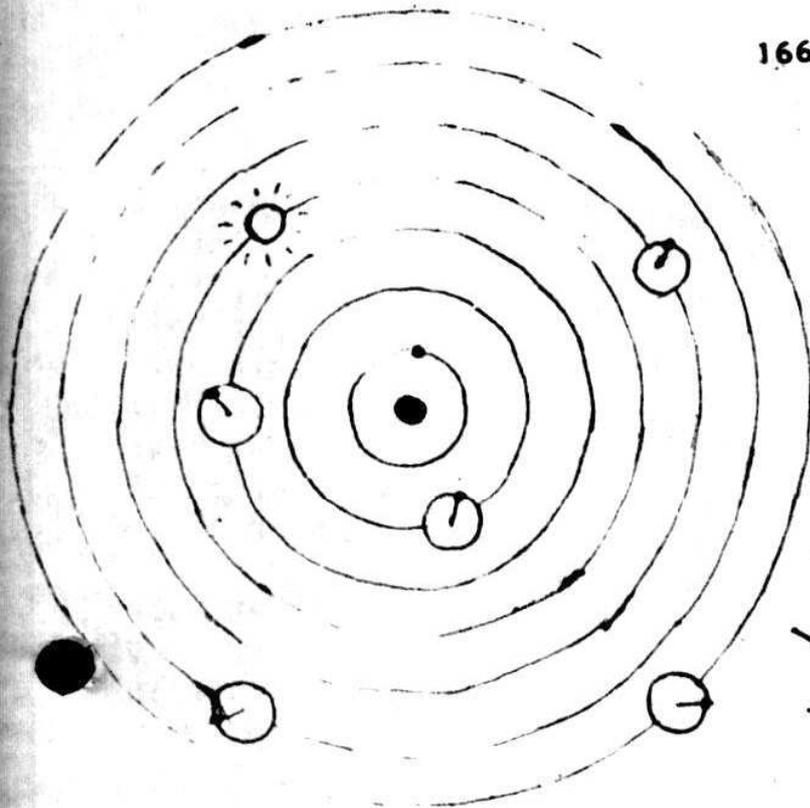
העקרון האנתרופי הוצג לראשונה על ידי רוברט ה. דיק (9) מאוני' פרינסטון (9) בשנת 1961; זאת בעקבות ניתוח עבודה מאת דיראק (10) שלושים שנה לפני כן. דיראק היפנה תשומת לב ליחסים מספריים מסקרנים בין מספרים מתמטיים חסרי מימדים התופסים מקום של כבוד בפיסיקה ובאסטרופיסיקה. מספר חסר מימדים הוא כזה המשולל יחידות מדידה הקשורות בו, כך שערכו זהה בכל מערכת יחידות שהיא. דיראק התייחס לא לערכם המדויק של המספרים אלא לסדר הגודל שלהם - חזקות של 10 המייצגות באופן המקורב ביותר את רכזו של המספר. הוא גילה מספר בתונים שבהם סדר גודל החזקה הוא  $10^{40}$ .

שלושה מספרים הופיעו באופן קבוע בעבודתו של דיראך: כח, זמן ומסה. הכמות הראשונה היא צורה חסרת מימדים של צימוד קבועים כבידתיים, שהינה ביטוי לכח הכבידה; ערכו הוא כ- $10^{-40}$ . המספר השני הינו גיל היקום ביחידות אטומיות חסרי מימדים: דיראך הגדיר זאת כיחס בין גיל האבל למשך הזמן הדרוש למעבר קרן אור מרחק השווה לרדיוס הפרוטון. היחס בסדר גודל של  $10^{40}$ . (מאחר ועיקר עניינו של דיראך היה רק סדר גודל, הרי שגיל האבל והערכות אחרות לגיל היקום נותנות בסופו של דבר אותה תוצאה). הכמות השלישית היא מספר החלקיקים בעלי מסה (כגון פרוטונים וניטרונים) המצויים בתחום הראיה שלנו ביקום. המספר הוערך כ- $10^{80}$ . דיראך ציין שלושה יחסים של סדרי גודל בין הכמויות הללו. ראשית, קבוע הצימוד הכבידתי הינו ההפוך של גיל היקום ביחידות אטומיות, שנית, מספר החלקיקים המסיביים הינו ריבוע גיל היקום ביחידות אטומיות. שלישית, קבוע הצימוד הכבידתי הינו הפוך השורש הריבועי של מספר החלקיקים המאסיביים. דיראך חשב את היחסים המספריים מדהימים מכדי להתייחס אליהם בביטול כאקראיים. הוא מצא אותם רמז לקשר סיבתי לא ידוע.

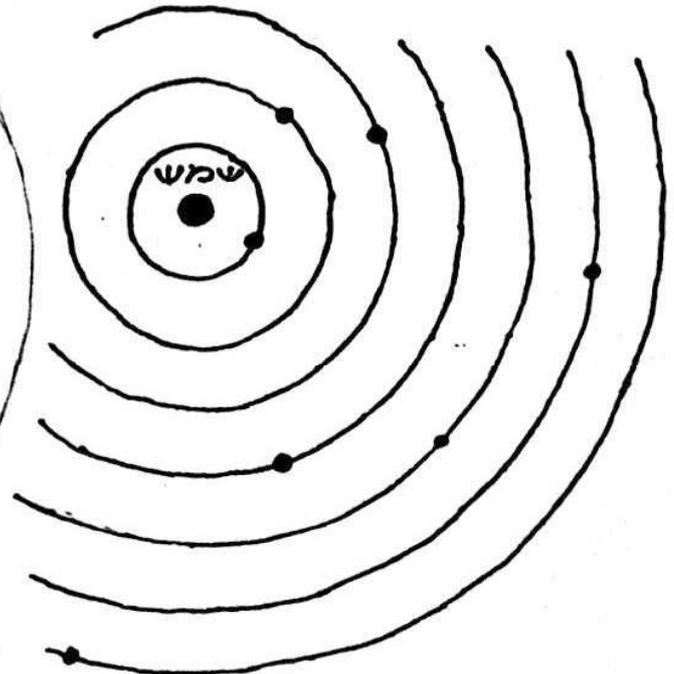
טענה פסקנית אחת כנגד דיראך מוצאת כי גיל היקום גדל כל הזמן ללא עוררין. כתוצאה מכך היחסים בין המספרים צריכים להשתנות באופן רציף. וזוהי אך מקריות יוצאת מן הכלל ליחס המקרי זה לזה של המספרים בימינו. דיראך דחה טענה זו באמרו כי קבוע הצימוד הכבידתי ומספר החלקיקים המאסיביים גם הוא משתנה עם הזמן באופן כזה שסדר גודל היחסים נשאר תקף משך כל זמן קיומו של היקום. באופן כזה יתכן וכוח הכבידה נחלש ביחס הפוך לזמן, ומספר החלקיקים חייב לגדול בהתאם ביחס ישר לריבוע הזמן. כללית, לא התקבל ניתוח זה בהתלהבות יתרה. דיק לעומת זאת הקדיש תשומת לב מרובה לנושא. להצעתו, קיים קשר סיבתי בין קבוע הצימוד הכבידתי ומספר החלקיקים המסיביים לבין עקרון שבוטא לראשונה על ידי ארנסט מאך (11). מאך הציע כי המסה האינרציאלית של חלקיק נקבעת כתוצאה מהאינטראקציה הכבידתית שלו עם כל חומר כולל המרוחק ביותר ביקום. (נקודת המוצא אז מקובלת היתה כי המסה האינרציאלית היא תכונה של חלקיק - תכונה עצמית שאין בה ולא כלום עם סביבתו). לפי עקרון מאך, דעיכת כח הכבידה קשורה לכמות העצומה של חומר מרוחק הקיים ביקום. אם מקבלים את העקרון, אין זה מפליא שיימצא יחס מספרי איזה שהוא בין קבוע הצימוד הכבידתי למספר החלקיקים המאסיביים שהוא מצידו מדד לכמות החומר ביקום.

אין זה ברור, מכל מקום, מדוע קבוע הצימוד ומספר החלקיקים המסיביים צריכים להתקשר לגיל האבל. אדרבא, אם בכלל תקף עקרון מאך, הרי הוא תקף בהכרח בכל העידנים בתולדות היקום, כאשר סדרי הגודל היחסיים יתקבלו כפי שהם רק בעידן הנוכחי; גם אז האדם הופיע כאילו ברגע מועדף בזמן. דבר שאינו סביר כל כך.

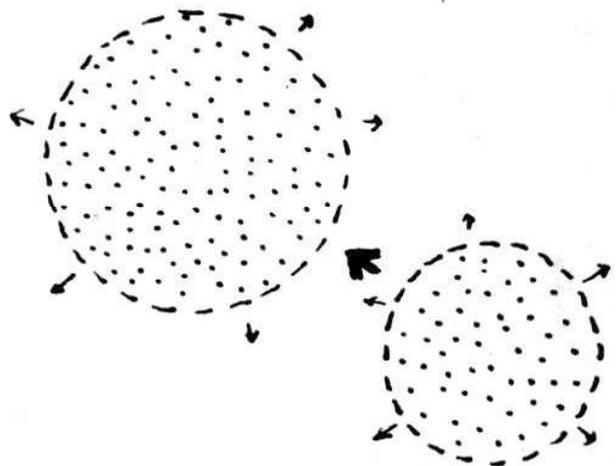
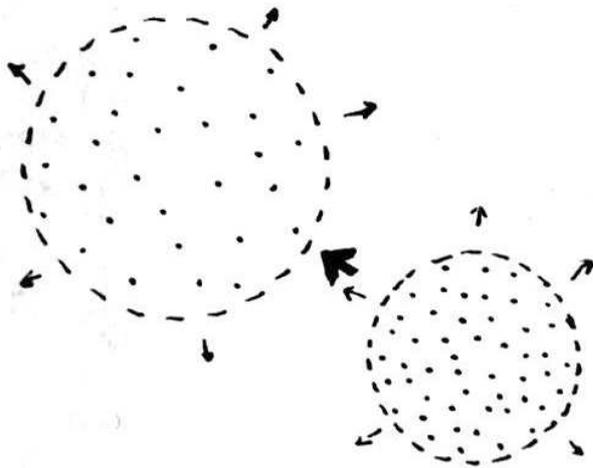
מודלים של היקום, כפי שפותחו בזמנים שונים במהלך 2000 השנים האחרונות, מתוארים להלן בסדר סימטרי עולה. במערכת פתולומאי מהמאה השנייה לספירה הונח כדור הארץ במרכז היקום ושאר גרמי השמים סובבים סביבו. ב-1543 הציע נקולאוס קופרניקוס את השמש כמרכז היקום במקום כדור



