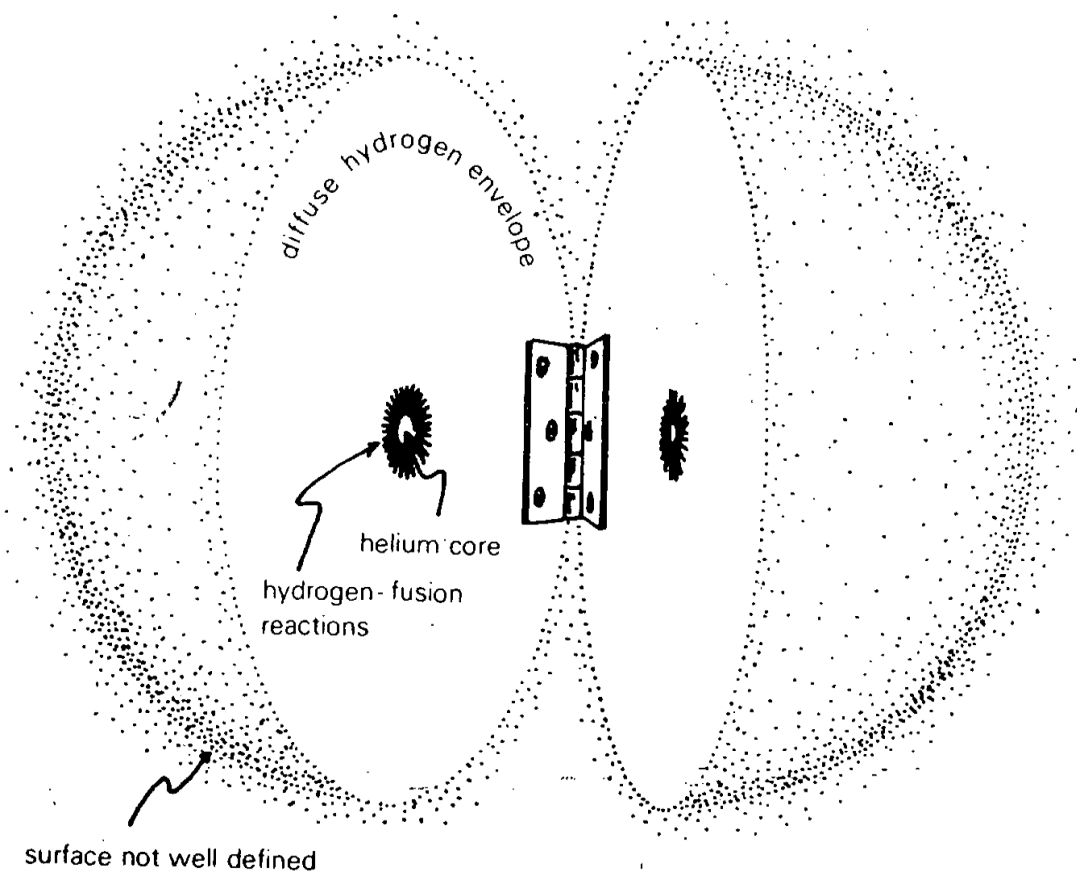


סב סופי אור



פני הכוכב

2/1979



31

אסטרונומיה
אסטרופיסיס
חקר החלל

מרץ-אפריל 1979	אדר/ניסן תשל"ט	כרך VI שנת הוצאה ששית
Kol Kohvey Or (The Starlight) Vol. VI, No. 2.		March-April 1979

התוכן

עמוד

34	סדנא בינלאומית באסטרונומיה 1979 IAYC
35	פנים הכוכב. I. (נח ברוש)
39	שיטות הנעה לטיסה בין כוכבית (ד"ר ר. פורוורד)
48	אסטרונומיה של מטיאורים. III. (נפתלי תשבתי)
55	קבוצת החודש (יגאל פתאל)
58	אובייקטים של Messier (י. פתאל)
60	יריחים של צדק
61	התכסויות
62	יומן השמים

המערכת:

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

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

Editorial Board:

Isaac Shlosman (Editor)

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

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

כל הזכויות שמורות

© Copyright by "Starlight"

תמונת השער: "פנים הכוכב" (ראה מאמר בעמוד 35).

תמונת השער האחורי: ערפילית NGC 3372 (Eta Carina).
מרחקה כ-3600 שנות אור.
(צולם ע"י מצפה הכוכבים Harvard)

מצפה הכוכבים • עיריית גבעתיים • רשות הנוער והקהילה

סדנא בינלאומית באסטרונומיה IAYC 1979

בסדנא הבינלאומית באסטרונומיה נערכת זו השנה ה-11 ברציפות ע"י IAYC. סדנאות אלה מיועדות לצעירים (גילים 16-22) המעוניינים במחקר אסטרונומי בשטחים שונים בהדרכתם של מדריכים מנוסים. נוסף לזאת - השהיה במחיצת כ-80 אנשים מארצות שונות בעלי שפות, מנהגים ורעיונות שונים מהווה בעצמה חוויה בלתי נשכחת ותרומה בלתי מבוטלת לשיתוף הפעולה הבינלאומי בנושא.

השנה המחנה יתמקם ב-Violau (מערב גרמניה), כפר קטן מאד הממוקם בבווריה, כ-50 ק"מ ממינכן. לרשות המשתתפים יועמד מצפה כוכבים קטן (הפלקטור "12" וכן אביזרים שונים). במקום צפויים תנאי ראות טובים.

המחנה יחל ב-20 ביולי 1979 וימשך 3 שבועות עד ה-10 באוגוסט 1979. המחנה יעסוק בנושאים הבאים: כוכבי הלכת, אסטרונומיה כללית, מטאורים, לוינינים מלאכותיים, תולדות האסטרונומיה, קרינה קוסמית, כוכבים משתנים וספקטרוסקופיה. במשך המחנה מתוכננים מספר סיורים וביניהם סיור אחד למכתש שנוצר ע"י מטאור קדום ב-"Nördlinger Riess"

דמי ההשתתפות (הכוללים מזון, פעילויות שונות וסיורים) יהיו 300 מרקים גרמניים (כ-165 דולרים).

פרטים נוספים ניתן להשיג בכתובת הבאה:

IAYC 1979
c/o Tjalling Vis
Haven N.Z. 113
7602 EG Aemelo, Netherlands.

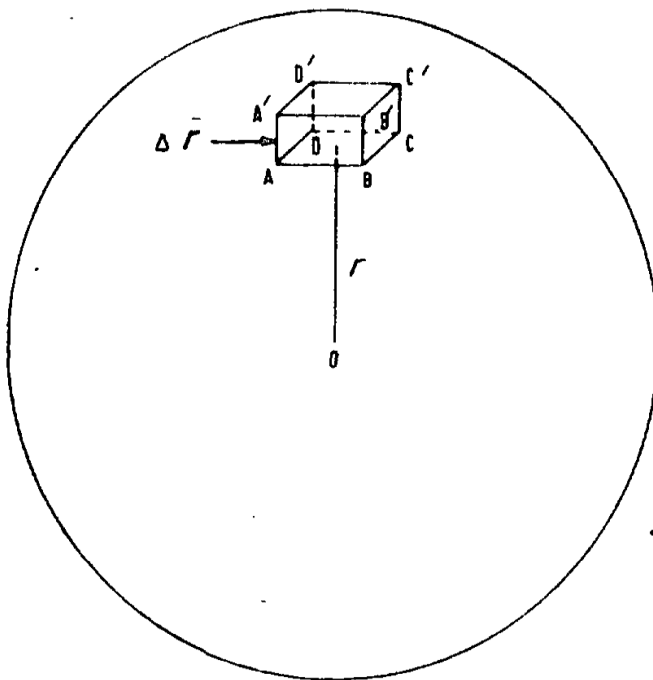
אסטרונומיה ואסטרופיזיקה

מאת: נח ברוש

פנים הכוכב, I. שווי המשקל שבין הלחץ לכוח הכובד

במאמר הקודם הזכרנו את העובדה שהכוכב נמצא בדרך כלל במצב של שיווי משקל בין כוחות המנסות ל"נפח" אותו, אלו כוחות הלחץ הפנימי, לבין כוח הרוצה ל"כווץ" את הכוכב לנקודה אחת, זהו כוח הכובד, כוח המשיכה העצמית של תוכן הכוכב. הפעם נקדיש את כל הרשימה לשיווי משקל זה.

