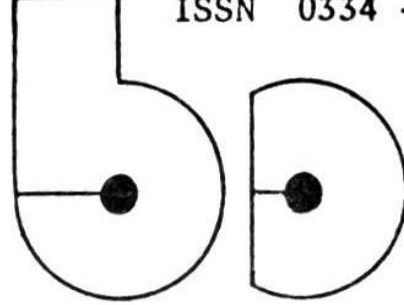
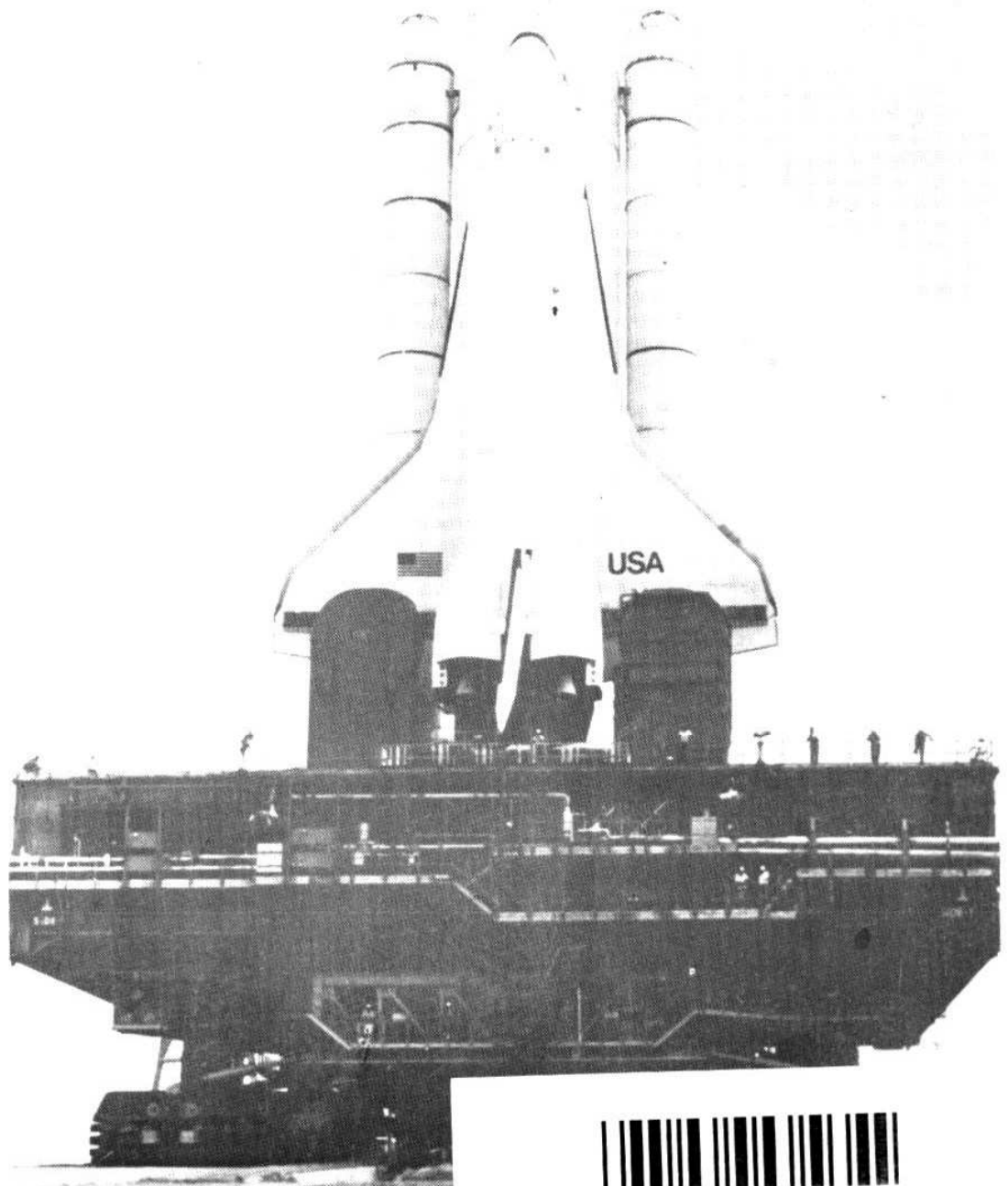


אסטרונומיה
אסטרופיסיקה
חקר החלל



סופי אוי



4/1988



מוציא לאור: האגודה הישראלית לאסטרונומיה, עמותה מס. 58-004-867-6
מצפה הכוכבים, גן העליה השניה, גבעתיים
מערכת/עורך: מרצל קיי, ת.ד. 149, גבעתיים 53 101 טל. 03-344 686

STARLIGHT AUGUST - OCTOBER 1988 VOL.15, NO.4
PUBLISHERS: ISRAEL ASTRONOMICAL ASSOCIATION, THE OBSERVATORY,
SECOND ALIYA PARK, GIVATAYIM 53101, POB 149.
EDITOR: MARZELL KAY, MSC, BSC, CE, MISTRUCTE, TEL.03-344686

107 במערכת

אסטרופיזיקה	108	חומר בין-כוכבי/לידה ומות כוכבים	(חנוך גרשט)
חקר חלל	116	חיים על מאדים - עבר או הווה?	תומר בן-סירה
	119	משימה מאוישת למאדים	(בועז מאיר)
	138	חלליות מחקר בלתי מאוישות רוטיות	חיים מזר
	140	המסע אל שולי מערכת השמש	הארץ
	141	תכנית חלל אזרחית ישראלית בהכנה ישראל בליזובסקי	
	142	התוכניות הפלנטאריות של היפנים	(חיים מזר)

ספרים	119	ממדף הספרים	חיים מזר
לחובב	121	דוח מטיאורים - פרסאידים 1988	איתן עלומי
	130	פינת החובב	יגאל פת-אל
	133	סודות תצפית בערפיליות, גלאקסיות.. אירית קרופקה	
	138	הגדלת שדה הראיה	יהודה גפנן
	138	ציוד תצפית - עדשת מצלמה כטלסקופ	ערן אופק

אסטרונומיה	122	הסדרה הספקטרלית	חנוך גרשט
	135	לפלוטו אטמוספירה דקה	(חיים מזר)
	142	ננס חום מחוץ למערכת השמש	[מערב, 8.8.1988]
	143	תצפית מוטסת במצפה קויפר	(חיים מזר)

RACE INTO SPACE - SOVIET SPACE PROGRAM, BRIAN HARVEY, JULY 1988
LESLIE VALENTINE, JOHN WILEY & SONS LTD. 375 PP. £16.95
BASSIN LANE, CHICHESTER, W. SUSSEX, PO19 1UD
STARWATCH, B. MAYER, PUTNAM PERIGEE PUBLISHING GROUP,
200 MADISON AVE., NEW YORK, NY 10016, USA. 146 PP.

עם מפות כוכבים עד 8.0 בערך של חלק מהשמים

שער קדמי: מעבורת החלל אנטרפרייז על מתקן שיגור נייד. היגע לדינו צילום זה שאיכותו גבוהה מזו שפורסם בגליון 3. נראים גם פרטים רבים במתקן השיגור ומימדיו על פי העובדים הנראים עליו.

שער אחורי: יו"ר הסוכנות הישראלית לניצול החלל, פרופ' יובל נאמן עם דגם לויין התקשורת הישראלי "עמוס" (צילם ישראל סימיונסקי, עבור י.פ.פ.ע. בע"מ)

במערכת

באיחור בלתי צפוי הננו מאחלים לכל חברינו ולכל עם ישראל שנה טובה ופוריה - לכתיבה וחתומה לא הספקנו להגיע. ועוד מעט חנוכה... ראה הזמנה למסיבה בסוף הגליון.

כפצוי מה על האיחור הרב בהוצאתו הוגדל גליון זה במספר עמודים; צוואר הבקבוק הוא הפעם בתחום ההקלדה ובעיקר בעריכה ולא דוקא בהשגת חומר ובתרגומו, אם כי אנו מתקרבים שוב לסוף המלאי הזמין! חברנו יגאל פת-אל הסכים להוציא גליון 5-6 והוא מוסר שגם הוצאתו של זה קרובה למדי.

למחברים/מדווחים/מתרגמים - כדי להקל על העריכה וגם להקדים את הפרסום ואם רק אפשר, אנא העבירו צילומי מקורות החומר, ולהעשרת העיתון, כל איור המתיחס אליו, בצילום בעל ניגוד/קונטרסט וחדות מיטביים - נוכל להחזיר הוצאות העתקה סבירים נגד קבלות מתאימות. למוסרים פרטים על פרסומים - רצוי גם מידע על מהות ואיכות החומר המדווח.

פחת לאחרונה הדיווח מחברים על פעילויות, תצפיות - וחבל.

למערכת הגיע קטלוג נאה בעל 32 עמודים על פרסומים באסטרונומיה, פיזיקה, תולדות המדע וכו' מ-CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. כלול בו פירוט של עד עשרות שורות על התוכן ואופיו. ניתן לעיון בחינם עם העורך; מזמן לזמן גם נביא מובאות מחוכו.

לכא

ממדף הספרים
ליקטו חיים מזר, ערן אופק
UFO CASEBOOK, PETER BROOKS, ORBIS LONDON.
צילומים, שרטוטים; סטימצקי, 7.60 ש"ח

MARS PROJECT, SOCY. FOR STUDY OF NATIVE ARTS & SCIENCES,
2330 BLAKE ST., BERKLEY, CA 94704

SKYSIGNS - ARATUS' PHENOMENE, 270 BCE., STANLEY LOMBARDS, \$7.95
N.ATLANTIC BOOKS, 2320 BLAKE ST., BERKLEY, CA 97704

PRINCIPLES OF ULTRA-RELATIVITY, PROF. SEIKE (FOR NOBEL PR.COMTEE)
G.RESEARCH INST, POB33, IWOJIMA 798, JAPAN. (\$70 באו"ר)
THIN WAVE EQUATION, ULTRASPERICAL RESONANCE,
QUANTUM OP'S FOR POLARIZABILITY, TACHION TIME REFLECTION,
5TH & 10TH PLANET, ENERGY POTENTIALS, SIGNAL NO & VELOCITY
ON OTHER PLANETS. PHOTS, TABLES, GRAPHS, 361PP.

FIELD GUIDE TO STARS & PLANETS, D.H.MENZEL, J.M.PASACHOFF 1983,
HOUGHTON MIFFLIN CO. 2 PARK ST. BOSTON MA 02108, USA

על החומר הבין-כוכבי ולידתם ומותם של כוכבים מאת ליימן ספיצר(1), אוניברסיטת פרינסטון

גז בין הכוכבים

היקום הוא ברובו חלל ריק: הנפח הכולל אותו תופסים הכוכבים הוא רק חלק זעיר ביותר מהנפח הכולל שביניהם. ניקח לדוגמא את החלל שבין הכוכב שלנו, השמש, לבין הכוכב השכן הקרוב ביותר: קרן אור זקוקה רק לשתי שניות כדי לעבור מרחק השווה לרדיוס השמש, אך ליותר מארבע שנים כדי להגיע מהשמש אל הכוכב הקרוב ביותר. כדור שרדיוסו 4 שנים אור ומרכזו בשמש הוא בעל נפח הגדול מזה של השמש בסדר גודל של 10 בחזקת 23. פרט לשמש שבמרכז נראה כדור זה כמעט לגמרי ריק.

- אך לא לגמרי: ניתן למצוא בו סימנים לקיומו של גז, ברובו מימן, היסוד הקל ביותר המוכר לנו. אם כוס ממוצעת (בעלת נפח של 200 סמ"ק) תוצב במרחק ש"א אחת מהשמש ניתן יהיה למצוא בה כ-20 אטומי מימן וכן 2 אטומי הליום. מספר אטומי החמצן והחנקן בכוס דומה שתוצב לשם השוואה באויר הסובב אותנו הוא כ-10 בחזקת 22. אנו מכניסים לתוכנו מספר דומה של אטומים בכל שאיפת אויר.

למרות שצפיפות הגז בין השמש לכוכב הקרוב ביותר נמוכה ביותר, נפחו הכולל של הגז בתחום זה גדול ביותר. כתוצאה מכך מגיעה המסה הכוללת של המימן בכדור למספר אחוזים ממסת השמש.

תוצאה זו היא אופיינית לאוסף הכוכבים הגדול שבו אנחנו מצויים, הגלקסיה; זאת שלנו היא דמוית צלחת שעוביה כ-1000 שנים אור וקוטרה גדול מזה פי 100 לערך. בנפח זה - 10 בחזקת 13 שנים אור מעוקבות - כמעט שווה מסתו של הגז הבין-כוכבי למסה הכוללת של כל הכוכבים במערכת! אין זה מקרי שניתן להשוות את מסת הכוכבים עם מסת הגז - כפי שנראה, קיים קשר התפתחותי בין הגז לבין הכוכבים.

במרחקים שבין כמה מאות אלפי ש"א ועד ליותר מ-10 מיליארד ש"א מחוץ למערכת הכוכבים שלנו מצויות גלקסיות אחרות. למרות שידועים לנו כמה פרטים על הגז שבגלקסיות אחרות, נדון כאן רק בגז בשביל החלב, הגלקסיה שלנו.

במרוצת הזמן חלו מספר התפתחויות דרמטיות בהבנתנו את הגז הבין-כוכבי בגלקסיה שלנו. התפתחויות אלו קרו כולן בשנות ה-70 והן התאפשרו הודות לפיתוחם של אמצעי תצפית חדשים; החשובים ביניהם היו הלוויין קופרניקוס לתצפיות באור על-סגול וגלאים לגלי מיקרו.

אחת הסיבות העיקריות לחקר הגז הבין-כוכבי היא תפקידו המשמעותי בדרך התפתחות הגלקסיה: כוכבים נוצרים מהגז הבין-כוכבי. חלק מכוכבים אלה מתים לאחר כמה מיליוני שנים: הם מתפוצצים תוך כדי פליטת המימן שעוזר ליצירתם אל תוך החלל הבין-כוכבי. פרט חשוב עוד יותר הוא כי התפוצצויות אלה פולטות לחלל גם כמויות אדירות של

יסודות כבדים יותר שנוצרו בתהליכי היתוך גרעיני עמוק בתוככי הכוכב. השמש וכדור הארץ התגבשו בחלל הבין-כוכבי מגז שהועשר בדרך זו בפחמן, חמצן, ברזל והיסודות המוכרים האחרים המקיפים אותנו.

מחזור קוסמי זה, של לידת כוכבים - מותם - התפוצצותם - ולידת כוכבים חדשים מעפרם של הישנים, הוא נושאו העיקרי של מאמר זה. כדי להבין כיצד פועל מחזור זה עלינו להבין איך נדחס הגז הבין-כוכבי על מנת ליצור דורות חדשים של כוכבים. מכאן שהבנתנו את דרך הווצרות הכוכבים חיונית ביותר לחקר החומר הבין-כוכבי.

תהליכים גרעיניים בכוכבים

כעת נבחן את המתרחש עמוק בתוככי הכוכבים שזה עתה נוצרו בימיו הראשונים של היקום. בעת שכוכב-מתגבש מענן גז הקורס תחת המשיכה הכבידתית האדירה נדחסות שכבותיו הפנימיות יותר ויותר. דחיסה זו גורמת להתחממות ובטמפרטורות הגבוהות שנוצרות נחלצות האלקטרונים ממקומם סביב גרעיני המימן וההליום. בחום העולה על 10 מיליון מעלות קלווין שנוצר במרכזם של כוכבים בעלי מסה כמסת שמש אחת מתחילות תגובות גרעיניות להתרחש וליצור יסודות כבדים.

הרכבה הכימית הנוכחית של מערכת השמש הוא תוצאת פעולתם של תגובות גרעיניות מעין אלה בשלבי התפתחותו הראשונים של היקום. ננסה להמשיך ולעקוב אחר המשך תהליכים חשובים אלה.

כאן נדון בכוכבים המסיבים יותר, אלה שמסתם עולה על שתי מסות שמש. בכוכבים הקלים אין פעילות רבה - הטמפרטורות הפנימיות שלהם נמוכות וקצב התגובות הגרעיניות בתוכם הוא כה איטי עד כי בכ-15 מיליארדי השנים שחלפו מאז נוצר היקום לא נוצרו בהם כמויות משמעותיות של יסודות כבדים יותר. זה ועוד: הכוכבים הקלים כמעט ואינם פולטים כל חומר לחלל וכך בכל מקרה היסודות הכבדים הנוצרים בתוכם גם לא יחזרו להיות חלק בגז בין-כוכבי.

תפקיד זה נשמר לכוכבים הכבדים בעלי הטמפרטורות הפנימיות הגבוהות ביותר והם משמשים כתנורים יעילים לבישול גרעיני אטומים ויצירת גרעינים כבדים. כוכבים אלה, הכבדים פי מאות מונים מן השמש, הם המתפוצצים באחרית ימיהם ופולטים את היסודות הכבדים שישתתפו ביצירת דור חדש של כוכבים.

התגובות הגרעיניות הנפוצות ביותר בליבות כוכבים הן תגובות המיזוג, בהם מתנגשים שני גרעינים אטומיים ומתאחדים. לכל גרעין יש מסען חיובי והדחיה ההדדית שבינם פועלת למנוע את המפגשים הדרושים לתגובת המיזוג. כיוון שכך חייבים שני גרעיני האטום לנוע זה אל זה במהירות גבוהה מאוד כדי להתגבר ולאפשר תגובת מיזוג.