מערכת פתולומאית;



מערכת קופרניקאית;



עקרון קוסמולוגי שלם; עקרון קוסמולוגי;

הארץ. במאה העשרים נזנח כל רעיון שהוא אודות מרכז כלשהו ביקום לאור גילוי התפשטות אחידה של היקום בכל הכיוונים. העקרון הקוסמולוגי גורס שהמבנים גדולי המידות ביקום יופיעו כזהים לכל צופה בכל גלקסיה המביט בכיוון כלשהו. הדיאגרמה הסכמטית של העקרון הקוסמולוגי מראה את התפשטות היקום בשני זמנים וכל נקודה מייצגת גלקסיה; מכל הגלקסיה שנבחר תמיד תתרחקנה ממנה האחרות; עם התפשטות היקום, המרחק בין הגלקסיות גדל אבל בפזורים ההנדסי לא חל שינוי. העקרון הקוסמו-לוגי השלם מציג יקום סימטרי אף יותר מקודמו: היחידות גדלי-המידות הן זהות לא רק מנקודות שונות בחלל אלא גם מנקודות שונות בזמן. בגרסת העקרון הקוסמולוגי השלם המוצגת כאן אכן מתפשט היקום אך גלקסיות חדשות נוצרות כל הזמן במהירות שדי בה לשמור על צפיפות קבועה. כיום נזנח העקרון האחרון לרוב. העקרון האנתרופי, שאינו מתואר בדיאגרמות, גורס שכדור הארץ הינו בחזקת מקום מועדף ביקום. וזאת, כיון שנוכחים עליו חיים אינטליגנטיים.

תשובתו של דיראק להתנגדות זו היתה כי גיל האבל מעוגן היטב באילוצים הנוגעים לתנאי התפתחותו של האדם. תנאי הכרחי אחד הוא שהיקום צריך להיות זקן דיו להותיר זמן ליצירת יסודות כבדים ממימן כיון שכדבריו "ידוע היטב שדרוש פחתן לשם יצירת פיסיקאים". יסודות כבדים נוצרים בתוככי כוכבים ומשחררים לחלל במהלך התפוצצות כוכב כסופר-נובה. גיל האבל ליקום מאוכלס לכן אינו יכול להיות נמוך מגילו של הכוכב קצר החיים ביותר. מצד שני, אילו היה גיל האבל גדול הרבה יותר מזמן החיים של כוכב טיפוסי, מרבית הכוכבים שיכלו לתרום ליצירת סביבה אוהדת להיווצרות חיים על לויניהם היו נכחדים ומתים זה מכבר. משום כך, סיכס דיק, גיל האבל שווה באופן גס למשך חיי כוכב טיפוסי. החידוש של טענת דיק דורשת בחינה קרובה. בהנחנן עובדת קיומו של האדם, כך הוא טוען, אין גיל האבל יכול לקבל ערך שונה בהרבה מזה שנקבע עבורו; ולכן היחסים המספריים של דיראק הינם מקובלים לא לכל יקום מתפתח אפשרי שהוא (שבו גיל האבל יכול לקבל ערכים שונים) אלא רק ליקום הנצפה על ידי פיסיקאים כיום.

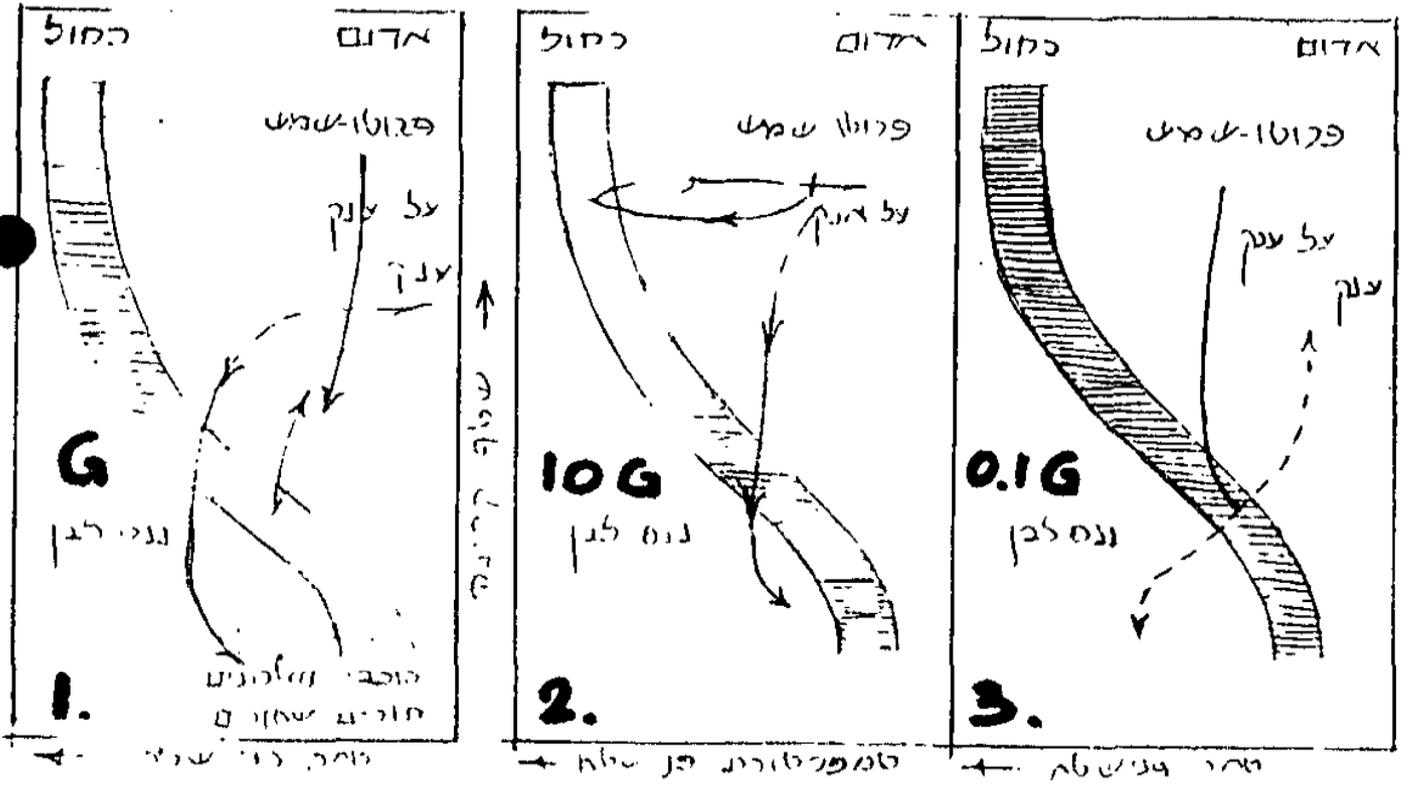
אחת מנקודות המבט המפתות ביותר במהלך סקירת פיתוחיו של דיק היא ההמחשה הבולטת לעין כי ערכו של גיל האבל אינו שרירותי. שלילת השרי-רותיות של הסברים במדע היא מטרה ארוכת יומן ומהיבט זה אין עבודתו של דיק יוצאת דופן; יחד עם זאת, הגורם שמבדיל בינה לאחרות היא השיטה או הלוגיקה של הטענות. באופן כללי נשללת שרירותיות על ידי סברה כי ניתן לחזות תופעה או שניתן להסיק תיאוריה מערכים יסודיים יותר. אולם, הטכניקה שנקט בה דיק שונה לחלוטין.

הגיון דדוקטיבי בעל אופי תחזיתי מתפתח לתוצאה כלשהי מהנחות יסוד; על העמיד מקישים מן העבר. הטענה המובאת כאן של דיק נעשית בכיוון ההפוך. דיק מציע לקחת תנאים מהווה (קיום האדם) כהסבר לתופעה שמקורה בעבר (גיל היקום). באופן ברור אי אפשר להתיחס להכרזתו כאל תחזית, כיון שאז היה זה חיזוי של העבר על בסיס עתיד של אותו העבר עצמו. קוסמולוגים פנו לכיוון העקרון האנתרופי כיון שקשה ליישם חיזויים לוגיים עבור היקום הצעיר. הסבר דדוקטיבי בנקוסמולוגיה, יצביע קרוב לודאי על כיוון התפתחות של מרכיבים שונים ביקום, כגון החלוקה של חומר או ערך קבוע הצימוד הכבידתי, בכך שאינם שרירותיים אלא תוצאה של עקרון בסיסי לא ידוע. הסבר כזה קשה לספק משום שהדבר דורש ידיעת תנאי ההתחלה של היקום.

גודל נצפה מסוים של היקום הדורש הסבר הינו האיזוטרופיה (אחידות לכל כיוון) של היקום. קולינס והוקינג (12) מאוני קיימברידג' מצאו כי במודלים קיימים של היקום רק מספר מצומצם של תנאי התחלה מתוך רבים אפשריים יכלו להוביל לאיזוטרופיה הנצפית כיום. כל תיאוריה שבה האיזוטרופיה היא פועל יוצא או חזויה, חייבת להתחיל בהנחת תנאי התחלה מסוימים. קולינס והוקינג מצאו סיבה זו בלתי מספקת כיון שאין בה כל סיבה עקרונית מנומקת לכך שהיקום הינו כפי שאנו רואים אותו כיום ולא אחר. מה שדרוש הינו אילוץ קודם אשר יסביר מדוע היו תנאי ההתחלה חייבים להיות בין המעטים שהובילו לאיזוטרופיה. הצורך בקבוע קדום יותר של תנאי ההתחלה עבור היקום הוא מכל מקום כמעט בלתי נמנע. חוקרים

פנו בשל כך אל העקרון האנתרופי אשר מגביל את משפחת תנאי ההתחלה על ידי מאלץ שאינו קודם לתנאי ההתחלה אלא מאלץ שלאחר מעשה.