נתבונן בכוכב שצורתו כצורת כדור ובתוכו "יחידת חומר" בצורת תיבה שקדקדיה A, B, C, D ו-A', B', C', D', כבצורה שתי הפאות של התיבה,



ABCD ו-A'B'C'D', מאונכות שתיהן לקו המחבר את מרכזיהן למרכז הכוכב O ולשתיהן אותו שטח S. הפאה התחתונה נמצאת במרחק r ממרכזו של הכוכב והעליונה במרחק r + h (ברור שכאן h הוא גובה התיבה - למשל הקטע AA'). נפח התיבה כולה הוא h · S ובתנאי שהיא זעירה יחסית לגודל הכוכב כולו אפשר להניח שצפיפות החומר בה קבועה. לכן מסתה תהיה כמעט $\rho_r \cdot S \cdot h$, כאשר ρ_r היא צפיפות החומר בנקודה במרחק r ממרכז הכוכב.

הכוחות הפועלים על

התיבה (המדומה) שלנו הנם:

כוח המשיכה של יתר החומר

שבכוכב והלחץ שמופעל על כל אחת משש פאותיה של התיבה.

לכוח המשיכה במקרה זה יש ביטוי פשוט, כי מסתבר שניתן להתייחס אליו כאילו שהופעל ע"י מסת כוכב שמרוכזת כולה במרכז הכוכב ולהתעלם מהתפלגותה המרחבית בכוכב. לכן כוח המשיכה $G \cdot M_r \cdot \rho_r \cdot S \cdot h / r^2$. כאן M_r היא מסת הכוכב עד מרחק r ממרכזו. מסתבר שמסה מרוכזת יותר אינה יכולה להשפיע על התיבה בה אנו דנים, כיון שהיא מושכת "כלפי מטה" את התיבה בדיוק באותה מידה שהשכבות שמעליה מושכים את התיבה "כלפי מעלה".

כיוון הכוח פונה תמיד כלפי מרכז הכובד. ההסבר על פעולת הלחץ מעט מסובך יותר. הכוח שמפעיל הלחץ הוא המכפלה של הלחץ עצמו בשטח עליו פועל הלחץ. הלחץ בכוכב, כמו הלחץ בתוך מים, תלוי רק בעומק הנקודה המסוימת מפני הכוכב, או אחרת, תלוי רק במרחק הנקודה ממרכז הכוכב. כיוון שהפאות ה"אופקיות" של התיבה נמצאות באותו "עומק" בתוך הכוכב, מתאזן כוח הלחץ עליהן. נותר רק הלחץ על הפאות ה"אנכיות", הלחץ על הפאה ה"עליונה" הוא $P_{r+h} \cdot S$ ועל זו ה"תחתונה" הוא $P_r \cdot S$. הלחץ פועל תמיד כלפי פנים התיבה לכן אפשר לכתוב ככוח הלחץ נטו על התיבה:

$$P_{r+h} \cdot S - P_r \cdot S = (P_{r+h} - P_r) \cdot S$$

כיוון שהתיבה הדימיונית בה אנו דנים נמצאת בשיווי משקל בתוך הכוכב (אינה עולה ואינה יורדת) נובע שכל הכוחות הפועלים עליה מאוזנים, כלומר סכומם שווה לאפס. נכתוב זאת:

$$(P_{r+h} - P_r) \cdot S + \frac{G \cdot M_r \cdot \rho_r \cdot S \cdot h}{r^2} = 0$$

אם נניח שהלחץ תלוי באופן ישר ב"עומק" בתוך הכוכב, כלומר שבעומק כפליים מעומק מסוים הלחץ גדל כפליים (הנחה זו נכונה רק לגבי הבדלי "עומק" קטנים מאוד), נוכל לבטא את הפרש הלחצים שבביטוי הקודם בצורה פשוטה. נסמן ב- ΔP_r את הפרש הלחץ שבין שתי נקודות המרוחקות ביניהן יחידת אורך אחת לכיוון הרדיוס של הכוכב. אזי הפרש הלחצים ניתן לביטוי בצורה $P_{r+h} - P_r = \Delta P_r \cdot h$ ובהצבה בביטוי הקודם נקבל:

$$\Delta P_r \cdot h \cdot S + \frac{G \cdot M_r \cdot \rho_r \cdot S \cdot h}{r^2} = 0$$

ע"י העברה מאגף לאגף, וצמצומים מקבלים משוואה

$$\Delta P_r = - \frac{G \cdot M_r \cdot \rho_r}{r^2}$$

הנקראת משוואת שיווי המשקל ההידרוסטטי של הכוכב. להלן נזניח את הסימונים של r כדי לציין גדלים במרחק r ממרכז הכוכב. דבר זה ייחשב כמובן מאילו. והביטויים P , M , ρ , יהוו לחץ ברדיוס r , מסה של הכוכב, עד רדיוס r וצפיפות ברדיוס r . משוואת שיווי המשקל ההידרוסטטי תיכתב:

$$\Delta P_r = - \frac{GM\rho}{r^2}$$

במשוואה זו הגדלים M , ρ , r אינם בלתי תלויים כיון שהמסה שבתוך כדור בעל רדיוס r נקבעת ע"י הצפיפות שבכל נקודה עד רדיוס r . ניתן למצוא את הקשר שבין מסה לצפיפות ולרדיוס בדרך פשוטה יחסית.

נתבונן בקליפה כדורית (דימיונית) בתוך הכוכב, בין הרדיוסים r ל- $r+h$. אם h קטן מאוד אפשר לומר שצפיפות החומר שבקליפה קבועה. נפח של קליפה כזו הוא בקירוב טוב מכפלת עוביה בשטח פניה: $4\pi r^2 h$ (שטח פני כדור בעל רדיוס r הוא $4\pi r^2$). לכן המסה של קליפה כזו היא $4\pi r^2 h \rho$.

מצד שני, נוכל לומר שמסת הקליפה הינה ההפרש שבין מסת כדור בעל רדיוס $r+h$ לבין מסת כדור קטן יותר, שרדיוסו רק r . אם הפרש המסה תלוי פשוט בהפרש הרדיוסים של הכדורים (כמו במקרה הלחץ, כקודם) נוכל לכתוב

$$M_{r+h} - M_r = \Delta M \cdot h$$

אם נשווה כעת בין שני הביטויים למסת הקליפה נקבל:

$$\Delta M \cdot h = 4\pi r^2 h \rho$$

שוב, בצימצום, נקבל:

$$\Delta M = 4\pi r^2 \rho$$

קיבלנו עד עתה שתיים מהמשוואות של מבנה הכוכב. משוואות אלו קושרות את שלשת הגדלים P , M , ρ לרדיוס הנקודה המסויימת שבתוך הכוכב, r .

ברור שדרוש לנו קשר נוסף בין גדלים אלו אם ברצוננו לקבוע את כולם יחד.

הקשר הנוסף, שהוא ברור ומצופה במקרה זה, היא משוואת המצב של חומר הכוכב שתחבר בין הלחץ לצפיפות. משוואת מצב א' דומה למשוואת המצב של גז אידיאלי ונדון באחת הרשימות הבאות.

לפני כן נדון בכמה תכונות שניתן להסיק לגבי כוכבים, מהקשרים שקיבלנו לעיל.

תחילה נראה מה יקרה לכוכב אם הכוחות הפועלים עליו אינם מאוזנים בדיוק. נחזור למשוואה ההידרוסטטית ונכתבה כעת בצורת

$$p_a = \Delta P + \frac{GM\rho}{r^2}$$

כאשר כעת a היא התאוצה שתקבל התיבה עקב אי-האיזון שבין הכוחות (כרור שכיוונה חייב להיות כפיוון הרדיוס).