החלקיקים בכל גז מצויים בתנועה מתמדת בכיוונים ובמהירויות אקראיים, כאשר ממוצע המהירויות מבטא טמפרטורת החומר. בטמפרטורות

הגבוהות דיין - 10 מיליון עד 1 מיליארד מעלות קלווין - תספיק מהירות תנועותיהם של גרעיני האטומים כדי לאפשר התרחשות תגובות אלה; בטמפרטורות הנמוכות יותר הן מספיקות לרוב רק לקיום תגובות בין גרעיני מימן בעלי יחידת מטען בסיסי בודדת ודרושות הטמפרטורות הגבוהות כדי לאפשר התקרבות מספקת בין גרעיני פחמן וחמצן עם 6 ו-8 היחידות בהתאמה של מטענם הבסיסי.

כאשר נוצרו גרעיני היסודות הכבדים 3 עד 10 דקות לאחר המפץ הגדול, היו הטמפרטורות גבוהות הרבה יותר מהמינימום הדרוש לתגובות מיזוג; הפחתת הצפיפות עם התפשטות היקום ולא ירידת הטמפרטורה גרמה להפסקת תגובות אלה. כיוון שמיזוג שני גרעינים משחרר אנרגיה ושני היסודות המשתתפים בתגובה נהרסים או לפחות משתנים, נהוג גם לכנות תגובה כזאת בשם בעירה גרעינית, אם כי שונה התהליך תכלית השינוי מהבעירה הכימית המוכרת לנו.

מיזוג הליום ופחמן

עם עליית הטמפרטורה עקב התכווצותו של כוכב שזה עתה נוצר, נהיית "שריפת" המימן להליום לתהליך המיזוג/היתוך הגרעיני הראשון שמתרחש. כאשר נוצר ההליום כעבור כ-3 דקות בעת המפץ הגדול, הסתובבו גם ניוטרונים חופשיים רבים והם חברו אל פרוטונים ליצירת דיאוטרון (גרעין מימן "כבד" המכיל פרוטון וניוטרון, בניגוד למימן רגיל המכיל פרוטונים בלבד), ואלה בתורם התמזגו ליצירת גרעיני הליום בעלי 4 יחידות מסה עם 2 יחידות מטען.

בתוך כוכב אין בדרך כלל ניוטרונים חופשיים: חלקיק חסר מטען זה אינו יציב והוא מתפרק לפרוטון ואלקטרון, עם זמן מחצית-חיים של 11 דקות. בשל המחסור בניוטרונים חייב תהליך יצירת ההליום להתחיל בחיבורם של שני פרוטונים תוך פליטת פוזיטרון - אלקטרון בעל מטען חיובי - כדי ליצור את הדיאוטרון. בשלב הבא נוצר ההליום מהדאוטרונים עקב חיבור שני דאוטרונים כמו במפץ הגדול, או בחיבור של אחד, תחילה לפרוטון אחד ואחריו לפרוטון שני.

התוצאה הסופית בכל מקרה היא יצירת הליום ממימן בטמפרטורה של כ-10 מיליון מעלות קלווין. לאחר זמן מה, כמיליון שנים בכוכבים המסיבים ביותר, כל המימן המצוי באזוריו הפנימיים של הכוכב כבר מומר להליום. מרבית האנרגיה הנפלטת מכוכבים נובעת מתהליך זה של מיזוג מימן. תהליך דומה עשוי להיות ספק האנרגיה גם לשמש לשימוש על פני כדור הארץ - כעת ובעתיד הקרוב.

לאחר שנגמר כל מלאי המימן שבליבת הכוכב הוא מתכווץ פעם נוספת ועקב כך עולה הטמפרטורה בליבה לכ-200 מיליון מעלות קלווין. בשלב זה מתחילה בעירת ההליום ליצירת פחמן. שני גרעיני הליום אינם יכולים ליצור גרעין יציב ותהליך זה מערב שלושה גרעיני הליום היוצרים גרעין פחמן בעל מסה ומטען של 12 ו-6 יחידות אטומיות, בהתאמה. תהליך זה ליצירת פחמן אינו מחייב התנגשות בו-זמנית של שלושת

גרעיני ההליום. שניים מהגרעינים יכולים להתמוזג לגרעין בריליום לא יציב שמתפרק תוך זמן קצר מאוד. אם גרעין הליום נוסף מתנגש בגרעין הבריליום לפני התפרקותו, יש סיכוי טוב מאוד ששלושת הגרעינים יתקשרו ליצירת גרעין פחמן יציב. דרושה צפיפות גבוהה כדי לאפשר התרחשות תהליך שני זה בסבירות גבוהה תוך פרק זמן קצר וזו אולי גם הסיבה שפחמן או גרעינים כבדים יותר לא נוצרו כמעט בעת המפץ הגדול.

מיזוג יסודות כבדים יותר

לאחר פרק זמן נוסף של מיליוני שנים, יומר כל ההליום שבחלקיו הפנימיים של הכוכב לפחמן וחמצן בכמויות שוות יחסית (גרעין חמצן נוצר כאשר גרעין פחמן לוכד גרעין הליום נוסף). הכוכב ימשיך להתכווץ תוך כדי עליה מתמדת של הטמפרטורה עד שמתחילה בעירת פחמן. בתהליך זה נצמדים יחד שני גרעיני פחמן ליצור גרעין ניאון תוך כדי בריחת גרעין הליום. בעת שמתחילה בעירת הפחמן קיימת שכבת ביניים של הליום כמעט טהור, המפרידה בין ליבת הפחמן והשכבות החיצוניות הקדומות המכילות בעיקר מימן. בהמשך התפתחותו של הכוכב מתפשטת השכבה החיצונית לרדיוס של מאות רדיוסי שמש, הליבה מתכווצת ומתחממת יותר ויותר והפחמן שבתוכה מתכלה. גרעינים כבדים יותר ויותר נוצרים במרכז הליבה והטמפרטורה והלחץ עולים בה בהתמדה.

התהליך נפסק כאשר טמפרטורת פנים הליבה מגיעה ל-5 מיליארדי מעלות קלווין. הליבה מורכבת כעת ברובה ברזל ויסודות הקרובים לו, כרום וניקל (שמסענם הגרעיני שונה מזה של הברזל רק ב-2 יחידות אטומיות - גרעין הליום יחיד). ניתן לשאול מדוע תהליכי המיזוג הגרעיני אינם יכולים להמשיך בליבה ליצירת יסודות כבדים יותר ויותר עד לאורניום. מתברר שכמות האנרגיה המשתחררת בעת המיזוג פוחתת במהירות עם גידול המסה והמטען עד לאפס עבור ברזל ומשם והלאה המיזוג צורך אנרגיה. מכאן שמיזוג היסודות הקלים עד ליצירת הברזל משחרר את כל האנרגיה הזמינה ממיזוג.

מכאן שגרעיני היסודות הכבדים ביותר, כדוגמת האורניום, יכולים לשחרר אנרגיה בעת התבקעותם לשניים - תהליך הביקוע הגרעיני המוכר הפועל בתחנות הכוח ופצצות גרעיניות. לכן כאשר כוכב המיר את כל הגז שבמרכזו לברזל, למעשה נגמר לו הדלק.

מותם של הכוכבים

אשר לתהליך המתרחש בסוף חייו של כוכב, אופיו תלוי במסתו. כוכבים שמסתם קטנה ממסת השמש שלנו ימותו רק לאחר מיליארדים רבים של שנים. כאשר יגיע זמנם הם יעשו זאת בשקט - יתכווצו, יפסיקו להאיר ויתקררו. כוכבים שמסתם בין 5 ל-10 מסות שמש מתים מיליוני שנים ספורות בלבד לאחר לידתם. מותם הוא מחזה מרהיב - הם מתפוצצים ובמשך כמה שבועות פולטים כמות אנרגיה העולה על פליטת האנרגיה של כל הכוכבים בגלקסיה גם יחד.

כוכב מתפוצץ כזה ידוע בשם סופרנובה. הפיצוץ מתחיל במרכז והוא שולח גל הדף דרך השכבות החיצוניות של הכוכב אל החלל, תוך כדי האצת החומר בשכבות אלה עד ל-10,000 ק"מ לשניה ויותר. במהלך ההתפוצצות עשויים להיווצר גרעינים נוספים של ברזל והיסודות הקרובים לו. נוצרות גם כמויות גדולות ביותר של ניוטרונים ולכידתם המהירה של אלה בגרעיני הברזל יוצרת יסודות כבדים, עד ואף מעבר לאורניום. כאשר מגיע גל הפיצוץ אל פני השטח בורח חומר זה לחלל וכך מתפזרים פחמן, חמצן, עופרת ומרבית היסודות האחרים אל התווך הבין-כוכבי.

תוצאה מרתקת נוספת להתפוצצות סופרנובה היא כי בעוד השכבות החיצוניות נפלטות החוצה מתכווץ גרעין הכוכב ויוצר כוכב ניוטרונים או, במקרה של הכוכבים המסיביים ביותר, חור שחור.

הדורות הבאים

יחד עם הגז שכבר קיים בין הכוכבים יוצר החומר שמשתחרר בהתפרצויות סופרנובה תערובת כימית שהרכבה דומה לזה של אטמוספירת השמש וכוכבים אחרים - וגם של הגז הבין-כוכבי. חשוב גם לציין כמה אי התאמות משמעותיות: כך גרעין החנקן הקל ויוצא הדופן, בעל המטען החשמלי, אינו יכול להיווצר מגרעיני הליום. מכאן שיסודות כדוגמתו כמעט ולא נוצרו בכוכב מן הדור הראשון שהורכב בלידתו ממימן והליום בלבד.

כדי להשיג התאמה טובה בין התאוריה להרכב הכימי הנצפה של היקום, עלינו לקחת בחשבון את הכוכבים בבני דורות מאוחרים יותר, מגז מועשר ביסודות כבדים שנוצרו בדורות הראשונים. כאשר נולד כוכב מסיבי מהדור השני הוא יכול כמות נכבדה של פחמן שנוצר בכוכבים המסיביים בני הדור הראשון ונפלט לחלל. בעת בעירת מימן בכוכב מהדור השני יקלטו גרעיני פחמן אלו פרוטון וייצרו גרעיני חנקן.

כוכב מסיבי, ששכבותיו החיצוניות התנפחו למימדי ענק ויצרו כוכב הידוע כענק אדום, עשוי בשלבי התפתחות אחרים גם להיות חשוף להבזקים או פעימות חומניות באזור בעירת ההליום שבתחתית שכבת ההליום; פעימות קצרות אלה של חום גבוה עשויות להילוות בשטף של ניוטרונים ובכוכב מהדור השני עשויים ניוטרונים אלה להיבלע בברזל ובגרעינים הכבדים יותר שנוצרו בדור הראשון.

התפתחות הדרגתית של יסודות כבדים עקב לכידת ניוטרונים שנוצרו בדרך כלשהי מהווה דרך נוספת - בנוסף לספיחה מהירה של ניוטרונים בעת התפוצצות סופרנובה - להסביר את השכיחויות הקוסמיות של היסודות השונים. גרעינים נוספים נוצרים ככל הנראה בעת התפוצצות סופרנובות מהדור השני או אף השלישי, שהרכבם הכימי לפני ההתפוצצות כבר כלל יסודות כבדים מאוד שנוצרו בכוכבי דור קודם.

חישוב כמויות היסודות השונים ביקום חייב גם להתחשב בקיומם של האיזוטופים - ותחילה התעלמנו מהם לצורך פשטות ההסבר. לגרעיני האיזוטופים של יסוד כלשהו יש אותו מטען והם נבדלים במסותיהם. מכאן

שבכל יסוד האיסוטופים השונים מכילים אותו מספר פרוטונים וכך הם יכולים למשוך ולהחזיק במספר זהה של אלקטרונים, אך בכל אחד מהם מספר שונה של ניוטרונים כדוגמת דִּיאוטריום שהוא איסוטופ של מימן: גרעינו (הדיאוטרון) עשוי מפרוטון וניוטרון. השכיחות הנצפות של האיסוטופים השונים ניתנות להסבר על פי התהליכים שפורטו מעלה ובפרט בלכידה הדרגתית של ניוטרונים. ההתאמה הקרובה המתקבלת בין התיאוריה והמצפיות היא נצחונה הפרטי של התיאוריה להתפתחות היסודות בכוכבים.

ראינו שהמחזור הקוסמי - הווצרות כוכבים, יצירת יסודות ופליטתם לחלל לקראת יצירת כוכבים חדשים מעפרם של הישנים - הוא האחראי לייצור החומר שממנו אנו מורכבים. עקב שכיחותם הנמוכה יחסית של היסודות הכבדים מהליום יכולה כמות החומר המעובד בתהליכי סופרנובה להיות חלק קטן בלבד מהחומר הבין-כוכבי. נדירותם היחסית של מימן [חופשי] והליום על פני כדור הארץ נובעת מהעובדה שיסודות אלה הם בדרך כלל בצורת גז [קל]; ההליום אינו פעיל ולכן גם לא בנמצא בתרכובות מהן נוצרה הארץ.

מסופרנובה חזרה לכוכב

בשלבים האחרונים של התהליך שכבר תיארנו מתפשט החומר הנפלט עקב התפרצות סופרנובה לחלל הבין-כוכבי, מתערבב עם הגז המצוי שם ושוב נדחס ליצור כוכבים חדשים. שלב זה הוא מסובך יותר ומובן פחות מהמפץ הגדול או היווצרות היסודות בכוכבים. התיאוריה של המפץ הגדול היא פשוטה יחסית בשל הנחת האחידות של היקום שזה עתה נוצר, כאשר כל הערכים הפיזיקליים לא תלויים במיקום בזמן נתון. תיאוריה מעין זו היא חד-מימדית (מימדה היחיד הוא הזמן) ופשוטה למדי. התיאוריה להתפתחות כוכבים ויצירת היסודות מסובכת יותר, כיוון שהתנאים בכוכב מסויים תלויים במרחק ממרכזו ולא רק בזמן. תיאוריה מעין זו היא דו-מימדית (מימד מרחבי ומימד הזמן), אך אם מצויות בידינו שתי המשוואות יוכל כל מחשב מודרני לפתורן.

לעומת זאת שולטות אי-הסדירויות במחקרים אודות תנועותיהם של הגז הבין-כוכבי ושרידי סופרנובות, מיזוגם של השניים ויצירת כוכבים חדשים. הגז הבין-כוכבי מצוי בחלל גושים גושים והחומר הנפלט מהסופרנובה - והנורה במהירויות אדירות - שוטף דרך הגז בעל הצפיפות הנמוכה; בכך הוא גורם לדחיסתו עד לצפיפויות גבוהות המדגישות את המבנה של גושים. היווצרות הכוכבים תלויה באופן היווצרותם והידחסותם של הגושים או העננים. בתנאים לא סדירים אלה כל הנתונים הפיזיקאליים תלויים בדרכים שונות בשלושה מימדים בנוסף למימד הזמן ואין עדיין אפשרות לעקוב אחריהם באמצעות מחשב. מכאן שהדיון בתהליכים אלה חייב להיעשות בקירוב בלבד ומתבסס על הנחות אופטימליות פשוטות.

נעקוב תחילה אחר התפשטות הגז הנפלט עקב התפוצצות סופרנובה. לשם פשטות נניח כי התווך הבין-כוכבי הוא בעל מבנה אחיד עם צפיפות ממוצעת של כאטום מימן אחד לסמ"ק. כיוון שצפיפות הגז בתווך הבין-

כוכבי היא כה נמוכה, מתפשט הגז מהסופרנובה בתחילת דרכו כאילו התפשט בחלל ריק בלא הפרעות. לאחר זמן, בדרך כלל כמאה שנים לאחר ההתפוצצות, מגיע הגז שהספיק בינתיים להתפשט למרחק של כמה שנות אור לצפיפות הנמוכה של התווך הבין-כוכבי עם גידול בחשיבותן של התגובות בין שני הגזים.

אטומים בגז הסופרנובה המועשר ביסודות כבדים מתנגשים במהירות גבוהות של אלפי קילומטרים לשניה באטומי הגז הבין-כוכבי. מהירות אלה משתנות באופן אקראי (בכיוון ובעוצמה) עקב ההתנגשויות. אסטרונומים נוהגים לכנות את מעטפת הגז המתפשטת "שרידי סופרנובה" למרות שלאחר מאת השנים הראשונות מכילה מעטפת זו יותר גז מהתווך הבין-כוכבי מאשר מהכוכב שהתפוצץ. כאשר השרידים ממשיכים בתנועתם פוחתת המהירות והטמפרטורה שלהם ולבסוף, לאחר כמיליון שנים לערך, יגיעו השרידים למהירות תנועה המקובלת בתווך הבין-כוכבי - סביב 10 ק"מ לשניה.