אחד היישומים רבי ההשפעה של העקרון האנתרופי ולוגיקה שאינה בנויה על בסיס חזוי לעתיד בא לשימוש בידי ברנדון קרטנר (13) מאוני' קיימברידג'. קרטנר החל בחקירת הכיוון האנתרופי דרך "תגובה נגד ניפוח



יתר ומתן כבוד שלא במקומו לעקרון הקופרניקאי" כדבריו. התפתחות מערכת כוכבית בה ייתכנו חיים תלויה באופן עדין בערכו של קבוע הצימוד הכבידתי. בדיאגרמות הרשצפרונג - ראסל התחום המקווקו הינו תחום הסדרה הראשית בה כלולים כוכבים המצויים בשלב יציב בחייהם. דיאגרמה (1) מראה מהלך התפתחות השמש ביקום המוכר לנו. והגז ואבק שהרכיבו את הענן הערפילי שקדם לשמש קרטו תחת השפעת כח הכבידה העצמי ויצרו את השמש, ככוכב בסדרה הראשית. הקריסה נמשכה בערך 10 מיליון שנה. לאחר עשר עד חמש עשרה מיליארד שנה בתחום הסדרה הראשית מתפוצץ השמש ותהפוך לענק אדום. זמן קצר לאחר מכן תמצא השמש במצב של ננס לבן ותקרין באיטיות את שאר האנרגיה התרמית שלה. (2) מתאר התפתחות השמש ביקום בו קבוע הצימוד הכבידתי הינו בסדר גודל אחד גדול מהנוכחי. השמש שוהה זמן קצר בסדרה הראשית ואח"כ מתפתחת לענק כחול; החלק הימני של הסדרה הראשית הינו למעשה ריק מכוכבים. בדיאגרמה (3) קבוע הצימוד הקטן בסדר גודל אחד מהנוכחי. השמש נכנסת לתחום הסדרה הראשית כננס אדום ונשארת במצב זה בסדרה הראשית זמן רב נוסף, תוך פליטת אנרגיה איטית מאוד; הפעם בחלקה השמאלי של הסדרה הראשית ישנם מעט מאוד כוכבים. ענק כחול וגם ננס אדום אינם מתאימים לתמוך ביצירת חיים, הענק הכחול גוזע מהר מדי ופליטת האנרגיה של הננס האדום איטית מדי. העקרון האנתרופי טוען כי המצאות חיים על פני כדור הארץ מסביר מדוע

השמש נמצאת בקבוצה שבין ננס אדום לענק כחול ומשום כך מדוע לקבוע הכבידה הערך המוכר לנו כיום.

קרטר טוען כי למרות הדגמתו של קופרניקוס שלא שומה עלינו "להניח ללא כל סיבה שאנו תופסים נקודה מרכזית ביקום", אין זה שולל העדפת מצבו של הצופה במובן זה או אחר; מצבו של הצופה בכל זאת מועדף בתחומים מסויימים (של טמפרטורה, סביבה כימית וכיוצ"ב) הקודמים לתחילת קיומו. "כל מה שאנו מצפים לראות" מוסיף קרטר, "צריך להיות מעוגן בתנאים הדרושים לקיומנו כצופים" ולכן "למרות שאין הכרח במרכזיותנו ביקום, הרי עדיין ישנה העדפה עד גבול מסויים".

דיון בכוון זה של קרטר על העקרון האנתרופי מציג ניגוד מעניין בין הפיסיקה של עולם הדברים הגדולים מאד לעולם הדברים הקטנים מאוד (14) להבהרת היבטים קוסמולוגיים מסתמך קרטר על תאור ייחודי של מכניקת הקוואנטים, הקרוי, פירוש העולמות המרובים. פירוש זה הוצע על ידי אורט (15) מפרינסטון ופותחה מאוחר יותר בידי זה וויט (Bryce S. Dewitt) וג'והן וויהלר (John Archibald Wheeler) מאוני' טקסס באוסטין (16) (Austin). בתורה הקוואנטית ניתנת תחזית רק לגבי הסתברות התרחשותו של אירוע ולא תשובה החלטית באם האירוע אמנם יתרחש אם לאו. לדוגמא, מסלולו של חלקיק יסודי מתואר על ידי פונקציית גל, ביטוי מתמטי בו המשרעת (17) משתנה הן עם המקום והן עם הזמן. הסיכוי למצוא חלקיק בנקודה נתונה הינו רבוע משרעת פונקציית הגל באותה נקודה. לעומת זאת אם נעשית תצפית באותה נקודה הרי שהחלקיק מצוי או שאינו מצוי בה. נגיעה פילוסופית עקרונית במכניקה הקוואנטית הוא חיפוש התאמה בין הפירוש ההסתברותי של פונקציית הגל עם הקביעה הוודאית בעת בדיקה לגבי הימצאות החלקיק או אי-הימצאותו. כאשר חלקיק נצפה בנקודה נתונה, האם תפס נקודה זו כל הזמן גם לפני שנעשו התצפיות? אם כן, הרי לא ברור כיצד לפרש את הנקודות האחרות בחלל בהן לפי מכניקת הקוואנטים מצוי החלקיק בהסתברות גדולה מאפס. פירוש העולמות המרובים של המכניקה הקוואנטית טוען כי אין כל הבדל בסיסי בין הנקודה הנצפית שבה מצוי החלקיק והנקודות האחרות שבהן ישנה הסתברות גבוהה מאפס למצוא אותו. החלקיק קיים בכל הנקודות. כדי שיהיה זה אמיתי, מכל מקום, הנחה הכרחית היא שקיימים אינסוף עולמות שבכל אחד מהם לחלקיק אכן מקום מוגדר. מה שקורה משך המדידה הוא שנבחר עולם אחד מתוך התחום האינסופי של אפשרויות. לפונקציית הגל ישנה עדיין חשיבות כיון שהיא ממשיכה לתאר את כלל העולמות.

למרות שישנו גוון מעט מוזר לפירוש העולמות המרובים, אין לדחותו על בסיס העדות הפיסיקלית; זאת כיוון שהוא בר תחרות לתאוריות אחרות כאשר בא הדבר לפרש תוצאות כל הניסויים שמבוצעים. לפירושים בנושא ישנו פוטנציאל הסברתי היכול להשלים בין הרציפות של המכניקה הקוואנטית לבין אי הרציפות של תהליך המדידה. עקרון קיום העולמות האחרים לא פותח בידי אורט עצמו. כבר לפני כשלוש מאות שנה הציע לייבניץ (18) אפשרות, שקיימים אין סוף עולמות, כאשר כל אחד מהם עיקבי בתוך עצמו והינו בעל מאפיינים משלו. כמה מהם יכולים להיות שונים בתכלית מזה שלנו. בעלי תנאי התחלה, קבועים יסודיים וחוקי פיסיקה שאינם מוכרים

לנו; עולמות אחרים יהיו שונים מהמוכר לנו רק במידה מועטה. לדוגמא, יהיה קיים עולם זהה לשלנו מלבד דבר כגון: שיליוס קיסר לא חוצה את הרוביקון. בעולם עוד אחר אף מזה ההבדל יתבטא בכך שיהודה לא בגד בישו. האילוץ היחידי על עולם אפשרי הוא שלא תהיה בו סתירה פנימית, לא יתקיים עולם בו יוליוס קיסר חוצה וגם לא חוצה את הרוביקון.

בפירוש העולמות המרובים לתיאוריה הקוואנטית אליבא ד-אורט כל העולמות מעשיים באותה מידה. מנקודת ראותו של לייבניץ לעומת זאת, ישנו עקרון ממשות אשר מבודד עולם אחד מכל האפשריים. לייבניץ ציפה מהחקירה המדעית לגלות כי בעולם הנוכחי מובאת למקסימום מה שכינה בזמנים שונים "שלמות", "יעילות" ו"אופטימליות". מושג האופטימליות נמצא כחריף ביותר מביניהם. לייבניץ הסביר כי העולם האופטימלי יראה עושר תופעות הגדול ביותר תחת החוקים הפיסיקליים שמאחרי תופעות אלה. הוא רתם את עקרון האופטימליות להסבר חוקי השבירה והחזרה באופטיקה, ובהשראת העקרון פיתח את עקרון שימור האנרגיה.

על ידי צירוף העקרון האנתרופי ופירוש העולמות המרובים במכניקה הקוואנטית, הציג קרטנר עקרון הממשות. תכונת המורכבות אשר מבדילה את העולם הממשי מהאחרים אינו רעיונו של לייבניץ בנוגע לאופטימליות אלא תכונה שונה שנקרא לה "מידת התמיכה בקיום חיים". מתוך דבר אין סוף העולמות של אורט, רואה קרטנר כממשיים את העולמות העונים אחר דרישות ביולוגיות: עולמות אלה חייבים לכלול מרכיבים אשר מאפשרים "קיום כל יצור הניתן לתאור כצופה". קרטנר מסתמך על רעיון זה כדי להסביר את סיבת ערכה הנמוך של הכבידה. בהתאם לפירוש העולמות המרובים יכולים עולמות להתקיים באופן שקבוע הצימוד הכבידתי מקבל ערכים מהנמוכים ועד לגבוהים ביותר. העקרון האנתרופי יכול להסביר אם כן, מדוע אנו חיים בעולם בו ערכו של קבוע הצימוד הוא זה שנמצא. קארטר מציין כי אם קבוע הצימוד היה שונה בהרבה, הרי או שלא היו נוצרים כוכבי לכת או שלא היו מתקיימים (אם נוצרו), זמן ארוך דיו לאפשר התפתחות חיים נבונים. מאחר וצופה צריך, כנראה, כוכב לכת כדי לחיות עליו הרי לקיומו של הצופה זיקה הדוקה לערך הקבוע.

פירוש זה של קארטר מבוסס על תכונה מעניינת של קבוצת כוכבים הקרויים כוכבי הסדרה הראשית (שגם השמש כלולה בהם). כוכבים אלה מצויים בשלב יציב של התפתחותם שבו מתאזנת כבידתם העצמית עם האנרגיה התרמו-גרעינית המוקרנת; כוכבים אלה נופלים בדיאגרמת הרשצפרונג-ראסל בתחום צר של הגרף. הגרף מבטא שטף אנרגיה כפונקציה של טמפרטורת פני השטח. מרבית תכונות הכוכבים אינן הלויזות באופן מפורש בערך קבוע הצימוד. תכונה יוצאת מן הכלל היא חלוקת כוכבי הסדרה הראשית לענקים כחולים (כוכבים מאסיביים, חמים ובהירים), וננסים אדומים (כוכבים דחוסים, חיוורים וקרים). שטף הקרינה מכוכב מתכנתי לחזקה הרביעית של מסתו, באופן זה ענק כחול ממיר את המסה שלו לאנרגיה במהירות והינו קצר חיים. ננס אדום פולט יחסית מעט אנרגיה ומשך חייו ארוך.