נניח שהתאוצה הרדיאלית היא חלק מהתאוצה הכובד $a = b \cdot g$ כאשר $g = GM/r^2$, התאוצה של משיכת הכובד. אם התיבה מתחילה לנוע בתאוצה זו אזי ההעתקה שלה תהיה (לאחר זמן t) $\ell = \frac{1}{2} b g t^2$. למשל הרדיוס יקטן ב-10% במשך הזמן

$$t = \sqrt{\frac{r}{\ell b g}}$$

נראה איך נוכל להגביל את הערך של b . על פני השמש 7×10^8 מ' r ו- 2.5×10^2 מ' ש"ש $g = -2$. לכן: $t = 10^3 / \sqrt{b}$ (שניות).

מתוך עדויות גאולוגיות שעל-פני כדור הארץ (חומרים רדיואקטיביים ומאובנים) ברור שתכונות השמש לא השתנו בצורה משמעותית לפחות במשך 10^9 שנים ($3 \cdot 10^{16}$ שניות). מכאן, ומהקשר לגבי t , נקבל

$$b \approx \left(\frac{10^3}{t}\right)^2 = \frac{10^6}{9 \times 10^{32}} \approx 10^{-27}$$

כלומר האיזון שבין הלחץ לכוח המשיכה מדויק במידה גדולה מאוד.

אם נאמר זאת בצורה אחרת, לו $b \approx 1$ היה משתנה רדיוסו של השמש בצורה ניכרת במשך שעה אחת.

ישנם כוכבים בהם שינויים משמעותיים מתרחשים בפרקי זמן של שעות וימים. לגבי כוכבים אלו (משתנים מתפרצים, סופרנובות ועוד) צריך להתחשב בחוסר האיזון שבין הכוחות הקובעים את המבנה ההידרוסטטי של הכוכב.

נוכל עוד להגדיר טוב יותר את הזמן הדינמי האופייני (אותו הזכרנו ברשימה הקודמת*). נשתמש בקשר לגבי ההעתקה (למעלה) ונציב $\ell = r$ ו- $b = 1$. נקבל בצורה זו הערכה למשך הזמן הדרוש לכוכב להתכווץ לחלוטין, אם "מכבים" את הלחץ. לכן

$$t_d = \sqrt{\frac{2r^3}{GM}}$$

הזמן הדינמי האופייני של השמש, למשל הוא כ-4500 שניות, או כשעה ורבע!

(המשך בגליון הבא)

(*) ראה "כל כוכבי אור" 6/1978, עמ' 137.

חקר החלל

מאת: ד"ר פורוורד

שיטות הנעה לטיסה בין כוכביה (*) תרגום: ח. גרשט

ברגע שנקבע המכנה היסודי של החללית ובהחלט לכך הוגדרה מטרת הטיסה ניתן להמשיך כמחקרים מעמיקים יותר על טכניקות ההנעה שבהם נשתמש כדי להניע את החללית לאורך מסלולה.

דיון כללי בשיטות ההנעה לטיסה בין כוכביה

המשוואות לחאור מערכת ההנעה האידיאלית שתוכל להגיע למהירויות הגבוהות הדרושות למסע הן מסובכות מאד. למרות זאת אין כל קושי בהכנת העקרונות היסודיים העומדים ביסוד המערכת.

ספינת חלל נדחפת קדימה ע"י מנועיה הרקטיים כיוון שמנועים אלה פולטים כמות רבה של חלקיקים דרך המפלטים בכיוון אחד ובמהירות גבוהה כך שהספינה מגיבה בתנועה לכיוון הנגדי. ההגיון אומר כי אם מהירות הפליטה של המנוע הרקטי היא עשירית ממהירות האור אזי גם מהירות הספינה תהיה עשירית ממהירות האור. אך למעשה המהירות הקובעת היא המהירות של החלקיקים כלפי הספינה (הנעה כל הזמן) ולא כלפי החלל. מכאן שספינה יכולה להשיג מהירות סופית הגדולה ממהירות סילון החלקיקים. לעומת זאת תוצאות הלוואי עלולות להיות חמורות.

אם ברצונך לפתח מהירות שתהיה גדולה ממהירות פליטת החלקיקים עליך לשאת כמות גדולה יותר של חומר מניע כדי לכסות על ההפעלה הבלתי יעילה ואז יחס המסות יגדל (הכוונה למסה ההתחלתית של הספינה המלאה דלק מחולקת במסת הספינה הריקה). לרוע המזל יחס המסות גדך במהירות גדולה יותר מאשר קצב הגידול של המהירות כך שבמהרה מגיעים לנקודה בה יתרונות השיטה מתבטלים. כדאית יותר היא ההשקעה בפיתוח דלק יעיל יותר.

למרבית הפלא הדלק "עתיר האנרגיה" אינו הגורם ההכרחי להשגת יעילות מקסימלית. מתברר כי לשם השגת יעילות מקסימלית על מהירות סילון החלקיקים להיות קרובה למהירות ספינת החלל. אם מהירות החלקיקים גבוהה מדי (לדוגמא במנוע פוטונים שם הסילון מבוסס על אנרגיה גלמית הנעה במהירות האור) אזי כשלבים המוקדמים של ההאצה האנרגיה שמיצר הדלק מצויה ברובה בחלקיקים הנפלטים ולא בספינת החלל. באופן דומה, אם מהירות הפליטה נמוכה מדי אזי לקראת סוף ההאצה החלקיקים הנפלטים נעים בחלל בכיוונה של הרקטה המניעה כך שמתהווה הפסד אנרגיה מנשיאת הדלק בספינה.

לסיכום, כאשר מהירות הפליטה היא גבוהה מדי או נמוכה מדי ניצול האנרגיה אינו יעיל ויש צורך בנשיאת כמות דלק גדולה יותר כדי לכסות את חוסר היעילות.

(*) מאמר שני בסידרה (המאמר הראשון "לטוס, לאן?" התפרסם בגליון 1/1979 של "כל כוכבי אור").

ישנן כמה שיטות הנעה בהם ניתן לקחת את מסת החלקיקים ממקור אחד ואת האנרגיה להנעתם ממקור אחר (כמו מערכות ההנעה המבוססות על לייזר או אנטי חומר). עבור שיטות ההנעה הנ"ל מראים החישובים כי מהירות הפליטה הרצויה היא כשש עשירות ממהירות הסופית של ספינת החלל. יחס המסות הוא בערך 5 - כלומר עבור כל ק"ג של מטען יש צורך ב-9 ק"ג של חומר הודף או מסה כוללת של 5 ק"ג. אם יש צורך בהאטה כשמתקרבים אל כוכב המטרה יש צורך לשמור על יחס מסות של 5 בכל שלב או יחס מסות כולל של 25. (יחס מסות מינימלי זה הוא יחסית בלתי תלוי במהירות הסופית אלא אם המהירות עולות על 0.5 ממהירות האור).

יחס מסות 25 אינו יחס גבוה. מרבית טיסות החלל עד עתה נעשו ביחס גבוה מזה. לעומת זאת כדי להגיע ליחס מינימלי זה עלינו להפריד את מקור האנרגיה למנוע מהחלקיקים ההודפים.

במערכות הנעה רבות אין אנו יכולים לבחור את מהירות הפליטה באופן שרירותי. במערכות האלה שבהם מקור החלקיקים ומקור האנרגיה הוא אותו המקור (כבמנועי השריפה של ימינו או המנועים המתוכננים לפעול ע"י ריאקציות גרעיניות). מהירות הפליטה נקבעת בהתאם למאפייניו של הדלק. בדרך כלל מהירויות הפליטה בהם מדובר הן נמוכות מהרצוי כך שיש צורך ביחס מסות גדול.

הצורה והביצועים האפשריים של מערכת ההנעה יהיו את החלק היקר ביותר בתכנית המחקר הבין-כוכבי. מאחר ומורכבות המנוע צורתו ומחירו תלויים בהרבה בצורת החללית שברצוננו לשגר, מומלץ כי את המאמצים בפתוח מערכת ההנעה ישקיעו רק לאחר שיתקבל מושג על צורתה הכללית של החללית.