התפתחותם בפועל של שרידי הסופרנובה מסובכת בהרבה בשל אי הסדירויות שהוזכרו מקודם. שלב חשוב במחזור הקוסמי הוא עירבוב הגז מהסופרנובה עם הגז הבין-כוכבי. לו הייתה התפוצצות הסופרנובה לגמרי כדורית וסימטרית והגז החם שנפלט ממנה היה נע. חלקות אל תוך תווך בין-כוכבי אחיד, אזי לא היה מתרחש מיזוג משמעותי: מרבית הגז הבין-כוכבי היה שומר גל הרכבו הקודם - תערובת של מימן והליום בלבד - בעוד החומר הנפלט היה שומר על ריכוז גבוה של יסודות כבדים. במציאות כאמור למרבית הכוכבים הנוצרים יש הרכב דומה לזה של השמש, דבר המלמד שהגז הבין-כוכבי עבר תהליך של מיזוג יסודי. נראה שאי הסדירויות שניתן למצוא בגז הבין-כוכבי מספיקות כדי לאפשר מיזוג מעין זה.

כפי שניתן לשער אין מיזוג זה מושלם לגמרי. מדידות מדויקות של מטאוריטים מראות הבדלים דקים בהרכבם (בייחוד בשכיחויות האיסוטופים היחסיות של יסודות שונים). גושים מוצקים אלה, לפני שהתנגשו בכדור הארץ, נעו ברחבי מערכת השמש במשך מיליוני שנים והיו גדולים מספיק כדי להגיע עד לפני הקרקע בלי להשרף לגמרי באטמוספירה. ניתן להסביר הבדלים אלה אם נניח כי הרכב החומר שממנו התגבשו המטאוריטים השונים היה שונה מלכתחילה. יתכן שמספר סופרנובות תרמו לחומר במערכת השמש. באזורים שונים ניתן לצפות להבדלים קטנים בכמויות היחסיות של גז כלשהו, דבר שנובע משוני כזה במקורותם של יסודות כבדים.

השלב הסופי במחזור הקוסמי הוא הווצרותם של כוכבים חדשים, מועשרים ביסודות כבדים שנוצרו בדורות קודמים של כוכבים. פרט אחד שבו אנו בטוחים בהקשר זה הוא שברגע זה נוצרים כוכבים בגלקסיה שלנו ובגלקסיות ספירליות אחרות. העדות לכך היא קיומם של כוכבים זוהרים מאוד: בהירותם עולה פי מיליון לערך על זו של השמש (מסותיהם של כוכבים אלה גדולות פי 20 ויותר ממסת השמש).

לא ידוע מקור אנרגיה כלשהו שיכול להפיק כמויות אנרגיה כאלה לאורך כמה מיליארדי שנים, פרק הזמן שבו כבר מאירה השמש. בקצב בעירה

מוגבר זה תיפלט האנרגיה המופקת מבעירת המימן למשך תקופה בין מיליון ל-10 מיליון שנים נוספות בלבד. מכאן ברור שכוכבים אלה החלו להאיר רק לפני מיליונים ספורים של שנים ושנוצרו רק פרק זמן קצר לפני כן. בקנה מידה

אסטרונומי נחשבים כוכבים כאלה לצעירים ביותר. הם ממוקמים בדרך כלל רק באיזורים המכילים כמויות משמעותיות של גז בין-כוכבי, עובדה המאשרת כי כוכבים מסיביים אלה נוצרו לפני זמן לא רב מענני גז.

העתיד הרחוק

שאלה מעניינת היא כיצד ייגמר מחזור קוסמי זה, שהרי הוא חייב להסתיים ביום מן הימים. רק חלק מהגז הנדחס ליצירת כוכבים חדשים נפלט חזרה לחלל הבין-כוכבי. חלק גדול מהגז יוצר כוכבים שהם פחות מסיביים מהשמש. אלה ימותו בשקט, בלא פליטת חומר כלשהו, בהופכם לננסים לבנים שמתקררים לגופים קרים ואפלים. כאשר החומר הבין-כוכבי מתכלה בדרך זו, עשוי המלאי להתחדש מהחומר הבין-גלקטי שנלכד ונופל אל תוך הגלקסיה.

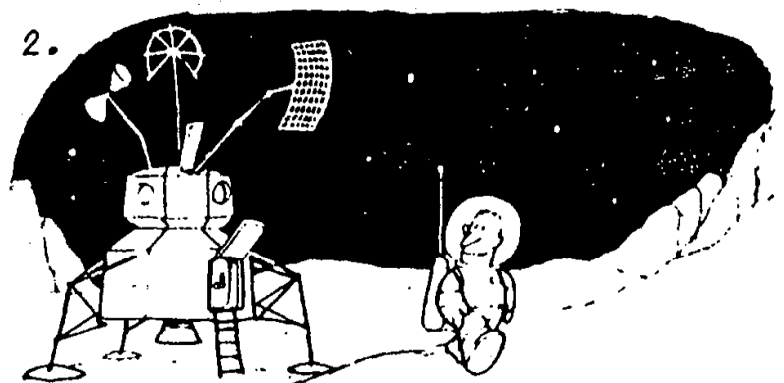
עם הזמן יגמר גם מקור זה של גז ותהליך יצירת הכוכבים יגיע אט אט לקיצו. עד אז יתקררו ויואפלו השמש וכוכבים זקנים אחרים ופרט להבזקים מקריים בודדים, שייגרמו מהתנגשויות בין כוכבים, ילך היקום וישחיר - מקום מענין הרבה פחות לחיות בו. יש לזכור כי גורל זה צפוי לנו אולי רק בעוד 100 מיליארדי שנים. מלאי החומרים הרדיואקטיביים בכוכבי הלכת עצמם עשוי לסיע לקיום חיים לאורך רוב תקופה זו ולכן התחזית של החשיכה המוחלטת אינה צריכה לעניין אותנו בטווח המיידי.

סופו של היקום עשוי גם להגיע בצורה שונה. אם הצפיפות הממוצעת של החומר ביקום היא מספיק גדולה (פי 10 מהידוע היום), תיעצר התפשטותו במשך הזמן כתוצאה ממשיכה

כבידתית ותתחיל התכווצותו. לאחר מיליארדים רבים של שנים, שבהם יגברו הטמפרטורה והצפיפות הקוסמית, היקום יתכווץ שוב למצב של צפיפות גדולה ביותר ולאחר זאת, מי יודע? בכל מקרה שום חומר לא יוכל להישדד לאחר השואה שתיגרם עקב הקריסה הגדולה.***

1. LYMAN SPITZER, PRINCETON.

מחוך גליון ספט'-אוק', MERCURY 1983,



תרגם חנוך גרשט

חיים על מאדים - עבר או הווה? מאת תומר בן-סירה

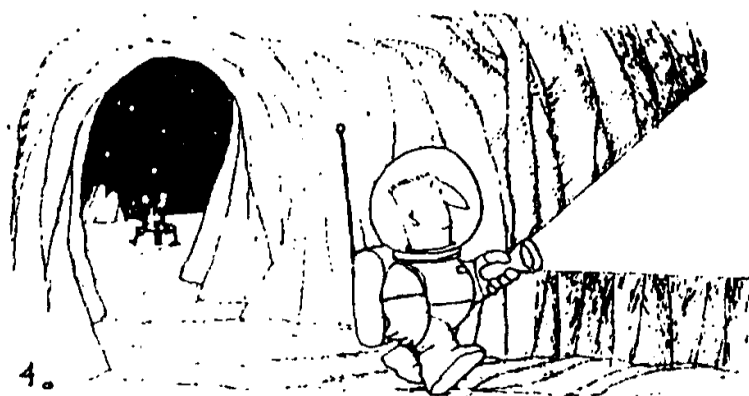
3.



מאז שפרסיל לאוול הסתכל
מבעד לטלסקופ ותיאר
"תעלות" הוא העלה את
האפשרות שצורות חיים כלשהן
בנו אותן כדי להעביר מים
ממקום למקום. מאותו רגע
הועלתה השאלה, האם יש חיים
על כוכב הלכת מאדים. בכתבה
זו אביא כמה טעונים בעד
ונגד חיים על מאדים כיום
וכן אעלה את האפשרות כי
חיים יכלו להתקיים בעברו
הרחוק של כוכב הלכת.

חיים בעבר - כן או לא?

4.

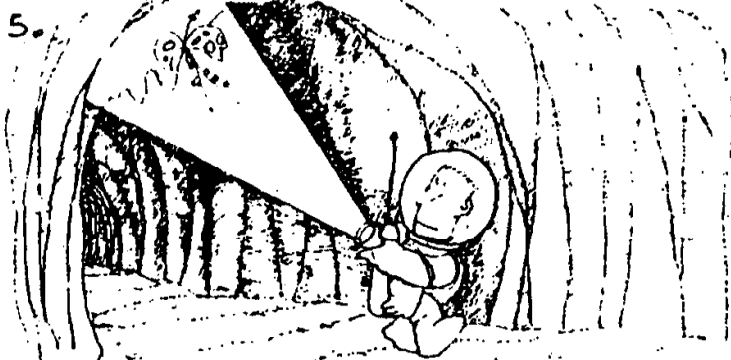


על שאלה זאת אי אפשר כיום
לענות בצורה חד-משמעית.

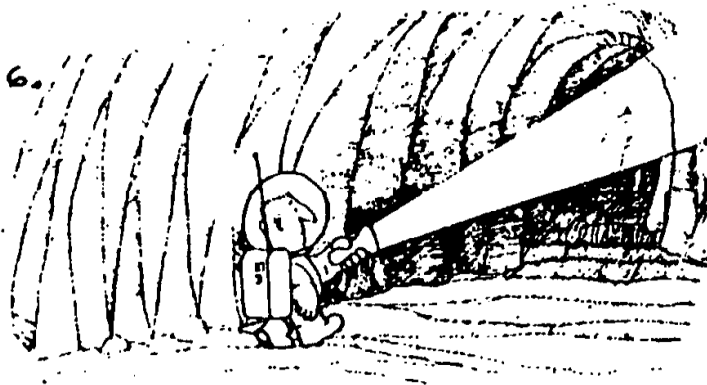
מניתוח תוצאות הנסויים שערכו שתי חלליות וייקינג (1) נמצא שבאותם
מקומות שם נחתו החלליות - מישורי אוטופיה וכריסה (2) - אין סימנים
של תרכובות אורגניות. לעומת זאת נתגלה ריכוז גבוה של תרכובות
מחמצנות (3) שלא זוהו ושריכוזם של תרכובות אלו נמצא ביחס הפוך
לכמות המים - משמע, במקומות ה"רטובים" ביותר ריכוז התרכובות נמוך
יותר ולהיפך. לפיכך סביר להניח שכדאי לחפש תרכובות אורגניות
במקומות "רטובים" כמו בקטבים. כיום גם ידוע שמים זרמו בעברו הרחוק
של מאדים בעמקים הגדולים, כמו למשל ואליס מרינריס (4). תופעה זו
היתה מתאפשרת רק אם האטמוספירה של מאדים היתה דחוסה הרבה יותר וכן
אם הטמפרטורות הכלליות על פניו היו גבוהות יותר (מעל נקודת הקפאון
של המים, 0 מעלות צלזיוס). לסיכום, אם אכן היתה צורת חיים כלשהי
על מאדים, אז סביר להניח שחייבים להימצא סימנים שיעידו על כך. על
חיפוש עדויות שונות - בהמשך.

חיים בהווה?

גם על שאלה זו אי אפשר לענות
בצורה חד-משמעית. אפשר להביא
טיעונים בעד וטיעונים נגד.
החלק הקל הוא להביא טיעונים
נגד כי אנו יודעים שהתנאים
הפיזיקליים על מאדים הם קשים



ביותר ואינם מתאימים לבני אדם בפרט ולבעלי חיים בכלל. להלן כמה
פרטים אשר יכולים לשלול כל אפשרות של התפתחות חיים על מאדים:



(1) העדרותם הכללית של מים מעל פני השטח;

(2) הלחץ האטמוספרי הנמוך וכתוצאה מכך שלילת האפשרות של מים נוזליים כמצב יציב;

(3) הטמפרטורות הנמוכות במידה קיצונית מבחינה יומית וגם מבחינה עונתית;

(4) חדירת הקרינה העל-סגולה המזיקה;

(5) נוכחותן באדמת מאדים של תרכובות מחמצנות חזקות;

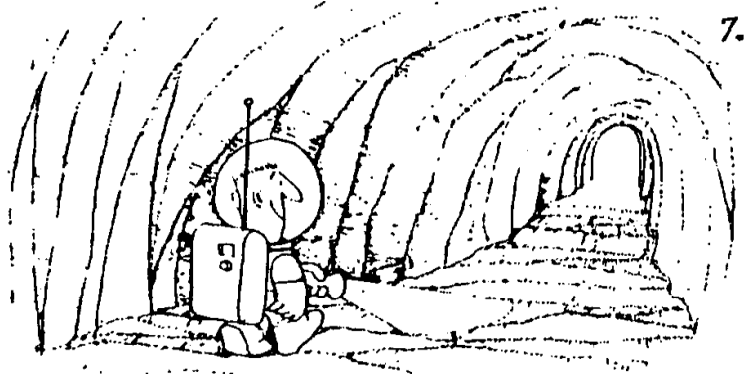
(6) הריכוז הנמוך של חנקן (N) באטמוספירה.

מלבד הנקודה האחרונה, את שאר הנקודות לאי תאימות אפשר לבטל בבחירת מקומות מתאימים, וזו מהסיבה שבכל נקודות אלו חלים שינויים מסויימים. משפט קצר זה בעצם מביא את הטיעונים המעטים בעד האפשרות לקיום חיים כיום על מאדים.

עדויות לחיים בעבר?

אם לשאלה בנוגע לחיים על מאדים התשובה חיובית, אז יש לקוות למצוא עדות מסויימת

לכך, אך מתעוררות שאלות בנושא כמו: אלו עדויות אנו צריכים לחפש ואיפה? כיצד להחזירם לכדה"א לבדיקות?

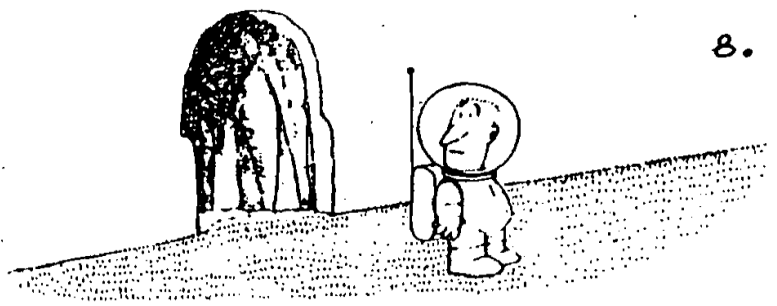


כדי לענות על מספר שאלות מני רבות כגון אלה, עלנו לדעת נתונים חשובים על ההיסטוריה המוקדמת של מאדים, לרבות ההיסטוריה הכימית וה"גיאו-"/אריאולוגית של מאדים. חשיבות הדבר היא בכך שאם נדע היסטוריות אלה אנו נקבל נתונים חשובים על ההתפתחות הכימית גיאו/אריאולוגית שאותה עבר מאדים ובכך נדע מה לחפש ואיפה.

כבר הוזכר שנתגלו סימנים של זרימות מים על פני מאדים. היום אנו גם יודעים שהחיים על כדה"א התפתחו בתוך מים (אשר חוסמים את הקרינה העל-סגולה המזיקה) ושחיים שגשגו כבר לפני כ-3.5 מיליארד שנים.

נוסף לכך מקובלת היום האפשרות שעל מאדים היו תרכובות אורגניות וזאת משתי סיבות:

(1) מאדים נוצר מאותו ענן גז ואבק שממנו נוצר גם כדה"א. ענן זה הכיל בין השאר גם תרכובות אורגניות;



2) סבורים היום שלמאדים היתה הסטוריה אריאלוגית ראשונית דומה לזו של כדה"א.



"I'm afraid, Stanley, this party's like what they say about Mars. We may have chemistry, but we do not as yet have biology."

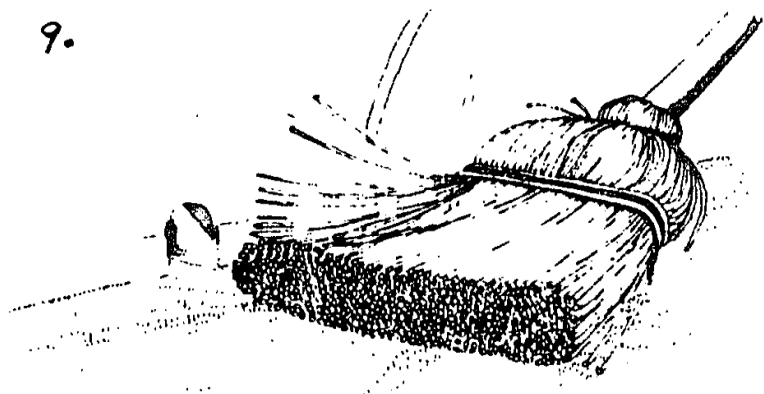
משתי עובדות אלו מתעוררות בעיות כמו למשל לאן "נעלמו" התרכובות הללו? לעומת שתי העובדות הללו גם לא ברור לנו האם במימיו של מאדים עברו התרכובות האורגניות אותם תהליכים כימיים ביולוגיים שעברו מקביליהן בכדה"א, עד שנוצרו תרכובות שמכפילות עצמן בדיוק. אחת הסיבות לכך היא כנראה המרחק של מאדים מהשמש (226 מיליון ק"מ) ועקב כך קולט מאדים פחות אנרגיה מכדה"א. אך גם כאן אין בטחון מלא, כי ידוע שלמאדים היתה אטמוספירה עבה יותר שהכילה חמצן חד-חמצני הגורם לתופע החממה.

