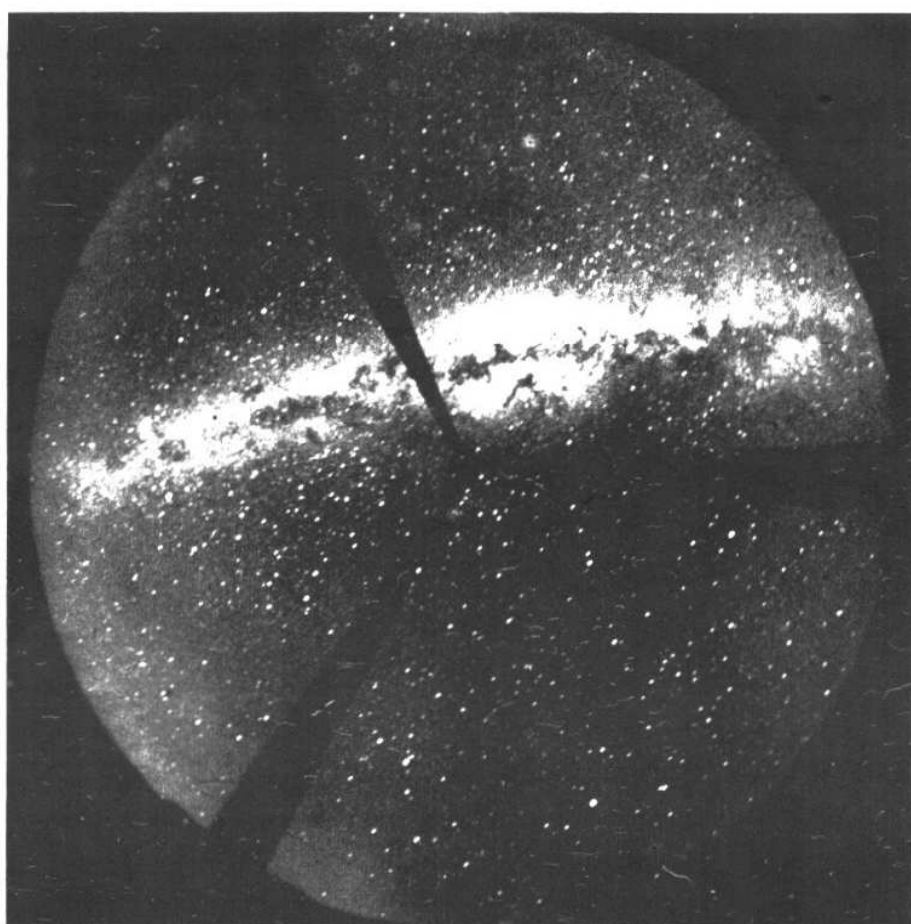


# סב סופמי אור



לולס, לאן ?

1/1979



אסטרונומיה  
אסטרופיסיקה  
חקר החלל

| ינואר-פברואר<br>1979                             | טבת/שבט<br>תשל"ט | כרך VI<br>שנת הוצאה ששית |
|--------------------------------------------------|------------------|--------------------------|
| Kol Kohvey Or (The Starlight)<br>Vol. VI, No. 1. |                  | January-February<br>1979 |

### התוכן

#### עמוד

|    |                                                         |
|----|---------------------------------------------------------|
| 1  | חדשות מעולם האסטרונומיה (דוד גבאי)                      |
| 3  | על כוכבים כפולים ותופעות מוזרות בשמיים.III. (י. זלצמן). |
| 9  | סיסות אל הכוכבים הקרובים.I. (ד"ר ר. פורוורד).           |
| 19 | תצפיות אסטרונומיות בצדק (נח ברוש).                      |
| 24 | קבוצת החודש (יגאל פתאל).                                |
| 27 | אובייקטים של Messier (י. פתאל).                         |
| 29 | התכנית הבינלאומית של תצפיות על צדק.                     |
| 30 | יריחים של צדק (ינואר-פברואר).                           |
| 31 | התכסויות.                                               |
| 32 | כוכבים משתנים (ינואר-פברואר).                           |
| 33 | יומן השמים.                                             |

#### המערכת:

יצחק שלוסמן (עורך ראשי)  
אהרון אופיר, נח ברוש, דוד גבאי, נפתלי תשבי.

כתובת המערכת: מצפה הכוכבים, גבעתיים, גן עליה השניה.  
מען למכתבים: מצפה הכוכבים, גבעתיים, ת.ד. 405, טל' 730117.

#### Editorial Board:

Isaac Shlosman (Editor)

Aharon Ophir, Noah Brosh, David Gabai, Naftali Tishbi.

Address: Astronomical Observatory, Givatayim, P.O.B. 405, Israel

#### כל הזכויות שמורות

© Copyright by "Starlight"

תמונת השער: לטוס, לאן? (ראה מאמר של ד"ר פורוורד בעמוד 9).

תמונת השער האחורי: ערפילית Trifid (M20) בקבוצת כוכבים  
Sagittarius. מרחקה כ-670 פרסק.  
(צולם ע"י מצפה הכוכבים Wilson).

מצפה הכוכבים • עיריית גבעתיים • מחלקה לנוער

# חדשות מעולם האסטרונומיה

עיכוד: ד. גבאי

מתי יתרחש מקסימום פעילות השמש הבא?

המכשיר לבדיקת פעילות השמש הוא מספר כוומי השמש המופיעים על פניה, מינימום הפעילות האחרון התרחש ביולי 1976 (משחתפי הכנס הבינלאומי בשדה בוקר ודאי זוכרים שקבוצת השמש נותרה "מחוסרת עבודה" כחופה זאת).

לפי התחזית המקסימום צפוי לסוף שנת 1979 (המקסימום האחרון היה בשנת 1968 עם ממוצע שנתי של 105 כתמים). תחזית זאת מבוססת על האינדקסים aa ו k.

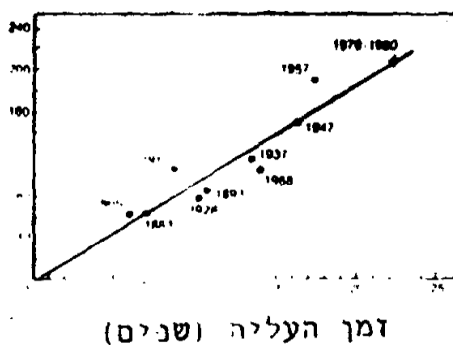
כידוע, השדה המגנטי של כה"א משתנה ללא הקף, האינדקס k מתאר את השינוי הנ"ל במשך כל 3 שעות. כאשר נבדוק אינדקס זה בשתי נקודות מנוגדות על פני כה"א נקבל את האינדקס aa (היתרון במדידה כזאת - ביטול ההשפעות העונתיות על האינדקס). כאשר נבדוק אם קיים קשר זמני בין אינדקס aa (בממוצע שנתי) לבין מקסימום פעילות השמש - יש קורלציה.

לפי השרטוט המצורף והמסכם מדידות במשך כמאה שנה מוצב הקשר בין הממוצע השנתי של האינדקס aa בשנת מינימום הפעילות העוקבת לבין מקסימום פעילות השמש (מקסימום כתמים). לפי שרטוט זה צפוי ממוצע של 206 כתמים במקסימום הקרוב ובהתאם לתיפזור נמצא שמספר זה ינוע בין 160 ל-250 כתמים.

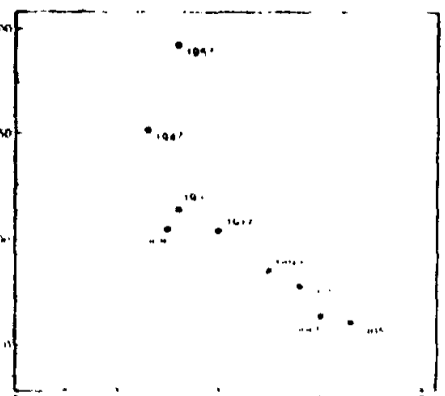
תכונה נוספת שנוצלה לצורך התחזית היא הקשר בין זמן העליה (ממינימום למקסימום) לבין מקסימום הכתמים - מכיון שצפויים כ-200 כתמים הרי שזמן העליה יהיה כ-3.5 שנים כלומר סוף שנת 1979. האם תחזית זאת תתאמת? נחיה ונראה.

יצויין שקימות מספר תחזיות המבססות על סטטיסטיקות שונות ולא בהכרח כל התוצאות מובילות לאותו תאריך.

המקסימום השנתי הממוצע



המקסימום השנתי הממוצע



הממוצע השנתי הנמוך ביותר של aa

## מערכת השמש מתקרבת לענן גאז בינכוכבי

הגאז הבינכוכבי הוא בעל מבנה מסורבל. חלקו בצורת ענן קר ודחוס יחסית ברדיוס של כמה פרסק והמכיל לפחות 10 אטומי מימן לכל סמ"ק. עננים אלה - המרוחקים כמה מאות פרסק זה מזה - מצויים בתוך עננים חמים יותר ומדוללים (כ-0.1 אטומי מימן לכל סמ"ק).

לאחרונה טענו 4 אסטרונומים צרפתיים שמערכת השמש מתקרבת לענן גאז בין כוכבי המצוי במרחק של כ-36 שנות אור מאיתנו. הוא מתקרב אלינו במהירות של  $20 \div 15$  ק"מ לשניה - ואנו צפויים להגיע אליו בעוד כמה אלפי שנים. הוא מצוי בכיוון שבין עקרב לנושא נחש (Scorpius-Ophiuchus).

הטענה מתבססת על מספר עובדות:

ראשית הרוח הבין כוכבית (להבדיל מרוח השמש) שידועה כעשור שנים, רוח זו שנתגלתה ע"י לוינים שערכו תצפיות בתחום האולטרא-סגול של המימן והליום הובילה למסקנה שהענן הבינכוכבי מתקרב אלינו מכיוון  $R.A. = 16^h 48^m$ ,  $D = -15^\circ$  (כ- $10^\circ$  דרומית לכוכב לאנטרס).

עדות שניה - הבליעה בספקטרומים של כוכבים בתחום האולטרא-סגול ע"י החומר הבינכוכבי. נמצא שבליעה זאת אינה סמטרית לגבי כוכבים המצויים בכיוונים שונים - דבר המעיד על פילוג לא אחיד של החומר הבינכוכבי. חומר זה מרוכז יותר בכיוון מסוים (הנ"ל).

עדות שלישית - יחס הדטריום למימן הבינכוכבי - שוב נמצאה אי-סמטריה כיוונית - דבר שנובע כנראה מלחץ קרינה שונה על שני האיזוטופים כתוצאה מהריכוז השונה של החומר הבינכוכבי (בסביבה הקרובה).

אילו תופעות יביא המעבר של מערכת השמש דרך חומר בינכוכבי? ראשית היו דברים מעולם. מניחים שכה"א הספיק לעבור דרך 140-130 עננים בעלי ריכוז של 100 אטומי מימן לכל סמ"ק ודרך כ-15 ענני גאז בעלי ריכוז של 1000 אטומי מימן לכל סמ"ק. מספר חוקרים מיחסים שינויי אקלים למעבר זה (כגון המעבר מתקופת הקרח). שהרי פעילות השמש ובהירותה עולים כתוצאה מההתקלות בחומר הבינכוכבי. השינויים יכולים לחול גם כתוצאה מכידוד כה"א מרוח השמש.

החוקרים הצרפתיים מציעים לבדוק ע"י חללית "ויקינג" אם קימת קורלציה זמנים בין השינויים האקלימיים שהתרחשו על פני מאדים לבין אלה שהתרחשו על פני כה"א - דבר שיבסס את הטענה ששינויים אלה התרחשו כתוצאה ממעבר מערכת השמש דרך חומר בינכוכבי.

עובד מתוך

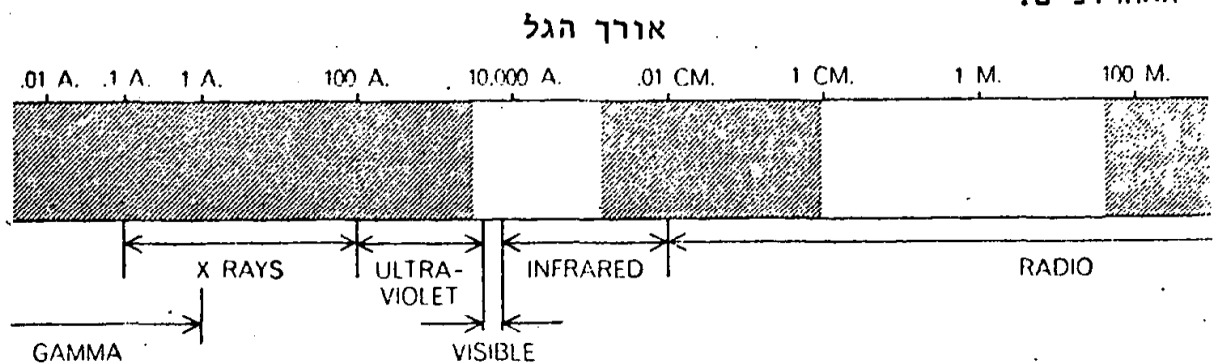
"Sky & Telescope"  
1978, Vol. 56, No. 3.