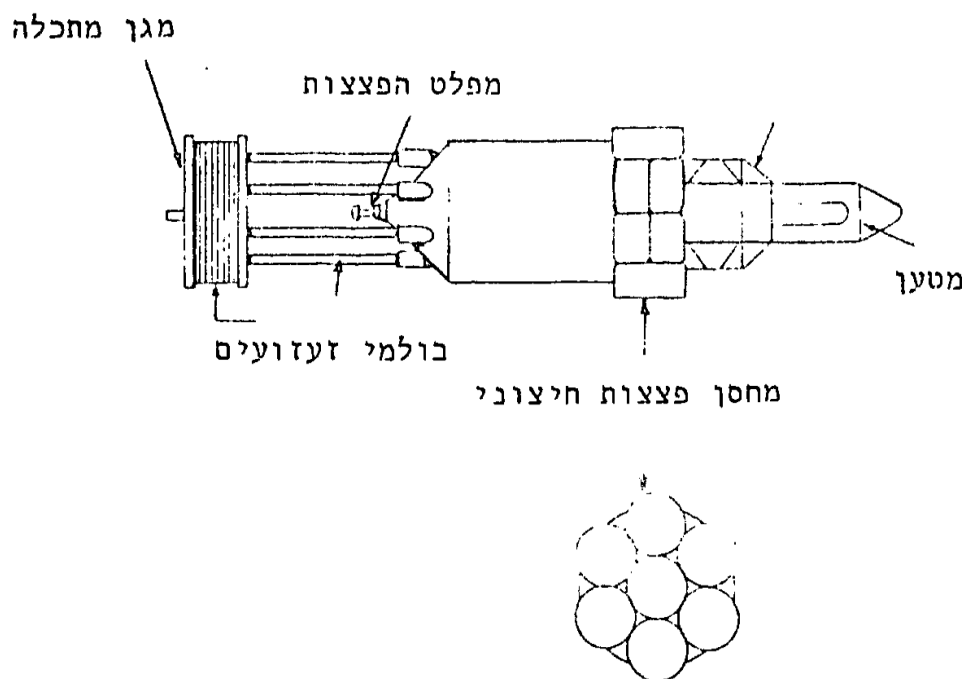
כיום קיימות חמש שיטות אפשריות להנעה שעליהן נעשה מחקר מקיף כך שידועות חלק מתכונותיהם. יש צורך לבחון לא רק את אפשרות בניית המנוע המסויים אלא גם את מידת יכולתו לפתח אנרגיה וכח המתאימים לטיסה בין-כוכבית. לגבי כולן ישנם כמה פרטים טכניים שאינם ברורים עדיין. רק לאחר פתירת בעיות אלה נוכל לקבוע כי המנוע כשיר לטיסה.

הנעה גרעינית בפעימות

רעיון ההנעה הגרעינית בפעימות פותח בתחילת שנות ה-60 כפרויקט "אוריון" ב-Gulf General Atomic. המערכת בוססה על התהליך הפשוט של השלכת פצצה אטומית, פיצוצה וקליטת חלק מהתנופה הנוצרת כתוצאה מהדף הפיצוץ.

ציור 1 מראה שרטוט של חללית בעלת הנעה גרעינית בפעימות. אחורי החללית מורכב מ-3 חלקים. משטח המגן האחורי, מערך של קולטי

זעזועים ומתקן מיוחד לשחרור הפצצות. החלק הקדמי של החללית מורכב ממקור הדלק או מחסן לפצצות וכן מכיל את מטענה של החללית.



ציור מס' 1. חללית בעלת הנעה גרעינית בפעילות

מאחר ורוב המחקרים העוסקים בנושא זה נשארים מסווגים קשה להשיג מידע מפורט יותר על ביצועי המנוע ומידת התאמתו לטיסות בין כוכביות. למרות זאת נוכל להציג כאן את מערכת ההנעה אותה פיתח דיסון (Freeman J. Dyson).

ספינתו של דיסון דומה במבנה לזו שצורתה הוצגה בציור 1 פרט למשטח האחורי שהוגדל, דבר המאפשר קליטה טובה יותר של האנרגיה

המשתחררת. משקל המערכת כולה יהיה בערך 4×10^8 ק"ג כאשר 4.5×10^7 ק"ג נשארים עבור המטען (מספיק כדי להכיל מספר קטן של אנשים). שני שלישים ממסת החללית ייתפסו ע"י 300,000 פצצות תרמו-גרעיניות או יחידות פעימה. נותרו 10^8 ק"ג לשלד החיצוני, למגינים ולמתקן הפליטה של הפצצות.

מבנה המשטח מגביל את הגדלת המהירות ל-30 מ' לשניה ככל התפוצצות. כדי להאיץ את החללית ב-g אחד (גרביטצית הארץ) יהיה צורך בהתפוצצות כל 3 שניות. קולטי הזעזועים ייבנו בצורה שתאפשר האצה "חלקה" ורציפה. אם קצב הפעימה יהיה כ-3 שניות אורכם של הקולטים יהיה כ-75 מטרים.

מנועו של דיסון מסוגל להאיץ את החללית במשך 10 ימים, עד שאספקת הפצצות תגמר. בזמן זה תגיע החללית למהירות של 10,000 ק"מ לשניה (שהיא 0.033 ממהירות האור). זמן הטיסה אל Alpha Centauri יהיה כ-130 שנה. זמן זה מחושב בהנחה שהחללית לא תאיט בקרבת כוכב המטרה. שמירת מחצית מכמות הפצצות עבור ההאטה תאריך את זמן המשימה ביותר מכפליים עבור חללית כגודל הרצוי. אם מחיר הדאוטריום יהיה כ-200 דולר לק"ג יהיה מחירו הכולל של הדלק כ-60 מיליארד דולר.

למרות שהמנוע בו מדובר דורש שנים רבות של טיסה, יש סיכוי ששיטה זו תשתפר ותקדם את נושא הטיסות הבין כוכביות. בכל אופן ההסכמים הבין-לאומיים אוסרים פיצוץ נשק אטומי בחלל ובכך מונעים כל פיתוח אפשרי של המערכת.

ואריאציות על ההנעה הגרעינית בפעילות משתמשות כדאוטריום המובא לטמפרטורת היתוך ע"י לייזרים פועמים. רעיונות אלה הם חדשים ברובם וכדאי להמשיך ולפתחם.

רקטת היתוך מבוקר

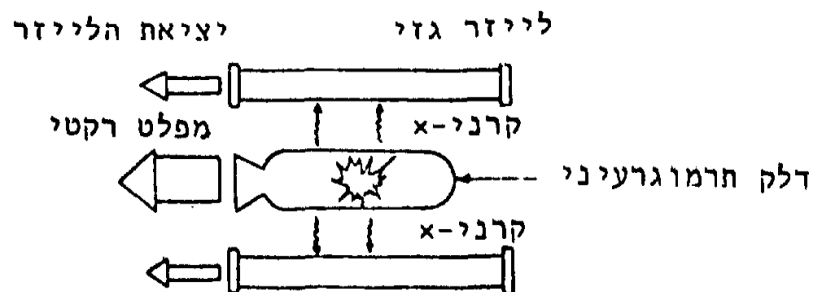
אחד הרעיונות המקובלים ביותר למערכת הנעה בין-כוכבית הוא השימוש בתהליך של היתוך מבוקר כמקור כח להנעה. המאמצים של ימינו בנושאי ההיתוך המבוקר מתרכזים בפיתוח של "בקבוקים מגנטיים" שיוכלו להכיל פלסמה להיתוך בטמפרטורה גבוהה. רוב המחקרים נעשים על אפשרות הבנייה של בקבוק מגנטי שאינו דולף. למזלנו למטרת ההנעה יש צורך בבקבוק מגנטי "דולף" דווקא. הפלסמה החמה ש"תדלוף" מתוך הבקבוק תספק את חומר ההדף הדרוש לרקטה.

אין אנו יודעים עדיין בבירור איזו מהשיטות הרבות להיתוך גרעיני מבוקר תוכיח את עצמה כיעילה ביותר אך שיטת ההנעה שתבחר תהיה המועמד העיקרי להיות הכח המניע של חללית המחקר הבין-כוכבית.