סיכום

אני חושש סטנלי שמסיבה זו דומה למה שנאמר לגבי חיים על מאדים - יש כימיה אך אין עדיין ביולוגיה.

ובכן, אין לנו תשובה ברורה לשאלה שהופיעה בכותרת אך סביר שהיום מאדים הוא כוכב לכת מת מבחינה ביולוגית. כמו כן לשתי המעצמות יש תוכניות להנחית חלליות על גבי מאדים כדי ללמוד יותר עליו ועל ירחיו. ארה"ב הכריזה על מאדים כיעד הבא של נאס"א. גם הרוסים קבעו לעצמם תוכנית והיא להנחית חללית על אחד מירחי מאדים. אך כדי לענות על השאלות הרבות שנוותרו פתוחות, הפרוייקט החשוב ביותר הוא שיגור חלליות לנחיתה על מאדים והחזרת דגימות אדמה לבדיקה טובה יותר - כדי ללמוד עוד. בעתיד הקרוב והנראה לעין יוכל פרוייקט זה להתממש רק תוך שיתוף פעולה בין שתי המעצמות, בריה"מ וארה"ב, וכן שיתופן של ארצות נוספות.

9.



- 1) VIKING; 2) PLANITIAE CHRYSE, UTOPIA;
- 3) OXIDANTS; 4) VALLES MARINERIS.

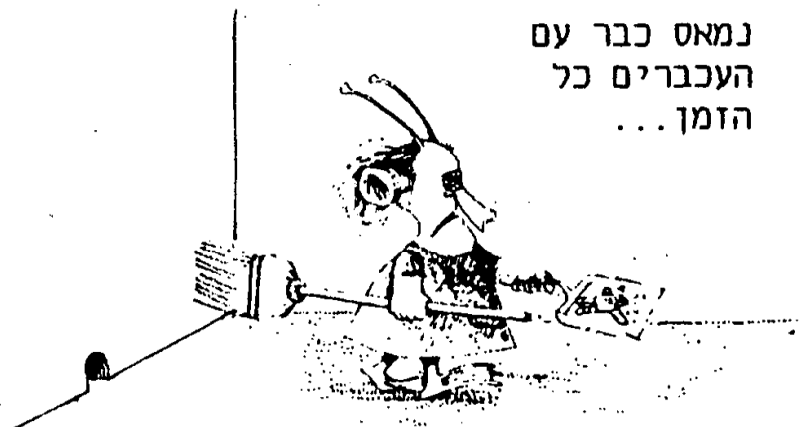
מאדים קדום	כדה"א קדום	טבלת השוואה: - תכונה
עדות למים נוזליים מחזור מים (?)	אוקיינוסים	מים
בסביבות 0 מע' צ'	מעל 0 מע' צ'	טמפרטורה
CO ₂ , N ₂ (?), H ₂ O (?) בסביבות 1 אטמ'	CO ₂ , N ₂ , H ₂ O מעל 1 אטמ'	אטמוספירה לחץ אטמוספירה
תגובות במים וולקניזם בלבד	מחזור פחמן גיאוכימי: CO ₂ - סלע פחמני סלע פחמני - CO ₂ וולקניזם ושקיעה מתמשכת	
4.5 מיליארד שנים עד 3.5 מיליארד שנים	4.5 מיליארד שנים עד היום	משך קיום אטמוספירה עבה
2/3 מהשטח מעל 3.8 מיליארד שנים	מגוון ובלתי רגיל	שימור עדות באבנים
?????	חיים לפני 3.5 מיליארד שנים	ביולוגיה

- מקורות:
- "MARS THEN AND NOW", NORMAN H. HOROWITZ.
PLANETARY REPORT, VOLUME 7/6 (1987) PPS.12-14
 - "BIOLOGY AND THE EXPLORATION OF MARS", HAROLD P. KLEIN.
PLANETARY REPORT, VOLUME 7/6 (1987) PPS.14-15

ממדף הספרים:
בסיסי זרים על פני הירח, מצילומי אפולו: ALIEN BASES ON THE MOON
FRED STECKLING, POB 1722, VISTA CA 92083, US. \$10.95+\$3 (משלוח)

משימה מאוישת למאדים

לציון יום השנה ה-10 למשימה
אפולו-סויוז המשותפת נערכה
בארה"ב ועידה מיוחדת ובה
נבחנה האפשרות למשימה
מאוישת למאדים, תוך שיתוף
פעולה בינלאומי בחלל. רוב
המשתתפים בוועידה (בניהם אף
אנשי הצוות האמריקני והצוות



נמאס כבר עם
העכברים כל
הזמן...

הרוסי שנפגשו בחלל) הסכימו ששיתוף פעולה כזה יהיה רצוי ואולי אף הכרחי אם ברצון האדם להציב את כף רגלו בעתיד הנראה לעין על הפלנטה האדומה.

בועידה הועלתה הצעה לקבוע את שנת 1992 כשנת החלל הבינלאומי (1). שנה זו מציינת את יובל ה-500 למסעו של קולומבוס לאמריקה, יובל ה-75 למהפכה הרוסית ו-35 שנה לשיגור הלוויין הראשון ("הספוטניק") והשנה הגיאופיזית הבינלאומית.

מלבד משימה מאוישת למאדים כוללות התוכניות לשנת ה-ISY גם מאמץ בינלאומי למחקרים נוספים: חידוש המשימות המאוישות לירח, מחקרי שביטים ואסטרואידים (מבצע המכונה משמר החלל (2) בתכנונם של צרפת ובריה"מ) והקמת תחנת החלל הקבועה של נאס"א.

בסקירת האפשרות למחקרים "גיאו-"/אריאולוגיים במאדים הודגשה שאיפה לבצע קידוחים כדי להביא גם דגימות עמוקות. לשם כך ייבחר אתר נחיתה הקרוב ככל האפשר לתופעות אריאולוגיות רבות ושונות וזאת כדי שרכב לטווחים קצרים (כמו ה-רוור (3) של אפולו 14) יוכלו לסקור פרקים ניכרים באריאולוגיה ועברו של מאדים. בתצלומי מאדים ממשימות "מרינר 9" ו"ויקינג" התגלו תווי זרימה בתצורות סלעים צעירות מאוד.

בעוד שבעבר התקבלו הסברים על זרימת מים על פני הפלנטה תוך הנחה שהדבר התרחש מוקדם בהיסטוריה של מאדים, כשהיתה לו אטמוספירה צפופה יותר (על פני שטחו היום הלחץ 3 מילי-בר בלבד), הרי שמימצאים אחרונים רומזים בבירור שהדבר התרחש לפני זמן לא רב. הסלעים המשניים בצעירותם על פני מאדים נחתכים על ידי חריצים ותעלות ומכוסים בשככי לבה מאוחרים. השאיפה להביא דגימה מקידוח היא לצורך תיארוך השכבות השונות וניסיון לקשור אותן לתקופות של התקררות והפשרה על מאדים. אם נוכל לבצע תיאום בין עידני הקרח של מאדים וכדור הארץ יוכל הדבר להביא לפתרון בעיה ישנה - האם תקופות הקרח נגרמות משינויים בקרינת השמש או בשל שינויים פנימיים בתפוקת החום העצמית של הפלנטה.

חקר מאדים החל בתצפיות האופטיות שגילו את החריצים (אשר עקב תרגום לא נכון מאיטלקית לאנגלית הפכו ל"תעלות" וגררו שורה של היפותזות פרועות על תושבי מאדים), דרך מימצאי הגששת הראשונה - פנים "דומים לירח" ואטמוספירה דלילה - וכלה בנחיתה של וייקינג אשר דגמה את הקרקע בנסיונות חיפוש אחר חיים. לעומת המאמצים האמריקאיים שהסתיימו עם נחיתת וייקינג ב-1976, הרי שלרוסים תוכניות ברורות למשימות לא מאוישות - הראשונה ביולי 1988 (!) אל הירח פובוס. עדיין לא ברור אם לרוסים תוכנית למשימה מאוישת, אבל הדבר הוא בגדר אפשרות (ראה מאמר בגליון 3/1985).

התיכנונים למשימה מאוישת למאדים נעצרו בתחילת שנות ה-60 כשנכנס מבצע "אפולו" להילוך גבוה עקב הצהרת הנשיא קנדי על כוונה להנחית אמריקני על הירח עד לסוף העשור. כיום ברור שחייבים לבצע TRADE IN,

עיסקת חליפין בין זמן המסע, זמן שהייה והאנרגיה הדרושה. מסעות קצרים ידרשו כמויות אנרגיה שהיום אינן אפשריות וכן מסלול העובר קרוב לשמש, דבר המגדיל בהרבה את החשיפה לחום ולקרינה קוסמית. הערכת עלות המבצע היא בין 25 ל-30 מיליארד דולר.

הבעיות שעליהן יש לתת את הדעת כוללות קשיי תקשורת זמן-אמת, אורך המסע והיבטים באספקה. השהות בתקשורת עם חללית הנמצאת בדרכה למאדים הוא בין 8 ל-30 דקות ובזמני הסתרה של השמש אין כלל תקשורת.

דבר זה מחייב הקטנת תלות הצוות בבקרת הקרקע ה"כל-יכולה" שבכוחה היום לתת פתרון מידי וגלוי מוקדם של תקלות. ידרש פיתוח מערכות אמינות ביותר וגם מיומנות גבוהה ביותר של אנשי הצוות.

המסע הלך וחזור יכול להגיע ל-1000 ימים וזה יחייב הימצאות "מעגל סגור" ליצירת אספקה (מזון, חמצן) ולא פתרון מקובל כנשיאת האספקה לכל הדרך מראש.

מערכת כזאת תיבחן תחילה בתחנת החלל של נאס"א. יתכן ובטיסה הארוכה בחללית תיזרש גם כבידה מלאכותית כדי למנוע אובדן רקמות שריר ועצם ותופעות פיזיולוגיים אחרים (כפי שקרה לקוסמונאוטים של תחנת סאליוט). תיזרש בחינה מדוקדקת של הפסיכולוגיה בשהות כה ארוכה במשימה קשה וללא ספק יצטרכו האנשים שיבחרו לעבור הכשרה ממושכת.

ספינת החלל למאדים עדיין אינה נמצאת בראש סולם העדיפויות וכנראה אינה מונחת על שולחן השירטוט, אך רעיונות המוטיבציה וכמעט כל הטכנולוגיה קיימים כבר היום.

1. INTERNATIONAL SPACE YEAR - ISY; 2. SPACE WATCH; 3. ROVER.

עיבוד בועז מאיר עפ"י שבועון האגודה הגאופיזית האמריקאית

דוח מטיאורים - פרסאידיים 1988 איתן עלומי, בית העמק
11/8, 2300-2400: 20 ילדים בתצפית בבית העמק
עננים באים והולכים עד כדי כיסוי רבע שמים. ספרנו 37 מטיאורים - די מאכזב.

12-13/8, 2400-0100: 8 אנשים בתצפית באזור חצבה
מטר נהדר 102 מטיאורים בשעה, ביניהם מבריקים וגדולים, בעלי שובל מרשים - בקיצור, הפעם מטר אמיתי. אולי ישנה איזה תזוזה בזרם החלקיקים ואנו פוגשים אותו יום מאוחר יותר?

= = = = =
כריכות מקוריות של SKY & TELESCOPE במחיר 15 ש"ח. הכריכות מכילות
12 חוברות. נא לפנות ל-יובל, 03-457 471

+ = + = + = + = +

טלסקופ HOLLEY 70 מ"מ, מוקד 400 מ"מ + 6X30 FINDER, עינית KELLNER
20 מ"מ, אורתוסקופית 5 מ"מ. פרטים נוספים צחי נכט, טל. 03-9321131

מקורה של הסדרה הספקטרלית

ג'יימס ב. קאלר(1), אוניברסיטת אילינוי

M K G F A B O - האלף-בית של חקר הכוכבים - הוא היסוד לכל הידע המצוי בידינו אודות הכוכבים. מה משמעותה של סדרת אותיות מוזרה זו וכיצד היא עוזרת לנו להבדיל בין כוכב אחד למשנהו?

אותיות אלו פשוט מציינות סוגים ספקטרליים שונים. איננו יכולים להתחיל להבין את אופיים של כוכבים לפני שנכיר את הספקטרא שלהם, ממנו נוכל לקבוע את טמפרטורת פני השטח וצפיפותם של גופים מאירים אלו וכן להעריך את הרכבם הכימי.

הספקטרום הוא לא יותר מרישום עוצמות האור הנפלט בפני השטח של כוכב מסויים באורכי גל שונים. מקורו של אור זה באטומים, פרודות או יונים (יסודות או תרכובות שאיבדו או קיבלו אלקטרונים). כדי להבין כיצד נוצר רישום זה, ניתן לדמיין שלפניו הגזיים של כוכב יש שתי שכבות. השכבה העמוקה והצפופה, יחסית, יוצרת ספקטרום רציף, לא שבור, בכל צבעי הקשת. מעליה מצויה שכבה של חומר קר ודליל יותר הבולע אור באורכי גל מסויימים.

הקרינה הרציפה, כגון זו הנפלטת ע"י נורת ליבון רגילה ומהווה קירוב טוב למקור הקרינה המושלם, הקרוי גם גוף שחור (BLACK BODY). אופי האור הנפלט ממנו תלוי אך ורק בטמפרטורה שלו - גוף שחור חם יותר פולט יותר קרינה כחולה מאשר אדומה. הצבע אותו אנו רואים תלוי למעשה בתערובת של האור לצבעיו השונים. מכאן שכוכב בעל טמפרטורה של 3000 מעלות קלוין ייראה אדום ואילו זה בעל 30,000 מעלות ייראה כחול. באמצע ניתן למצוא גופים שצבעיהם כתום, צהוב ולבן.

שכבתה העליונה של אטמוספירת הכוכב מכילה סוגים שונים של אטומים (ואם הכוכב קר גם פרודות) בדרגות שונות של יינון או עירור. לאלקטרונים הנעים סביב גרעין האטום חייבת להיות על פי תורת הקוואנטים כמות אופיינית של אנרגיה, בהתאם לסוג האטום או הפרודה. בעת שקרינה רציפה המגיעה מהשכבות הפנימיות חולפת דרך השכבה החיצונית, יכול כל אטום או יון לבלוע רק את האור המכיל את הכמות המדויקת של אנרגיה שתעלה את אחד מהאלקטרונים שלו לרמת עירור גבוהה יותר. אם מצויה כמות מספקת של אטומים מסוג מסויים באותו מצב אנו נראה מקום מואפל, הקרוי קו בליעה(2), על פני הספקטרום.

כיוון שאלקטרון קשור יכול להמצא בכל אחד ממאות רמות אנרגיה(3), הן רמות העירור האפשריות, יכול כל אטום או יון נתון ליצור אלפי קו בליעה שונים. אחדים מהם יהיו חזקים מאד, בעוד שאת האחרים נתקשה לגלות. כיוון שמצבי העירור והיוניזציה (מספר האלקטרונים שנלקחו מהאטום) תלויים לרוב בטמפרטורה, אזי הופעתו של ספקטרום קו בליעה משתנה בהרבה בין כוכבים קרים וחמים.

כמויות האנרגיה המוסרות מספקטרום הכוכב ע"י קו בליעה שונים

נמדדות ע"י ספקטרוגרף (4). מכשיר זה מפזר\מפצל אור לאורכי גל שונים דרך מנסרה או סריג עקיפה. התצפיות מתקבלות בד"כ כצילום מכויל של הספקטרום הידוע כספקטרוגרם (5). מדידות ספקטרליות יכולות להיעשות גם ע"י רישום פוטואלקטרי ישיר או ע"י טכניקות דיגיטליות חדשניות.

על פי הספקטרום של שכבותיו החיצוניות של כוכב יכולים התיאורטיקנים להסיק ולחשב את התנאים שבתוככי הכוכב ההכרחיים ליצירת התנאים שנצפו על פני השטח. בדרך זו אנו מסוגלים לדעת כיצד כוכב מייצר את האנרגיה שלו וכיצד הוא יתפתח בעתיד.

התחלות

בעוד שספקטראות הכוכבים נצפו כבר לפני 150 שנים, לא הובן ההסבר הפיזיקלי למקורם עד לשנות ה-20 של מאה זו. שלב ראשון בהבנת נחת מידע כלשהו, אם זה באסטרונומיה או זואולוגיה, הוא להמציא שיטת סיווג. אם לא נשתמש בשיטת סידור כלשהי, עלולים הגורמים לתופעות הנצפות להתחמק מאיתנו לעד.

יוזף פון פראונהופר (6) היה הראשון שמיפה את ספקטרום השמש בתחילת המאה ה-19. הוא הצמיד אותיות לקווים הכהים הבולטים ביותר שראה, מהאדום אל הכחול, הרבה לפני שמשמעותם הובנה. לאותיות אלה אין כל קשר לסימנים כימיים או לאלה המסמנים סוגים ספקטרליים עכשוויים של כוכבים. יחד עם זאת, סימוניו של פראונהופר משמשים עדיין ככינויים נוחים. לדוגמא, הקווים בסגול שכונו H ו-K, שמקורם בסידן שיונן פעם אחת, הם החזקים ביותר בספקטרום השמש.

שיטה מודרנית לסימון סוגים ספקטרליים משתמשת בסימול האטום המעורב ולאחריו מספר רומי המסמל את יינונו (I עבור אטום נייטרלי, II עבור יינון פעם אחת וכן הלאה) ואורך הגל באנגסטרם (החלק המאה מיליון של סנטימטר).