להתהוות חיים בסביבת כוכב ישנן שתי דרישות: ראשית, עליו להתקיים די זמן שיספיק להתפתחות חיים; שנית, עליו לקרון מספיק אנרגיה כדי ליצור

סביבה מתאימה לחיים בחלל שטבינו, בתחום שבו יתכן מסלול יציב של כוכב לכת. לא ענק כחול ואף לא ננס אדום ממלאים אחר שתי הדרישות: לענק הכחול חיים קצרים מדי, וננס אדום פולט מעט מדי אנרגיה ליחידת זמן. אם היה קבוע הצימוד גדול בסדר גודל אחד היתה הסדרה הראשית מאוכלסת בכוכבי ענק כחולים, ואם קטן בסדר גודל אחד היתה כולה ננסים אדומים. דרוש כוכב כדוגמת השמש שמצבו בסדרה הראשית בדיוק בתחום הביניים בין ענקים כחולים לננסים אדומים.

קארטר עצמו מודה שטענתו ספקולטיבית למדי ושלהליך יצירת כוכבי לכת אינו עדיין ברור. דיו בכדי לגמרי לבטל סבירות היווצרותם של כוכבי לכת בעולמות בעלי קבוע צימוד שונה. עם זאת יש לציין כי אי-וודאות זו אינה מיוחסת ללוגיקה של הטיעון אלא לנתוני האמפיריים. קארטר עוד הסתמך על העקרון האנתרופי בהקשרים אחרים, המבוססים על תצפיות אמפיריות בדוקות. הוא מצא למשל כי קבוע הצימוד בהקשר עם הכח החזק או הגרעיני "הינם רק בקושי חזקים דיים לקשור (פרוטונים וניטרונים) לגרעין; אם היו אלה חלשים אף יותר היה המימן היסוד היחיד, וזה מצידו לא מעודד היווצרות חיים".

גם הוקינג וקולינס נאלצו לחפש אחר העקרון האנתרופי. חקירתם העלתה שתי אבחנות: האיזוטרופיה של היקום במימדים הגדולים, ובעיקר קרינת הרקע הקוסמית ואנאיזטרופיות קטני המידות כגון גלקסיות במרחבי היקום. הם מצאו כי הגורמים הקריטיים הם המהירות ההתחלתית שהוקנתה לחומר ביקום, ומהירות הבריחה של החומר (ליצירת יקום פתוח). אם מהירות הבריחה גדולה ממהירות ההתחלה, היקום יקרוט בטרם תוכל להתפתח איזוטרופיה ביקום. אם המהירות ההתחלתית גבוהה ממהירות הבריחה, לא יוכלו גלקסיות וצבירי חומר אחרים להתפתח אלא אם ישנם אזורי אי-הומו-גניות קטנים בחלוקה הבראשיתית של החומר, דהיינו, בזמן המפץ הגדול. אבל אי-איזוטרופיות כזו היתה גורמת ליקום שאינו הומוגני בימינו. הוקינג וקולינס מיאנו להסיק מכך כי הצרוף הנראה של איזוטרופיה במימדים הגדולים ואנאיזטרופיה בקטנים ביקום הינן תולדה של מצב בו מהירות הגלקסיות שווה בדיוק למהירות הבריחה. היקום הנראה לאור הערכות אלה הינו מועדף ביותר, שכן המהירות הנוכחית מחזיקה בערך יחיד מחוץ תחום ערכים אינסופי.

קולינס והוקינג הציעו את העקרון האנתרופי כמפתח להבנת הסינגולריות המטרידה של היקום הנצפה. הם פתחו בהנחת דבר עולמות אין-סופי המכיל אין-סוף האפשרויות של תנאי התחלה וכולל כל מהירויות ההתחלה. כמעט בכל הדגמים הללו לא הצליח חומר להצטבר לגלקסיות; היקום היחיד בו יכל החומר ליצור גלקסיות ועם זאת להציג תמונה איזוטרופית במרחב גדול המידות הינו יקום שבו מהירויות ההתחלה שוות למהירויות הבריחה. קולינס והוקינג סכמו כי מאחר "שמציאות הגלקסיות יכול להצביע על תנאי הכרחי קודם להתפתחות כל צורת חיים אנטי-לייגנטיים" עובדת היקום האיזוטרופי שאנו רואים היא מסקנה בלבד של קיומינו.

מה לגבי חרומת העקרון האנתרופי להבנת המבנה הכללי של היקום? נניח שבשנים לבוא יראה כוון החקירה האנתרופי כי אפילו השינוי הקטן ביותר

באיזה שהם תנאי התחלה של היקום או בערכה של כמות בסיסית כלשהי, ימנע הווצרות החיים. דבר כזה ירמוז כי העולם הנוכחי הינו היחיד מכל אלה האפשריים המתאים להתפתחות חיים. עדויות רבות יותר תדרשנה, מכל מקום, לפני שניתן יהיה לקדם מסקנה כלשהי בבטחון מינימלי. וויהלר הציג שאלה אף כבדת משקל מהקודמת: "כיצד נוצר היקום מלכתחילה"? רוב פילוסופי המדע מכחישים שמץ של מדעיות בשאלה זו. כל תשובה אפשרית תצטרך לבנות מערכת ייחוס שמקורה מחוץ למדע משום שהכלים הנוכחיים (בפרט החלל והזמן), וחוקי הפיסיקה אשר מתארים חלל וזמן נוצרו כאשר היקום החל במפץ הגדול. וויהלר טוען יותר מכך כי ככל שחסרה לאדם הוכחה חותכת לחוסר משמעות של השאלה, אי אפשר להיות שקט כאשר "שאלה עקרונית כזו תלויה ככדור פורח באווירת המשחקים חסרי התכלית בהם אנו עוסקים".

וויהלר ניגש לשאלה דרך ניתוח לוגיות ההסברים המיוחסים לתאוריות הפיסיקליות מאז המהפכה המדעית במאה השמונה-עשרה. לטענתו בנויה הלוגיקה מהורדת תופעה כלשהי לתופעה יסודית ממנה וכן הלאה. כך צומצם עקרון הערכיות. בכימיה להסבר התכונות החשמליות של אטומים, וטמפרטורת גז צומצמה לתנועות אטומים ומולקולות. נראה כי ללוגיקת הרדוקציה (הפשטה של התופעה) שתי תוצאות אפשריות, שתיהן מסוג שעליו ניתן לחלוק. מהלך תיאוריה פיסיקלית יכול להסתיים בשדה או אובייקט יסודי שאינו ניתן לחלוקה מחד, ומאידך יכול להמשך בחלוקת החומר עד אין סוף. וויהלר מתחמק ממוזרות כזו דרך הנחת גבוליות שיטת ההפשטה הלוגית. "האדם מוצא את עצמו נואש מלשאול אם חקר המבנה, במקום להסתיים באובייקט בסיסי קטן כלשהו או שדה בסיסי מסוים או, אחרת, ימשיך הלאה והלאה, האם במקום זאת אין חקר המבנה מוביל לבסוף אל הצופה עצמו במעגל סגור המתאר תלות הדדית". טענתו שופכת אור על קיום הקשר במכניקה הקוואנטית בין הצופה לתופעות קוואנטיות אוחן הוא בודק. פירוש העולמות המרובים של המכניקה הקוואנטית מחשיבה את מעורבות הצופה למינימום משום שהעולם בו הוא צופה נחשב אמיתי ככל עולם אחר. צרוף הפירושים למכניקה הקוואנטית מגדיר מכל מקום מציאות כזו הנוכחת בתצפית. הצופה תורם למציאות בעצם מעשה התצפית. וויהלר מאמץ גרסה קיצונית של כוון מחשבה זה האומרת כי יקום צריך ליצור בו צופים כדי שיזכה לממשות.

כתמיכה לעמדה זו מגייס וויהלר את העקרון האנתרופי. לטענתו "מעולם לא הציעה את עצמה סיבה כלשהי להסבר ערכי לקבועים ותנאי התחלה שנצפו, למעט הסיבה שלו לא היו כאלה, לא היו נוצרים כלי תצפית ביקום דוגמת המוכרים לנו". הוא תמה אם לא היה ניתן "לחזות, כפי שעושה קרטל 'דבר של עולמות' בתחום זעיר בו ייתכנו חיים ותודעה? או לשאול כפי שאנו עושים כיום אם לא מובטח עבור עולם להווצר אם יש בו פוטנציאל של התפתחות חיים, תודעה וצופים בו במשך זמן קצר ומקום כלשהו בהסטוריה?" וויהלר דוחה את הטענה המקובלת כי ביקום הבלתי תלוי חיים ותכונת הצפייה הינם אך מקריים וטוען במקום זה כי "המכניקה הקוואנטית הנחתה אותנו להתייחס ברצינות ולחקור את נקודת הראות ההפוכה והיא חיוניותו של הצופה ליצירת היקום כפי שהוא חיוני מצידו ליצירת הצופה".

בהפתיחה זו וויהלר הרחיק לכת מעבר לשדות ההסבר הלוגי וחצה את סף המטפיסיקה. מעט פיסיקאים ופילוסופים של המדע יראו את גישתו באהדה,

נותר לראות אם יזכו היישומים הפחות יומרניים, של העקרון האנתרופי להיות מקובלים.

הערות לגוף המאמר:

א. קבוע הצימוד הכבידתי הוא קבוע היחס שבין הכח הכבידתי הפועל

$$F_G = - G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{כלומר:} \quad \frac{-m_1 m_2}{r^2}$$

G הינו קבוע הצימוד וערכו נקבע כ:  $6.672 \times 10^{-11}$   $\frac{\text{מ}^3}{\text{קג} \times \text{שניות}^2}$

ב. אין בין אנתרופיה המופיעה במאמר לבין אנתרופיה ולא כלום. מושג האנתרופיה מחבהר בקריאת המאמר. מושג האנתרופיה לקוח מתחום התרמודינמיקה. באופן גס אפשר להבין את האנתרופיה כמדד למידת האי-סדר במערכת.