# אסטרונומיה ואסטרופיזיקה

## על כוכבים כפולים ותופעות מוזרות כשמיים. III (\*)

מאת: יוסף זלצמן

עובדה לא חדשה באסטרונומיה היא כי כוכבים, גלקסיות והמרחב הקוסמי, פולטים את עודף האנרגיה שלהם בצורת גלים אלקטרומגנטיים, במרווח מאד גדול של אורכי גל. בכל זאת, עד לעבר הלא רחוק, רק שני תחומים צרים של אורכי גל היו ניתנים לצפייה: האור הנראה, ואיזור הרדיו (ראה ציור מס' 1). הסיבה לכך היא כי האטמוספירה שלנו אטומה לגבי רוב אורכי הגל, ורק דרך שני "חלונות" אלה, היא מעבירה את הקרינה הפוגעת בה. אם אנו מעונינים לקלוט קרינה בכל מרווח של אורכי גל, אנו חייבים להציב את הטלסקופ (או האנטנה הקולטת) מעל האטמוספירה העוטפת את כדור הארץ, וזה, כידוע, הושג רק במהלך שני העשורים האחרונים.



ציור מס' 1. הספקטרום האלקטרומגנטי

הולדתה של אסטרונומית קרני X, הצריכה מאמצים טכנולוגיים גדולים מאד. מאחורי מאמצים אלה לא היו ניכויים תיאורטיים מאד מעודדים. אמנם היו מספר אובייקטים אשר הוו מקור אפשרי של קרני X, עוצמתם היתה אמורה להיות חלשה מדי בכדי שנוכל למדוד אותם. לכן, המאמצים הראשונים בקליטת קרני X מהחלל הופנו למטרה צנועה יותר: מדידת הקרינה המגיעה אלינו מהירח, כתוצאה מ"גשם" של חלקיקים הפוגעים בו, ומקורם בשמש. למעשה, חקירת תכונות הירח היה התירוץ הרשמי לשליחת טיל עם מכשור מתאים לקליטת קרני X, ורק בתור מטרה משנית הוחלט לסקור את השמיים עם המכשור הזה. טיל זה, שנשלח ביוני 1962, גילה מקור קרינה מחוץ למערכת השמש, ממוקד היטב וחשובים ראשונים, הראו כי אם מדובר בכוכב, גם אם הוא קרוב, הוא חייב לפלוט בעוצמה פי  $10^7$  עד  $10^8$  מזו של השמש שלנו! כל הסיבה של המקור נסקרה בטלסקופים אופטיים ובתחום הרדיו, ולא נראה כל סימן לזיהוי. איזה

(\*) המשך מ-"כל כוכבי אור" 5-6/1978.

מקור נקודתי יכול לפלוט קרינה כה חזקה בתחום קרני X, ולהשאר בלתי נראה באורכי גל של אור נראה ורדיו? נראה כי כוכב נויטרונים, או חור שחור כתנאים מסוימים יכול למלא את הדרישות, וזה מקרב אותנו אל נושא הכוכבים הכפולים, אך ראשית כל נבהיר קצת מושגים.

המכנה של ננס לבן, מובן לנו על סמך מושגי תורת הקוונטים. לפי החישובים במסגרת תורה זו, ניתן להעלות את הצפיפות של אלקטרונים רק עד גבול מסויים. אלקטרונים "ארוזים" בצפיפות הקרובה לגבול זה נקראים מנוונים. למעשה, הלחץ של אלקטרונים מנוונים מונע מהכוכב להמשיך להצטופף תחת השפעת הגרביטציה העצמית. התיאוריה המפורטת פורסמה על ידי צ'נדרשקר (Chandrasekhar) ב-1931, והיא מראה כי שווי משקל זה בין המשיכה הגרביטציונית לבין לחץ של אלקטרונים מנוונים, יציב עד לגבול של 1.4 מסות שמש.

אם גרעין מנוון של כוכב עולה על המסה הקריטית הזו, האלקטרונים יכולים לחדור לתוך גרעיני מימן (פרוטונים) ובריאקציה נוצרים נויטרונים. בתהליך נפלטים חלקיקי נויטרינו הנושאים אתם עודף אנרגיה, יחד עם חלקים חיצוניים של הכוכב, תוך כדי התפוצצות סופרנובה, ואז נחשף כוכב הנויטרונים.

כוכב נויטרונים זה תוצר הסופי של כוכב מסיבי מאד, שהתמוטט לאחר גמירת כל הדלק הגרעיני שלו. הוא כולל מסה העולה על 1.9 מסות השמש, אבל מימדיו הם של כדור בעל 10 קילומטר רדיוס. הליכה מורכבת מנויטרונים ארוזים בצפיפות גבוהה פי 100 מיליון מצפיפות המרכזית של ננסים לבנים הצפופים ביותר. הטמפרטורה של השפה חייבת להיות  $10^7$  מעלות, ובגלל הטמפרטורה האדירה הזאת, עיקר הפליטה חייבת להיות בתחום קרני X ולא בתחום הנראה.

חור שחור הוא גוף אשר תהליכי הקריסה הגרביטציונית הם עוד יותר קיצוניים. הוא כולו מוכל ב"רדיוס קריטי" אשר ממנו כל יציאה של מסה או של אנרגיה היא בלתי אפשרית. כדי להמחיש זאת ניתן להשתמש במושג של מהירות הבריחה. כידוע, קיימת מהירות מינימלית שיש למסור לגוף הנמצא בשדה גרביטציוני, כדי לאפשר לו "לברוח" מאותו שדה גרביטציוני. מהירות זו תלויה בצפיפות הכוכב האחראי לשדה המשיכה. חור שחור הוא, אם כך, גוף אשר המהירות הבריחה ממנו היא מהירות האור, ולכן מובן שכל מסה אצ' קרינה לא יכולה לברוח ממנו. (מכיוון שאין אפשרות להגיע למהירויות גבוהות ממהירות האור).

קיומם של חורים שחורים מוטלת עדיין בספק, אך לתאורטיקאים נראה כי אין מנוס בפני כוכב מספיק מסיבי, ועם תנע זוויתי מספיק נמוך, מלהתמוטט ולהיהפך לחור שחור.

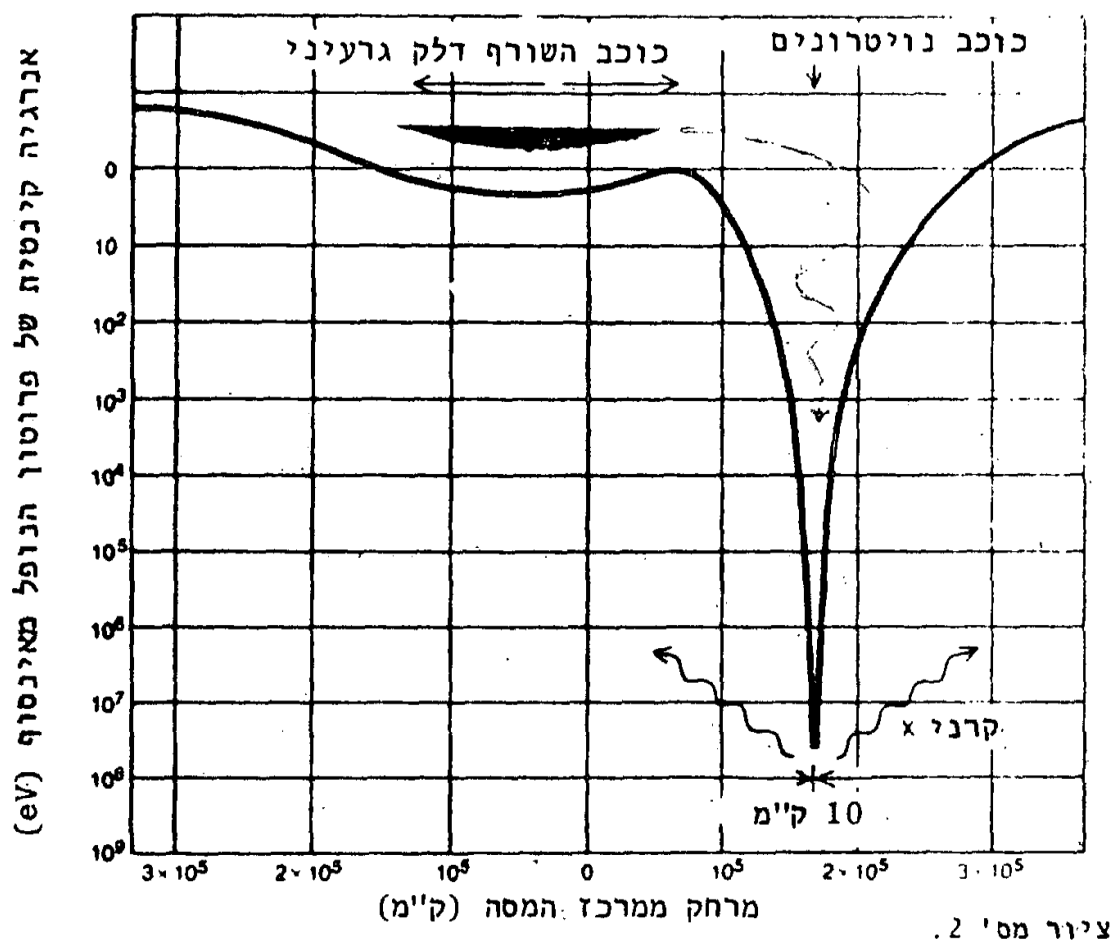
נפנה עכשיו אל כוכבים כפולים, בהם אחד משני המרכיבים (כוכב A) הוא מסיבי. הכוכב המסיבי יתפתח מהר יותר, ויגיע ראשון לשלב שבו הוא מתנפח עד לגודל של עשרות עד מאות רדיוסי שמש. אם בן זוגו (כוכב B) מספיק קרוב, אז מסה תתחיל לעבור מ-A ל-B בקצב מהיר מאד. התוצאה היא כי כוכב A "מתקלף" מהשכבות החיצוניות שלו, ונותרת רק ליבה הממשיכה בשלבים האחרונים של התפתחות והתפוצצות סופרנובה.

בינתיים, כוכב B, אשר סיפח אליו את המסה שיצאה מ-A, הוא בעל מסה מספיק גדולה כדי להחזיק את המערכת קשורה, ומונע ממנה מלהתפרק בזמן התפרצות הסופרנובה. מכאן ואילך, המערכת מורכבת מכוכב רגיל B, וגוף בשלבים מתקדמים של קריסה גרביטציונית, כגון כוכב נויטרונים או חור שחור. הכוכב B ממשיך בהתפתחות עד שמגיע תורו להתנפח, וגם הוא עשוי "לגלוש" מעבר למשטח הקריטי שלו, ואז מתחיל מעבר מסה בחזרה למה שנותר מ-A.

בדרכו של החומר חזרה מ-B ל-A, הוא נופל אל בור פוטנציאל של A, שהוא כה עמוק, עד כי פרוטון בנפילה חופשית היה מגיע לשפתו של כוכב הנויטרונים באנרגיה קינטית של יותר ממאה מליון אלקטרון וולט. האנרגיה הזאת היא פי 15 מהאנרגיה הנפלטת בהיתוך גרעיני ממימן להליום. תהליך זה הוא כה יעיל, עד כי קצב ספיחת חומר של מסת שמש אחת למיליארד שנה, היה מהווה מקור אנרגיה המספיק לפלוט את קרינת X של מקור X נקודתי חזק (ראה ציור מס' 2).

למעשה, כמו במקרה של כפולים קטקליסמיים, נפילת המסה אל A מושפע מגורמים נוספים המונעים מהחומר מליפול ישירות, והמסה הנופלת יוצרת "דיסקת קריסה". החומר נע בתנועה ספירלית, כך שהוא זורם באטיות אל המרכז תוך כדי סיבוב, ובסופו של דבר מגיע אל שפת כוכב הנויטרונים, כך שבמקום שכל פרוטון יפלוט פוטון בודד באנרגיה של 100 מיליון אלקטרון וולט, הוא יפלוט מספר פוטונים, בתחום אנרגיות מתחת ל-20000 אלקטרון וולט.