קוי פראונהופר בולטים אחרים בספקטרום השמש, המכונים C, ו-F ידועים כסימני היכר של מימן חופשי. הם חברים בסדרת בלמר (7) המפורסמת, שמקורה בקפיצות אלקטרוניות שמוצאם מרמה 2 כלפי מעלה, כאשר רמה 1 היא בעלת האנרגיה המינימלית כלומר "הקרקע". סימונם המקובל של קוים אלה הוא H-אלפא ו-H-ביתא, בהתאמה והם מציינים מעברים מהרמה השנייה לשלישית ומהשנייה לרביעית. סדרות אחרות של קוי המימן, שמקורן ברמות אנרגיה נמוכות יותר, ניתן למצוא בתחומי אורכי הגל של העל-סגול, התת-אדום והרדיו.

מבט חטוף בספקטרא של כוכבים יראה מגוון מבלבל לכאורה של קווים. מבט בוחן יותר יראה כי רובם מסתדרים במספר קטן של משפחות ספקטרליות האופייניות לכוכבים בעלי צבע מסויים. כמה כוכבים כחול-לבנים מציינים כמה קווים חזקים של הליום או מימן, בעוד לכוכבים צהוב-כתומים רבים יש קווים רבים של "מתכות" (יסודות הכבדים מההליום). בכוכבים אדומים שולטות קבוצות קווים האופייניים לפרודות.

מבט מעמיק עוד יותר יגלה כי משפחות אלה של ספקטרא משתלבות זו בזו. כיום אנו יודעים כי המשכיות זו נובעת מהרכבם הכימי הדומה של מרבית הכוכבים. למרות שעשויים להיות שינויים רבים ומעניינים בהרכבם של הכוכבים, כמעט תמיד מהווה המימן את היסוד השולט ומיד אחריו באים הליום, הפחמן, החנקן והחמצן. ככלל, ככל שמסתו של האטום גדולה יותר, שכיחותו תהיה נמוכה יותר.

הבולטת בפשטותה מבין מגוון נסיונות הסיווג המוקדמים היא זו שפיתח האב אנג'לו סאקי(8) בסוף המאה הקודמת. שיטתו המזכירה את זו המודרנית מבוססת על חמישה סוגים ספקטרליים בסיסיים. היא מתאימה בקירוב לקבוצות שהוזכרו קודם לכן כדוגמאות.

סאקי מצא שאת הקוים בסוג הספקטרי שסימן כ-IV ייצרו תרכובות הפחמן ובשנת 1904 נתגלה כי הקוים האופייניים לסוג III יוצרת תחמוצת הטיטאניום. הקוים הבהירים (קוי פליטה) של סוג V הם ההפך מקוי הבליעה ומקורם באלקטרונים הנעים תוך פליטת אנרגיה לרמות אנרגיה נמוכות יותר. תופעה זו קורה בגז חם המצוי בלחץ נמוך, כמו אטמוספירותיהם הנרחבות של כוכבים וערפיליות דלילות או פלנטריות.

הסיווג הספקטרי של סאקי

- | | |
|-----|--|
| I | - קוי מימן חזקים. כוכבים כחולים-לבנים כדוגמת סיריוס ווגה. |
| II | - קוים מתכתיים מרובים, מימן מוחלש. כוכבים צהובים או כתומים בדוגמת השמש, קאפלה או ארקטורוס. |
| III | - רצועות פרודתיות שולטות המתחזקות לכיוון הכחול וכן קוים מתכתיים כבסוג II. כוכבים כתומים או אדומים כדוגמת בטלג'ז או אנטארס. |
| IV | - רצועות המתחזקות לכיוון האדום. כוכבים באדום כהה בעלי בהירות 5 לפחות, מעטים מהם נראים בעין חשופה. |
| V | - קוי ספקטרום בהירים, כתוספת או במקום קוי בליעה. נתגלים לעיתים נדירות. |

שיטת הרוורד

התפתחותם המהירה של מכשירים משוכללים יותר ויותר גילתה כי החלוקה שנעשתה ע"י סאקי היתה גסה מדי - כל סוג כלל מגוון רחב של סוגי ספקטרא. עקב כך הרחיב אדווארד ס. פיקרינג(9), שעוד קודם לכן הגדיר מחדש את סוג V לזה שצויין בטבלה, את החלוקה לסדרה חדשה המבוססת על אותיות לטיניות גדולות. סדרה זו היתה כה פשוטה וגמישה עד שניתן היה לפתחה למערכת המורכבת יותר בה אנו משתמשים כיום. יופייה של שיטת הרוורד מתבטא בכך שאין כל צורך בידע מוקדם על מאפייניהם הפיזיקליים של הכוכבים כדי לקבוע את הספקטרא שלהם. אי תלות זו אפשרה את התפתחות המדע עוד לפני שפותח הרקע התאורטי.

מפעלו של פיקרינג, שהתבסס על ספקטרא מצולמים, היה נרחב ביותר ומומן מרכושו של הנרי דראפר (10) - פיזיקאי ואסטרונום חובב שהיה הראשון שצילם קוי בליעה של כוכב. הקטלוגים הראשונים, שפורסמו בשנת 1890, נעזרו באותיות A עד Q, לפי סדר אלפביתי. סיווגים אלה עשתה ויליאמינה פ. פלמינג (11), הראשונה בשלישייה המפורסמת שפעלה בנושא.

מיד לאחר הגדרת שיטת החלוקה, התקבלו ספקטרוגרמות טובות יותר שדרשו חלוקה מפורטת עוד יותר. עתה הצטרפו שני החברים האחרים בצמד, שסיפקו את התשובה המבוקשת בשתי דרכים שונות לגמרי. אנטוניה ס. מאורי (12) פיתחה שיטה חדשה לגמרי. היא מיקמה את הכוכבים ב-22 קבוצות, המזוהות ע"י ספרות רומיות המקבילות לסדרת האותיות. למרות ששיטתה לא האריכה ימים, היו לה שני מאפיינים חשובים.

ראשית, היא מיקמה את סוג B לפני A ולא בין A ל-F. עבודתה, המבוססת בחלקה על מחקרו של פיקרינג גם הציעה כי הקבוצה האחרונה - XXII, שלה קשר לקוים הבהירים של סוג O - צריכה להיות הראשונה בסדרה והחוליה המקשרת לערפיליות הפלנטריות.

שנית, היא הוסיפה תיאורים על צורת הופעתם וחוזקם של הקוים. לדוגמא, מאורי סימנה ספקטרא בעל קוים מטושטשים או חיוורים במיוחד באות B-קטנה, בעוד האות C-קטנה ניתנה לכוכבים המציגים קוים צרים וחדים או כאלה בעלי חוזק יוצא דופן. מאוחר יותר נתברר כי תת-סוגים אלה כוללים כוכבים הסובבים במהירות ועל-ענקים, בהתאמה. שיטה זו היה הנסיון האמיתי הראשון לסיווג "דו-מימדי", זה המסווג כוכבים על בסיס שני מאפיינים שונים.

בשנת 1901 שיפרה החברה האחרונה בשלישייה, אנני ג'. קנון (13), את הדיוק בסיווג הספקטרי ע"י חלוקה עשרונית של מרבית הסוגים שנקבעו ע"י פיקרינג. כוכב באמצע הזרך בין הסוגים K ו-M סומן ב-K5M ולאחר מכן כ-K5 בלבד. היא סווגה בנוסף את כוכבי O לקבוצות M-OA ל-OE, בהתאם להופעת קוי הפליטה שלהם. לדוגמא, כוכבי O שלהם קוי בליעה כהים בלבד סומנו ב-OE5.

האותיות הקטנות A, B ו-C (בלא כל קשר לסיווגה של מאורי) שימשו לסימון הבדלים בספקטרא של כוכבי M. קאנון גם החליפה בין הסוגים A ו-B, כפי שהוצע בעבודתה של מאורי ואישרה כי O צריך להופיע לפני B. וכך, מתוך שני המחקרים הללו צמחה הסדרה המוכרת - OBAFGKM.

שיטתה של קאנון היתה כה אלגנטית ומקיפה כך שהיא החליפה במהרה את זו של מאורי. לא כל הסדרה חולקה בחלוקה עשרונית, חלוקה כזו לא בוצעה עד היום. אך כאשר התצפיות השתפרו, לא היתה כל בעיה להוסיף עוד תת-מחלקות. כמו כן הוגדלו קצוות הסדרה והיא נמשכה מ-O3 עד M10.

למרות שלסידור האותיות אין כל בסיס פיזיקלי, הבינו המסווגים כי הוא מציין את סידור הטמפרטורות. דעות מוטעות שהיו מקובלות בעת

ההיא - שכוכבים התקדמו בעת הזדקנותם - עזרו להופעת כינויים של "מוקדם" לכוכבי O ו-"מאוחר" לכוכבי M. בהתאם לכך, ספקטרום מסוג K0 היה "מוקדם יותר" מספקטרום K5.

העבודה בהרורד הגיעה לשיאה בהוצאת "הקטלוג של הנרי דראפר" (14) שפורסם בין השנים 1918 ו-1924 ע"י קאנון ופיקרינג. הוא הציג את סיווגם של 225,300 כוכבים עפ"י שיטת קאנון. הוא הורחב בשנת 1948 וכלל 359,082 כוכבים. כוכבים רבים עדיין ידועים לפי מספרי "HD" שלהם. סוג R, המסמל את הגרסה עשירת המימן של הסוגים G ו-K באותו אופן בו משלים M את M, הוסף לסדרה עוד לפני פרסום הקטלוג. הסוג הספקטרי S, שבספקטרא שלו ניתן לזהות את תחמוצת הזירקוניום במקום הטיטאניום ותכולת הפחמן של כוכביו היא בין זו של הסוגים M ו-N, התווסף רק מאוחר יותר. עתה נמצאות כל האותיות במקומן.

הסוגים הספקטריים המקוריים של הנרי דראפר

שיטת סאקי	HD	תאור
I	A	קוי מימן חזקים ורחבים
	B	כמו A בתוספת "קוי אוריון" (שנמצאו בכוכבים רבים בקבוצת אוריון וזוהו לבסוף כהליום חופשי)
	C	קוי מימן כפולים
	D	מתגלים קוי פליטה
II	E	נראים קוי פראונהופר H ו-K וקו H-ביתא
	F	כמו E אך ניתן לראות את כל קוי המימן
	G	כמו F אך בתוספת קוים אחרים
	H	כמו F אך מורגשת ירידה בעצמת הקוים בחלק הכחול של הספקטרום
	I	כמו H אך בתוספת קוים אחרים
	K	ניתן לזהות רצועות בספקטרום
	L	שינויים מיוחדים ב-K
III	M	הסוג השלישי של סאקי
IV	N	הסוג הרביעי של סאקי
V	O	ספקטרום בו שולטים קוים בהירים (כוכבי וולף-ריאט)
	P	ערפיליות פלנטריות
-	Q	סוגי ספקטרא אחרים (שונה ב-1922 לסימול נובות)

לאור המידע החדש קשה לצפות כי איזושהיא מערכת תוכל להשאר כמות שהיא. הסדרה המקורית של הרורד הצליחה להמשיך ולענות על הצרכים עקב מאמצייהם של קאנון, הארי ה. פלאסקט, צ'רלס ד. שין, פיליפ ס. קינאן ו-ויליאם ו. מורגן (15) שפעלו להגדרתם מחדש של O, M וכוכבי הפחמן. התוצאה הסופית היתה מערכת עקבית של תת חלוקות לאורך כל הסדרה הספקטרלית, שכללה גם סיווג חדש בשם C (עשירים בפחמן) שכלל את

הסוגים הקיימים R ו-N.

ככל שהתצפיות השתפרו יותר ויותר, נתברר לאסטרונומים כי לספקטרא הכוכבים השייכים לאותו סוג עלולים להיות מאפיינים שונים למדי, מה שבא לידי ביטוי בתת החלוקות שהונהגו ע"י מאורי. ההפרדה הברורה יותר היא זו המחלקת את הכוכבים לענקים וננסים, כפי שתאר לראשונה איינאר הרצשפרונג (16) בשנת 1907. יחד עם זאת, רק בשנת 1914 הודגמה ממשותם של חלוקות אלה, כאשר הנרי נוריס ראסל (17) הציג את מה שנודע מאוחר יותר כדיאגרמת הרצשפרונג-ראסל (דיאגרמת H-R).

במסגרת זו מסמן הציר האנכי בהירות מוחלטת (המלמדת על זוהרו האמיתי של הכוכב) והציר האופקי את הסוג הספקטרלי. הכוכבים נופלים בבירור לרצועות רחבות - אחת מכילה את הננסים או כוכבי הסדרה הראשית (18) והאחרות את הענקים והעל-ענקים. אנו יודעים כי הסדרה הראשית מייצגת סדרה של מסה רציפה. לכוכבים החמים ביותר יכולה להיות מסה של 50 מסות שמש ויותר ואילו הקרים ביותר מכילים לא יותר מ-0.1 שמשות, למרות שהגבולות הממשיים אינם ידועים בוודאות. פיזור הכוכבים לאורך הדיאגרמה מחוץ לסדרה הראשית נובע מהתפתחות הכוכבים, הזדקנותם הטבעית המתרחשת כאשר אוזלים מקורות הדלק הגרעיני המזין את פנימו של כוכב.

שיטות דו-מימדיות מודרניות

שיטת הוספת אותיות קטנות לסוגים הקיימים לא יכולה לכסות את התחום הרציף של המאפיינים הקשורים לזוהר באותה רמת דיוק שבה הסוגים הספקטראליים מתארים את הטמפרטורה. פגם זה תיקנו מורגן, קינאן ו-אדית קלמן (19) בשנת 1943 כשהגדירו סולם של שש דרגות זוהר. מיון מעין זה אפשרי כיוון שצפיפותיהם הנמוכות של הענקים והעל-ענקים מבדילות את הספקטרא שלהם מזה של הננסים, כפי שהתבטא בחלוקת מאורי.

לפי שיטתם מייצגים דרגות הזוהר IA ו-IB שני סוגים של על-ענקים, III מסמן את הענקים ו-V מתייחס לכוכבים מהסדרה הראשית. סוג II מתאר כוכבים שבהירותם מצויה בין IB ו-III - הם מכונים לעיתים ענקים בהירים (20). כוכבים מסוג IV מצויים בין כוכבי הסדרה הראשית לבין הענקים ומכונים גם תת-ענקים (21). סוגי זוהר אלה מופיעים מיד לאחר הסיווג הספקטרלי, כך שעל-ענק צהוב בהיר ביותר יסומן FO IA.

בשיטה זו (שנודעה כ-MMK ואח"כ MK) הסתמכו היוצרים רבות על עבודה קודמת שנעשתה במצפה הר וילסון ומקומות אחרים המראה כיצד משתנה חוזקם של קוים מסויימים בהתאם לבהירות האמיתית. לדוגמא, כאשר עולה הזוהר, נחלש בצורה מופגנת קו הסידן בכוכבי M מוקדמים בעוד שקו המימן הופכים צרים יותר בכוכבי A.

דרגות זוהר אחרות נדרשות עבור סוגים חריגים של כוכבים. קבוצה מעניינת אחת, המכונה תת-ננסים (22) ומסומנת SD, שוכנת מתחת או לשמאלה של הסדרה הראשית, מ-F עד M, בקירוב. מקורם במחסור במתכות

וקויהם החלשים, יחסית, מקנים להם צבע כחול יותר ו"דמות" מוקדמת מזו של כוכבים רגילים. כוכבים אלה, הקרויים לעיתים "כוכבי VI", נמנים על הכוכבים הזקנים ביותר בגלקסיה שלנו.

דרגות זוהר			
בהירות נראית מוחלטת			סוג ספקטרלי
B0	F0	M0	
			0 העל-ענקים הזוהרים ביותר בענני מגאלן ובשביל החלב
	-9		IA על-ענקים זוהרים
-6.7	-8.2	-7.5	IB על-ענקים זוהרים פחות
-6.1	-4.7	-4.6	II ענקים בהירים
-5.4	-2.3	-2.3	III ענקים רגילים
-5.0	1.2	-0.4	IV תת-ענקים
-4.7	2.0		V כוכבי הסדרה הראשית (שכוננו בעבר "ננסים")
-4.1	2.6	9.0	VI (SD) תת-ננסים
		10	D (WD) ננסים לבנים
10.2	12.9		

לקראת סיום, אנו פוגשים קבוצה של כוכבים חיוורים שבהירותם נמוכה בכ-10 דרגות מזו של הסדרה הראשית - הננסים הלבנים. למרות שניתן למצוא בכל הסוגים הספקטרליים, דבק בהם הכינוי כיוון שהכוכבים הראשונים שנמצאו (לדוגמא, שותפיהם של סיריוס ופרוקיון) היו לבנים. הם נושאים את הקידומת WD או D ומהווים את תוצרי הסיום בהתפתחות כוכבים רגילים.

ננסי הוק(23) מאוניברסיטת מישיגן נטלה על עצמה את המשימה המורכבת של סיווגם מחדש של כוכבי הקטלוג של הנרי דראפר עפ"י שיטת MK. עבודה זו תהווה עבור המאה הבאה מה שהיתה עבודתה של קאנון עבורנו.