- |                                   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1) Anthropos                      | 10) P.A.M Dirac                    |
| 2) Copernicus                     | 11) Ernst Mach                     |
| 3) Herman Bondi                   | 12) Steven W. Hawking              |
| 4) Cornell                        | 13) Brandon Carter                 |
| 5) Perfect Cosmological Principle | 14) Macro-cosmos Microcosmos       |
| 6) Big Bang                       | 15) Hugh Evertt III                |
| 7) Edwin P. Hubble                | 16) Austin                         |
| 8) Big Stop                       | 17) Amplitude                      |
| 9) Robert H. Dicke, Princeton     | 18) Gottfried Wilhelm von Leibnitz |

### מבט באולוציה של קוואזרים דרך "עדשות" תרגום: יובל צדוק

אסטרונומים אמריקניים גילו דוגמה שלישית של "עדשה כבידתית" (גרביטציונית) ביקום - זוג "קוואזרים" קרובים שהינם למעשה דמויות נפרדות של קוואזר אחד, אשר אורו ממוקד בדרכו לכדור הארץ בזמן המעבר בשדה גרביטציוני של גלקסיה. עדשה כבידתית כזו גם מגדילה את בהירות הקוואזר הנראית ואסטרונומים כעת מגלים דאגה, כיוון שגילוי תופע כזה בקשר לקוואזר עשוי לשבש את הסטטיסטיקות שעליהן מנוססים ההסברים בני זמננו לתופעת הקוואזרים.

העדשה הכבידתית הראשונה נתגלתה לפני כשלוש שנים בעקבות קבלת זוג דמויות אופטיות עמומות כשמרחקן זו מזו בשמים הוא 5.7 שניות קשת. הבאה אחריה נתגלתה שנה לאחר מכן והפעם באמצעות שלש דמויות שיצרו מערך של משולש שצלעותיו 3 שניות קשת כל אחת. אחת מנקודות המשולש שכונה ה"קוואזר המשולש" בהירה משתי האחרות פי עשר.

כמו שתי העדשות הראשונות, נמצאה השלישית במהלך חיפוש שגרתי אחר

קוואזרים חדשים; בצוות החוקרים היו דניאל וויזמן (1) מאוני' מדינת פנסילבניה, גרין (2) והקמן (3) מאוני' אריזונה. הקבוצה חפשה קוואזרים חלשים באמצעות הרפלקטור בן 3.6 המטרים אשר מוצב בהוואי על ההר מאונה קיא (4) ומופעל בשיתוף קנדה, צרפת והוואי עצמה, זאת תוך שימוש בשיטת חיפוש המקובלת כיום. שיטה זו קשורה לקבלת ספקטרום של האובייקט הנצפה בעזרת סריג עקיפה. את תמונת הספקטרום קורא פוטומטר ומתוצאות קריאתו, וחיפוש אחר תצורות ספקטרליות אופייניות (קווי פליטה רחבים, בהירים), הקבוצה זיהתה 75 קוואזרים נוספים על אלה הידועים עד אז.

קוואזר אחד שסומן 2345+007 (כקווארדינטותיו בשמים), הציג תמונה כפולה. תצפיות ספקטרליות נוספות דרך הטלסקופ רב-המראות (5) אשר בהר הופקינס שבאריזונה איששו את זהותם המדויקת של שתי תבניות הספקטרום האמורות וזוהה מקרה נוסף של עדשה כבידתית. תמונתן האופטית של שתי התבניות חלשות בהשוואה לשני מקרי עדשה כבידתית הראשונים. התמונות שהתקבלו מצויות 7.3 שניות קשת זו מזו. הקוואזר שמהווה את המקור לשתי תמונות אלה מצוי במרחק רב יותר מהמקורות לתופעות העדשה האחרות, מרחקו נאמד בכ-10,000 מיליון שנות אור (הסט לאדום שלו: 2.15).

וויזמן ציין כי התגלית האחרונה הפתיעה כיון שזוהי עדות לכך שאסטרונומים מוצאים מספר מועט מדי של עדשות כבידה. אם הגלקסיות מפוזרות באופן אקראי בינינו לבין רקע הקוואזרים, הרי צריך לקבל מספר רב יותר של תמונות קוואזרים כפולות שמקורן בתופע העדשות ומרחקן הזוויתי קטן. יחד עם זאת מתוך שלוש הדוגמאות שבידינו הרי שתיים מופרדות במרחקים של 6 ו-7 שניות קשת ורק אחת מופרדת ב-3 שניות קשת. נשאלת השאלה - מדוע לא נתגלו זוגות רבים יותר המופרדים בשתיים עד שלוש שניות קשת? וויזמן (1) מודה כי "התוצאות מתעתעות בתאורטיקנים".

מיקום יחסי ובהירות תמונות הקוואזרים יכולים להצביע על אופיים של השדות הכבידתיים של גלקסיות (ואולי אף של צבירי גלקסיות) המביאות להכפלת התמונות. הקבוצה באריזונה בנתיים בחנה את הרכיב הבהיר ביותר ב"קוואזר המשולש" בעזרת הטלסקופ רב-המראות אשר בהר הופקינס לשם קבלת פרטים עדינים ביותר בספקטרום של עצם זה. הם נקטו בטכניקה של "הקפאת" התמונה הלא יציבה בגלל הטורבולנטיות באטמוספירה - דהיינו, חשיפות קצרות של לוח הצילום וצורפן של כל התמונות בעזרת מחשב. קרוב לוודאי שקוואזר זה הינו העצם החלש ביותר עליו נוסתה השיטה. התוצאות מגלות כי למעשה תמונה זו הינה בעצמה כפולה כך שישנו כאן מקרה בו "הקוואזר המשולש" הינו למעשה מרובע. דבר זה תואם חישוב שנעשה על ידי אסטרונומים במצפה פלומר, אשר חזו ארבע בבואות במקרה שהקרינה הבאה מהקוואזר חולפת בסביבת גלקסיה ספירלית מסיבית מאד - ולא גלקסיה אליפטית - מרוחקת מכדי שניתן לזהותה על ידי קרינתה העצמית.

עדשות כבידה למעשה גם ממקדות את האור מקוואזרים רחוקים. כך שאנו רואים אותם בהירים פי עשר עד חמישים מערכים האמיתית. תופעה כזו יכולה להשפיע על הסטטיסטיקה הנוגעת לאוולוציה של הקוואזרים. האסטרונומים מוצאים כי מספר הקוואזרים גדל באופן דרמטי ככל שמרחיקים לראות ביקום. מאחר ומהירות האור סופית, הרי שככל שמרחיקים יותר בחלל כן מסתכלים

לזמן קדום יותר. הפרוש הסטטיסטי המקובל כיום הוא, שבזמננו פחות קוואזרים מאשר בעבר. אדווין טרנר (6) מאוני' פרינסטון חישב כי יתכן והעדשות הכבידתיות אחראיות לחלק מהאפקטים הנצפים. לאורו של קוואזר מרוחק יותר ישנו סיכוי רב יותר של מעבר קרוב לגלקסיה בדרכו אלינו, ואגב כך תוגבר עצמת האור שנחזה בה. התוצאה הכללית תהיה הגדלת מספר הקוואזרים הנצפים במרחקים גדולים וזאת ללא שינוי במספר הקוואזרים הקיימים באמת.

אין טרנר עדיין רואה בתופע העדשה גורם תמידי להגדלה הכללית במספר הקוואזרים עם המרחק. למרות זאת במחקר שבוצע לאחרונה בידי אנטוני טיסון (7) ממעבדת חברת טלפונים בל<sup>8</sup> נרמז על אפשרות שאכן כך הדבר. הוא מוצא כי מספר הקוואזרים הנצפים ותלות מספרם בבהירות ניתנים לבאור אם אורו של כל קוואזר נצפה הוגבר פי 10. אולם, לא רבים האסטרונומים ש"יקנו" דגם זה, משום שפירושו לייחס מסה עצומה לגלקסיות המשמשות כעדשות, ומשאירים זאת לעת עתה כנקודה למחשבה.

התיאוריה המקובלת לאולוצית קוואזרים נמצאת בלחץ גם מכוון אחר. אסטרו-נומים בריטיים נתנו פרוש מחודש לסטטיסטיקת פיזור הקוואזרים ביקום. הם טענו לאפשרות הסבר טובה לא פחות לפזור הקוואזרים בהנחה שאורך חייהם של הקוואזרים ניכר, ושווה לכ-3000 מיליון שנה, כחמישית מגיל היקום. זאת, במקום אורך חיים קצר בתקופה שבתחילת היקום בלבד, כאשר כמעט כל מרכזי הגלקסיות היו ב"פאזה קוואזרית". לפי הצעתם היו הרבה פחות קוואזרים מאריכי חיים שפזורים היה אולי אחד בכל 30,000 גלקסיות.

פרוש מחדש זה יכול להסיר חידה ידועה בנוגע לעצמים הקוואזריים - אם היו הקוואזרים עצמים קצרי חיים של מקומות וזמן עבר רחוקים ביקום, כיצד קיים הקוואזר הבהיר מאוד 3C273 כמעט על סף דלחנו הקוסמית? בהתבטאותו של אחד האסטרונומים הבריטיים "עצם קיומו של 3C273 היא עובדה המפתיעה אך במעט". בעידן בו האסטרונומים מסכימים על הקוואזר-ריס כיצירים של התרחשויות אלימות בלב גלקסיות, עדיין ישנן מחלוקות שיש ליטב אודות האוולוציה שלהם ועוותיהם בעדשות הכבידה.