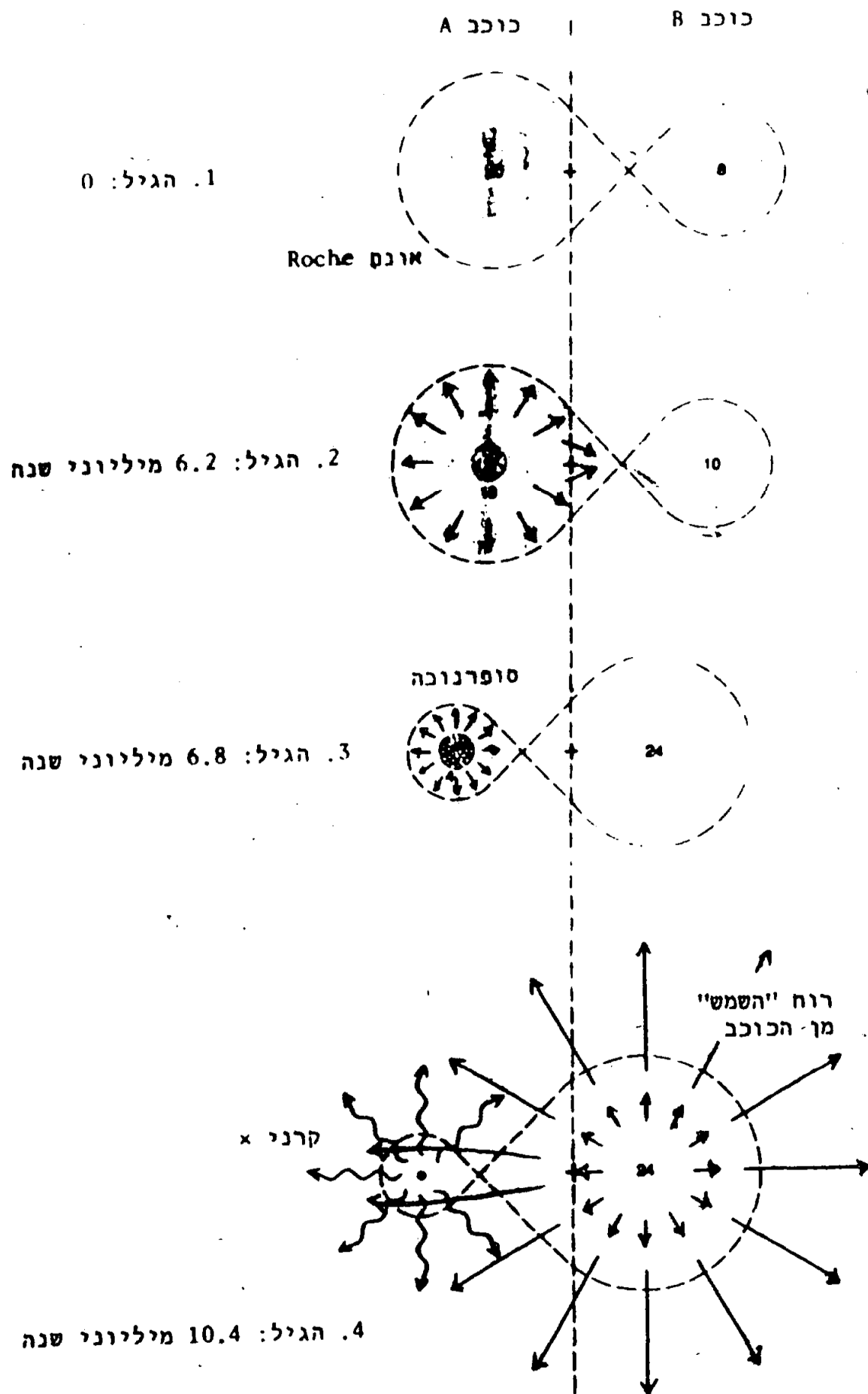
הפרוטונים הנופלים מובלים על ידי שדות מגנטיים חזקים מאד, אל הקטבים המגנטיים של כוכב הנויטרונים. אך קטבים אלה לא מזדהים עם הקטבים של ציר הסיבוב של הכוכב, ולכן האיזורים שמהם נפלטים הפוטונים של קרינת X, מסתובבים. כתוצאה מכך מקור הקרינה נראה כאילו משנה באופן מחזורי את עוצמתו, או כאילו מקרין בפעימות. מחקר מפורט של פעימות אלה לא השאיר מקום לספק כי מקורות קרינת X הם כוכבים נויטרונים בתוך שדה מגנטי, בעלי סיבוב מהיר מאוד.



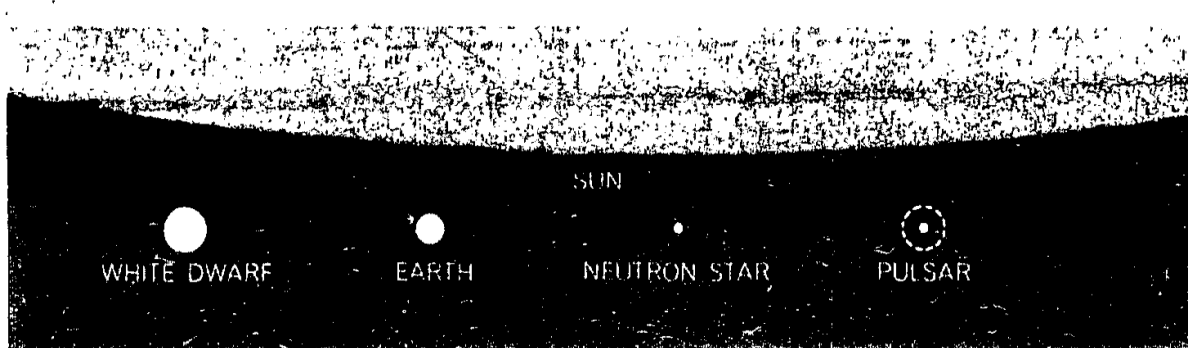
רק לאחר שליחת הלויין UHURU, ומדידת השתנותם של מספר מקורות נקודתיים של קרני X במרווחי זמן קצרים ביותר, וגם במרווחי זמן ארוכים, גובש סופית הדגם של כוכב כפול.

מספר מקורות הראו ליקויים בקרינת X, והם זוהו לאחר מכן עם כפולים אופטיים. במספר מקרים התגלתה השתנות במרווחי זמן של שניות, ועשירות השניה. השתנות כה מהירה מתאימה רק לגופים אשר צפיפותם עולה בכמה סדרי גודל על צפיפות כוכבים רגילים או ננסים לבנים, דבר המחזק את הדעה כי מדובר בכוכב נויטרונים או חור שחור.





ציור מס' 3. התפתחות של מערכת של שני כוכבים ( $8M_{\odot}$  -  $20M_{\odot}$ )



ציור מס' 4, גדלים יחסיים של השמש, ננס לבן, כ"א, כוכב נויטרונים ופולסר.

גם כאן, כמו באוביקטים אשר הוזכרו במאמרים הקודמים בסידרה זו, השאלות, והבעיות אשר עדיין מחכות לפתרון, מרובות מהבעיות הפתורות. כל מקור אשר נלמד ביתר פירוט, הציג בפנינו חידות נוספות, ואנו מרגישים כי אין ביכולתנו להכנס אפילו לחלק מהבעיות החדשות הללו. עלינו לציין רק כי המושגים והתיאוריות המעורבים בהסבר כוכבי א, מחייבים אותנו ללמוד מצבים פיסיקליים קיצוניים ביותר. העיסוק בהם והשפעת הגומלין בין תיאוריה ותצפית בתחום זה, הוא מה שאסטרופיסי-קאים קוראים "חזית המדע".



מגיד הרקיע 1979

יצא לאור "מגיד הרקיע" 1979 - הנספח השנתי של  
"כל כוכבי אור", מהדורה מעודכנת ומשופרת של  
"מגיד הרקיע" 1978.  
מחירו - 35 ל"י.  
למנויים של "כל כוכבי אור" - 25 ל"י.  
בדבר פרטים נא לפנות לפלנטריום ע"ש לסקי,  
מוזיאון הארץ, רמת-אביב, טל. 415244.

# חקר החלל

## טיסות אל הכוכבים הקרובים. I.

תר מאת ד"ר פורוורד

תרגום: חנוך גרשט

### מעשיות הטיסה הבין-כוכבית

הנסיעה אל הכוכבים אינה קלה - אך אין דבר זה הופך אותה לבלתי אפשרית. השמש שלנו נמצאת בשולי שביל החלב - מקום שם הכוכבים מועטים ומפוזרים מאד. הטיסה אליהם תקח שנים רבות, מליוני קילואט הספק, אנרגיה שאפשר למדדה בקילוגרמים רבים וזאת בנוסף למיליארדי (אם לא יותר) הדולרים שיושקעו (\*). למרות זאת הטיסה עשויה להתבצע - אם רק נרצה בכך.

בימינו ישנם אנשים רבים (חלקם ידועים מאד) ה"מוכיחים" ע"י שיקולים מתמטיים שהטיסה הבין-כוכבית היא בלתי אפשרית. למעשה בכל מקרה ההוכחה נבעה מהוספת הנחות יסוד מוטעות ההופכות את בעיות תכנון הטיסה למשימה בלתי אפשרית כמעט.

ישנם אנשים שהיו מוכנים להודות באפשרות ביצוע הטיסה אלא שאינם משוכנעים ביעילותה. הם טוענים כי אנו עשויים למצוא מידע רב גם בדרך המקובלת של "האזנה" בעזרת רדיוטלסקופים. דרך זאת היתה נכונה אם ידענו כי משהו אכן משדר אלינו. כיון שאין בידינו שום הוכחה לכך הטיסה הבין כוכבים היא שיטה בטוחה יותר (אם כי יקרה יותר) להגדיל את הידע שלנו על כוכבים רחוקים.

### מרחקים בין כוכביים

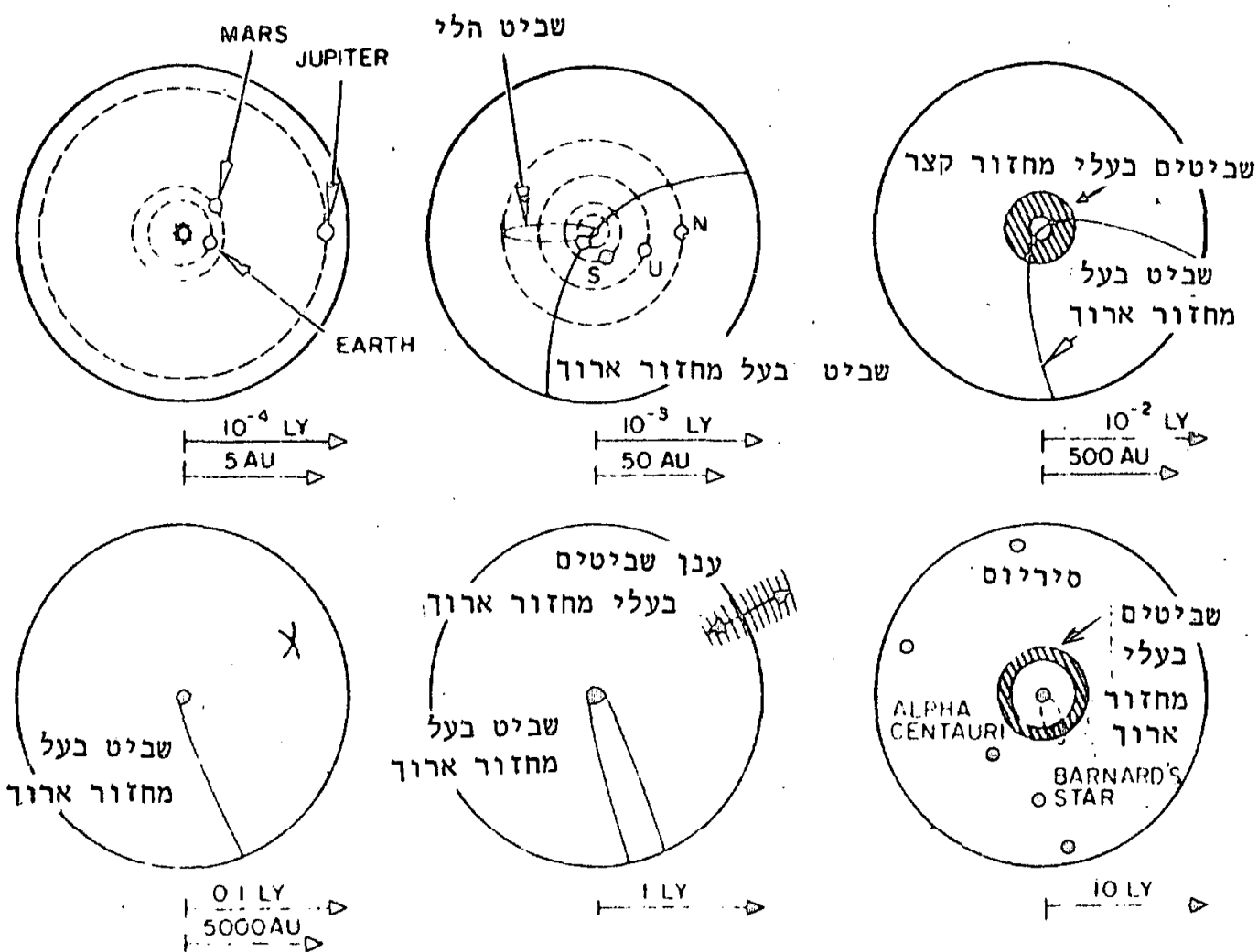
קשה לתפוס את גודל המרחקים הקשורים בטיסה בין כוכבית. אחרי הכל, אנו רק מתחילים להתפעל מהמרחקים הקשורים במחקר כוכבי הלכת.

מבין מיליארדי האנשים החיים כיום על כדור הארץ רבים לא שהו במרחק של יותר מ-40 ק"מ ממקום הולדתם. מתוך אנשים אלה רק תריסר טיילו לירח שהוא במרחק גדול פי 10,000 מאותם 40 ק"מ. לא רחוק היום בו החלליות הלא מאוישות יעברו את מסלולו של פלוטו במרחק הגדול פי 10,000 מזה של הירח. לעומת זאת הכוכב הקרוב ביותר במרחק 4.3 שנות אור נמצא במרחק הגדול פי 10,000 ממרחקו של פלוטו.

הציורים עשויים לעזור בהבנת יחסי הגודל בחלל. המעגל הראשון מקיף שטח ברדיוס של  $10^{-4}$  שנות אור. ניתן עדיין להבחין במסלולו של כדור הארץ. המעגלים הבאים הם בעלי רדיוס גדול פי 10 בכל פעם. עלינו לקחת 5 קפיצות מן המעגל הראשוני לפני שהמעגל יכיל את הכוכבים הקרובים ביותר למערכת השמש.

(\*) ראה מאמר של י. שלוסמן "טיסות בין כוכביים" שהופיע ב"כל כוכבי אור" 1/1977.

(\*\*) ראה ציור מס' 1.



ציור מס' 1. סקלת המרחקים ביקום (AU - יחידה אסטרונומית, LY - שנת אור).

למרות שמרחקים אלה גדולים מאד אין הם כלתי ניתנים להשגה. הדבר יקח זמן רב ותושקע בו עבודה רבה אך המשימה תבוצע. תחילה ייעשה הדבר ע"י חלליות אוטומטיות לא מאוישות. בשלב הבא יצא גם האדם את ביתו לחקור עולמות אחרים ושמשות זרות.

### זמני המסע אל הכוכבים

שליחת חללית מחקר אל החלל החיצון לא תצדיק את המאמץ הרב שהושקע בה אם לא נוכל לקבל ממנה מידע מעודכן שאפשר לנצלו.