ספנסר (Spencer) בדק את בעיית ההנעה הגרעינית למסע בין כוכבי

מנקודת המבט של הקשר בין מסת הדלק לבין מכנה הרקטה והאנרגיה המתקבלת - בלא כל התייחסות לשיטת הנעה מסוימת. מסיבה זו לא הובאה בעיית ההאצה בחשבון. למרות זאת אם נניח כי מערכת ההנעה תפתח תאוצה של g אחד ויחס מסות של 10 אזי רקיטת היתוך דאוטריום תוכל להגיע לעשירית ממהירות האור. במהירות זו תארך הטיסה אל Alpha Centauri כ- 45 שנים.

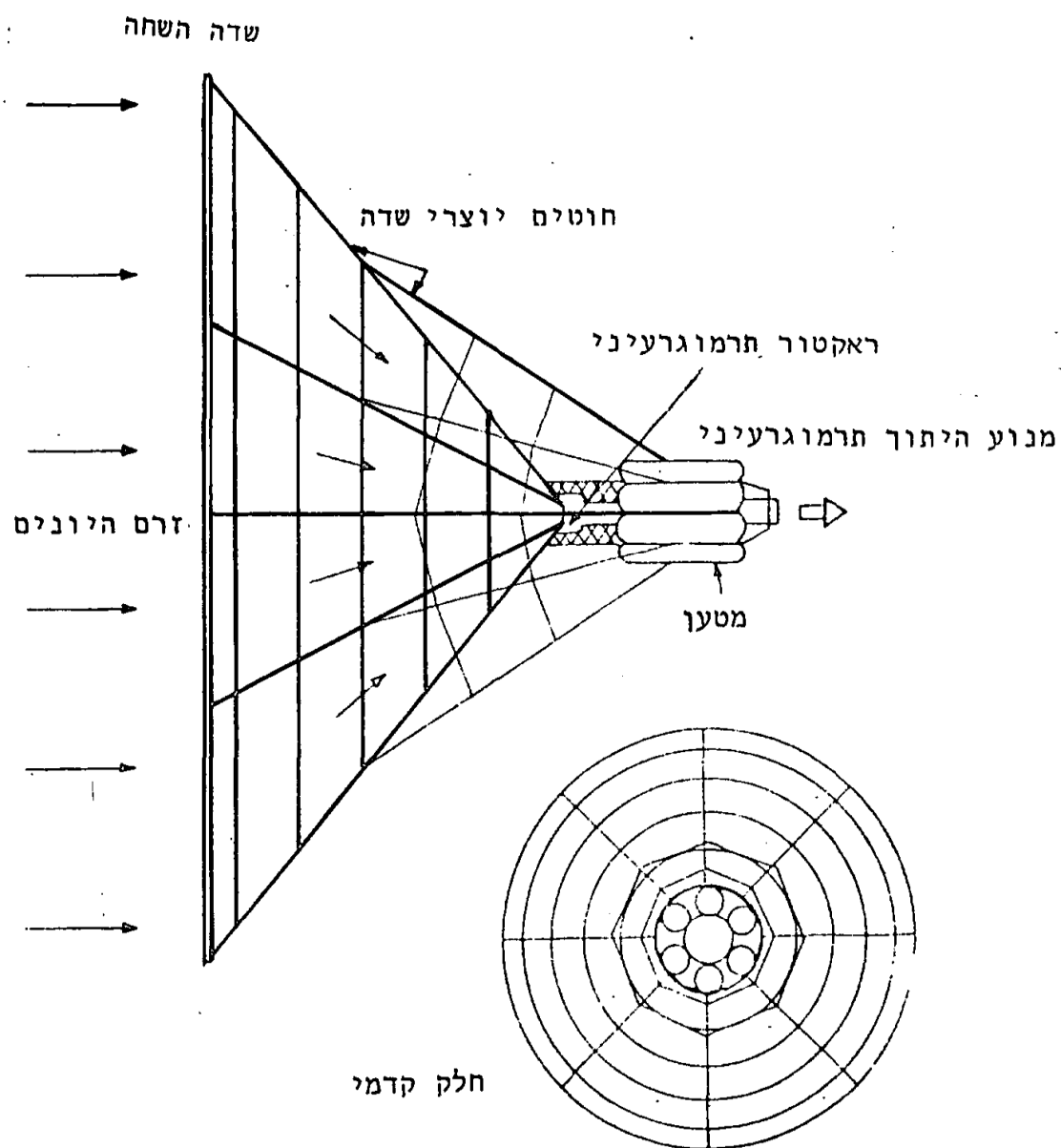
קשה לחזות כיום אם מערכת ההנעה אפשרית לבניה מבחינה טכנית. בעייה אחת עליה יהיה צורך להתגבר היא ניצול כל צורות האנרגיה המשתחררות כמהלך תגובת ההיתוך. רק כ-20% מהאנרגיה המשתחררת תכיל את האנרגיה הקינטית של החלקיקים המותכים. 10% מהאנרגיה יהיו בצורת קרינה אינפרא-אדומה או אולטרה-סגולה והרוב - 70% ישוחררו בצורת קרני x . ציור 2 מראה באופן סכימטי שיטה לשימוש בקרינת x ע"י שימוש בלייזר הודף המופעל בכח קרני ה- x . הקרינה יוצאת מתא ההיתוך ונספגת ע"י גזי הלויזרים (ייתכן שגזים אלו יעורכבו בקסנון). אנרגיית הקרינה הופכת לקרן-אור מכוונת המשמשת כיחידה הודפת. אם יעילות תהליך הפיכת קרינת ה- x לקרני לייזר מכוונות תהיה כ-40% תוכל החללית להשיג מהירות של עשירית ממהירות האור ביוחס מסות של 20.



ציור מס' 2. סכמת הרקטה בעלת הנעה בעזרת היתוך מבוקר

מגח סילון בין-כוכבי

מגח הסילון הבין-כוכבי נועד להתגבר על בעיית יחסי המסות הגדולים הנדרשים כאשר החללית מונעת בדלק המוטען על סיפונה עוד



ציור מס' 3. סכמת מגח סילון בינכוכבי.

בכדור הארץ. מגח הסילון אוסף חומר בין כוכבי כדי לטעון את מנועי ההיתוך שלו ובכך מקטין את הצורך בנשיאת מסות גדולות של דלק.

ציור 3 מראה את רעיון מגחו הסילון בצורה סכמתית. בעת שהחללית נעה (משמאל לימין) יונים נלכדים ע"י השדה המגנטי השואב אותם אל תוך כור ההיתוך. בתוך המנוע משתחררת אנרגיה ומוטענת בדרך כלשהי על תוצרי ההיתוך. חלקיקים אלה משמשים כחומרי הדף להנעת החללית.

בוסרד (Bussard) הניח בתחילה כי עבור חללית בעלת מסה של 10^6 ק"ג יידרש שטח קולט של כ- 10^4 - 10^7 ק"מ רבועים כדי להשיג תאוצה בת g אחד וזאת בהנחה שצפיפות החומר בחלל היא בין 1 ל-1000 חלקיקים לס"מ מעוקב.