- |                   |                     |                  |
|-------------------|---------------------|------------------|
| 1) Daniel Weedman | 2) Green            | 3) Heckman       |
| 4) Mauna Kea      | 5) M.M.T - Multiple | Mirror Telescope |
| 6) Edwin Turner,  | 7) Anthony Tyson    | 8) Bell          |

מתוך New Scientist, 18 March 1982

**לחוג**

פתרון החידה מחוברת 3/82 א. מנוליס

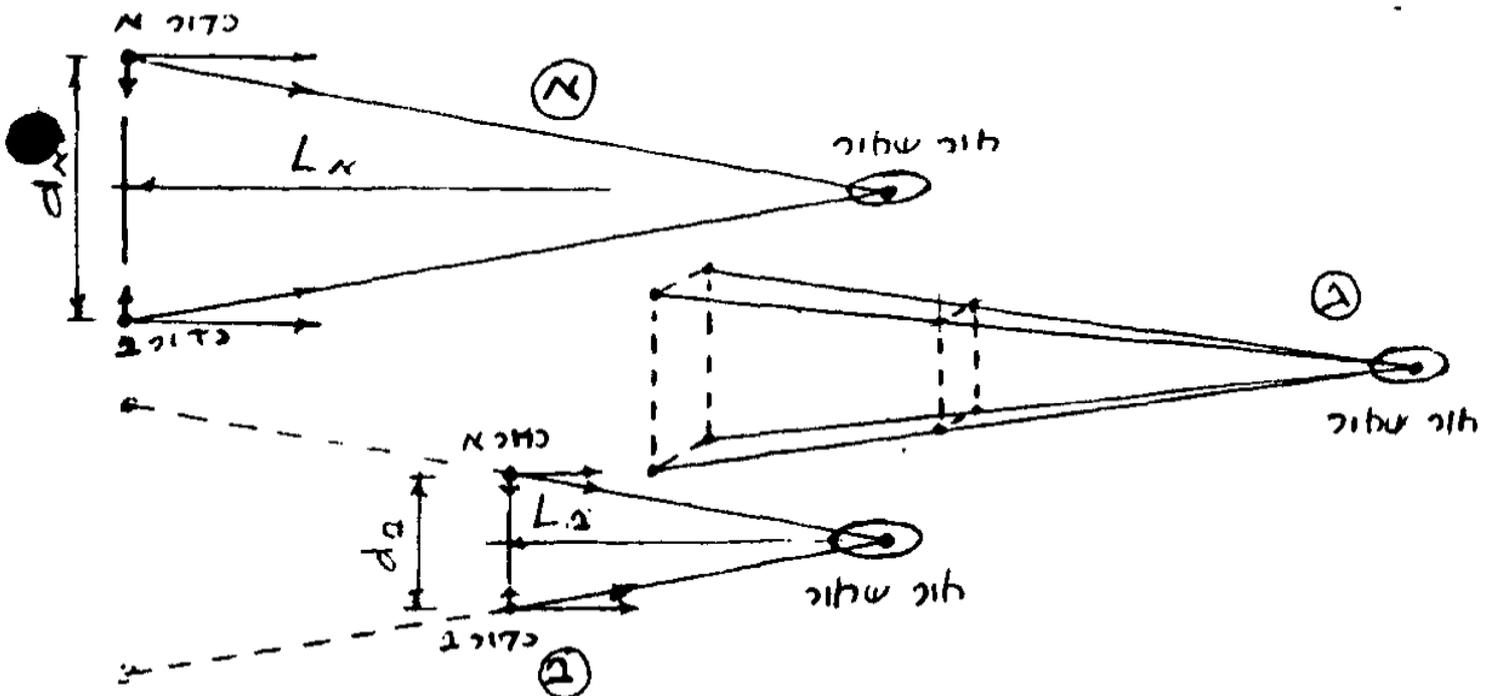
לדאבונו הרב לא הגיע כל פתרון לחידה שפורסמה בגליון 3/82. להלן פתרונה המלא של החידה. כל מה שדרוש לאסטרונומים הוא מספר גופים שווי-מסתה, נאמר כדורים, האסטרונומים מציבים שני כדורים בתא החללית, בגובה שווה, ובניצב לכוון המשוער של החור השחור. היות ובחללית תנאי חוסר-משקל, ישארו הכדורים במקומם כאילו "תלויים באויר".

כעת, אם באמת מתקרבת החללית לחור שחור, מפעיל החור השחור כח משיכה על החללית. הכוח פועל באופן שווה על כל חלקי החללית, ומכאן שהיא תשנה את מהירותה ותתחיל להאיץ. בציור א'אנו רואים את מצב החללית והכדורים בעת התחלת הניסוי. כמו כן אנו רואים, שאם נצייר מקבילית כוחות על שקול הכוח (וקטור) שמפעיל החור השחור על כל אחד מן הכדורים, אחד מן הרכיבים של הכוח יהיה מופנה כלפי הכדור השני.

ככל שמתקרבת החללית לחור השחור, כן גובר כוח המשיכה על החללית ומכאן על הכדורים. מהירות החללית מואצת, (החוק השני של ניוטון וחוק הגרביטציה העולמית שלו) והתוצאה של התגברות הכוח תהיה התגברות של רכיבי הכוח השונים, ומכאן - התקרבות שני הכדורים זה לזה וו (ציור ב'). יתרה מזו, ניתן ללמוד מכך גם על המרחק לחור השחור - כאשר הכדורים יהיו קרובים זה לזה כפליים, נאמר, מאשר במצבם הראשוני, נמצא שהחללית עברה בדיוק מחצית הדרך לחור השחור ממקומה בתחילת הניסוי.

ומה אם האסטרונוטים אינם יודעים כלל את כוון החור השחור? כל מה שעליהם לעשות אז הוא להצטייד ב-8 כדורים, ולהניח אותם בחללית במבנה של קוביה. או אז, לפי האמור לעיל, לאחר פרק זמן מסוים, ובמידה ובאמת הם מתקרבים לחור שחור, תהפוך הקוביה לטרפז מרחבי בעל בסיס ריבועי, (פירמידה קטומה), כאשר ארבעת הכדורים הקרובים יותר זה לזה מאשר ארבעת הכדורים האחרים הם אלו ה"קרובים" יותר לחור השחור. כל זאת משום אותן סיבות ואותם חוקים שצויינו לעיל - החור השחור מפעיל כוח משיכה חזק יותר על הגופים הקרובים אליו יותר מאשר על אלו הרחוקים ממנו. (מובן שעל מנת להבחין בכלל בהבדל שבין מרחקי הכדורים בבסיס הקטן והגדול של הטרפז יש צורך בפריסה מרחבית גדולה, אך מה שחשוב כאן הוא העקרון. ראה ציור ג').

האם יש חולקים על הפתרון? הבהרות או הצעות נוספות?



תצפיות לחובב מאת: נחום ערב

מטעמים טכניים שונים הופיע מדור זה בחנברה הקודמת באיחור רב, ולכן לא נכללו בו עצמים לתצפית משמי הקיץ. משום כך קופחו השנה קבוצות קשת ועקרב. אני מקוה שבשנה הבאה אוכל להביא יותר עצמים מקבוצות אלו. לעומת זאת, לא חסרים לנו כעת עצמים מרהיבים בשמים.

M11 הנמצא בקצהו הצפוני של ענן הכוכבים בקבוצת המגן-סקוטוס (1) ונתגלה בשנת 1681 ע"י גוטפריד קירך (2) ממצפה ברלין. זהו אחד הצבירים הפתוחים העשירים והצפופים ביותר: בו למעלה מ-400 כוכבים מעל בהירות 14 וצפיפותם הממוצעת במרכז הצביר כ-83 כוכבים לפרסק מעוקב. מרחק הצביר מאתנו 5500 שנות אור. (במרחק כזה היתה השמש נראית ככוכב בהירות 116).

בהירות הצביר 6.3 ולכן ניתן לראותו בכל מכשיר אופטי, החל ממשקפת. במשקפות ובטלסקופים קטנים (עד 60 מ"מ) נראה הצביר כערפילית עגולה המזכירה צביר כדורי גדול; בטלסקופים מעט גדולים יותר מבחיניח לרוב בכוכב הבהיר של הצביר (בהירות 8) ובהגדלות גבוהות ניתן להפרידו לפעמים בראייה מוסבת. בטלסקופים מעל 10 ס"מ ניתן להפריד את הצביר כבר בהגדלות בינוניות (150x-80x) בקלות יחסית ולהבחין בעשרות כוכבים בודדים. לצביר אין גרעין כוכבים צפוף ולכן ניתן להפריד את המרכז באותה צורה, בניגוד לרוב הצבירים הכדוריים. בטלסקופ 20 ס"מ הצביר מופרד כולו כבר בהגדלה הקטנה ביותר, ובהגדלות גדולות יותר ניתן לראות היטב מאות כוכבים המסודרים בגושי כוכבים רבים בתוך הצביר. M71 המצוי צפונה ל-M11 בקבוצת חץ. צביר הכוכבים באמצע הדרך בין דלתה- $\delta$  לבין גמה  $\gamma$ -חץ, ככל הנראה נתגלה בשנת 1775 ע"י י. ג. רהלר (3). מרחקו מאיתנו כ-18,000 שנות אור וקוטרו הזויתי המלא 6'. המיוחד בצביר זה הוא שעד היום אין יודעים בבירור אם הוא צביר פתוח או צביר כדורי; אם זהו צביר פתוח הוא ללא ספק הצפוף מכל הצבירים מסוג זה.

בהירות הצביר נמוכה (9) ולכן קשה להפרידו במכשירים קטנים; כל מי שברשותו טלסקופ מעל 8 ס"מ יכול לנסות ולהפריד כוכבים תוך שימוש בהגדלות גבוהות ובראייה מוסבת. בטלסקופ 20 ס"מ עדיין קשה להפריד את הצביר בהגדלות קטנות, אבל בהגדלה 200x ניתן להפרידו לגמרי למעט החלק המרכזי.

הכפול המפורסם אלביראו (8- ברבור) מצוי לא רחוק מ-M71 בכיוון צפון-מערב. אלביראו הינו הכוכב התחתון של צלב הברבור וכמובן שניתן בקלות לראותו בעין. בהירות המרכיבים 5.4, 3.2 צבע הבהיר צהב וצבע החלש ירקרק, המרחק הזויתי ביניהם 34.6" ולכן ניתן לראותם מופרדים בקלות בכל טלסקופ, והם מהווים אתגר לבעלי משקפות טובים המוחזקים על חצובה או בידיים יציבות.

בין קבוצת חץ לבין קבוצת ברבור נמצאת קבוצה קטנה בשם השועל, וולפקולה (4). כ-4° צפונית ל-M71. בתוך קבוצה זו מצויה הערפילית הפלנטרית הנהדרת M27, שנתגלה ב-1764 והיא העצם הראשונה מסוג זה שגילה ומסייה. מרחק הערפילית לפי רוב ההערכות כ-900 שנות אור.