המרחקים בין הכוכבים בשולי הגלקסיה, זחילתו של האור ובעיקר נטייתו המתמדת של המין האנושי לפרוץ גבולות יגרמו בעתיד למסעות בין כוכביים להמשך עשרות רבות של שנים. יידרשו אז חלליות מחקר מהירות מאד או שינוי עקרונות התקשורת למרחקים ארוכים. שיקולים אלה משפיעים בצורה מעניינת על המהירות והתאוצה האפשריים לחללית שתשלח לכוכבים.

כדאי לזכור שאף אם תהיה מערכת ההנעה של החללית משוכללת מאד עדיין יידרש זמן רב לביצוע המשימה. בניח לדוגמא כי מערכת ההנעה מסוגלת להביא את החללית למהירות האור באופן מידי. גם במקרה זה תצטרך החללית לנוע במשך 43 שנים עד לכוכב הקרוב ביותר ויידרשו 4.3 שנים נוספות כדי להעביר מידע מהחללית חזרה. כלומר הזמן המינימלי לביצוע המשימה הוא כ-9 שנים. לגבי כוכבים אחרים כדוגמת Tau Ceti שמרחקו מאיתנו הוא 11.8 שנות אור, תדרשנה לפחות 24 שנים.

למרבה הפלא אין קושי מיוחד להגיע למהירות האור, אם קיימת האנרגיה הדרושה. אם חללית נעה בתאוצה נפילה חופשית על פני כ"א (1g) היא תגיע ליותר מ-90% ממהירות האור במרחק של 0.5 שנות אור ממקום יציאתה. החללית תוכל לנוע במהירות זאת במשך 3 שנים, אח"כ להאיט במשך שנה אחת ואז תגיע אל Alpha Centauri תוך 5 שנים לערך. זמן זה אינו גדול בהרבה מהמינימום - 4.3 שנים. רכב הנע בתאוצה גבוהה יותר לא יוכל לשפר בהרבה את זמני הטיסה אך גם תאוצה נמוכה מדי עלולה להוות בעיה. לחללית שתנוע בתאוצה של 0.01g יידרשו 20 שנים כדי להגיע למחצית הדרך אל Alpha Centauri ומהירותה תהיה רק כחמישית ממהירות האור. כעת יידרשו לה 20 שנים נוספות כדי להגיע עד הכוכב (תוך כדי האטה) ובתוספת 4.3 השנים לתקשורת יתקרב הזמן הכולל ל-50 שנה.

ישנו גם תחום מוגבל של מהירויות שתאפשרנה טיסה בזמנים סבירים. דבר זה נראה בבירור בטבלאות המתייחסות ל-Alpha Centauri - Tau Ceti. מסתבר שאם מהירות הריחוף (ללא צורך בהנעה חיצונית) של החללית תעלה על 0.1 ממהירות האור יתקצר זמן הריחוף אך זמני ההאצה יתארכו. נראה כי מהירויות הגדולות בהרבה מאשר 0.5 ממהירות האור אינן משפרות בהרבה את זמני הטיסה אל הכוכב.

טבלא מס' 1. זמני הטיסה אל "Alpha Centauri" (מרחק 4.3 שנות אור)

| זמן כולל בשנים | הזמן הדרוש להחזרת אינפורמציה מהחללית | זמן הרחוק בשנים ללא האצה | זמן האצה בשנים (תאוצה של 0.1g בשנה) | מהירות מקסימלית |
|----------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| 14             | 4.3                                  | 0                        | 10                                  | 1.0c            |
| 15             | 4.3                                  | 6                        | 5                                   | 0.5c            |
| 17             | 4.3                                  | 9                        | 4                                   | 0.4c            |
| 20             | 4.3                                  | 13                       | 3                                   | 0.3c            |
| 27             | 4.3                                  | 21                       | 2                                   | 0.2c            |
| 48             | 4.3                                  | 43                       | 1                                   | 0.1c            |
| 90             | 4.3                                  | 85                       | 0.5                                 | 0.05c           |

טבלא מס' 2. זמני הטיסה אל Tau Ceti (מרחק 11.8 שנות אור)

| זמן כולל בשנים | הזמן הדרוש להחזרת אינפורמציה מהחללית | זמן הרחוק בשנים ללא האצה | זמן תאוצה בשנים (תאוצה של 0.1g בשנה) | מהירות מקסימלית |
|----------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| 28             | 12                                   | 6                        | 10                                   | 1.0c            |
| 38             | 12                                   | 21                       | 5                                    | 0.5c            |
| 44             | 12                                   | 28                       | 4                                    | 0.4c            |
| 55             | 12                                   | 40                       | 3                                    | 0.3c            |
| 74             | 12                                   | 60                       | 2                                    | 0.2c            |
| 133            | 12                                   | 120                      | 1                                    | 0.1c            |

זמני הטיסה למשימות כחלל החיצון בהנחה שתאוצת השיגור היא עשירית מגרביטציות הארץ וכן בהנחה שהחללית לא תאיט בהתקרבה למטרה.

ניתן לסכם את בעיות זמן הטיסה ולומר כי כדי לקבל את התוצאות הטובות ביותר על החללית לנוע בתאוצה בין 0.01g עד 1g ולהגיע למהירות מכסימלית בין 0.1 ל-0.5 ממהירות האור.

### האנרגיה הדרושה למסע בין כוכבי

כמות האנרגיה שתדרש לתפעול חללית בין כוכבים תהיה גדולה מאד. לדוגמא, נעריך את מסתה של חללית קטנה לאחר שגמרה את שלב ההאצה בכמאה ק"ג ואת מהירותה בשלב זה בשליש ממהירות האור (שהיא מהירות סבירה למסע בין כוכבי). האנרגיה אותה נצטרך להשקיע תהיה שווה ל- $10^{11}$  קילוואט/שעה של כח חשמלי, -כמות החשמל הכללית המיוצרת בארה"ב כיום במשך שבועיים.

דרך אחרת לנסות ולהבין את כמות האנרגיה היא להביעה בקילוגרמים. דבר זה ניתן להיעשות באמצעות המשוואה המפורסמת שפותחה ע"י אינשטיין. המשוואה  $E=mc^2$  מתארת את האנרגיה האצורה בכל ק"ג של מסה.  $10^{11}$  קילוואט שעה הדרושים לחללית שלנו בת 100 הק"ג הופכים להיות שווי ערך למסה בת 5 ק"ג (החללית תשקול במקרה זה 105 ק"ג ולא 100!).

כמות זאת נראית גדולה מאד אך עלינו לזכור כי בשנים האחרונות הצליח האדם ליצור אנרגיה חשמלית רבה בדרכים שונות. יש להבין כי האדם שולט בימינו בכמויות אדירות של אנרגיה. אפשרויות ניצול האנרגיה ממקורות שונים גדלות בהרבה כל שנה. קפיצה משמעותית תהווה פתרון כל הבעיות הכרוכות במיזוג גרעיני מבוקר בדורות הבאים.

דרישות האנרגיה ממסע בין כוכבי עלולות להיות גבוהות. אך כשיגיע היום והחללית הראשונה למחקר בין-כוכבי תשלח חמשת (או אולי 50) הק"ג שיידרשו יהיו רק חלק קטן ובלתי משמעותי מכמות האנרגיה המופקת כל שנה.

### התקשרות במרחב הבין-כוכבי

תקשורת דרך מרחקים בין כוכביים היא פשוטה יחסית בהנחה שמתכננים את הקשר בין המשדר והקולט. בספרות הטכנית יש עדיין מחלוקת אם התשדורות תצלחנה יותר בלייזר או במיקרו-גל אך לאור ההתפתחות הטכנולוגית נראה כי ניתן יהיה להשתמש בשניהם. לדוגמא נביא נתונים אחדים הקשורים במערכת תקשורת לייזר שתשמש לשידור נתונים מהחללית לארץ.

מערכת תקשורת הלייזר תהיה כנראה בעלת משדר בעוצמה של קילוואט אחד ומיפתח בן 100 מטרים. האנטנה המסדרת תוכל להיות בלון מוכסף למחצה או

מערך גדול של דיודות לייזר המשדרות בעוצמה קטנה כ"א אך מצטרפות יחד לקרן חזקה. הבעיה של שמירת המשדר וקרן הלייזר בכיוון הנכון תפתר כנראה ע"י שליחת קרן לייזר מכוונת ממשדר שעל הארץ. הקרן המכוונת תיפול בנקודה קבועה על פני החללית ותשמור את כוון המשדר, כרצוי.

כאשר קרן הלייזר הצרה מהחללית תגיע לארץ מרחק של יותר מ-4 שנות אור היא תתפזר על פני שטח גדול. בכיוון כדור הארץ שטף קרינת הלייזר יהיה בערך 10 מליון פוטונים לשניה לכל מ"ר מהקולט (אלמלא אורו של Alpha Centauri עצמו ניתן בהיה לראות קרינה זו בלילות אפלים). קצב שידור הנתונים ע"י הקרן יוגבל אם כן רק על ידי מידת האנטנה הקולטת שברצוננו לבנות. (עובדה מעניינת היא כי בשל פרק הזמן הארוך הכרוך בטיסות בין כוכביות אין שום צורך לגשת לבניית האנטנה הקולטת אלא רק 10 שנים לאחר שהחללית תעזוב את כדור הארץ).

### תכנון משימה בחלל החיצון

לרוב תוכניות החלל בעבר היתה שיטה קבועה לפתרון בעיות התכנון של המבצע. תחילה נבחרו רכב בשיגור, שלבי הביניים שיתאימו לו, החללית ולבסוף המטרה. השלב הבא היה חישובי המשקל עבור הדלק שידרש להגיע אל המטרה. רק לאחר הפחתת משקל הדלק הועידו את מה שיותר (אם בכלל) לנשיאת ציוד מדעי, גישה הסטורית זו לתכנון מבצעים נבעה מהצורך של נאס"א להתאים את מבצעה לשאריות מטילי המלחמה. מאוחר יותר כש-NASA נלחצה בזמן כדי להעמיד אדם על הירח מוקדם ככל האפשר היא נאלצה להסתמך על מערכות האצה שהגבילו את מבצעה.

כעת בשל האנרגיות הגבוהות הדרושות לכל משימה בחלל וכן עקב ההתפתחות המהירה של טכנולוגיות ההנעה השונות מומלץ כי כל תכנון מוקדם של מחקר בין-כוכבי יתחיל שלא כנהוג - מתכנונה של חללית המחקר עצמה.

### בחירת "כוכבי המטרה"

לפני שמתחילים לבחון דגמים אפשריים לכלי הרכב החלליים, רצוי לנסח רשימת מערכות כוכבים כמטרות לכלי הרכב האלה. דבר זה נחוץ כדי לשאוב מידע מוקדם על מרחקי הטיסה ובכך לעזור בבחירת שיטת ההנעה שתענה על הדרישות.

במרחק 20 שנות אור מהשמש ישנן 59 מערכות כוכבים המכילות 81 כוכבים נראים. כוכבים אלה כוללים 41 כוכבים בודדים, 15 כוכבים כפולים ו-3 מערכות משולשות.

רוב הדיונים בנושאי הטיסה הבין כוכבית, (מאוישת או לא), יצאו מתוך ההנחה שהמטרה הראשונית היא גילוי חיים ובהתאם לכך בחרו את כוכבי המטרה.



רצוי אם כן לבחור מתוך המערכות שבתחום 20 שנות האור את מערכות הכוכבים שלהם האפשרויות הטובות ביותר לשאת מערכת כוכבי לכת ההכרחית לקיום חיים.

מאחר וידוע כי כוכב אחד, השמש, מחזיק בבירור במערכת כוכבי לכת ניתן להניח כי לכוכבים הדומים לשמש בדרגתם הספקטרלית, במסתם, רדיוסם ובזוהרם יש סיכוי להיות מלווים בכוכבי לכת. אם נשתמש בעובדת היותו של כוכב דומה לשמש שלנו כקריטריון לבחירתו יש סיכוי שנבחר לא רק כוכב הנושא כוכבי לכת אלא גם כוכבי לכת המאפשרים חיים.

ישנן אמות מידה רבות בהם נשתמש כדי לבחור את המטרות הראשיות למסע בין כוכבי. אמות המידה ורשימת המטרות תשתנה ככל שנדע יותר על מבנה מערכות כוכבי הלכת וככל שנחפש את כוכבי הלכת אצל מערכות הכוכבים ה"שכנים". כיום ישנן שבע מטרות ראשיות אפשריות במרחק 12 שנות אור מהשמש כמפורט בטבלה.

### תכנון חללית בין-כוכבית

תכנון מבנה חללית לא מאוישת למחקר בחלל החיצון הוא החלק המכריע. בכל תכנית לביצוע טיסה שכזאת על החללית להגיע אל הכוכב (או המערכת) הרצוי ולהשיג עליו מידע רב בטרם יהיה אפשרי לתכנן טיסה מאוישת. הטיסה הבין-כוכבית הארוכה תהיה מלווה בקשיים רבים כתאוצה גבוהה ע"י מנועים רבי עוצמה, בחשיפה לפגיעת חומר בין כוכבי במהירות יחסית של כשליש ממהירות האור ודורות רבים של פעולה ללא כל אפשרות לאבחן תקלות אפשריות או לתקנן. יהיה צורך בפיתוח שיטות חדשות של חללית עצמאית שתוכל לאבחן ולפתור בעיות שיתעוררו במשך הטיסה. הזמן הכולל שיידרש לתקשורת עם החללית במסעה (8.6 שנים לפחות) יהפוך כל נסיון לשליטה מרחוק על המבצע לבלתי אפשרי. ממערכות המחשב האוטומטיות של החללית תדרש יכולת להתנהג כיצור "אינטלגנטי למחצה" כאשר ייתקלו בנסיבות חדשות ובלתי צפויות.