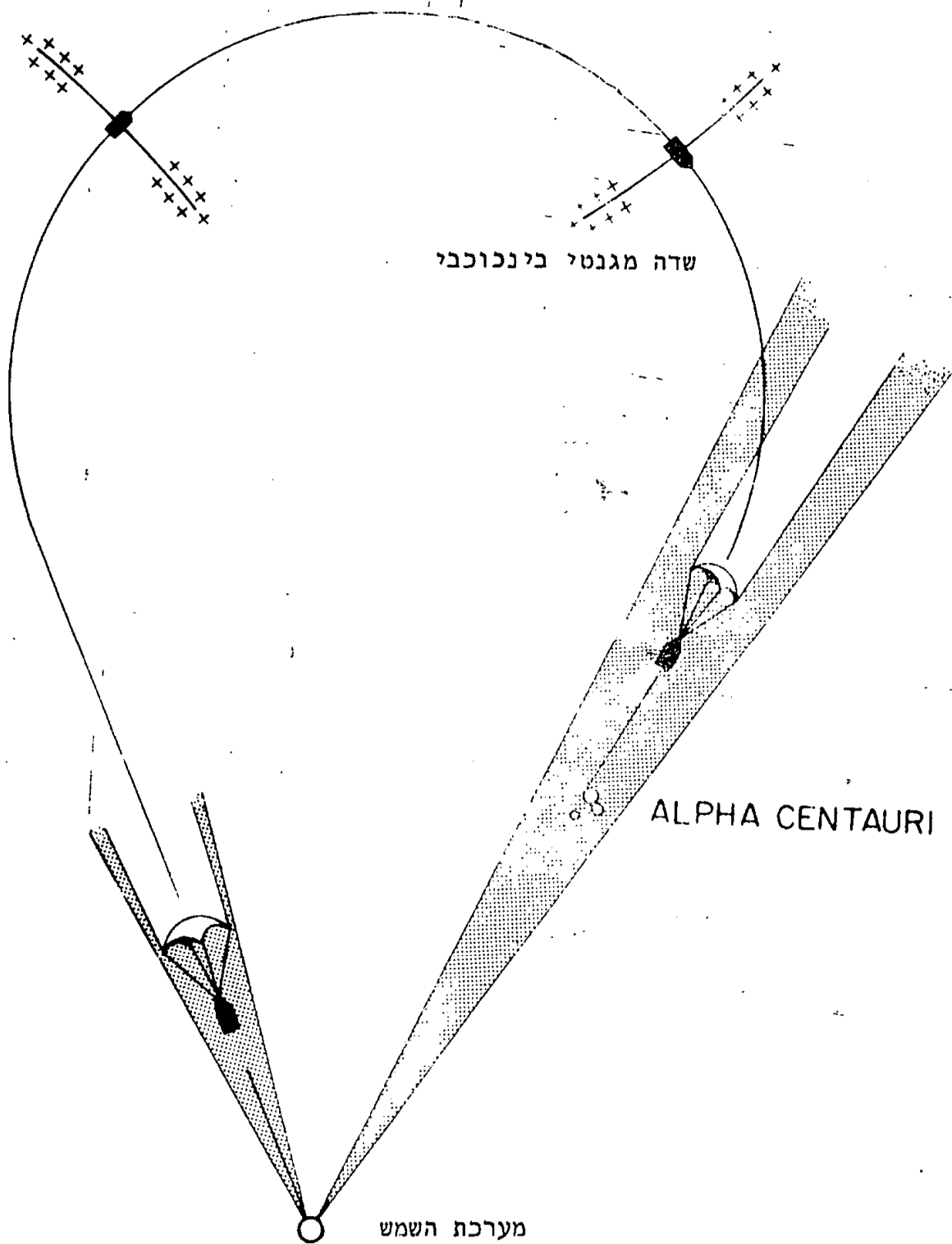
לכלי רכב זה ישנן מספר מעלות על טיפוס ההנעה האחרים. מהירות ההמראה של מגח סילון היא נמוכה מאד - באופן יחסי - כך שאף הטילים המקובלים בימינו יוכלו לתת לחללית תאוצה ראשונית מסוימת. ככל שמהירות החללית גדלה ומתקרבת למהירויות יחסותיות תגבר צפיפות זרם החלקיקים בהתאם להתכווצות מרחב-הזמן של החללית. ניתן יהיה להקטין את יעילותו של המנוע או לחצות גם אזורים שבהם צפיפות החומר נמוכה יותר מבלי להשפיע על התאוצה. מגח הסילון יוכל להתחיל את הנסיעה בשטחים בעלי צפיפות גבוהה של אטומי מימן, לחצות אזורים בעלי צפיפות נמוכה ולהאט באזורים צפופים יותר מבלי להשפיע על ביצועי המנוע.

מחברים אחדים טוענים שמאחר חתך הפעולה של פרוטון עם פרוטון הוא רק כ- 10^{-47} ס"מ ריבועיים וצפיפות הדאוטריום בחלל החיצון היא אפסית (אטום דאוטריום לכל 8000 אטומי מימן) התגובות שיבוצעו ע"י מגח הסילון לא יתאימו לתנאי החלל החיצון. למרות זאת הרעיון של איסוף הדלק לאורך מסלול המסע בחלל הוא חשוב מדי מכדי לבטלו ויש צורך במחקר נוסף על פיתוח הרעיון.

הנעה בעזרת קרן לייזר

את רעיון שימוש אנרגיית הלייזר כמקור הנעה לטיסות בין כוכביות פרסם פורוורד (Forward) מיד אחרי המצאת הלייזר בתחילת שנות הששים. אמנם המחבר הסתייג במקצת מתכניתו בהצביעו על העובדה שטכניקת הלייזר עדיין כחיתוליה, אך ההתפתחות העצומה שחלה בתחום הלייזר הופכים את הרעיון למושך ביותר.

שרטוט של ההצעה המקורית ניתן לראות בציור 4. עיקרה של ההצעה היא השימוש בלחץ הפוטונים של קרן הלייזר כדי להכות במפרש ענקי ובכך להאיץ את החללית למהירויות יחסותיות. הנסיונות הראשונים לתכנן כלי רכב המונע ע"י קרני לייזר סבלו מאי יכולתה של החללית להאט בהתקרבה אל מטרתה כך שהחלליות מסוג זה הוגבלו למשימות של מעבר ליד הכוכב



ציור מס' 4. טיסה בינכוכבית ע"י הנעה בעזרת קרן לייזר.

כלבד. פיליפ נורם (Philip Norem) חיבר תכניות קודמות עם רעיון הנעת הלייזר ויצר בכך חללית שתוכל להאיץ וגם להאט. כוח הלייזר אמור להאיץ את החללית למהירויות גבוהות. בשלב זה תפרוש החללית כבלים ארוכים שיוטענו במחח גבוה. הכבלים הטעונים יגיבו עם השדה המגנטי הבין-כוכבי ויגרמו לסיבוב רכב החלל במעגל גדול. מסלול החללית ייבחר כך שהיא תשנה את כוונה מאחורי הכוכב ותחלוף על פניו בדרכה חזרה כאשר וקטור המהירות שלה מכוון כלפי כדור-הארץ. קרן הלייזר תופעל מחדש והחללית תואט ע"י קרן נגדית שתשוגר מכדור הארץ.

כדי לבצע את טיסת החלל באמצעות הנעת פוטונים מקרן לייזר יהיה צורך במערך גדול מאד של לייזרים שכנראה יסובב את השמשויקרינו את האנרגיה הרבה הדרושה להפעלתו משטף הקרינה במקום. מפרשה של החללית יוכל להיות מחומר דק מאד אך כדי לקלוט בצורה הטובה ביותר את קרני הלייזר קוטרו יהיה כ-250 ק"מ. גם כאשר יהיה זה מפרש דק מאד בעל צפיפות חומר נמוכה יהיה משקלו אלפי טונות. מידתו הגדולה של הלייזר דרושה כדי למנוע סטיות במשך ההאטה הארוכה לאורך 6 שנות אור עד כוכב המטרה. לשם ההאצה הראשונית יספיק לייזר קטן יותר בקוטר של 10 ק"מ וזאת משום שהחללית קרובה מאד אל מערכת השמש. מערכי הלייזר חייבים להיות ארוכים כדי להשיג מרחק מתאים לקרינת הפוטונים והאנרגיה חייבת להיות גבוהה כדי לדחוף את החללית למהירות יחסותיות. למרות זאת שטף האנרגיה מן הלייזר אינו גבוה. במערכת המוצעת קרן הלייזר אינה חזקה בהרבה יותר מאור השמש.

למרות שרעיונות אלה מעניינים מאד מבחינה טכנולוגית דרך מעשית יותר תהיה לשאת מסה מסוימת שתשמש כחומר הדף. השימוש בקרן הלייזר יהיה רק כמקור אנרגיה להפעלת חומר ההדף. בנושא זה נערכו מחקרים מעטים כלבד. רעיון השימוש בקרני לייזר להפעלת תגובות אחרות לצורכי הנעה בין כוכבית דורש עדיין מחקר רב.

שיטת הנעה ע"י לייזר מתפתחת היום בקצב מהיר. NASA וגורמים אחרים עוסקים בייצור ושילוח כמויות רבות של אנרגיית קרינה דרך האטמוספירה אל החלל החיצון. למרות שכמויות אלה והמרחקים אליהם משוגרת אנרגיה זו הם עדיין כאין וכאפס לעומת מה שנדרש למערכת הנעה בין-כוכבית, ההתפתחות המהירה מעמידה את הנעת הלייזר כאחד המועמדים הראשונים להנעת החללית הבין-כוכבית.