קוטרה הזוית הגדול 5' x 8' ובהירותה הגבוהה 7.6 הופכות אותה לערפילית יפהפיה לתצפית בכל טלסקופ. אפילו בטלסקופ קטן מתקבל מראה מרהיב, דיסקה פחוסה של גז המודגשת היטב על הרקע השחור סביבה. ככל שמיפתח הטלסקופ גדל, ניתן להבחין ביותר פרטים; ובטלסקופ 20 ס"מ רואים בבירור חלקים בעלי בהירויות שונות ופרטים בשפת הערפילית. הכוכב המרכזי בערפי-לית, בהירותו 13.5 ובגלל בהירות הסביבה הגבוהה (הכוכב במרכז הערפילית) לא הצלחתי לראותו בטלסקופ 20 ס"מ. האם מישהו הבחין בו באיזשהו טלסקופ?

למרות שקבוצת קשת עומדת כבר לשקוע מן הראוי להזכיר לפחות עצם אחד משפע העצמים לתצפית בקבוצה זו. M8 היא ערפילית גזית, נתגלתה כנראה ע"י להגינטיל (5), ב-1747 ומרחקה מאתנו כ-5150 שנות אור. הערפילית נראית בקלות יחסית בעין (בהירות 5.5) והיא בולטת היטב בתוך שביל החלב. במשקפת 10x50 ניתן לזהות בבירור את הערפילית שבתוכה צביר כוכבים צעיר.

האזור סביב M8 עשיר מאד וניתן לזהות בו, בעזרת משקפת, עצמים רבים ומראות מרהיבים בכל אותה סביבה. טלסקופ של חובבים (עד 30 ס"מ) לעולם אינו מראה אפילו חלק מיופיה של הערפילית כפי שהוא מתבטא בצי-לומים (דרך אותם טלסקופים), ולכל היותר ניתן לראות חלקים מן הערפילית בתוך הצביר, אף על פי כן בראיה מוסבת (ביחוד בשמים חשוכים ועם עיגית טובה) ניתן לראות את הערפילית טוב יותר ולהבחין בחלק מחלקיה החיצו-ניים (מומלץ להשתמש בהגדלה נמוכה). נוח יותר לתצפית בעונה זו הוא הצביר בכדורי M15 בקבוצת פגסוס, שנתגלה ע"י מאראלד (6) בספטמבר 1746 ונתגלה מחדש ע"י מסייה ב-1764. מרחקו מאתנו כ-34,000 שנות אור. בהירותו 6.5 ולכן ניתן לראותו בקלות דרך משקפת, כ-4° צפונית מערבית לאפסילון-ε פגסוס.

כדי להתחיל להפרידו דרוש טלסקופ 15 ס"מ לפחות, וגם אז קשה להפריד את המרכז. בטלסקופ 20 ס"מ בתנאים טובים ובהגדלה 200x ניתן להפרידו לגמרי אם כי הוא נראה קטן יותר בהשוואה ל-M13 או M5 ולכן נדרש מאמץ גדול יותר להפרידו.

העצם הבא הוא אתגר קשה מעט מאלו שהצגתי עד כה, והוא הערפילית הפלנטרית NGC 7662. בהירותה 9.2 אולם, קוטרה הזוית 28" x 32" ומיקומה בשמים בסביבה דלת כוכבים מקשים מעט על גילוייה. למרות זאת אין הערפילית צריכה להיות אוביקט קשה לכל מי שברשותו טלסקופ 10 ס"מ ומעלה. כדי לראות פרטים כלשהם צריך קודם כל לילה בהיר ושנית הגדלה גבוהה (300x - 150) ורק אז ניתן לראות את המרכז השחור ואת צורתה האליפטית. למרות שהכוכב המרכזי בהיר מספיק (12.7) לא הצלחתי לראותו בטלסקופ 20 ס"מ, לעומת זאת הבחנתי בצורה האליפטית ובניגוד בין המרכז לטבעת. לכל מי שברשותו טלסקופ קטן 10-6 ס"מ יכול לבדוק את איכותו, בעזרת הכפול אלפה-α דגים המהווה מבחן קשה לטלסקופ 6 ס"מ וניתן לזהוי ביתר קלות בעזרת טלסקופ 10-8 ס"מ. בהירות המרכיבים 5.2, 4.3. צופים רבים דיווחו על צבעו מוזר למרכיב החיוור ונסיון מעניין יהיה להבחין בצבעו המדויק.

ככל כפול נאה נוסף הינו גמה -  $\gamma$  טלה אשר בגלל המרחק הזויתי הגדול בין המרכיבים 7.8 קל להפרידו וכל טלסקופ. בהירות המרכיבים זהה. 4.8 וצבעם צהב.

כמו תמיד אשמח מאד לקבל מכם תגובות, ביקורות, תצפיות שערכתם וכו'.

נחום ערב, החורש 92, כפר שמריהו, 46010, טל' (052)72-710.

מיקום העצמים:	עצם	על"ש	בטיה
	M11	18;48	$20^{\circ} -6^{\circ}$
	M71	19;51	$18^{\circ} 39''$
	$\beta$ ברבור	19;28	$27^{\circ} 51'$
	M27	19;57	$22^{\circ} 35'$
	M8	18;02	$24^{\circ} -20'$
	M15	21;27	$11^{\circ} 57'$
	NGC 7662	23;23	$42^{\circ} 14'$
	$\alpha$ דגים	01;59	$2^{\circ} 31'$
	$\gamma$ טלה	01;51	$19^{\circ} 03'$

1) Scutum  
2) Gottfried KIRCH!  
3) J.G. Koehler.  
4) Vulpecula  
5) LEGENTIL  
6) MARALDE!

### מתקן כינון משווני לאזורנו - בניית זווית $32^{\circ}$ מאת, י. גפנן

חובבי אסטרונומיה באזורנו הבונים מתקן כינון משווני או שרון שמש (כל כוכבי אור 1/82) נאלצים לבנות זווית  $32^{\circ}$  או הזווית הנגדית של  $58^{\circ}$ . מצאתי שבמשולש ישר-זווית שצלעותיו ביחס 8 : 5 מתבקלות הזוויות המבוקשות בדיוק מפליא של 1/5000. הזווית המתקבלת היא  $19^{\circ}.4$  ו- $32^{\circ}$ , המתאימה לרוחב של חולון

### דרך הביצוע:

1. בנה משולש ישר-זווית שצלעותיו 6, 8 ו-10 יחידות אורך (ע"פ משפט פיתגורס).

2. קצר הצלע הקצרה עד 5 יחידות ותקבל את המשולש המבוקש.

צורה זאת של בניית הזוויות מדויקת בהרבה מהמדידה בעזרת מד-זוויות רגיל העומד לרשות החובב.

### תצפית לחובבים בשעות הבוקר המוקדמות מאת: יואב ריזל, רמת-השרון

לרבים מחובבי האסטרונומיה, התצפית מתחילה עם הדמדומים ומסתיימת קרוב לחצות. הם אינם יודעים עד כמה יפים השמים בשעות הבוקר המוקדמות. בשעה 3 לפנות בוקר אורות העיר כבו, השמים אינם מוארים והכוכבים נראים ברורים. זוהי הזדמנות נהדרת לראות עד כמה יפים השמים וקבוצות הכוכבים המסומנים במפת הכוכבים. מעניינים לתצפית הם הפליידים, קבוצת כימה.

ללא משקפת נראו ברור 6 - 7 כוכבים. תצפית במשקפת שדה נותנת מראה מרהיב, צביר פתוח עם כמה מאוח כוכבים. אוביקט יפה הוא M-42 בקבוצת אוריון (בין החגורה והחרב של אוריון), ערפילית יפיפיה, קלה לזהוי ואיננה מאכזבת. אוביקט מעניין נוסף המורכב ממספר רב של כוכבים הוא ראשו של אוריון. מתאים לתצפית במשקפת שדה ובטלסקופ.

נאה הוא הכוכב הזוהר סיריוס וראוי לתשומת לב. דרגת בהירותו 1.5 - מראה יפהפה בטלסקופ ואף במשקפת שדה.

תצפית נעימה ומהנה לכולם. (יואב בן 13)

## באגודה

באגודה, קיץ 1982

תצפית פרסאידיים, כבשנים קודמות, מבצר אנטיפטרוס, 11.8.

המפגש הוכן ביסודיות על ידי חברי האגודה. בנוסף לצפייה במטאורים זכה קהל 500 הבאים גם בהדרכה להכרת השמים, הצצה בטלסקופים.

כבשנים קודמות הוכן המפגש ביסודיות על ידי חברי האגודה. הובאו טלס-קופים משל חברי האגודה ומהמצפה בגבעתיים. הקהל של כ-500 שבאו זכו בהדרכה לצפייה בעין במטיאורים ובהכרת השמים וגם הצצה בטלסקופים, שהוצבו בשטח. אנשי ביי"ס שדה "ירקון" שבקרבת מקום גם הדריכו את הבאים לתצפית בסיור המבצר. האירוע זכה לכיסוי נרחב באמצעי התקשורת: בגלי צהל (פעמיים), כל צבעי הרשת וגם בתכנית קצרה בטלביזיה במסגרת תכניות שלום הגליל, וגם בעתונות היומית. במקביל היתה צפייה פומבית בקריית-אוננו עם כ-100 איש, אך ללא טלסקופ.

סוף שבוע אסטרונומי, הר גילה 13-14/8

סוף שבוע שאורגן יחד עם החברה להגנת הטבע, בהשתתפות 50 איש בבי"ס שדה הר גילה. חברי האגודה הביאו 6 טלסקופים ששימשו את הבאים בלילה תצפית אחד. לצערנו, הלילה השני היה מעונן ולא איפשר צפייה. בימים היו הרצאות וטיול בסביבה. אנו בטוחים שגם השנה נהנו כל הבאים.

### צפיית מטיאורים

מדווח אילן שמעוני עם יהודה מירון (מושב חרות). במסגרת החוג למטיאורים בהדרכת נחום ערב קבלנו דו"ח נאה על שני לילות תצפית בפרסאידיים, עם פרטי 20 מטיאורים שנראו, ומפות מסומנות במסלולם.