המימד השלישי

הסדרה הספקטרלית וסוגי הזוהר הוגדרו מבעיקר עבור כוכבים שבדיסקת הגלקסיה שהרכבם דומה לזה של השמש, אך התת-ננסים על מגוון ההרכבים הכימיים שלהם מרמזים כי עלינו להרחיב את המערכת כדי שתכלול גם הבדלים בהרכב הכימי. בנושא זה עלינו ללמוד עוד רבות.

הסטייה מסוג ההרכב הכימי מציגה השמש נובעת מסיבות רבות - מצבה של הגלקסיה בעת יצירת הכוכב, תהליכים גרעיניים פנימיים ששינו את ההרכב במהלך ההתפתחות, ערבוב הגזים בליבה עם אלה שעל פני השטח ואחרות. שינויים אלה מתבטאים בצורה שונה בכל סוג ספקטרלי. קיימת גרסה דמויית-N של כוכבים העשירים בפחמן מסוג M. אנו מכירים גם

כוכבי K עשירים בבריום, כוכבי G ו-K בעלי עוצמות משתנות של קרי הפרודות המכילות פחמן (כדוגמת הציאנוגן) והופעתן של מתכות אקזוטיות בכוכבי A. שונותם של כוכבים אלה מוצגת לעיתים ע"י הוספת סימנו של המרכיב החריג ועוצמתו לסיווג MK. אך עדיין לא נמצאה דרך פשוטה והגיונית לשלב שינויים אלה לשיטה הקיימת. ****

1. JAMES B. KALER, ILLINOIS; 2. ABSORPTION LINE; 3. ENERGY LEVELS;
4. SPECTROGRAPH; 5. SPECTROGRAM; 6. JOSEPH VON FRAUNHOFER;
7. BALMER SERIES; 8. ANGELO SECCHI; 9. EDWARD C. PICKERING;
10. HENRY DRAPER; 11. WILLIAMINA P. FLEMING; 12. ANTONIA C. MAURI;
13. ANNIE J. CANNON; 14. HENRY DRAPER CATALOGUE;
15. HARRY H. FLASKETT, CHARLES D. SHANE, PHILIP C. KEENAN, WILLIAM W. MORGAN; 16. EJNAR HERTZSPRUNG;
17. HENRY NORRIS RUSSELL; 18. MAIN SEQUENCE; 19. EDITH KELLMAN;
20. BRIGHT GIANTS; 21. SUBGIANTS; 22. SUBDWARFS;
23. NANCY HOUCK, MICHIGAN U.

SKY & TELESCOPE, 1988 מחוך גליון פברואר

תרגם חנוך גרשט

חדש!

* שוברי אור CELESTRON החל מ- 50 ס"מ ומעלה.

* טלסקופים שמידט - קאסיגרין CELESTRON

החל מ- 90 ס"מ, עם מנוע לעקיבה וצילום.

* טלסקופים דובסוניים עד 17 אינץש!

* מיגוון של ציוד אסטרונומי.

* ייעוץ.



טל. 03-793581 בערב גם 03-731727

פינת החובב מאת יגאל פת-אל

פינת החובב הפעם מוקדשת לארוע האסטרונומי החשוב ביותר השנה - קרבנו המירבית של כוכב הלכת מאדים לכדור הארץ. בהמשך מובא עיבוד של אירית קרופקה של מספר מאמרים על סודות התצפית בערפיליות, גלאקסיות וצבירי כוכבים.

שנת מרס

בימים בהם גליון 4/1988 רואה אור יהיה כוכב הלכת מאדים מעבר לנקודת קרבנו המירבית לכדור הארץ. בלילה שבין 21 ל-22 לספטמבר התקרבו שני כוכבי הלכת עד למרחק 58 מיליון ק"מ בלבד, השווה 0.3 יחידות אסטרונומיות בלבד. בנקודה זו היתה לכוכב הלכת בהירות -2.8, שהאפילה על בהירותו של צדק. ימים מספר לאחר מכן נמצא מאדים בניגוד לשמש, כלומר זריחתו היא בשעת שקיעת השמש בדיוק. לאחר התקרבותו של מאדים לכדור הארץ חלה התרחקות מהירה, כאשר לקראת סוף השנה ירחק מאדים מאתנו, גדלו הזוויתי יקטן ובהירותו תפחת.

המיכשור לצפיה במאדים וכוכבי הלכת

בהכנה לצפיה בכוכבי הלכת יש לזכור מספר מאפיינים:

1. הבהירות גבוהה יחסית על פני שטחם של כוכבי הלכת;
2. גודל זוויתי קטן - יחסית לעצמי שמיים אחרים - של כוכבי הלכת;
3. פרטים רבים בעלי גודל זוויתי קטן ביותר על פני כוכבי הלכת.

שלושה מאפיינים אלה מבדילים את כוכבי הלכת מבחינה תצפיתית מעצמי שמיים כגון ערפיליות למיניהן, גלאקסיות וצבירים; רק כוכבים כפולים משתווים לכוכבי הלכת מבחינה תצפיתית. ניתוח המאפיינים יראה מהו המיכשור הטוב והתנאים האידאליים לצפיה בהם.

בהירות שטח של אובייקט מבטא כזכור את זוהרו הכולל מחולק בשטחו הזוויתי - הזוהר ליחידת שטח; בהירותו של כוכב הלכת צדק הינה -2.8, בעוד שבהירותה של ערפילית הטבעת - בעלת שטח זוויתי זהה - היא 9 בלבד. הווה אומר, כדי לראות כוכבי לכת אין צורך במיפתח גדול, ואכן רוב כוכבי הלכת נראים גם בעין. הודות לבהירות שטחם הגבוהה של כוכבי הלכת אפשר בגבולות רגישות העין לבחון גם הגדלות גבוהות. כאן קובע מיפתח הטלסקופ - עם הגדלת המיפתח גם עולה ההגדלה המירבית שבה ניתן עדיין לצפות.

גודל זוויתי קטן בכוכבי הלכת קובע את המינימום בהגדלה הדרושה לאפשר צפיה מועילה. ההגדלה המינימלית הדרושה לצפיה בכוכבי לכת עם הבחנה בפרטים כלשהם כגון טבעות שבתאי, קטבי מאדים וענני צדק, הינה 30x; מכאן שעקב מיגבלות ההגדלה שניתן להשיג במשקפות השדה למיניהן

אין בהן תועלת למטרה זו, גם אם איכותן האופטית גבוהה ביותר.

פרטים בגודל זוויתי קטן ביותר על פני כוכבי לכת גם מכבידים במיוחד. יש לזכור שאין מיגבלה ברמת הפירוט הקיים על פני כוכבי הלכת, ובצפייתם קיימות רק המיגבלות שמטילה עלינו נוכחות האטמוספירה של כדור הארץ. לצופה רצוי כמובן להגיע לרמת ההפרדה גבוהה ככל האפשר וכדי להבחין בפרטים קטנים יותר צריך להגדיל יותר; השימוש בהגדלה גבוהה כפוף למספר מגבלות שיש הכרח לחזור ולהזכירם:

מיפתח הטלסקופ: אפשריות ההגדלה מוגבלות ישירות בכמות האור שנכנס לטלסקופ. בהגדלה "נמתחת" הדמות המתקבלת במישור המוקד של הטלסקופ, תוך שימוש בכמות האור שאספה העצמית. ככל שההגדלה גבוהה יותר, ניתן לאמר שאנו "מותחים" יותר את הדמות במישור המוקד. מכיוון שכמות האור הנלכד בעצמית אינה עולה, קטנה הבהירות הנראית - כמות האור ליחידת שטח - ככל שהדמות מוגדלת (ולכן פזורה יותר). הבהירות המיזערית הדרושה לצפיה מגבילה מידת ההגדלה של טלסקופ: מאחר שמיפתח הטלסקופ קובע כמות האור הנאספת על ידי הטלסקופ, הוא גם קובע את ההגדלה המירבית. בפועל זאת הינה 60 פעם המיפתח ב-אינצ'ים: טלסקופ עם עצמית שקוטרה 50 מ"מ שהם 2 אינצ' אינו מסוגל להגיע להגדלה יותר מפי 120.

יחס מפתח/מוקד - ולא רק מיפתח הטלסקופ - גם מגביל את מידת ההגדלה (אורך מוקד העצמית מחולק באורך מוקד העינית): כושר ההפרדה הזוויתי של הטלסקופ משתפר עם גידול "יחס המוקד" - אורך המוקד מחולק במיפתח הטלסקופ - ובכך הקטנת רוחבו הזוויתי של שדה הראיה. טלסקופ עדשות הוא בדרך כלל מצויין לתצפיות בכוכבי לכת וכוכבים כפולים, מכיוון שעל פי רוב יחס מוקד בטלסקופ עדשות הוא F/11 ומעלה, בעוד שבטלסקופ מראות הוא נע בין F/4.5 ל-F/10. יחס המוקד של טלסקופ העדשות 6" בגבעתיים הינו F/15, והוא טלסקופ החובבים הטוב ביותר לתצפית בכוכבי לכת המצוי בארץ. נקודה נוספת לציון: העינית בעלת המוקד הקצר ביותר המצויה בשוק היא של 4 מ"מ; לפיכך גם טלסקופ F/4.5, 17" (432 מ"מ) ואורך מוקד כ-1900 מ"מ (4.5 X 432) לא יגיע להגדלה הגבוהה מפי 470 המושגת בעזרת עינית 4 מ"מ.

איכות אופטית של המכשיר - חשוב טיב העצמית, עדשה או מראה, והעיניות. כבר ברשימות קודמות הומלץ על זהירות באיכות האופטית של מיכשור אסטרונומי הנקנה בארץ. אזהרה זו מקבלת משנה תוקף בקניית טלסקופים שוברי אור. בטלסקופ מראות ניוטוני רק צד אחד של המראה מלוטש ומצופה בצידה החיצוני ולכן אין כלל מעבר אור בחומר המראה. לטלסקופ עדשות דרושה עצמית עשויה מחומר שקוף מעולה כי על האור הנקלט לעבור דרכו וכל פגם בחומר פוגע בטיב התוצאות; כאן יש כבר ללטש לפחות ארבעה משטחי זכוכית כי בטלסקופ עדשות טוב העצמית מורכבת משתי עדשות צמודות משלימות, להקטנת עיוותים כרומטיים - נקודה חשובה ביותר לבדיקה קודם קניית טלסקופ! מכאן חשיבות החומר ממנו עשויה העדשה - בהרבה טלסקופים בשוק יש עדשות פלסטיק זולות ורכות הנשרטות בקלות.

בטלסקופים הקאטא-דיופטריים מסוג שמידט-קסגרין דוגמת CELESTRON או MEADE מתוקנים העיוותים הכרומטיים, אך לתצפית על כוכב לכת טלסקופ מסוג זה, בקוטר 8" לדוגמא, אינו בר תחרות לטלסקופ שובר אור עם מפתח 4".

עינית הטלסקופ היא חשובה ביותר ומחירה של עינית מעולה לחובב עשוי להגיע למאות דולרים! כמובן שאין צורך בעיניות מסוג זה, אך יש לשאוף לרכישת עינית טובה אחת לפחות במסגרת האפשרויות.

עד כאן הגורמים הטובייקטיבים המשפיעים על איכות התצפית בכוכבי הלכת. כמובן שישנם גורמים אובייקטיבים המשפיעים על איכות הצפייה, ובינם נמנים התנאים האטמוספיריים. תנאי התצפית האידאליים הינם לכאורה שמיים צלולים ואויר יציב. חשובה ביותר היציבות האטמוספירית וגובה כוכב הלכת מעל האופק. ככל שכוכב הלכת גבוה יותר בשמים, כך גם דקה יותר שכבת האטמוספירה שעל אורו לעבור. מכאן שרצוי להמתין לעלית כוכב הלכת גבוה מעל האופק, כאשר האופטימום הינו שעת המיצהר, כי אז כוכב הלכת בגובה מירבי מעל האופק.

מאידך לא יפריעו שמיים מעוננים חלקית, כל עוד אין אובך בינות העננים. גם נוכחותו של ירח בשמיים אינה מורידה בהרבה את איכות התצפית, כל עוד הירח אינו צמוד לכוכב הלכת. למרבה הפלא, המצאות אובך קל לעיתים מייצבת את האויר ואינה מזיקה כל כך לתצפית בכוכב הלכת. בדיקה של יציבות האויר קלה ביותר ונעשית באופן הבא: יש לצפות בכוכב הלכת, להגיע להגדלה בינונית ולהביט בשולי הדיסקה. כאשר השוליים חדים, סימן הוא לאויר יציב; כאשר השוליים בצורת גלים, אין טעם בתצפית.

תצפיות במאדים ובכוכבי לכת

עברו שנים הרבה מאז ניצפו לראשונה התעלות המפורסמות על המאדים, אשר "גילוים" הביא למסקנה הבלתי נמנעת על הימצאות תרבות מפותחת על גבי המאדים, תרבות שהשכילה לבנות מפעל הנדסי מורכב שכזה. חיזוקים נוספים להימצאות תרבות על המאדים היו הכיפות בקטבים, שבדומה לכיפות הקוטב בכדור הארץ היו קטנות וגדולות מדי שנה; תוצאה בלתי נמנעת של הפשרת כיפות הקוטב היא כידוע זרימת מים. מכאן הימצאות התעלות הגיונית לחלוטין, וייעודן הובלת מי השלגים המפשרים מאיזורי הקטבים למידבריותו הצחיחים של המאדים.

מדבריות הזכרנו? ואכן מדבריות היו על גבי המאדים, ולא רק מדבריות כי אם גם אזורי צמחיה גדולים וכהים שגודלם השתנה כתוצאה משינוי עונות השנה והרי אמרנו - הודות למים שהובאו מאזור הקטבים.

בשנות החמישים נכנסה ארצות הברית לבהלה בגלל תסכית רדיו, על פי "מלחמת העולמות" של ה.ג.וולס, ובה מעין שידור חי על פלישת אנשי המאדים. תסכית הרדיו כבר נכנסה לקלאסיקה, ולא כך האזרחים הספורים שמחמת הבהלה טרפו נפשם בכפס ומן הסתם צללו לתהום הנשיה - ושמותיהם

לא יתנוססו על שום גל-עד כקרבנות הראשונים של פלישה מן החלל.

ברם גורלם של תעלות המאדים לא שפר. מגורלן של ימות הירח, אך בעוד שימות הירח הן אכן עובדה קיימת בנוף הירח וחסרונן היחיד הוא שעל מנת להפוך לימות מן השורה חסרות הן פרט קטן, קרוי מים, הרי שתעלות המאדים הינן בבחינת עורבא פרח.

כיפות קטבים אכן קיימות על גבי המאדים שעל פניו מדבר אחד גדול; לרוב הם מכילים "קרח יבש". קרח יבש זה, שהינו כידוע פחמן דו-חמצני, מתנדף בקיץ ומעשיר את האטמוספירה. מהם אותם כתמים כהים על גבי המאדים המשנים גודלם וצורתם עם עונות השנה? למרות שאנו יודעים על רוחות חזקות המנשבות על פני המאדים, עדיין לא מסבירות רוחות אלו את השינויים בצורת הכתמים בחורף. עם קפיאת הפחמן הדו-חמצני וצבירתו בקטבים, כתוצאה מהתרוקנות חלק מהאטמוספירה ובצמוד לשינוי בצורת הקטבים, מסתבר שנוצר מעין שקע אטמוספירי מעל הקטבים. השקע מתמלא בזרימת רוחות מאיזור המשווה לאיזור הקטבים וזרימה זו מסיעה ענני אבק ממקום למקום. ענני אבק אלו מסתירים ומגלים אזורים על פני המאדים, ומכאן השינויים בצורת פני השטח.

מאדים השנה זורח בתחילת אוקטובר עם השקיעה וקל מאוד לזהותו. הוא נמצא בקבוצת דגים והוא הכוכב הבהיר ביותר בשמיים. צבעו נע מאדום עז, כשהוא קרוב יחסית לאופק, ועד לכתום. צבעו האדום הינו תוצאה של חמצון הברזל על פני המאדים. במלים אחרות: פני המאדים חלודות.

השנה גם קל מאוד להבחין בקטבי המאדים ובאזורים הכהים על פניו, כבר בהגדלה של X75. ניתן בהחלט לערוך רישום של שינויים בפני שטחו של המאדים כתוצאה מסיבובו סביב צירו. נפרסם רישומים טובים שישלחו למערכת. יש כמובן לציין את התאריך והשעה המדויקת. יש לנסות להגיע להגדלות המקסימליות האפשריות לצפיה.

אסטרונומיה בחצר האחורית בהנחיית אלן מקרובר: סודות התצפית בערפיליות, גלאקסיות וצבירי כוכבים

טלסקופים נמכרו בשנת 1986 מהר מבכל אחת מ-377 השנים שחלפו מאז שהומצאו. לעיתים קרובות הקונה הנלהב מקדחת האלי גילה שאסטרונומיה דורשת קצת יותר ממה שציפה. בכל מקרה, אפילו מי שאינו מבדיל בין נוגה לבין ווגה יוכל להיות לאסטרונום מאומן ומוכשר. כל מה שדרוש זה זמן, סבלנות ונכונות ללמוד. המראות השמימיים הדורשים סבלנות רבה ביותר מצופים מתחילים הם ערפיליות, צבירי כוכבים, גלקסיות וכל גרם שמימי אחר מחוץ למערכת השמש שהינו בעל גודל זוויתי נמדד, כלומר כל מה שאינו נקודה דמוית כוכב. עצמים אלו מכונים "עצמי שמים עמוקים" (1) - בתרגום ישיר מאנגלית.