(המשך יבוא בגליון הבא)

פינת החובב

מאת נפתלי תשבי

אסטרונומיה של מטיאורים. III (*)

צילום מטיאורים:

ברשימות הקודמות ראינו שחסרונן הכולט של התצפיות הפשוטות, באמצעות העין בלבד, במטיאורים, הוא בשגיאה הגדולה שישנה לצופה, בהערכת מקומו ובהירותו של המטיאור, בעיה זו נפתרת בחלקה הגדול, אם "רושמים" את המטיאורים על גבי סרט צילום.

צילום מטיאורים הוא פשוט, יחסית לצילום אסטרונומי אחר, שכן אין המצלמה חייבת לנוע ביחד עם הכוכבים, בתנועה משונית. כל שצריך למעשה, הוא מצלמה המכוונת אל השדה בו צפויים המטיאורים, לפתוח את המצלמה לחשיפת זמן (time exposure) ולהמתין למטיאורים שירשמו במצלמה. כל מטיאור בהיר דיו ירשם כקו על הסרט, בעוד הכוכבים הקבועים ירשמו כחלקי מעגלים בהתאם לתנועתם (המדומה) בשמים.

צילום המטיאורים מאפשר מדידה מדויקת של בהירות המטיאור לאורך מסלולו, בהתאם לעובי הקו שנוצר. מדידת מקום המטיאור קשה קצת יותר ודורשת ידיעת הזמן המדויק של המטיאור, ידיעת הזמן דרושה גם לשם השוואת הצילומים עם תצפית נפרדת.

נבחן את הגורמים השונים המשפיעים על התצפית במטיאורים.
א. המצלמה:

כל מצלמה בה יש אפשרות לחשיפת זמן ולחיבור כבל משחרר (Cable Release), הממותקנת על גבי חצובה, יכולה לשמש כמצלמת מטיאורים. ננסה להעריך את בהירות המטיאור החלש ביותר שניתן לקלוט במצלמה נתונה.

כמות האור הנקלטת במצלמה, או בהירותו של העצם המצולם, יחסית לשטח ערשת העצם (objective) של המצלמה, או המפתח שלה. אם d הוא מפתח העדשה, כמות האור מתיחסת ל- d^2 . מטיאור הנקלט במצלמה, יראה כנע לאורך סרט הצילום במהירות יחסית לאורך המוקד של המצלמה - f , מכאן משך החשיפה של נקודה מסוימת על הסרט, לאור המטיאור, יחסית ל- $1/f$.

נצפה לכן שרגישות המצלמה למטיאורים תהיה יחסית לגודל: $\frac{d^2}{f}$

רגישות למטיאורים $\propto \frac{d^2}{f}$

(*) ראה "כל כוכבי אור" 5-6/1978.

כיוון שסקלת גודלי הכוכבים (magnitudes) הנה לוגריתמית הפוכה, נקבל שהגודל הגבולי שיכול להקלט ע"י מצלמה (בסרט נתון!) נקבל

$$m_{ex} = 2.5 \log_{10} \frac{d^2}{f}$$

כאשר d ו- f נמדדים באותן יחידות.

ב. הסרט:

נוסחה זו מבוססת על ההנחה שמשמשות בסרט מהיר, בעל רגישות גבוהה. סרטים כאלה הם למשל, Agfa Isopan Record, Agfa Pan 1000, Ilford HP5, Kodak Tri-X או כל סרט אחר בעל רגישות 400-800 ASA! כאשר משתמשים בסרטים בעלי רגישות שונה מופיע מקדם אחר בנוסחה זו. חשוב לזכור שסרט רגיש יותר מקטין את משך החשיפה האפשרי, שכן אור הכוכבים או בהירות השמים, ישחירו את הסרט לאחר זמן ארוך מדי וישחיתו את הצילום.

בתנאים ממוצעים המטיאור החלש ביותר שירשם יהיה בגודל אחד בהיר יותר מ- m_{ex} בקנה:

$$m_{av} \approx m_{ex} - 1$$

מבחינויים אלה ניתן לחשב את מספר המטיאורים הממוצע, הצפויים בשעת צילום, במצלמה נתונה:

$$\langle N \rangle \approx 4 \cdot 10^{-6} F \cdot d^{2.7} \cdot f^{-1.3}$$

כאשר f הוא גודל השדה במעלות בריבוע.

מספר זה מחושב בהנחה של קצב 10 מטיאורים בשעה, הנראים בעין עירומה. מובן שעבור שטפים גבוהים יותר, כמו אלה הקיימים בשיאם של ממטרי מטיאורים, יכול מספר זה לגדול בהרבה. השיא של כל הזמנים נתון ל-L.A.Manning שצילם בעזרת מצלמה רגילה 17 מטיאורים בדקת חשיפה אחת (!) בשעת שיא סערת Giacobinid. מספר כזה מתאים לשיעור של 500.000 מטיאורים בשעה, הנצפית על ידי העין. זה כמובן לא מתרחש בכל לילה.

שני סוגים של מצלמות נמצאות בשימוש חובבים לצילום מטיאורים: מצלמות צבאיות לצילומי אויר בעלות עדשות בקוטר 5"-1" ו-f/2.5, ומצלמות 35 מ"מ רגילות בעלות אורך מוקד כ-50 מ"מ ועד f/1.2. המצלמות הקטנות כמובן מצויות יותר וקלות יותר לשימוש, אולם ניתן להשיג עדשות צבאיות כאלה ולקבל בעזרתן תוצאות טובות בהרבה. במלצות הגדולות יותר משתמשים בד"כ בלוחות צילום בגודל 6 × 6 ס"מ. בלוחות כאלה יורדת הרגישות לגרעיניות הגדולה של התשלילים בעלי מספר ASA גבוה כזה.

מטאור אחרל	100h / מספר המטיאורים	m_{ex}	שדה (ס)	תשליל mm.	d (cm)	f/d	f (cm)
365h	0.26	-0.5	27×40	24×36	1.8	2.8	5.0
159h	0.63	+0.2	27×40	24×36	2.5	2.0	5.0
116h	0.86	+0.5	27×40	24×36	2.8	1.8	5.0
711h	0.14	+0.6	10×15	24×36	4.8	2.8	13.5
621h	0.16	-1.4	38×54	24×36	1.0	3.5	3.5
303h	0.33	-0.8	38×54	24×36	1.3	2.8	3.5
227h	0.44	-0.1	31×40	18×24	1.7	1.9	3.3
239h	0.42	-0.6	44×44	60×60	2.1	3.5	7.5
489h	0.20	-0.9	37×37	60×60	2.0	4.5	9.0
31h	3.22	+1.0	46×46	130×130	6.1	2.5	15.3
21h	4.66	+1.7	35×35	180×190	12.2	2.5	30.5
38min	157	+4.2	R=24	R=85	(31)	0.8	20.0

טבלה מס' 1. השוואה בין מצלמות שונות.

3 המצלמות האחרונות הן מצלמות מקצועיות K-24, K-37 שהן מצלמות צבאיות לצילומי אויר. האחרונה הנה מצלמת Super-Schmidt בקוטר 31 ס"מ, המובאת לצורך השוואה.

כפי שרואים במצלמות פשוטות יש צורך במאות שעות צילום בכדי ללכוד מטיאור בודד.

ג. תהליך הפיתוח:

ברגישויות הסרטים שבהם מדובר, מומלץ מאד לפתח את התשלילים בעצמנו,

כדי להקטין למינימום את השפעת הגרעיניות. מהירות הסרט עשויה לעלות במקצת על ידי הפיתוח, בהתאם לתנאי התצפית. אורכי חשיפה נעים בין 5 ל-15 דקות בהתאם לחשיכה ולבהירות השמים באיזור המצולם. צילום ארוך יותר יגרום לערפול על התשליל.