הדרישות השונות למחקר של מערכות הכוכבים למיניהן מגבילות את מספרן ומשקלן של החלליות. על כן מושם הדגש על מכשירים רגישים שיוכלו לקלוט את אותה האינפורמציה בעודם נמצאים במסלול סביב הכוכב. מצד שני מביא מצב זה לדרישות גבוהות כלפי יכולת ההפרדה של המכשירים, דבר המשפיע על התשדורות מן החללית ואליה.

נוסף על דרישות אלה מ"ביצועיה" של החללית יש לזכור כי האנרגיה הדרושה לפיתוח מהירויות הקרובות האור הן גדולות מאד ולכן יש להקטין את משקל החללית עד למינימום. יש צורך בפיתוח מכשירים שימלאו תפקידים שונים בעת ובעונה אחת כאנטנות, קולטי אותות ומעבדי נתונים - וכל זאת כדי להקטין את משאה של החללית.

| ה ע ר ו ת                                                                                          | דרג ספקטרלי  | מרחק<br>(שנות אור) | שם המערכת                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|----------------------------------------|
| המערכת קרובה ביותר. משולשת, מרכיביה כמעט זהים לשמש. סיכויים גבוהים לכוכבי לכת "נושאי חיים".        | G0 , K5 , M5 | 4.3                | Alpha Centauri<br>(מערכת שלושה כוכבים) |
| כוכב קטן, ננס אדום בעל בהירות נמוכה. המערכת הקרובה ביותר הידועה כנושאת לפחות כוכב לכת אחד.         | M5           | 6.0                | כוכב Barnard                           |
| ננס אדום ולו כוכב לכת ידוע אחד.                                                                    | M2           | 8.2                | Lelande 21185                          |
| כוכב גדול בהיר מאד בעל ארנף ננס לבן.                                                               | A0           | 8.7                | Sirius                                 |
| מערכת של כוכב אחד קטן יותר וקר יותר מאשר השמש. עשוי לשאת מערכת כוכבי לכת בדומה לזו של השמש.        | K2           | 10.8               | Epsilon Eridani                        |
| כוכב גדול לבן וחם, השני בבהירותו במרחק 20 שנות אור אחרי Altair. המערכת כוללת גם ננס לבן קטן.       | F5           | 11.3               | Procyon                                |
| מערכת בת כוכב אחד. דומה לשמש בגודל ובהירות. סיכויים גבוהים לשאת מערכת כוכבי לכת בדומה לזו של השמש. | G4           | 11.8               | Tau Ceti                               |

טבלא מס' 3. מטרות עיקריות למשימות בין כוכביות

מה שנדרש מחללית שכזו הוא למעשה גודל פיזי רב (כדי לאפשר שידור וקליטת אותות בצורה הטובה ביותר) מקור אנרגיה גבוהה (להפעלת המכשירים ולשידור נתונים). כל זאת חייב להתיישב יחד עם משקלה המועט של החללית.

גישה אחת לפתרונה של בעיית מבנה החללית היא לבנות את יסודותיה כמערכת של רשתות. הכבלים שישמשו לבניית הרשתות ישמשו לא רק כ"חומר בניה" אלא גם כמעבירי זרמים חשמליים בין חלקיה הפעילים של החללית. ההתפתחויות החדשות בשטח המוליכים האורגניים מביאות אותנו לאפשרות כי הכבלים עליהם מדובר לא יהיו עשויים מתכת אלא יהיו צרורות של סיבים אורגניים. סיבים אלה ה"תפורים" יחדיו בקשרים כימיים להבטיח חוזק מגלים מוליכות גבוהה מאד גם כתנאי חדר רגילים ובנוסף לכך מוליכותם היא רק לאורך הסיב ולא לרוחבו כך שניתן יהיה לחבר אחדים מהם ובכל זאת להעביר בהם אינפורמציות שונות לכיוונים שונים. סביב צרורות סיבים אלה יהיו מונחים בצפיפות מרכיבי המערכות הפעילות כחיישנים לקליטת קרינה אלקטרומגנטית לכל סוגיה ודיודות לייזר שיוכלו לשדר ביעילות קרינה אלקטרומגנטית באורכי גל שונים. נוסף על המרכיבים האלו יהיו מחוברים למערכת גם גלאי חלקיקים וחיישנים כימיים. כל המרכיבים האלו, שמידותיהם יוקטנו עד למינימום, יהיו מחוברים למערכות אלקטרוניות שיתאמו את פעולת הגלאים עם משדרי הנתונים ע"י זרמים חשמליים שיעברו הלוך ושוב דרך מערכת הרשתות. ניתן לשער, לאור ההתפתחויות הצפויות בעתיד, כי לא רק הכבלים יהיו בנויים מחומרים אורגניים אלא גם מרכיבים רבים אחרים כגלאים משדרי נתונים, ועוד יהיו מורכבים מחומר אורגני. במקום היחידות של מוליכים למחצה העשויים צורן יבואו מערכות זעירות שיורכבו ממולקולות אורגניות, כאשר כל מולקולה מתוכננת מבחינה כימית כך שתוכל למלא תפקיד מוגדר במערכת. במערכות הנ"ל ייבנו כחלק בלתי נפרד מהרשתות המוליכות (הבנויות גם הם מחומר אורגני) ולא בנפרד כאשר החיבור למערכת נעשה רק בשלב מאוחר יותר.

בחללית לא יהיה קיים מחשב מרכזי. מחשב החללית לא יהיה מורכב במקום אחד כאשר כל פגיעה בו עלולה להיות גורלית, אלא מפוזר לאורך הרשתות בצורה חופשית, בצורה שכל יחידה ממערכת הרשתות תוכל למלא כל תפקיד כמו המערכת כולה (אם כי ביעילות קטנה יותר).

מקור האנרגיה לפעולת החללית יכול לבוא כ"דליפה" ממערכת ההנעה (אם משתמשים בבקבוקים מגנטיים כמכילי פלסמה להנעה המעבר יוכל להעשות ישירות בצורת זרם חשמלי). כמקור אנרגיה אחר יכולה לשמש קרינה מכוכב המטרה שתקלט בחללית.

אם כן יפותחו בעתיד מערכות זעירות העשויות חומר אורגני וימצאו דרך לשנות את מבנה המחשב אפשר יהיה להקטין את מטענה של החללית ובכל ובכל זאת לאפשר חלק גדול מהפעילויות המדעיות הרגילות במסעות מחקר.

הרשת כקוטר של כ-100 מטר (כאשר כבליה יהיו בעובי של עשירית המילימטר וצמתים ימוקמו במרחק סנטימטר האחד מהשני) תשקול רק עשרות מעטות של קילוגרמים. בכל חצי משטח הרשתות יהיו בערך  $10^8$  צמתים בהם ימוקמו המרכיבים הפעילים, כאשר יושמו מרכיבים אלה בצורה הנכונה הם יוכלו להוות מיפתח מספיק לאיסוף ולשידור אנרגיה, כנדרש.

כדאי להדגיש כי התכנית שצוינה כאן היא רק דרך אחת לפתרון בעיית מכנה חללית בין-כוכבית. תכנית זאת מסתמכת על התפתחות הטכנולוגיה לרמה מסוימת בשטח מסוים מאד - מוליכים אורגניים. פתרונות אחרים לבעיה עשויים להסתמך על כיוונים אחרים לגמרי ותחומים אחרים שיפותחו ע"י המדע המודרני.

מאחר והמבנה של החללית הוא הפרט הראשון בחשיבותו בתכנית מחקר החלל החיצון יש להתחיל בתכנון דגמים ראשוניים כבר היום. כאשר הדגמים יקבלו את צורתם ניתן יהיה למקד את המחקרים על הבעיות הטכנולוגיות שעדיין לא נפתרו ודרישות להמשך תכנון המשימה. תוך כדי המחקר על המבנה הרצוי - חללית עצמאית לגמרי, בעלת מקור אנרגיה גבוהה וחיים ארוכים ולמרות זאת קלה במשקלה - תתקדם גם הטכנולוגיה של הגלאים והמשדרים הזעירים.

הרווח לטכנולוגיה מפיתוח מכשירים לחללית יהיה גדול. תפוחחנה שיטות חדשות לבניית מעגלים אלקטרוניים וגלאים משופרים. מחשבים בעלי יכולת לאבחן ולתקן תקלות במבנה ומקורות חדשים ליצירת שידור אנרגיה רציפה ישפרו במידה רבה את העולם הטכנולוגי.

לאחר שייבחנו מספר דוגמים למבנה החללית יש לחשב את הגודל והצורה של מטען החללית בהתאם לתכנון המוקדם של מערכת ההנעה הרצויה. במשך 10 עד 15 השנים שידרשו לתכנון החללית יש לצפות להתפתחות משמעותית בשטח הלייזרים הפועלים באנרגיות גבוהות, מיזוג גרעיני מבוקר ע"י כוחות מגנטיים או בעזרת לייזרים, ראשי חץ גרעיניים ופיזיקה גרעינית בעתיד ייתכנו אף פריצות דרך שיאפשרו צורות חדשות להמרת אנרגיה, אחסונה או שידורה. אחדים מהחידושים בנושאים האלה ייספקו את הבסיס הטכנולוגי הדרוש ליצירת מערכת הנעה מתאימה לתנועה בחלל החיצון.

(המשך יבוא בגליון הבא)

מאת: נח ברוש

### תצפיות אסטרונומיות בצדק

הרחק מעבר למסלולו של מאדים שוכן הגרם השמימי המעניין ביותר לתצפית לילה, לאחר הירח. זהו כוכב הלכת צדק, הענק של מערכת השמש (מחשבות ואפשרויות שונות לגבי טבעו נפרסם במאמר נפרד). צדק מהווה "אטרקציה" מבחינה תצפיתית כיון ש- (א) הוא מגיע לניגוד מידי כ-13 חודשים, ואז קל לחקור אותו בתצפית בשעות החשיכה, ו-(ב) הוא כוכב לכת גדול מאוד ויחסית קרוב אלינו כך שקוטרו הנראה מגיע לכדקתקשת אחת. פירוש הדבר שעם הגדלה של פי 40 תיראה דיסקתו לעין הצופה כמו הלכנה בעין גלויה. לכן אפשר בדרך כלל בהגדלה צנועה להבחין בהרבה פרטים על דיסקתו.

לאמיתו של דבר הפרטים הניצפים מתיחסים רק למבנה ולהתנהגות של אטמוספירת כוכב הלכת, שעטוף כולו בעננים. הפנים המוצקים (?) של הכוכב לא נגלים לעולם לעינינו. עדיין המבנה והתנועה של העננים מענינים ביותר והגורמים המשפיעים עליהם הנם נושאים של מחקרים רבים.

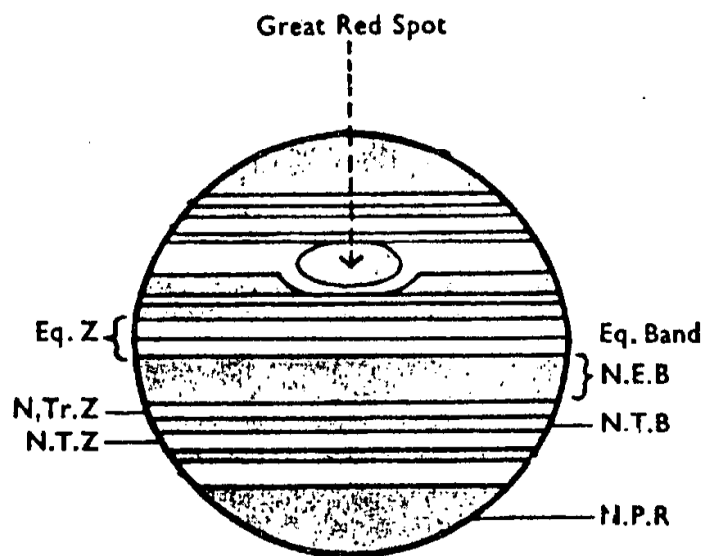
כדי לצפות בצדק, ולהיות מסוגלים להבחין בפרטים רבים ככל האפשר, חייבים להשתמש בכלי תצפית בעל קוטר יחסית גדול. אין כוונתנו לומר שחובב שברשותו טלסקופ משבר (עדשות) שקוטרו 75 מ"מ לא יוכל לבצע עבודה ברת משמעות בתצפיות בצדק, אבל עם כלי שקוטרו 6" או יותר אפשר להשיג הרבה יותר פרטים בציורים או תצפיות בעין.

עובדה שניה שלה צריך להתיחס היא קצב הסיבוב המהיר של צדק סביב צירו. סיבוב אחד, שלגבי כדור הארץ מתבצע ב-24 שעות, עורך במקרהו של כוכב הלכת הענק פחות מ-10 שעות. מכאן שאם אנו צופים משך כשעתיים, שעתיים וחצי בצדק, כרבע משטח פניו יעלם מעינינו ורבע נוסף יתגלה. במשך "ריצת תצפית" כזו על הצופה לרשום את הפרטים השונים הנצפים. קיימות שלוש שיטות שונות להשגת מטרות זו וכמובן שאפשר להשתמש באחת מהן או בשתיים או אפילו בשלושתן יחד.

לפני שניגש להצגת שלשת השיטות נראה איך מכונים איזורים שונים על פני צדק, כדי שברישום התצפיות נוכל להתיחס לאזורים בשם המקובל. בציור הרצ"ב, המינוח של האיזורים השונים הוא באנגלית. להלן נביא בתימצות את השמות העבריים.