טופס הדווח שהוכן ומפות אזורי מוצא מסייעים לאיסוף נתונים בצורה נוחה ומסודרת ואנו מפנים כל מי שמעוניין בנושא לפנות לנחום ערב, החרש 92, כפר שמריהו, 46910.

בתשובה לחברינו, ייתכן ששני המופעים שנראו באים מכיוון חריג אמנם ראשוני המטר הבא, ששיאו ביום 20.8, הציגנידים שמקורם בקבוצת ברבור (ציגנוס).

(קפאידיים אינם מטיאורים אלא שמש של-משפחת כוכבים פועמים בבהירותם)

וגודלם, שזמן מחזורם מתכונתי לבהירותם המוחלטת, על שם δ-קיפאוס, המסמל את כל היתר).

מטר הפרסאידיים: 1982 סיכום: נחום ערב,  
החורש, 92, כ' שמריהו 46910

היום (13.8.82) עדיין אין ברשותי פרטים מלאים על כל תצפיות הפרסאי-דים ולכן אביא כאן סקירה קצרה בלבד ובחוברת הבאה יפורסם מאמר מקיף על הנושא.

התצפיות על מטר הפרסאידיים השנה נערכו מ-6 - 5 מקומות שונים (בנוסף לתצפית באנטיפטרוס). דיווחים שהגיעו מ-4 נקודות תצפית הצביעו על מטר חלש מאד בליל השיא 11/12.8. אמנם הירח והעננים הפריעו, אבל עדיין הקצב היה נמוך אפילו לנסיבות כאלו. בכפר שמריהו לדוגמא, נראו בין השעות 4.00 - 3.00 רק 10 מטאורים וזאת בשמים נקיים מעננים בזמן שהיו צפויים לפחות 30 אפילו אם נתחשב בירח מכסימלי.

בליל 12/13.8.82 בוצעה תצפית נוספת ובה נראה המטר פעיל יותר, מכפר שמריהו נראו בין השעות 2.00 - 11.00 כ-35 מטאורים כאשר ממוצע העננים הינו 50%. כלומר, בחישוב גס אובחן קצב זניט שעתי של 50 - 40 מטאורים. דיווחים נוספים עדיין לא נתקבלו.

לבסוף אציין בסיפוק רב את המאמץ הרב שהשקיעו: אילו שמעוני וחברו במושב חרות, מיכאל לחמן ויורם זילברג בח"א, איתן עלומי וקבוצתו בבית העמק, לירון פרנקל וזוהר גפני בכפר שמריהו - כן ירבו. הצופים האחרים שביצעו תצפיות לא אוזכרו כי דיווחיהם פשוט לא הגיעו אלי ואתם הסליחה מראש. בעקבות פרסום קריאתי בחוברת כל כוכבי אור האחרונה, באו כמה צופים חדשים ואני מקווה שכעת יצטרפו נוספים כדי שיספיקו להשתתף בפעילותנו בסתיו ובחורף.

#### תצפיות בכוכב שביט אוסטין, 19-30 באוגוסט 1982

באגודה: 19.8 יציאה למגדל צדק עם 7 טלסקופים של חברי האגודה, אך ללא הצלחה בגלל העננים.

תצפיות של נתן אריה- אחרי נסיוני לצפות בשביט עם חברי באגודה ביום 19.8, ניסיתי שוב משך שני לילות הבאים, בבי"ס שדה במעגן מיכאל אך גם כאן ללא הצלחה בגלל עננים.

למחרת, 22/6 נסיתי שוב, בבי"ס שדה בקצרין שברמת הגולן. בעין לא מצאתי דבר. עם משקפת שדה הצלחתי לזהות כתם חיוור במקום הנכון אך לא הייתי משוכנע בזהוי חד-משמעי. בטלסקופ ציפורים קטן (60 מ"מ x 20) על חצובה נראה בבירור כתם עגול חיוור, ללא זנב.

לבקשת קול ישראל דווח לכל צבעי הרשת ואמנם נמסר בשידור.

המשכתי 4 ימים נוספים והכתם אמנם נע בכיוון במסלול החזוי. מחוסר אמצ-

עים מתאימים במקום לא ערכת מדידות.

בסיכום, שביט אוסטין איכזב, כי במקומו הנמוך לא ניתן היה לצפות בו כלל באזור החוף. גם ברמת הגולן לא הגיע לבהירות המצופה.

דו"ח צפיה בשביט אוסטין | מנחם רביב, קיבוץ הזורע

ערכת תצפיות בשביט אוסטין בעזרת משקפת שדה פטרי 8x40 (זווית רחבה: 9.5°) וטלסקופ פרקטור צייס 65 מ"מ.

כללית אפשר לציין:

התאמה טובה מאוד בין התצפיות בין החישובים בחוזר המיוחד שהגיע אלי בעוד מועד כדי לאפשר עריכת התצפיות. סטיות בהן הבחנתי היו:

(א) נראה לי שבהירות השביט הייתה קטנה מהנתון אך יציבות הבהירות הייתה בלתי רגילה - בהשוואה לכוכבי שביט רבים למדי בהם צפיתי בשנים קודמות.

(ב) נחוני המסלול שבחוזר הראו לדעתי מסלול מעט דרומי מזה שהבחנתי בו בתצפית, לדעתי הגיע מסלול השביט צפונית מעט מ-45°, אך שוב: הסטיה אינה גדולה.

והנה פירוט הרישומים מיומן התצפיות שלי. (דקות : שעה : יום).

20 : 19 : 20, ראות טובה, איתור שביט אוסטין כ-1° דרומית מערבית ל-  $\omega$  UMa ע"י משקפת. אומדן מיקום 40'41" +, 10:45 ש'.

21 : 19 : 35 איתור שביט אוסטין ע"י משקפת; נראה בבירור כאותו אוביקט שנצפה גם אמש. התעננות מקשה על כיוון הטלסקופ, אך אחרי חיפוש מה הצלחתי נראה ראש בקוטר של הצביר הכדורי M92 בהרקולס - כ-8' בערך.

22.8.82 התעננות ואובך אינם מאפשרים תצפית.

23 : 19 : 28 תנאי ראות סבירים, איתור השביט במשקפת ותצפית בטלסקופ. מיקום כ-20' מ-56 UMa, מקום משוער 10'44" +, 11:18 ש'. מרכז השביט דחוס יותר, "קומה" מפוזרת לא לגמרי עגולה.

24 : 19 : 25 ראות טובה, בתצפית טלסקופים נראה השביט צפונית-מערבית ל-56 UMa מהווה כעין מעוין שקודקודיו האחרים הם 56, 58, 59 UMa. קוטר השביט כ-7"-6"; מיקום 50'44" +, 11 : 28 ש'.

25 : 19 : 20 מיקום השביט בקרבת כוכב כפול 1561  $\Sigma$  (גודל 6.5), בערך 45° +, 11:39 ש'; הכוכב הכפול, באותו שדה ראייה, נראה בהיר פחות מהשביט (לפי שיטת השוואה "מחוץ למוקד"); 59 UMa (m = 5.52) בהיר מהשביט, לפי כך נאמד גודל השביט בין 5.9 לבין 6.1, כלומר: בהיר פחות מהנתון באפמריס.

15 : 19 : 26 תנאי ראות לא טובים: התעננות חלקית וזוהר הירח מפריעים. איתור השביט במשקפת בלתי אפשרי, נראים רק כוכבים בהירים יחסית,  $\chi$  UMa,  $\psi$  ובקושי UMa 67. בטלסקופ מתאפשרת תצפית לפחות לתקופה קצרה, אומדן המיקום  $10^{\circ}45'$ , 43 : 11 ש'.

27 : 19 : 30 זוהר הירח אינו מאפשר עוד עבודה במשקפת; בטלסקופ נראה השביט כ  $1^{\circ}30'$  דרומית מערבית ל-  $\chi$  UMa, מיקום מדויק לא ניתן לקביעה.

28 : 19 : 10 השביט נראה כ-  $1^{\circ}$  מ-  $\chi$  UMa, תזוזה מועטה במשך היממה האחרונה.

29 : 19 : 25 השביט נראה מתרחק מ-  $\chi$  UMa באיטיות; בשוליו הדרום-מזרחיים כ-  $10'$  או פחות מהמרכז - כוכב קטן, כגודל 8 או פחות; כ-  $45'$  מערבית לשביט כוכב כפול בעל רכיבים בהירים יחסית (גודל 6 בערך), מרחקם הדדי כ-  $10'$  או פחות.

30 : 19 : 30 תנאי ראות קשים, אור הירח הולך ומשפיע. איתור שביט אוסטין מערבית למעמד של אמש, במרחק לא גדול, מיקום מדויק בלתי אפשרי לקבוע בהעדר כוכבי יחוס בהירים בסביבתו הקרובה.

ולסיכום: תצפיות מעניינות בהחלט, לצערי התנהלו באזור "לא מוצלח" לתנאים מקומיים: בקטע זה של השמיים "זיהום אויר ע"י תאורה" קשה ביותר ע"י אורות יקנעם ואפילו אורות אזור חיפה.

#### סניף תל-אביב

הרצאות לחברים ולקהל באולם בפלנטריום, רמת אביב, בשעה 20.00 בימי ג' אחת לארבעה שבועות, להוציא חגים: 19.10, 16.11, 4.12, 11.1.83, 8.2.83, 8.3.83, 5.4.83, 19.10. מרצה מנהל הפלנטריום, מר חיים מנדלסון על כוכבים מתפרצים בקרינת-א (ראה עמ' 160).

14.12: (ערב לקוי החמה החלקי) נתן אריה: לקויי חמה.

נושא ההרצאה של חברנו אילן מנוליס בפלנטריום, ביום 16.11, בשעה 20.00. מגמות התפתחות בחקר האסטרונומיה בשנות ה-80.

אל חוברת זו מצורפת הזמנה לאסיפה כללית שלא מן המניין הקשורה ברישום האגודה כחוק כעמותה, כתחליף לרישומה הישן כאגודה אוטומנית, ולכך דרושה הסכמת האסיפה הכללית של חבריה. אחריה הרצאת נ. אריה על ליקויי חמה.

דמי חבר כעת 200 שקל לשנה מיום ההרשמה.

חברים מקבלים את דו-הירחון באגודה וכל פרסום אחר משך השנה, ולזכו-יות אחרות כמפורטות כאן מזמן לזמן.