אפשר לראות אלפי עצמים כאלו דרך טלסקופים ממוצעים, אבל הנסיון למצוא אחד מהם ולהתבונן בו יכול להשאיר את הטירון המתוסכל מתלבט

בחשכה; הפתרון נמצא בהבנת המשימה. תצפית בעצמים מהסוג המוזכר לעיל דורשת תכונות מטוימות של הטלסקופים, תכונות השונות מאלו הדרושות לצפייה בעצמים כמו הירח, כוכבי הלכת או נופים על פני כדור הארץ. באחרונים המטרה העקרית היא הגדלת פרטים רחוקים. לעומתם הבעיה בעצמים של שמים עמוקים אינה שהם קטנים מכדי להראות בלי עזרה אופטית - הם פשוט מעומעמים מדי ולכן האפשרות לראותם תלויה ביכולת הטלסקופ לאסוף אור. בהתאם לכך, תצפיות שמים עמוקים דורשות טכניקות משלהן וכולן מטרתן לעזור לעין לראות בחשיכה כמעט מוחלטת.

1. העין לעומת המצלמה

הבעיה הראשונה שמציב עצם חיוור היא מציאתו. תצטרך להכיר את הכוכבים הבהירים ביותר באיזור השמיים בו נמצא העצם וכן את קבוצות הכוכבים שם. לאחר מכן ניתן להיעזר במפה מפורטת כדי לאתר את הנקודה הנכונה.

וכאשר אתה כבר מסתכל לשם, מה תראה?

סביר להניח שיהיה זה כתם בין הכוכבים, מעומעם וחסר צורה. מציאתו יכולה אמנם להביא להתרגשות של הישג, אבל רוב הטירונים מאוכזבים ממראה זה שאינו דומה כלל לתמונות המוכרות מהספרים.

הסיבה לכך היא שכאשר מדובר בכמות מועטה של אור אין ביצועי העין האנושית דומים לאלו של מצלמה. אבל כאן מצוי האתגר: בהרבה עצמי שמים עמוקים מתחילים לזהות פרטים מפתיעים רק אחרי שמסתכלים בהם טוב ובאריכות. נסה להתנגד לפיתוי להפנות את הטלסקופ למשהו קל יותר, וראה עד כמה תוכל לנצל את המידע הניתן כאן.

2. בהירות השמים

גורם חשוב ביותר בתצפית שמים עמוקים הוא זיהום אור; השפעתו החמורה ביותר היא על עצמים מעומעמים, בעלי גודל זוויתי מהסוג בו אנו דנים. שמים כהים חשובים אפילו יותר ממידות הטלסקופ: מכשיר קטן מחוץ לעיר יראה צבירים וגלקסיות חוורים טוב יותר מאשר טלסקופ גדול בתוך העיר. אם צריך כבר לחיות עם זיהום אוויר, תהנה ממה שאפשר לראות דרכו, אבל אל תאשים את עצמך או את הטלסקופ שלך בתוצאות הבינוניות!

3. הסתגלות לחשכה

לעין דרוש זמן מה להתרגל לחשכה: אחרי רבע שעה תוכל להניח שהסתגלת מספיק, אבל בדיקות מראות שכעבור חצי שעה בערך העין מצליחה לראות שתי דרגות בהירויות נוספות ומשך 90 דקות הבאות משתפרת ראיית הלילה רק במעט מאוד. מכאן שאין לצפות שתראה עצמים חוורים במיטבם בחצי השעה הראשונה של שהיה בחשיכה... אך חשיכה מוחלטת אינה מעשית במציאות - תזדקק לאור כדי לראות מה אתה עושה. אסטרונומים לרוב משתמשים בפנס אדום מעומעם כי אור אדום משפיע פחות מאחר על ראיית

הלילה; תחבולה מועילה נוספת היא קריאת המפות בעזרת העין שלא משמשת לצפייה בעוד העין הצופה נשמרת עצומה.

כיסוי הפנס בנייר אדום גורם לזוהר מפורז. עדיף לצבוע את הנורה בלקת ציפורניים אדומה ועוד להכניס נורה עבור יותר סוללות מאשר בפנס (עם שתי סוללות למשל, נורה המתאימה ל-3 עד 4 סוללות, 4.5 או 6 וולט) - תקבל אור מעומעם והסוללות יחזיקו מעמד זמן רב יותר.

4. ראייה מוסבת

כאשר מסתכלים ישירות בעצם כלשהו מתקבלת דמותו על הכתם הצהוב שבמרכז הרשתית - השקע המרכזי (2); נקודה זו מכילה קולטים (רצפטורים) לאור בהיר - המדוכים (3) ובהארה חזקה יש בה הפרדה מירבית, אבל לגבי אור מעומעם כתם זה כמעט עוור. לכן כדי לראות עצם חיוור יש להסתכל מעט הצידה ממנו; בדרך זו תתקבל הדמות קצת הצידה מהכתם הצהוב, באזור ברשתית בו נמצאים יותר קולטים לאור מעומעם - הקנים (4).

התאמן בכוון העין אל עצם מסוים תוך כדי שימת לב למשהו הנמצא בזווית הראייה; טכניקה זו קרויה ראייה מוסבת (5) והיא מקובלת בתצפיות שמים עמוקים. העין רגישה ביותר לעצמים חוורים כאשר הם נמצאים 8-16 מעלות ממרכז הראייה אל כוון האף. עמדה טובה כמעט כמו הקודמת היא 6-12 מעלות מעל מרכז הראייה. המנע מלמקם את העצם ימינה למרכז העין הימנית או שמאלה למרכז העין השמאלית: הדמות תווצר על הכתם העיוור שברשתית ותעלם בבת אחת.

5. זמן חשיפה

אחד המיתוסים בנוגע לתצפיות שמים עמוקים הוא, שלא כמו סרט צילום, העין אינה יכולה לאסוף אור לאורך זמן ולבנות את הדמות. הסיפור נכון לגבי תאורה חזקה ובה זמן הסכימה (אינטגרציה) בעין - זמן החשיפה - הינו באמת רק 0.1 שניות, אבל בחשיכה התמונה משתנה: דמות חיוורת תלך ותבהיר על הרשתית משך 6 שניות, בתנאי שתוכל לשמור אותה במקום אחד במשך זמן זה. זהו מצב כמעט הפוך ממה שמורה החוש הטבעי - נעיצת עיניים בעצם המואר באור חזק נוטה לעשותו פחות נראה. בסיפרו של קלארק (6) מוצגת יכולת העין "לצבור" אור משך 6 שניות. קלארק, חובב אסטרונומיה משך כמעט 20 שנה, ליקט מחקרים על ביצועי העין בתנאים הדומים לאלה בתצפיות אסטרונומיות. <<<<

===== NEW SCIENTIST, 1.10.87, עמ' 30, מדווח: לפלוטו אטמוספירה דקה, בקטבים כיפות קרח בהירות ובקו המשווה רצועה קהה חופשית מקרח. באיזור הכהה הטמפרטורה 59 מק"ל ובקטבים 54 מ'. ציר הסיבוב נטוי 90 מעלות למסלולו ולמישור המלקה. **** מוסר חיים מזר

כעת אפשר להסביר למה צופה מנוסה רואה עצמי שמים עמוקים שצופה מתחיל אינו מצליח לראות: הצופה הותיק למד בתת-מודע לשמור על עין יציבה. אפשר גם להסביר למה נוחות פיזית נחוצה בשביל לראות עצמים חיוורים - עייפות ושרירים מתוחים גורמים לתנועה מוגברת של העין.

6. הגדלות גדולות

קלארק מזכיר עוד את השימוש בהגדלה גדולה לתצפיות שמים עמוקים: אחרי הכל, הגדלה קטנה מרכזת את האור של עצם בעל גודל זויתי ומגבירה את בהירות פני השטח של דמותו (ההארה של אזור נתון ברשתית). ההצלחה הגדולה של טלסקופים מסוג דובסוני (7) עם יחס מוקד\מפתח קטן היתה בחלקה הודות לאמונה שבהגדלה קטנה רואים עצמי שמים עמוקים בצורה הטובה ביותר.

לפי קלארק הנחה זו לרוב מוטעית, ומכיון שטענתו זו יכולה לשנות את דרך המחשבה של צופה שמים עמוקים, נכנס לכמה פרטים. ההסבר נעוץ בעובדה שלרשתית, שלא כמו סרט צלום, יש כושר הפרדה קטן מאוד לאור מעומעם. זו הסיבה שלא ניתן לקרוא עיתון בלילה למרות שאפשר לראותו ושתאורטית, עדשת העין מפרידה את האותיות בחצות כמו באור יום.

העין מסוגלת לפריד פרטים קטנים מדקת קשת אחת באור בהיר, אך בתאורה מעומעמת כמו זו של שמי רקע כהים בטלסקופ אין היא מפרידה צורות קטנות מ-20 עד 30 דקות קשת; גודל זה הוא כמעט כגודל ירח מלא הנראה בעין בלתי מזויינת. לכן אפשר לראות פרטים בעצמים חיוורים מאוד רק אם הם מוגדלים.

תחליב צילום קולט אור באופן פאסיבי\סביל. בעין שונה התהליך: באור חלש הקולטים שברשתית משווים אותות המגיעים מאזורים סמוכים. מקור אור חלש, כדוגמת דמות גלאקסיה קטנה בעינית, המכסה רק אזור קטן ברשתית אינה בהכרח נקלטת כלל: למעשה, קולטים המקבלים סימן מפוקפק של אור "שואלים" קולטים סמוכים אם גם אצלם נקלט אור ורק אם התשובה חיובית מועבר האות הלאה, לעצבים האופטיים. עם הגדלת הדמות קטנה בהירותה ליחידת שטח אך אין שינוי במספר הכולל של פוטונים המגיעים לעין תוך זמן קצוב. אנשים לרוב יכולים ל"חוש" כ-50 עד 150 פוטונים בשניה ואין זה לא משנה אם הפוטונים מפוזרים על שטח גדול יותר - מערכת עיבוד התמונה של הרשתית תתמודד אתה, לפחות בגבולות מסויימים. דרושה פשרה מסויימת בין בהירות פני השטח לבין מידות זויתיות. קלארק בספרו מנתח נושא זה.

מה משמעות כל זה לצופה שמיים עמוקים? פשוט מאוד: כדאי לנסות הגדלות שונות עבור כל עצם - ייתכן שתהיה מופתע מהתוצאות. זאת ועוד, ישנה אמונה מוטעית בין תצפיתנים - שדרך טלסקופ עם אורך מוקד גדול (יחס מוקד\מפתח גבוה) מתקבלת דמות יותר חדה ויותר מרוכזת של עצמים חיוורים מאשר בדובסוני קצר מוקד. קלארק מדגיש שלא יחס מוקד\מפתח הוא מה שקובע: טלסקופ ארוך מוקד פשוט נוח יותר לשימוש בהגדלות גדולות.

(גם בטלסקופים בעלי יחס מוקד קצר ניתן להגיע להגדלות גדולות יחסית של עצמים קטנים הנמצאים במרכז שדה הראייה - י.פ.).

7. צבע

עצמי שמים עמוקים מאכזבים צופים מתחילים לא רק בגלל החוסר בפרטים ברורים, אלא גם בגלל חוסר הימצאות הצבעים הנראים כה יפה בתצלומים המקצועיים של עצמי השמים. כדי לראות צבע אנו חייבים לצפות במשהו בעל מידת בהירות שטח גדולה מספיק כדי לגרות את המדוכים ברשתית הרגישים כזכור לאור חזק, שכן הקנים עיוורים לצבעים. רשימת עצמי שמיים עמוקים בהירים כאלו קצרה מאוד: הערפילית הגדולה באוריון M42 עונה לדרישות ויש אנשים שיכולים לראות אדום פסטל בחלקים מסויימים שלה; כמוה יש מספר ערפיליות פלנטריות קטנות אבל עם מידת בהירות שטח גבוהה. היכולת לראות צבעים בעצמים חיוורים שונה בהרבה מאדם לאדם ויכולות להיות הפתעות.

הערות אחרות

ראיית לילה נפגמת משתיית אלכוהול וחוסר חמצן או סוכר בדם; לכן אל תצפה תוך כדי שתייה, עישון או צום. ממתקים מעלים בצורה חדה את כמות הסוכר בדם. חשיפה ארוכה לאור שמש מקטינה לכמה ימים את יכולתך להסתגל לחשיכה - בחוף הים הרכב משקפיים כהים; לטווח ארוך אור על-סגול מזקין את עדשת העין וגם את הרישתית ומקטין את רגישותה. אם אתה מרכיב משקפיים בחוץ, בקש מהאופטימטריסט שלך מסנן על-סגול לעדשות. ובעיקר תתאמן - אין דרך אחרת להתמחות בתצפית שמיים עמוקים. אל תעזוב אף עצם ואל תוותר עליו - לא משנה עד כמה לא ברור הוא נראה, תן בו מבט טוב, ארוך ויסודי. ****

- 1] DEEP SKY OBJECTS; 2] FOVEA CENTRALIS; 3] CONES; 4] RODS;
- 6] CLARK: VISUAL ASTRONOMY OF GALAXIES, NEBULAE & STAR CLUSTERS
- 5] AVERTED VISION; 7] DOBSONIAN.

תרגמה אירית קרופקה מתוך SKY AND TELESCOPE, SEPT 1985
 BACKYARD ASTRONOMY CONDUCTED BY ALAN MACROBERT:
 12 - "SECRETS OF DEEP-SKY OBSERVING"

הערות: מתוך מאמרים רבים בחוברות שונות, בעיקר מדורי התצפית ב-SKY & TELESCOPE, המעולים לכשעצמם, שנכתבו בנושא הצפיה בעצמי שמים עמוקים, הרי ה"אמונה" הרווחת בדבר עדיפות הצפיה באובייקטים חיוורים בהגדלות קטנות מקורה בתצפיות אין ספור באובייקטים אלו שאותם ערכו צופים רבים ובינם עבדכם הנאמן. "אמונה" זו לכן מבוססת למדי, אם כי יתכן ומספר אובייקטים כגון ערפיליות פלנטריות קטנות מגיבים היטב להגדלות גדולות (הכוונה להגדלות קטנות וגדולות באותו הטלסקופ מסוים!). לאמונה זו יש ביסוס כלשהוא - בהגדלה קטנה שדה הראייה הוא רחב וכאשר התצפית היא בתנאים אידיאליים לא "נבלע" העצם החיוור ברקע מסביבו, מכיוון שהגדלה קטנה גורמת לריכוז בשטח קטן של כל האור שבא מהעצם - החיוור יחסית בלאו הכי; עובדה זו גם מועילה לזיהוי מהיר יותר של עצמים חיוורים. יגאל פת-אל

יהודה גפנן

הגדלת שדה הראיה

בטלסקופ שלי (קוטר 8", F/10) שדה הראיה קטן מאד. בהגדלה מינימלית של 50X שדה הראיה הוא 0.7 מעלה. היות ואני מרבה לצפות בערפיליות, גלקסיות וצבירים חיוורים, שאפתי להגדיל את שדה הראיה ולזכות באיבוד מועט יותר של אור.

בעזרת מתאמים שיוצרו עבורי בארץ, הרכבתי "טלה-קומפרסור" (TELECOMPRESSOR), עדשה מקטינה המיועדת לצילום, לפני העינית. הטלסקופ הפך ל-F/7, הגדלה 35X ושדה ראייה של 1 מעלה לערך.

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

ציוד אסטרונומי לתצפיות חובבים - עדשת מצלמה כטלסקופ ערן אופק

בעת עריכת תצפית עם חבר שהביא מצלמת רפלקס עם עדשת זום בעלת אורך מוקד 80-200 מ"מ ובקוטר 76 מ"מ (3"), שאלתי אותו אם הוא יודע שיש בידי טלסקופ "3"? התשובה היתה שלילית.

אז אם יש לך עדשה אחת או יותר למצלמת רפלקס (מצלמה בה המצלם מתבונן הישר דרך העדשה ולא דרך כוונת נפרדת; המרחק בין העדשה לבין מסך המיקוד שווה בדיוק למרחק בין העדשה למישור סרט הצילום, ולכן אפשר להחליף עדשות ואין טעויות במיקוד), יש לך טלסקופ וקוטר הוא כקוטר העצמית של אותה עדשה.

כדי להפוך עדשה כזו לטלסקופ, יש להוסיף עינית. אפשר להסתדר גם עם זכוכית מגדלת; עליך למקם את העינית במקום המצלמה. חיבור העינית לעדשה ייעשה בעזרת מתאם שניתן לקנות, או להכין בעבודה עצמית. בהצלחה !!!

מאת חיים מזר

חלליות מחקר בלתי מאויישות רוסיות חדשות

בשנים הקרובות עומדים הרוסים להכניס לשימוש מבצעי דור חדש של חלליות למחקר פלנטרי. חלליות אלה יחליפו את חלליות "ונרה" (1) ששירתו אותם בנאמנות מזה 15 שנה.

כפי שניתן לראות בשרטוט, יש בחללית החדשה מספר אלמנטים חדשים, שלא היו קיימים ב-ונרה. מכשור החללית משוכלל הרבה יותר ובה במידה גם קל יותר. בהשוואה לחלליות הקודמות קצרה חללית זו יותר באורכה ורחבה יותר בבסיסה התחתון. בבסיס זה נמצא המנוע הראשי וסביבו מיכל דלק אבובי.