כעיקרון, לגבי הנצפה על פני צדק, מכונים הפסים הכהים המופיעים עליו כ"חגורות", עם היוצא-מן-הכלל היחיד של "רצועת קו המשווה". לעומתם, הפסים הבהירים מכונים "איזורים". כך שיש לנו (כלפי צפון) את

|                          |   |          |
|--------------------------|---|----------|
| רצועת קו המשוה           | - | Eq. Band |
| איזור קו המשוה           | - | Eq. Z.   |
| החגורה הצפונית לקו המשוה | - | N.E.B.   |
| האיזור הטרופי הצפוני     | - | N.Tr.Z.  |
| החגורה הממוזגת הצפונית   | - | N.T.B.   |
| האיזור הממוזג הצפוני     | - | N.T.Z.   |
| האיזור הקוטבי הצפוני     | - | N.N.T.B. |

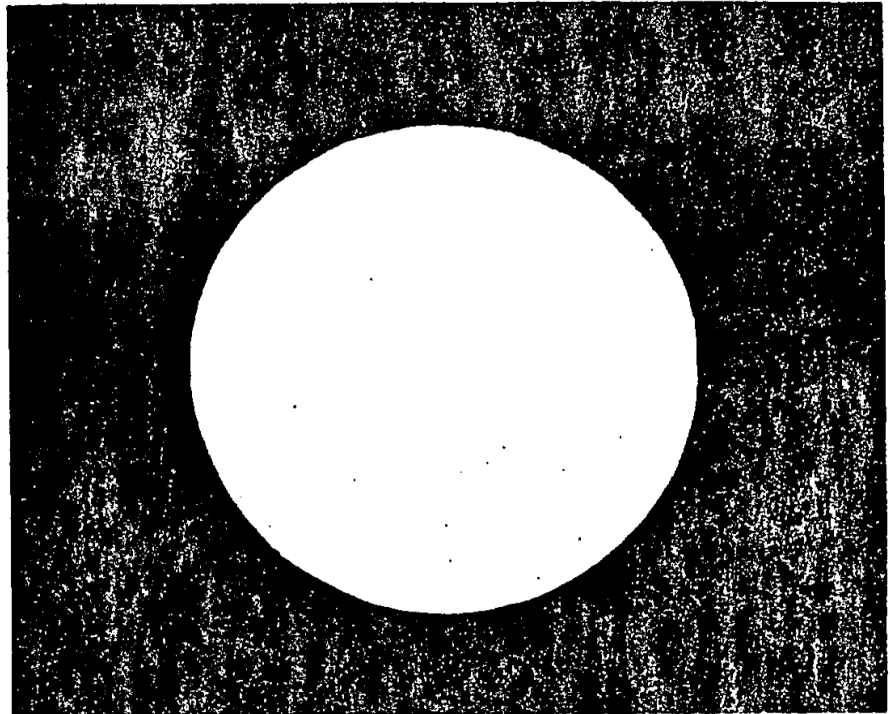


#### א. שרטוט כוכב הלכת

לשרטוט טוב יש ערך רב אבל דיוקו ונאמנותו של הציור יהיו תלויים ביציבות התמונה הטלסקופית בעת השרטוט וביכולתו של הצופה ל"תעד" בנאמנות את הנגלה לעיניו. שני צופים מנוסים יהיו חלוקים לגבי פירושו של הסימנים המופיעים על גבי הדמות, בעוד שצופה בלתי מנוסה ישרטט ציור שרחוק מאוד מהאמת ומטעה. לכן כל ציור צריך להעשות בזהירות מרובה ובהשתדלות לא להתיר את רסן הדימיון.

כדי לשרטט ציור טוב של צדק רצוי להשתמש ב"שבלונה" לקבלת הגבולות החיצוניים של הדמות הטלסקופית (כיון שצדק מסתובב מהר מאוד סביב צירו, צורתו פחוסה הרבה יותר מאשר זו של הארץ - לכן הדמות הנצפית אף היא פחוסה). השתמשו בשרטוט השבלונה שאנו מביאים כאן כדי לייצור לעצמכם את גבולות השרטוט, או ע"י העתקה על גבי נייר שקוף או ע"י ייצור

שבלונה אמיתית, מקרטון עבה. בכל מקרה שימו לב לשמור על "שפה נקיה"  
בין כוכב הלכת לרקע השחור של השמיים.



בעתות של אור יציב עם "ראות" טובה, וכאשר הפעילות על צדק גבוהה,  
יש הרבה פרטים הנראים בחגורות ובאיזורים. בגלל הכליפה החזרה של האור  
באטמוספירה של צדק, הפרטים הולכים ונעלמים כאשר מתקרבים לשפת הדמות.  
הרושם הוא של איזור בהירות מרכזי וטשטוש בסמוך לגבול של כוכב הלכת  
עם השמיים. טשטוש דומה נצפה באיזורי הכיפות הקוטביות.

השרטוט יהיה יותר מהימן אם תשתמשו בעפרונות צבעוניים להעברת הצבע  
של הפריטים השונים ע"ג פני צדק.

ב. תיזמון כוכב הלכת

ישנה חשיבות מכרעת לתנועותיהם של פריטי סימון שונים על צדק. תנועות  
אלו מתבצעות לרוב כתנועות אורך כאשר רק מיעוטן הן גם תנועות רוחב  
במידה משמעותית. לכן חשוב מאוד לקבוע את מועד המעבר של פריטים נצפים  
שונים את קו האורך המרכזי של הדמות הטלסקופית. ממאגר נתונים כזה ניתן  
ללמוד יותר על ההתנהגות של האטמוספירה העליונה של צדק.

הציוד היחיד הנחוץ, מלבד הטלסקופ, הוא שערן בעל מידת דיוק בלנונית,  
כדקה. (אין צורך בדיוק מעל דקה כיוון שקשה להעריך בתצפית בעין גלויה מתי

פריט מסויים מגיע לקו האורך המרכזי (בדיוק). לאחר ביצוע התצפית, מחשבים את האורך של הפריטים השונים בעזרת טבלאות (למשל של ה-Astronomical Ephemeris). כאשר מצטברות תצפיות בתקופה ארוכה יחסית ניתן לשרטט גרף של "סחיפת" הפריטים הנצפים, כאשר על גבי נייר מילימטרי מסמנים תאריכים על הציר האנכי ו"אורך" לרוחב הדף. התיחסות לפריט מסויים תצביע על מידת סחיפתו בתנועה האטמוספירית של צדק.

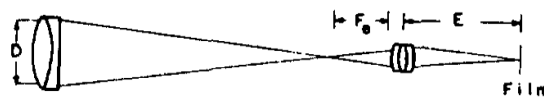
### ג. צילום פני צדק

זו השיטה המומלצת ביותר לקבלת מידה בלתי תלוי בצופה, כי עין המצלמה היא שתקבע אילו פריטים אמנם נראים על פני כוכב הלכת. הבעיה היחידה שנמצאת כאן היא שדמות כוכב הלכת הנה קטנה ביותר. כאמור קוטר הדמות אינו עולה על דקת קשת אחת, לכן נדרש אורך מוקד יחסית ארוך כדי שהדמות על גבי סרט הצילום לא תהיה נקודתית. אבל לחובב יש בדרך כלל טלסקופ עם יחס מוקד  $f/5$  עד  $f/15$  (לגבי טלסקופ מראות בעל שדה רחב במקרה הראשון, ולטלסקופ עדשות ממוצע במקרה השני) לכן צריך למצא שיטה להגדיל את אורך המוקד האפקטיבי של הטלסקופ.

נזכיר כאן מהו אורך המוקד. לגבי עדשה מרכזת (או מראה מרכזת) קיים מושג הנקרא מוקד הקרניים. אלומת קרניים מקבילות מרוכזת ע"י העדשה לנקודה אחת הנקראת "המוקד". המרחק ממרכז העדשה ועד המוקד נקרא מרחק המוקד, או "אורך המוקד". עדשה מאופיינת לרוב ע"י "מספר  $f$ " שלה. זה אינו אלא היחס שבין אורך המוקד שלה לקוטרה. לדוגמה עדשה שקוטרה 50 מ"מ ואורך המוקד שלה 1 מ' היא בעלת מספר  $f$  של

$$f_{\#} = \frac{1000}{50} = 20$$

שיטה פשוטה להשגת אורך מוקד ארוך יחסית היא הטלת התמונה על גבי סרט הצילום על ידי העיניה של הטלסקופ. משתמשים במקרה זה במצלמה שעדשה הקדמית הוסרה ומצמידים אותה לעיניה. (עדיף להשתמש במקרה זה במצלמת "רפלקס" כי אז אפשר לבדוק מיקוד לפני הצילום) העיניה של הטלסקופ מוזזת במידת מה החוצה ממצבה הממוקד הרגיל ואז הדמות נעשית גדולה יותר (ופחות בהירה) כאשר מישור הסרט מועבר אחורנית. לגבי מרווח הקרנה  $E$  נתון, עיניות בעלות מרחק מוקד קצר יוצרות דמויות גדולות יותר.



מספר  $f$  אפקטיבי

$$f_{\#} = \frac{F \cdot E}{D \cdot F_e}$$

הקרנה בעזרת עינית



לדוגמה עדשה קדמית של 10 ס"מ קוטר ובעלת אורך מוקד של 150 ס"מ  
(f/15) ועמה עיניה בעלת אורך מוקד של 10 מ"מ יגרמו, במרחק הקרנה  
E = 10 ס"מ למספר f אפקטיבי של:

$$f_{\#} = \frac{150 \cdot 10}{10 \cdot 1} = 150$$

פי 10 ארוך יותר מאשר בשיטה הרגילה.  
קוטר הדמות המצולמת של צדק תלויה אך ורק באורך המוקד האפקטיבי F של  
הטלסקופ, ונתון ע"י

$$d = \frac{\phi_y \cdot F}{57.3}$$

כאשר  $\phi_y$  הוא קוטר הדמות הנראה, במעלות של זווית. למשל כאשר  $\phi_y = 50''$   
אזי לגבי המקרה הקודם שבו 1500 ס"מ F קוטר הדמות תהיה

$$d = \frac{50/3600 \times 1500}{57.3} = 3.6 \text{ מ"מ} = 0.36 \text{ ס"מ}$$

ודמות זו ניתן להגדיל לאחר החשיפה של הסרט לתמונה רצינית.

מהו זמן החשיפה הדרוש? עבור מספר f כקודם, חשיפה של כ-10 שניות  
תיצור תמונה טובה, אבל את הזמן האופטימלי צריך למצא בניסיונות רבים.  
כעקרון אבל, זמן החשיפה תלוי בריכוז המספר f. כלומר אם למערכת הצילום  
של החובב יש מספר f אפקטיבי של 50, זמן החשיפה יהיה כשניה אחת.  
הסרט בו משתמשים צריך להיות בעל מהירות בין ASA150 ל-ASA200. אין  
צורך בסרט מהיר יותר (TriX = ASA400) כי אז גרגיריו לא יאפשרו הגדלת  
התשליל.

הצגנו לכם כרשימה זו שלוש שיטות לתצפית בצדק. בכל אחת מהשיטות  
אם תשתמשו בה, אל תשכחו לציין את מועד התצפית ואת השעה, מהו הטלסקופ  
בו השתמשתם, מהיכן צפיתם ומה היו תנאי הראות.

שלחו אלינו את תוצאותיכם ואנו נפרסמם מעת לעת. באם יתעוררו  
שאלות הקשורות בנושא זה, אנא פנו אלינו ואנו נשתדל למצא מענה לכל  
שאלה.

# קבוצת החודש

מאת: יגאל פתאל

ינואר

## עגלון

קבוצת עגלון שמתהווה ממחומש של כוכבים בהירים נמצאת בהמשך הקו מ- $\alpha$  קסיופאה ל- $\gamma$  קסיופאה. בערך 7 פעמים המרחק בין שני כוכבים אלו ימצא כוכב צהוב בהיר מאוד - קפלה, שפירושו עז. כוכב זה אחד הבהירים בשמים וידובר עליו בהמשך. ליד כוכב זה נמצא משולש ישר זווית המורכב מכוכבים בהירות 4. כוכבים אלו נקראים באנגלית "The Kids" ובעברית - "הגדיים". הכוכב המזרחי ביותר בקבוצה הקרוי - נתי, שייך הן לקבוצת עגלון והן לקבוצת שור שם מהווה הכוכב את הקרן המערבית של השור.

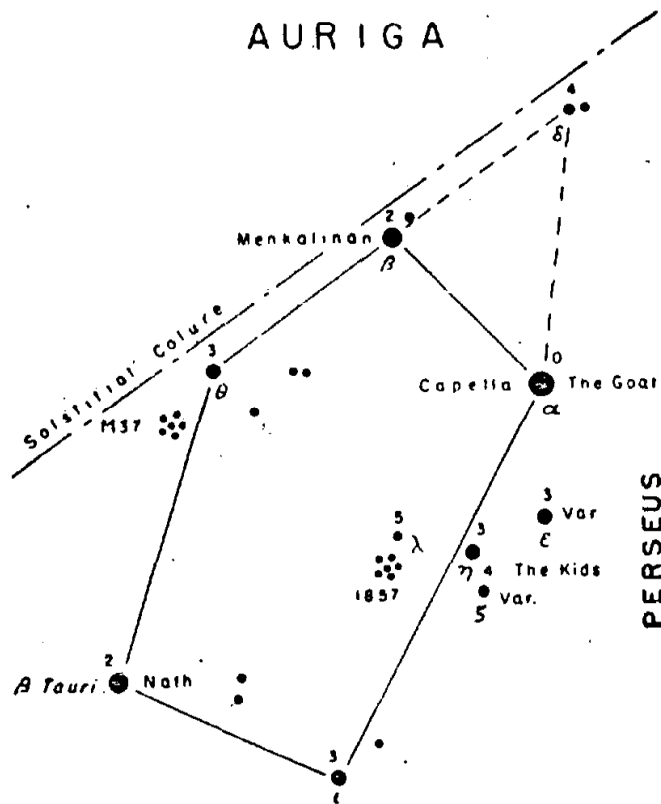
הכוכב הבהיר בקבוצה הנו קפלה, עז, שמהווה את כתפו השמאלית של העגלון. בהירותו היחסית של הכוכב 0.24 ובהירותו המוחלטת -0.6, דבר שמראה שמרחקו מעמנו כ-44 שנות אור. הכוכב הנו כוכב ענק צהוב מטיפוס ספקטרלי G0+G5, כלומר, לכוכב יש מלווה בלתי נראה לעין ושנתגלה בעזרת הספקטרוסקופ. שני הכוכבים שווים כמעט בתנאיהם הפיסיקליים והמסתח. הם משלימים סבוב סביב מרכז כובד משותף ב-104 יום, ומתרחקים מעמנו במהירות של 30 ק"מ/שנייה.

$\beta$  עגלון - מנקלינן - מהווה את זרועו הימנית של העגלון, כוכב לכן מטיפוס ספקטרלי A2 ואף הוא הנו כפול ספקטרוסקופי (אחד הראשונים שנתגלו ככפולים ספקטרוסקופיים), המורכב משני כוכבים זהים בתכונותיהם הסוככים במחזור של 4 ימים סביב מרכז כובד משותף ומלקים זה את זה כך שבהירות המערכת נעה מ-1.9 ל-2. מרחקו - 66 שנות אור ובהירותו המוחלטת 0.5.

$\epsilon$  עגלון - כוכב משתנה לוקה שזמן המחזור שלו (9883 יום) הנו אחד הארוכים הידועים. הבהירות משתנה מ-3.4 ל-4.5. הכוכב מטיפוס F0, על-ענק צהוב כשמרחקו מעמנו 3300 שנות אור ובהירותו המוחלטת נעה מ-6.4 עד ל-5.5.

$\theta$  - כוכב בעל בהירות נראית 2.7 ובהירות מוחלטת 0. מרחק מעמנו 110 שנות אור, טיפוס ספקטרלי AO.

i. - הסלה (Chassaleh) כוכב בעל בהירות 2.9, בהירות מוחלטת -1.3. זהו כוכב ענק כתום מטיפוס K3. מרחק מעמנו כ-233 שנות אור.



פברואר

### קסיופאה

קבוצה זו אחת המפורסמות בקבוצות השמים, הן בשל צורתה המזכירה את האות W, והן בשל הדרך בה ניתן למצוא את כוכב הצפון בעזרת הקבוצה. קסיופאה הינה אמה של אנדרומדה ואשתו של קפאוס ושלוש הקבוצות ממוקמות זו ליד זו.

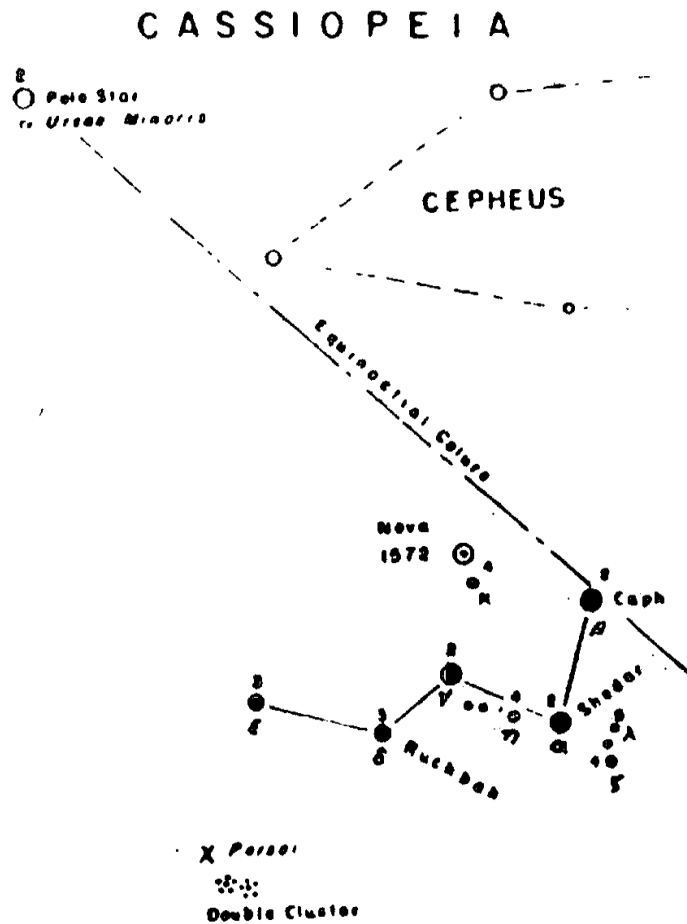
כוכבי הקבוצה הנם כוכבים בבהירות 2 ו-3.

α - "שדר" - כוכב ענק כתום מטיפוס ספקטרלי K0. בהירות נראית הכוכב 2.5 ובהירותו המוחלטת 0.1. הכוכב מצוי במרחק 181 שנות אור.

β קסיופאה - "כף" - כוכב ננס לבן מטיפוס F2, בהירות נראית 2.4, ובהירותו המוחלטת 1.6. מצוי במרחק 40 שנות אור מעמנו.

γ קסיופאה - "סיה" - ענק כחול מטיפוס ספקטרלי B0. בהירותו נראית משתנה מ-1.6 עד ל-3.0 כשאין לו מחזור קבוע והוא משתנה מטיפוס דמוי נובה. בהירותו המוחלטת המקסימלית -4.9. מרחקו 650 שנות אור.

δ - "קסורה" ("רושבה") - כוכב מטיפוס A3. בהירות נראית 2.8 ומוחלטת 1.0. מרחקו 76 שנות אור.



ε "סגין" - כוכב מטיפוס B3, בהירותו הנראית 3.4 ובהירותו המוחלטת 3.2. מרחקו מעמנו 466 שנות אור.  
 בשנת 1572 התרחשה בקבוצה תופעה של סופר-נובה שנצפתה ע"י האסטרונום טיכו ברהה. הכוכב הגיע לבהירות הזוהר לבהירותו של כוכב הלכת נוגה.  
 (-4).

בין ε קסיופאה ל- η פרסאוס ניתן לצפות כעביר הכפול (α η) פרסאוס אשר ניתן לתצפית בעין בלתי מזוינת ונראה מצוין בכל משקפת שדה.

התחילה הרשמה לחוברת "כל כוכבי אור" 1979.  
 מחיר המנוי - 120 ל"י (6 גליונות).

ליקט: י. פתאל

אובייקטים של Messier

- M36 - צביר פתוח עשיר ביותר בכוכבים בהירים הנמצא בקבוצת עגלון. קוטרו של הצביר 20', בהירות 6.3. מרחקו מעמנו כ-3700 שנות אור. הצביר נוח למציאה, מ- $\theta$  עגלון יש לנוע 3 מעלות דרומית ו-5 מעלות מערבית הצביר יוצר עם הכוכבים  $\theta$  עגלון ו- $\beta$  שור, משולש שווה שוקים כשהצביר הנו הקודקוד.
- M38 - הוא נראה כצביר לכל דבר גם במפתחים קטנים. ניתן למציאה בשתי דרכים: האחת, יש לנוע מ-M36  $2^{\circ}$  צפונה ו- $1.5^{\circ}$  מערבה. ההבדל בין שני הצבירים חד מאוד. M38 הנו צביר חורר יותר למרות שהנו עשיר יותר בכוכבים. לעומת הכוכב הבהיר ביותר בצביר M36 שבהירותו 8.7, הכוכב הבהיר ביותר בצביר זה 9.7. בהירות הצביר כולו 7.4, גודלו  $10'/25'$  ומרחקו 2750 שנות אור. אם רוצים לצפות בצביר ללא קשר עם M36 ניתן למוצאו בדרך הבאה - הצביר ימצא במחצית הדרך בין הכוכבים  $\theta$  ו-i עגלון.
- M37 - צביר פתוח הנמצא בעגלון והנו אחד היפים לתצפית. בהירותו הגבוהה (6.2) ועצם עובדת היותו מונה 170 כוכבים הבהירים מבהירות 13 עושים אותו לאחד הצבירים המועדפים לתצפית. הכוכב הבהיר בצביר בהירותו 9 והצביר הנו קבוץ צפוף של כוכבים על רקע כהה שעושה אותו קל למציאה בשתי דרכים - האחת לנוע מ-M36  $1.5^{\circ}$  דרומה ו-30' מזרחה או מ- $\theta$  עגלון לנוע  $4.5^{\circ}$  דרומה ו- $1^{\circ}$  מערבה. הצביר יוצר עם הכוכבים  $\theta$  עגלון ו- $\beta$  שור משולש שווה שוקים דומה למשולש שיוצר עם M36 אלא ש-M37 הנו קודקוד של המשולש בצד השני מול M36 כך ששני הכוכבים ושני הצבירים יוצרים מעוין. קוטרו של הצביר 25' מרחקו 3600 שנות אור.
- M35 - צביר פתוח, קל למציאה ובהיר למדי. הצביר עשיר מאוד בכוכבים. הצביר בהיר יותר משלושת הצבירים שבקבוצת עגלון ובהירותו 5.3 מאפשרת לראותו בעין בלתי מזוינת, אך רק כתנאים נוחים למדי. הצביר מונה כ-20 כוכבים מבהירות 8-9, וסה"כ הצביר מונה כ-120 כוכב. הצביר מופיע על רקע שמים כהים, כלומר רקע דל כוכבים והצביר נוח לזיהוי. למציאת הצביר יש לנוע מעלה אחת צפונית מזרחית ל-I תאומים או  $1.5^{\circ}$  צפונית מערבית ל-II תאומים שמהווה את רגלו של קסטור. באותו שדה ראייה ישנם שני צבירים פתוחים - NGC2158 המורכב מכוכבים בהירים מבהירות 11. הצביר מצוי רק 20' ממרכז הצביר M35. בהירות הצביר 12.5 והוא מסווג כצביר עשיר ביותר בכוכבים. מרחקו כ-16000 שנות אור קוטרו 4' או 5.8 פרסק. הצביר השני I2157 אף היותו בהיר יותר (8.5) הנו מונה 3 כוכבים בהירים (בהירות 10) וכמה כוכבים אחרים חוררים יותר שיחד יוצרים צביר עני למדי המצוי 55' דקות מערבית ל-M35.

קוטרו - 4' (2.5 פרסק) ומרחקו 7000 שנות אור.

M103 - צביר פתוח עני למדי המצוי בקבוצת קסיופאה. הצביר הנו בעל קוטרו  $12'5''$  ובהירות 7.4, שהיא גבוהה יחסית ומטעה משום שהנו צביר עני מאוד, דבר שגרם לחשוב שזה מקרה של כמה כוכבים שבמקרה נראים על קו הראיה כיוצרים צביר. הצביר נמצא כ- $10^\circ$  צפ/מז ל- $\delta$  קסיופאה. מרחקו 8500 שנות אור.  $1.5^\circ$  מן הצביר מצוי צביר חוור NGC659. בהירותו - 9.8. צביר עני בקוטרו  $5'$ , מרחקו 6000 שנות אור. מעלה מז' ו- $4^\circ$  צפונית זהו NGC663 שזהו צביר בעל בהירות 7.1 ועשיר למדי, בעל קוטרו  $11'$ .  $45'$  צפונית ל-NGC663 נמצא צביר בבהירות 9.1 - NGC654 בעל קוטרו  $5'$  ומרחק 5600 שנות אור.

M52 - צביר עשיר בהירות 7.3, קוטרו  $12'/20''$ . מרחק 3000 שנות אור. הצביר מכיל הרבה מאוד כוכבים והנו אחד הצבירים הצפופים ביותר מהידועים (3.24 כוכבים לפרסק מעוקב מציב אותו במקום השלישי ברשימת Messier לאחר M11, N67). הצביר ניתן למציאה אם ממשיכים את הקו מ- $\alpha$  קסיופאה ל-8 כ- $5.50$ . ישנם בצביר כמה רכוזים של כוכבים בבהירות 9-10 וכוכב בהיר בבהירות 8. כ- $35'$  דרומית מערבית לצביר ישנה הערפילית הפלנטרית NGC7635, המזכירה ערפילית גאזים. הבהירות של הערפילית 8.5 והכוכב המרכזי 8.5. גודלה של הערפילית  $3'/3.5''$  מרחקה כ-1500 שנות אור.

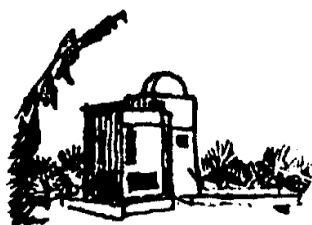
M1 - "ערפילית הסרטן", מסווגת כערפילית פלנטרית כתוצאה מסופר-נוכה בשנת 1054 שנצפתה על-ידי הסינים. הכוכב הגיע לבהירות השווה לבהירות נוגה וניתן אף לתצפית בעין באור היום למשך כ-23 יום. הכוכב נראה בעין קרוב לשנתיים. במרכז הערפילית ישנו פולסאר בבהירות 15.4 לערך. מקומה של הערפילית על-ידי הכוכב  $\zeta$  שור מטעה משום שניתן לחשוב שהיא קלה למציאה אך דרוש לילה כהה ללא ירח בתנאים אופטימלים ומפתח מ- $4''$  ומעלה. מהכוכב  $\zeta$  שור המהווה את הקרן הדרומית של השור יש לנוע  $10'$  צפונית מערבית. הערפילית תראה ככתם מטושטש על רקע של שביל החלב, כלומר רקע עשיר כוכבים. במפתחים של  $8''$  ומעלה ניתן יהיה להבחין בפרטים. בהירות הערפילית 8.4, גודלה  $4'/6''$  ומרחקה 3600 שנות אור.