מידותיה של חללית זו עדיין לא פורסמו. גם אם נניח כי משקל החללית לא השתנה (משקל ה"ונרה" ללא נחתת הוא כ-3.5 טון), הרי קלות משקלו של המכשור מאפשרת הגדלת משקל הדלק, מה שבהכרח מאפשר יכולת לביצוע תמרונים מסובכים יותר.

שני זוגות מדפי שמש לקליטת אנרגיה סולארית מחוברים בניצב לחללית כאשר כיוון ציריהם נפרדים 180 מעלות זה מזה. מדפי השמש מחוברים אל גוף החללית בקו החיבור שבין מיכל הדלק לחלק האורכי של החללית. בין כל זוג מדפי שמש נמצא משטח נשיאה. מצד אחד מחוברים למשטח מכשירי מחקר שונים, ומצידו השני הוא יכול לשאת חלליות בת, המיועדות לנחות על גופים שונים במערכת השמש, כדוגמת החלליות האמורות לנחות על פובוס ב-1988.

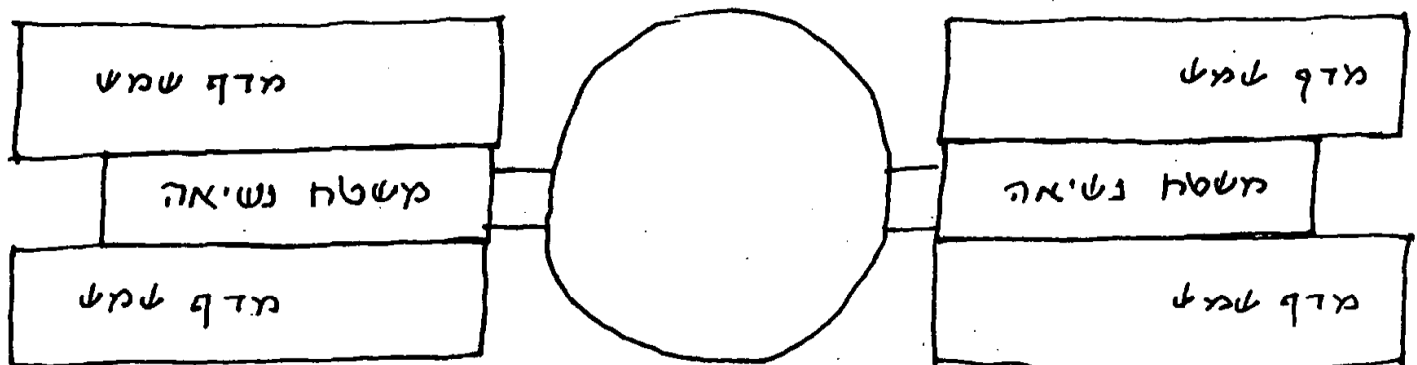
שלא כבחלליות "ונרה", אין מנועי הניווט צמודים למדפי השמש. הם צמודים לגוף החללית ומסודרים סביבו, נפרדים 90 מעלות זה מזה. לכל קבוצת מנועי ניווט מיכל דלק משלה.

האנטנה הפרבולית של החללית הועברה מגוף החללית לבסיס העליון. היא מחוברת לחצובה וניתן לסובבה לכל כיוון רצוי.

התוכניות הקרובות לחללית זו כוללות מסע אחד למאדים ו-לפובוס ב-1988, מסע קוטבי לירח ב-1991 ומסע וסטה מאדים/שבט אסטרואיד לשנות ה-90. ****

ביבליוגרפיה:

1. "תפישות מבניות של חלליות מחקר בלתי מאוישות" חיים מזר, כל כוכבי אור, 3/1984, עמ' 45-50;
2. "SOVIET SPACECRAFT DESIGN", AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY, MARCH 17, 1986, P.18;
3. "SOVIETS WILL USE VENERA FOLLOW-ON IN MARS MISSION", AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY, APRIL 14, 1986, P.125.



המסע אל שולי מערכת השמש

בעוד תוכניות החלל האמריקאיות מתעכבות וארה"ב מתקשה אף לשגר לוויינים צבאיים מפאת מחסור בטיילי שיגור, ממשיכה אחת החלליות המצליחות ביותר ואולי אף המוצלחת ביותר ששוגרה מכדור הארץ לעמוד במשימה הנמשכת כבר כמעט עשר שנים.

ווייג'ר-2 ממשיכה באודיסיאה שלה במערכת השמש, דוהרת לקראת מפגש ב-1989 עם כוכב הלכת המרוחק נפטון. נאס"א שיגרה לאחרונה הוראות ממוחשבות אל ווייג'ר לשנות את נתיבה כדי שלא תתנפץ על טבעות השרידים שאולי סובבות את הפלנטה השמינית במערכת השמש. ווייג'ר אמורה לעבור במרחק 4960 ק"מ מהקוטב הצפוני של נפטון, המעבר הקרוב ביותר ליד פלנטה שנעשה אי פעם, ובמרחק 40 אלף ק"מ מהירח הגדול שלה, טריטון. ווייג'ר הנמצאת כעת במרחק 3,200 מיליון ק"מ מכדור הארץ; היא עברה ליד אוראנוס ב-1986, ליד שבתאי ב-1981 וליד צדק ב-1979, ובכל אחד ממפגשים אלה גילתה תגליות מדעיות חדשות.

מדענים מצפים לגילויים חשובים נוספים בתקופת המעבר ליד נפטון. החוקרים מעוניינים במיוחד ב-טריטון, ירחו הענקי של כוכב הלכת, שעל פי השערות יש לו אטמוספירה דחוסה ועל פניו אולי מצויים ימים של חנקן נוזלי ועשרות תרכובות אורגניות. ייתכן אפילו שתרכובות אלה התפתחו לרכיבים של אבני הבניין של חיים. לרוב הירחים כמו הירח של כדור הארץ אין כלל אטמוספירה והאוקיינוסים היחידים שעליהם ידוע במערכת השמש נמצאים על כדור הארץ.

חללית האחות שלה ווייג'ר 1 עושה כעת את דרכה לשולי מערכת השמש לאחר שסיפקה למדענים תצלומי תקריב של שבתאי ב-1980 ושל צדק ב-1979. מדענים מקווים ששתי חלליות ווייג'ר יחדרו בסופו של דבר להליו-פאוזה, קו גבול שעד כה מעולם לא הגיעו אליו גופים מעשי ידי אדם. ההליו-פאוזה היא אזור בו מסתיים שדה ההשפעה המגנטי של השמש, ועל דרך ההשאלה אפשר לומר כי הוא מהווה שער ממערכת השמש לחלל החיצון. מדענים עדיין אינם יודעים היכן מצוי גבול זה או מה תהיה הסביבה שלו.

מרוחקות יותר משתי חלליות ה-ווייג'ר הן חלליות פיוניר 10 ו-11 ששוגרו לפני 15 שנים. שתי החלליות המזדקנות היו הראשונות שעברו את חגורת האסטרואידים והגיעו לצדק; עכשיו הן בדרכן לחלל החיצון, בכיוונים מנוגדים.

צי נוסף של נאס"א בן ארבע חלליות נמצא במסלול סביב השמש מאז סוף שנות ה-60. פיוניר 6, 7, 8 ו-9 נמנו על הראשונות מסוגן וסיפקו את המדידות המפורטות הראשונות של הרוח הסולארית, השדה המגנטי הסולארי וקרניים קוסמיות. כאשר שהו מאחורי השמש סייעו חלליות פיוניר לחזות סערות מגנטיות, כיוון שיללו לאתר אירועים כאלה על פני השמש שבועיים לפני שניתן היה להבחין בהם מכדור הארץ. סערות גיאו-מגנטיות אלה או התפרצויות אדירות של רוח סולארית מעוותות את השדה

המגנטי של כדור הארץ וגורמות הפסקות חשמל (*? בתקשורת!). חשיבות נוספת במחקר הסערות הסולאריות היא בקשר שלהן עם שינויי מזג האוויר לטווח ארוך של כדור הארץ. מתוך צי זה רק פיוניר-9 שהקיפה את השמש 22 פעמים ועשתה 1,800 מיליון ק"מ מאז שיגורה ב-1968 הוכרזה לא מכבר על ידי נאס"א "מחץ לכלל פעולה", אחרי שנכשל ניסיון אחרון ליצור איתה קשר. ****
מתוך עתון "הארץ" / מדור מדע בעריכת מיכאל גרטי, 14/6/87.

תכנית חלל אזרחית לאומית ישראלית בהכנה

ישראל בליזובסקי, כתב עיתון "כלבו", חיפה

בסוכנות הלאומית לניצול החלל (סל"ה) גובשה לאחרונה תכנית לשילובה של ישראל במחקר ובניצול החלל למטרות אזרחיות, הכוללות תקשורת, חישה מרחוק ועוד. צעדים אלה נובעים מההכרה שיש הכרח לשלב את התעשיות עתירות הידע הישראליות בתחום החלל, בו חזוי בעשור הבא שוק עולמי של 25 מיליארד דולר לשנה. שילוב טכנולוגיות החלל בתעשיות עתירות ידע בעולם מקנה להם יתרון במכירת מוצרים חדשניים ולכן יש חשיבות עליונה להימצאותה של התעשייה הישראלית בשטח זו לשמירת התחרותיות שלה בעולם המחר.

הטכניון באמצעות מוסד נאמן למחקר מתקדם ומכון אשר לחקר החלל השתלב במאמץ זה. בימים אלה הופיע כרך מהודר של ההרצאות והדיונים שנערכו בסדנא בטכניון ב-מרץ השנה בנושא "שימושים אזרחיים בחלל - מקומה של ישראל". בסדנא זו שאירגן פרופ' דניאל ווייס, דיקן הפקולטה להנדסה אוירונאוטית, השתתפו כ-150 מבכירי המדענים, הטכנולוגים ומקבלי ההחלטות. הרצאות בה נתנו נציגים בכירים של תכניות החלל האמריקניות, הצרפתית והאירופית וכן הוצגה תכנית החלל הישראלית.

התכנית הישראלית שהציג ד"ר מרסל קליין כוללת שיגור לוין תקשורת בשנת 1992, עליו נחתם לאחרונה חוזה עם אריאנאספס האירופית. את התכנית של לוין התקשורת המכונה "עמוס" הציג ד"ר פטריק רוזנבאום מהתעשייה האוירית. הלוין יופעל ע"י חברה המשותפת לתעשייה האוירית, בזק וחברה בראשותו של מאיר עמית. כן ישוגרו 2 מטענים מדעיים לפחות משך 6-10 השנים הקרובות.

סוכנות החלל הישראלית (סל"ה) החלה את ההכנות לקראת שיגורים אלה והפיצה קול קורא בקהיליה המדעית-טכנולוגית הישראלית לקבלת הצעות למטענים מדעיים שיוטסו בלווינים הישראלים. נתקבלו הצעות רבות הכוללות נסויים אסטרונומיים, מכשור לחישה מרחוק של צמחיה, ליזר חללי, נסויים בתהליכי זרימה וקירור בחלל, גידול אצות בחלל ועוד. ועדה מיוחדת של סל"ה בראשותו של פרופ' ווייס שוקלת בימים אלה את הפרויקטים שייבחרו.

=====

קבוצת חובבים רצינית מתארגנת באיזור הצפון לחצפיות סדירות, אחת לחודש. פנה, עם או בלי ציוד, אל רותם גלעד, טל. 06 542452

התוכניות הפלנטאריות של היפנים

תרגום חיים מזר

לשנות ה-90 מתכנן המכון היפני למחקרי חלל ואסטרונאוטיקה(1) טיסות לירח ולכוכבי לכת. ביפן מתיחסים לירח כאל יעד מוביל ומדענים שם מאמינים כי הם מסוגלים לגרום לשינויים מהפכניים במדע הירח אם ייחקרו הרכב ומבנה של אזורים שלא נחקרו עד כה. קבוצת העבודה של ISAS פיתחה מכשירי חישה מרחוק כמו ספקטרומטר קרני גאמא וגם מפתחת חודרני קרקע. על פי אחת ההצעות יישוגרו לקרקע הירח מספר חודרנים ממקפת בלתי מאויזשת שתנוע בסביבתה; בכל חודרן יהיו סייסמומטר ומד זרימת חום. פריסה של מספר מכשירים כאלה תאפשר את חקירת המבנה הפנימי של הירח, וזאת במדידת הבדלי מופעים של גלים סייסמיים מתפשטים בתוך הירח.

טכניקות אלה ייושמו גם בחקירת המבנים הפנימיים של שביטים, אסטרואידים וכוכבי לכת בעלי קרקע מוצקה כמו מאדים, נוגה וכוכב חמה. בהמשך לחקירה המוצלחת שלהם ב-1986 את שביט האלי מתכננים היפנים הבאת מדגמי קרקע מאחד השביטים, ושביט היעד הוא CHURYUMOV-GAROSIMENKO.

מטרה אחרת היא הכנסת מקפת למסלול סביב נוגה בטכניקת הלכידה אחורה(2) כדי לחסוך במשקל הדלק.

1. ISAS - INST OF SPACE AND ASTRONAUTICAL SCIENCE;
2. RETROCAPTURE.

מוסר חיים מזר מתוך SPACEFLIGHT, VOL.30, 2/88, P.53

- = + = + = + = + = -

« (נמצא במערכת ללא ציון מקור, תאריך, מחבר או מתרגם. מעבד -מ.ק.) לאחרונה, נתבשרנו על גילוי של כוכב הנקרא ננס חום מחוץ למערכת השמש, גילוי ששותף לו מדען ישראלי, פרופ' צבי מזא"ה מאונ. תל-אביב. תגלית זו הינה, ללא ספק, אחת התגליות החשובות בשטח האסטרונומיה בעשור האחרון.

כידוע, מסתם של כוכבי הלכת כה קטנה כך שהם אינם יכולים לייצר אנרגיה עצמית משלהם והם מאירים בזכות אור השמש המוחזר מהם. עד כה, לא הוכח בוודאות קיומם של כוכבי לכת מסביב לכוכבים אחרים מלבד השמש, מאחר ואורם של כוכבי לכת כאלה חלש מכדי לגלותם בצורה ישירה. מאידך, ניתן לגלותם בצורה עקיפה על ידי גילוי הפרעות שמלווים כאלו עשויים לגרום למסלולו של הכוכב סביבו הם סובבים. בעשורים האחרונים היו מספר כוכבים שנחשדו בכך שהם מוקפים בכוכב לכת אחד לפחות, אך לעולם לא ניצפה הכוכב המלווה ישירות.

ברם, בשנים האחרונות הובעה ההשערה שקיימים מעין "מיני" כוכבים שחסרים מעט מאוד מסה על מנת להיהפך לכוכבים ממש, מאחר וליצירת כור ההיתוך הגרעיני בלב הכוכב, בו נוצרות הריאקציות הגרעיניות הדרושות לשמירה על שיווי המשקל הגרואיטציוני של הכוכב, דרושה מסה מינימלית של לפחות כמה מאיות מסת שמש אחת. מאידך, כוכבים זעירים אלו עדיין

פרופ' מזא"ה ועמיתו, פרופ' ליית'ס מאונ. הרוורד, מדדו משך קרוב לשלוש שנים נתוני מסלול של מערכת כוכב כפול, שאחד הרכיבים בלתי נראה. מניתוח התצפיות הוכח, שמסתו של הרכיב הבלתי-נראה הינה מעט למעלה ממחצית האחוז ממסת השמש שלנו, מסה הגדולה אמנם ממסתו של גדול כוכבי הלכת, צדק, אך עדיין קטנה מהמסה הדרושה ליצירת לכוכב.

גילוייו של הננס החום חשוב לקוסמולוגים, הטוענים שכמות החומר הנצפית ביקום חסרה מסה נוספת שאינה גלוייה לעין. חלק מאותה מסה חסרה קיים, מבחינה תאורטית, בננסים חומים, ובכוכבי לכת וגילויים "מוסיף" תוספת מסה לכמות החומר הידועה ביקום. ****

צוות חוקרים מה-MIT בתצפית מוטסת שבוצעה ביום 9/6/88 במצפה קויפר מוטס(1) הבחין לראשונה באטמוספירה של פלוטו. התצפית נעשתה בהמתנה עד להסתרתו של כוכב ע"י פלוטו. התצפית נעשתה בגובה 13.5 ק"מ 800 ק"מ דרומה ל-פאגו פאגו. ** האמריקאית מעל דרום האוקיאנוס השקט. התצפית נמשכה 1.5 דקות ועל מגניטודה של הכוכב הניסתר היא 12 תצפית מקבילה בהסתרת הכוכב בוצעה במצפה הכוכבים ע"ש לוול(2) בפלגסטאף, אריזונה

1. KUYPER AIRBORNE OBSERVATORY; 2. LOVELL, FLAGSTAFF
SPACEFLIGHT VOL 30 AUG 88, P.312 מוסר חיים מור, מתוך

تشیلا

מסיבת חנוכה מסורתית במצפה גבעתיים

ביום ב', נר שלילי - בשעה 2000
כ"ז בכסלו תשמ"ט - 5.12.1988

	00														
0	00	00	0	00	0	0	0	00000	00000	00000	00	00	00000		
0	0	0		00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00000		0	000	000000	00	0		0	0	0000	0	000	0	0	

מוזמנים כל חברי האגודה ואורחיהם