## מוצפה הכוכבים

של העיר

גבעתיים

Givatayim Observatory



ימי ביקור לקהל כל יום שלישי

בין השעות 20.00-21.30.

הזמנת ביקורים קבוצתיים לפי טל. 730117.

# דוחות תצפית

התכנית הבינלאומית של תצפיות על צדק

=====

(סיוע לתכנית וויאג'ר)

בתאריך 5/3/79 אמורה החללית וויאג'ר 1 לעבור בסמוך לכוכב הלכת צדק ולחקור אותו ואת סביבתו. בעקבותיו תעבור חללית שניה ליד כוכב הלכת, כחצי שנה מאוחר יותר.

כדי לסייע בהבנת התוצאות שתשודרנה משתי החלליות החלו מעבדות מחקר בצרפת ובבריטניה לארגן תצפיות מכדור הארץ. בתצפיות אלו, הנתונים המושגים ע"י אסטרונומים חובבים יכולים להיות ברי משמעות מיוחדת, בגלל סיבה חשובה אחת: מצלמות החללית אינן מצלמות את צדק כל הזמן אלא רק מידי פעם. לעומתם, יכולים חובבים ע"פ הארץ להביט כמעט ברציפות בכוכב הלכת, לחקור את פניו, לצלמו או לשרטט את הנגלה מבעד עדשת המשקפת.

אנו מציעים לכם להצטרף לתכנית חשובה זו. למטרה זו כתבו (באנגלית או צרפתית) לפי הכתובת

Peter Muller

"IJVTOP"

Laboratory for Planetary Atmospheres

University College London

Gower Street

London WC 1 6BT

United Kingdom.

ותקבלו הוראות לתצפית, כולל זמנים של הפעלת מצלמות הוויאג'ר.

אנו נכתוב מצד המערכת, ונשתדל לפרסם את החומר הנשלח אלינו במהירות האפשרית.

בגליון הזה נפרסם רשימה מיוחדת לגבי תצפיות של צדק, שתסייע בודאי לאלו שעדיין לא ביצעו תצפית כזו.

ב ה צ ל ח ה

ה מ ע ר כ ת

יריחים של צדק (ינואר-פברואר)

פברואר

ינואר

| תאריך | שעה                             | ירח (*) | תופעה     | תאריך | שעה                             | ירח | תופעה     |
|-------|---------------------------------|---------|-----------|-------|---------------------------------|-----|-----------|
| 1     | 02 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> | I       | לקוי      | 1     | 01 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> | I   | מעבר + צל |
| 2     | 21 09                           | II      | כניסה לצל | 2     | 22 34                           | I   | העלמות    |
|       | 23 29                           | I       | צל        |       | 20 25                           | II  | מעבר      |
| 2     | 00 02                           | II      | מעבר      |       | 20 59                           | II  | צל        |
|       | 20 40                           | I       | לקוי      | 9     | 00 19                           | I   | העלמות    |
| 3     | 00 02                           | I       | מעבר      |       | 21 32                           | I   | מעבר      |
| 7     | 01 55                           | III     | לקוי      |       | 21 55                           | I   | צל        |
| 8     | 23 45                           | II      | צל        | 16    | 23 16                           | I   | מעבר      |
| 9     | 00 32                           | II      | מעבר      |       | 23 50                           | I   | צל        |
|       | 22 35                           | I       | לקוי      |       | 00 59                           | II  | צל        |
| 10    | 01 23                           | I       | צל        | 17    | 02 08                           | II  | צל        |
|       | 01 46                           | I       | מעבר      | 18    | 23 23                           | III | העלמות    |
| 16    | 02 22                           | II      | צל        | 23    | 22 20                           | IV  | מעבר      |
| 17    | 00 29                           | I       | לקוי      | 24    | 04 56                           | IV  | צל        |
|       | 02 48                           | II      | מעבר      |       | 22 16                           | I   | העלמות    |
|       | 21 45                           | I       | צל        | 25    | 21 46                           | II  | העלמות    |
|       | 21 55                           | I       | מעבר      |       |                                 |     |           |
| 24    | 23 38                           | I       | מעבר      |       |                                 |     |           |
|       | 23 29                           | II      | העלמות    |       |                                 |     |           |
|       | 23 39                           | I       | צל        |       |                                 |     |           |
|       | 23 44                           | III     | מעבר      |       |                                 |     |           |
|       | 23 46                           | III     | צל        |       |                                 |     |           |
| 29    | 23 34                           | IV      | העלמות    |       |                                 |     |           |

(\*) סמון ירחי צדק:

- I - Io
- II - Europa
- III - Ganymede
- IV - Callisto



(\*)  
התכונות

| תאריך | (*) שעה                                         | נ ט י      | עליה ישרה                                       | מקטרום בהירות | אלונגציה | מזל  | A    | B    |
|-------|-------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------|---------------|----------|------|------|------|
| 2     | 20 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> | -08°13'23" | 22 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> | 7.3 F0        | 54       | 21+  | +0.2 | +2.2 |
| 3     | 17 02 35                                        | -04 47 19  | 25 20 15                                        | 6.7 A0        | 67       | 30+  | -2.5 | -0.1 |
| 9     | 17 52 11                                        | +16 16 40  | 04 32 27                                        | 6.5 A0        | 140      | 88+  | -2.4 | -1.4 |
| 9     | 18 59 27                                        | +16 27 57  | 04 34 34                                        | 1.1 K5        | 140      | 89+  | -2.9 | -1.2 |
| 9     | 19 59 34                                        |            |                                                 |               |          |      |      |      |
| 10    | 18 43 07                                        | +17 56 34  | 05 25 57                                        | 5.3 B3        | 152      | 94+  | -1.0 | +2.3 |
| 13    | 19 07 56                                        | +16 34 22  | 07 57 21                                        | 6.2 K0        | 173      | 100- | -1.1 | -1.5 |
| 13    | 21 00 02                                        | +16 30 39  | 08 00 19                                        | 5.9 A0        | 173      | 100- | -1.9 | -1.4 |
| 20    | 03 16 03                                        | -03 26 23  | 12 52 07                                        | 6.2 F5        | 106      | 64-  | -0.4 | -3.8 |
| 24    | 04 29 01                                        | -16 58 06  | 16 21 40                                        | 6.7 F0        | 57       | 23-  | -1.2 | +0.8 |

מכונה

|    |          |           |          |        |     |     |      |      |
|----|----------|-----------|----------|--------|-----|-----|------|------|
| 1  | 17 59 38 | +02 37 42 | 00 49 59 | 7.3 G0 | 60  | 25+ | -1.8 | -0.3 |
| 2  | 21 42 33 | +07 07 05 | 01 48 49 | 7.3 G0 | 75  | 37+ | -0.1 | -9.3 |
| 4  | 21 32 33 | +13 42 37 | 03 32 11 | 7.3 G5 | 99  | 58+ |      |      |
| 5  | 23 17 01 | +16 18 41 | 04 27 15 | 5.3 G5 | 111 | 68+ | -1.0 | -0.4 |
| 5  | 23 39 15 | +16 06 41 | 04 27 48 | 6.6 F8 | 111 | 68+ | -0.4 | -2.3 |
| 6  | 00 27 09 | +16 08 49 | 04 29 22 | 4.8 A5 | 112 | 69+ | -0.1 | -1.9 |
| 6  | 00 57 30 | +16 06 06 | 04 29 35 | 6.7 A2 | 112 | 69+ | +0.1 | -2.4 |
| 7  | 01 54 40 | +17 21 45 | 05 23 12 | 5.1 G0 | 123 | 78+ | +0.5 | -2.5 |
| 7  | 23 12 04 | +18 07 58 | 06 09 49 | 6.4 K0 | 134 | 85+ | -1.9 | -0.7 |
| 8  | 01 22 34 | +17 54 38 | 06 13 16 | 5.7 A6 | 134 | 85+ | -0.4 | -1.8 |
| 8  | 18 58 40 | +17 45 44 | 06 55 04 | 6.9 K0 | 143 | 90+ | -2.2 | -0.5 |
| 8  | 23 37 32 | +17 46 59 | 07 01 13 | 6.2 M0 | 145 | 91+ | -2.2 | -0.4 |
| 13 | 19 28 00 | +06 17 40 | 10 54 57 | 6.0 M3 | 162 | 98- | -0.3 | -0.2 |
| 15 | 01 00 36 | +01 52 50 | 11 49 37 | 3.8 F8 | 149 | 93- | -0.9 | -3.4 |
| 16 | 01 22 39 | -02 12 28 | 12 36 03 | 7.0 F5 | 138 | 87- | -2.2 | -0.3 |
| 18 | 00 31 15 | -09 48 08 | 14 11 27 | 7.3 F0 | 115 | 71- | -2.9 | +5.6 |
| 21 | 04 26 16 | -18 12 54 | 16 58 30 | 6.5 G0 | 77  | 38- | -2.6 | +2.4 |
| 22 | 03 00 12 | -18 47 51 | 17 54 40 | 6.4 A0 | 64  | 28- | -0.6 | +0.8 |
| 22 | 03 24 08 | -19 01 05 | 17 55 42 | 6.9    | 64  | 28- | -1.4 | +2.3 |
| 23 | 04 13 47 | -18 35 41 | 18 58 12 | 6.3 G5 | 50  | 18- | -0.7 | +0.6 |

(\*) בארבעות של ט. אלון, קב. יבנה ומעפה העיר של ארז'יב (הספר ודוגמת חישוב

ראה ב"כל כוכבי אור" (2-3/1978).

(\*\*) זמן ישראל (קב. יבנה)  
(\*\*\*) כניסה ויציאה של כוכב טאז α (Aldebaran)  
(\*\*\*\*) מרכז של M23 צביר גלכתי, קוטר 25.0', זמן התכונות כ-9<sup>m</sup>.69.

# כוכבים משתנים

1. מינימום של כוכב אלגול (B Per)  
 עליה ישרה:  $03^h04^m.9$  שינוי בהירות: 2.2-3.47  
 נטיה:  $+40^{\circ}46'$  מחזור:  $2^d86734$

| ינואר |          | פברואר |          |
|-------|----------|--------|----------|
| תאריך | שעה      | תאריך  | שעה      |
| 1     | $19^h.9$ | 8      | $02^h.6$ |
| 19    | 00.7     | 10     | 23.4     |
| 21    | 21.7     | 13     | 20.2     |
| 24    | 18.5     | 16     | 17.0     |
|       |          | 28     | 04.3     |

2. משתנים מטיפוס Mira (o Ceti)

| תאריך  | כוכב   | עליה ישרה    | נטיה             | שינוי בהירות | מחזור     | מינימום/מקסימום |
|--------|--------|--------------|------------------|--------------|-----------|-----------------|
| ינואר  |        |              |                  |              |           |                 |
| 11     | X Cam  | $04^h39^m.2$ | $+75^{\circ}00'$ | 8.1-12.6     | $143^d.3$ | מינימום         |
| 19     | SS Her | 16 30.4      | +06 58           | 9.2-12.4     | 107.3     | - " -           |
| 30     | S CrB  | 15 19.4      | +31 33           | 7.3-12.9     | 360.7     | מקסימום         |
| פברואר |        |              |                  |              |           |                 |
| 18     | R Aql  | 19 40.0      | +08 09           | 6.1-11.5     | 300.3     | מינימום         |

# יומן השמים

ינואר - פברואר 1979

| תופעה                                        | שעה | תאריך |
|----------------------------------------------|-----|-------|
| אסטרואיד יוננו $0.2^{\circ}$ דר' לירח        | 21  | 1     |
| כ"א בפריהליון                                | 00  | 5     |
| כוכב אלדבארן $0.5^{\circ}$ דר' לירח (התכסות) | 20  | 9(*)  |
| ירח מלא                                      | 09  | 13    |
| צדק $4^{\circ}$ צפ' לירח                     | 13  | 14    |
| ירח באפוגיאון                                | 05  | 15    |
| נוגה $8^{\circ}$ צפ' לכוכב אנטרס (Antares)   | 20  | 15    |
| שבתאי $2^{\circ}$ צפ' לירח                   | 18  | 17    |
| נוגה בריחוק מערבי מירבי ( $47^{\circ}$ )     | 08  | 18    |
| אורנוס $4^{\circ}$ דר' לירח                  | 23  | 22    |
| צדק בניגוד                                   | 17  | 24    |
| נוגה $2^{\circ}$ דר' לירח                    | 00  | 25    |
| נפטון $4^{\circ}$ דר' לירח                   | 03  | 25    |
| נוגה $1.9^{\circ}$ צפ' לנפטון                | 20  | 26    |
| מולד הירח                                    | 08  | 28    |
| ירח בפריגאון                                 | 12  | 28    |
| אסטרואיד יוננו $0.4^{\circ}$ דר' לירח        | 04  | 30    |

| תופעה                                   | שעה | תאריך |
|-----------------------------------------|-----|-------|
| כוכב אלדבארן $0.3^{\circ}$ דר' לירח     | 02  | 6     |
| כוכב-חמה בהתקבצות עליונה                | 08  | 9     |
| צדק $4^{\circ}$ צפ' לירח                | 12  | 10    |
| ירח באפוגיאון                           | 05  | 11    |
| ירח מלא                                 | 05  | 12    |
| שבתאי $3^{\circ}$ צפ' לירח              | 21  | 13    |
| ירח בפריגאון                            | 00  | 26    |
| מולד הירח. ליקוי חמה מלא (לא נראה בארץ) | 19  | 26    |
| כוכב-חמה $0.6^{\circ}$ צפ' לירח         | 20  | 27    |

(\*) ראה פרטים במדור "התכסויות".