מ _{max} לכוכבים	יחס בין נפח המים לנפח המפתח	זמן הפיתוח	רגישות אפקטיבית	
			ASA	DIN
5.5	1	15 min	1000	32
6.0	2	30 "	2000	35
6.5	3	45 "	4000	38

דוגמא להבדלים הניכרים שאפשר להשיג על ידי תהליך פיתוח שונה עבור הסרט Kodak Tri-X והמפתח D76. הבדלים דומים קיימים גם עבור סרטים אחרים. (זכור שרגישות 2000ASA כפולה מ-1000ASA).

רצוי להקפיד להפוך את מיכל הפיתוח כל דקה, כדי להשיג פיתוח אחיד.

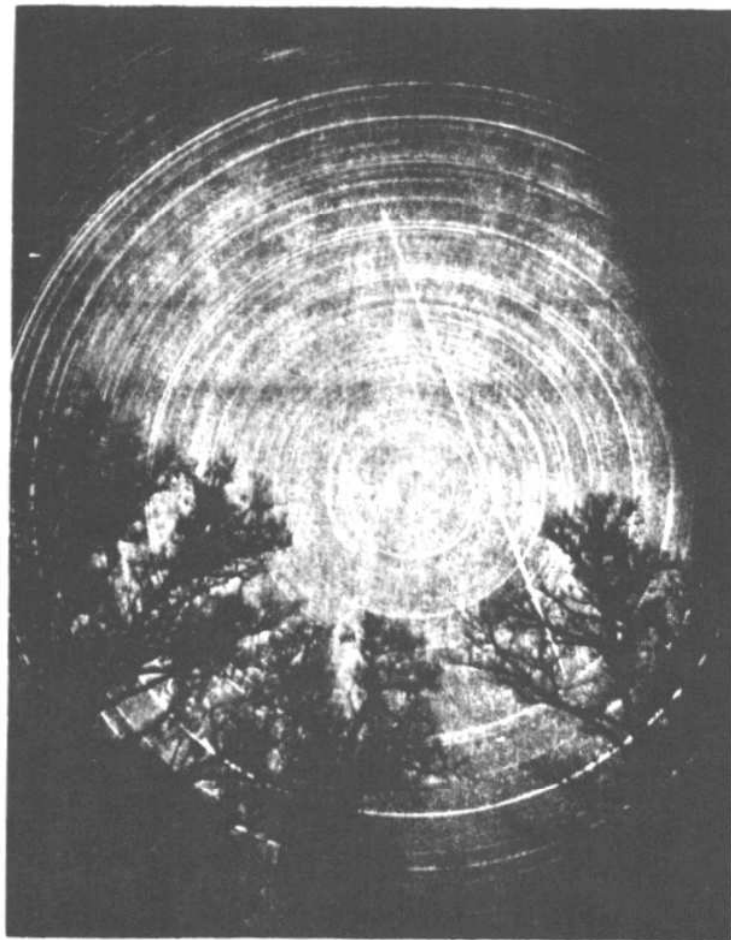
ד. הצבת המצלמה.

המצלמה צריכה להיות מכוונת לגובה של 50° וכ- 40° ממרכז הקרינה, אם מדובר במטר מטיאורים. במקרה של צילום משתי תצפיות שונות יהיה המרחק ביניהן כ-100-20 ק"מ והן מוצבות כך שאותו איזור באטמוספירה, בגובה כ-80 ק"מ יכוסה על ידי המצלמות.

בתצפית בודדת, יעיל מאד להשתמש בכמה מצלמות הממוקנות ביחד ופועלות בו זמנית. אם נכוון לאיזורים סמוכים בשמים, כך שישנה חפיפה קטנה בין השדות, נוכל לכסות כך חלקים גדולים יותר על השמים.

מספר המטיאורים הנרשם תלוי יותר במספר המצלמות המהירות מ- $f/3.5$ מאשר באיכות האופטית שלהן.

שיפור אפשרי נוסף הוא הנחיה משונית של המצלמות, כך שהכוכבים יראו נקודתיים במקום מעגליים. דבר זה חשיפות ארוכות יותר וקביעת מקום המטיאור בדיוק גבוה יותר. באורכי המוקד הקצרים של המצלמות, אפשר לבצע הנחיה כזו באמצעות הצמדה לטלסקופ בעל אורך מוקד ארוך לפחות פי שתיים, המשמש ככונת להנחיה משנית. ההנחיה לא חייבת להיות מדויקת לגמרי, כדי להשיג תוצאות הטובות באופן ניכר. מספר המטיאורים המצולם כמעט מוכפל ביחס למצב ללא הנחיה כזו.

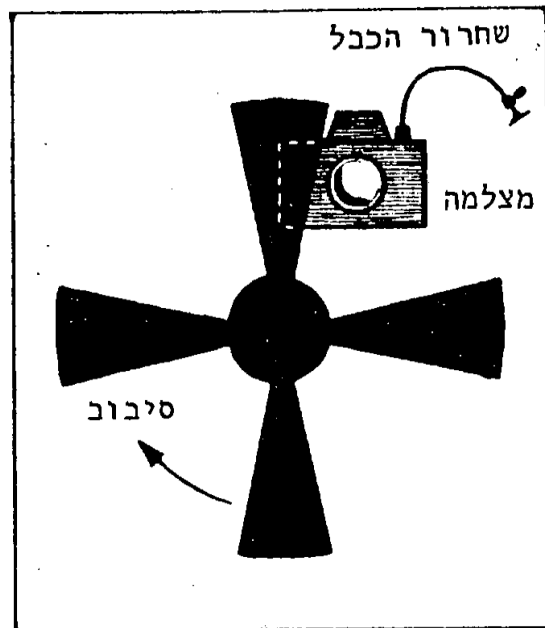


ציור מס' 1. שובל של מטיאור בהיר (צילום נעשה
בעזרת מצלמה נייחת).

ה. מצלמה בעלת תריס מסתובב:

חסרון בולט שיש לצילום במטיאורים בהשוואה לתצפית בעין הוא בהעדר
האפשרות להעריך את מהירותו של המטיאור. מטיאור איטי וחלש יצולם באותה
צורה שיצולם מטיאור מהיר וחזק.

כדי לפתור בעיה זו, משתמשים בתריס מסתובב, המסתיר את השדה המצולם
מן המצלמה בחדירות קבועה וגבוהה יחסית. תריס דמוי פרופלור כזה, בנוי מלוח
מלוחות המכסות את עדשת המצלמה כ-50 פעם בשניה. דבר זה קוטע את מסלול
המטיאור המצולם ברווחי זמן קבועים. מספר הקטעים להם נקטע מסלול המטיאור
נותן לנו את משך המטיאור ביחידות של רווח הזמן הזה. באותו אופן מתקבלת
גם מהירות תנועתו. באופן כזה מוכנס מימד הזמן לתוך הצילום.



צילור מס' 2. תריס מסתובב

כדי לכנות תריס מסתובב כזה, אפשר לחתוך את 4 ה"כנפיים" מפח אלומיניום ולחברן למנוע סינכרוני, הפועל על זרם חילופין. כמנוע כזה יכול לשמש דינמו של אופניים, שמהירות סיבובו שווה לתדירות הזרם ברשת (50Hz) מחולקת למספר זוגות הקטבים במנוע. (יש להשתמש בשנאי המוריד את המתח ל-6 וולטים!) תדירות החשיפה של התריס היא כמובן תדירות הסיבוב מוכפלת במספר ה"כנפיים".

בשעת הצילום יש להניח לתריס להגיע למהירות יציבה ורק אז להתחיל בחשיפה. אסור שיהיה מגע כלשהו בין המצלמה לתריס המסתובב, דבר שיגרום לרעידות במצלמה. משך החשיפה יכול לגדול כאשר משתמשים בתריס כזה, כך שאורך החשיפה נטו (לא מוסתרת על ידי התריס) יהיה כפי שתוכנן.

בעיה נוספת המתעוררת בצילום אסטרונומי ממושך, היא בעיית הלחות. גם בלילות בהירים, מתכסה עדשת המצלמה בטיפות מים זעירות הגורמות לאטימה מוחלטת של המערכת האופטית. כדי למנוע זאת אפשר להשתמש במיבש שיער למשל, להפשרת הלחות או בגוף חימום חשמלי הכרוך על עדשת המצלמה.

סיכום:

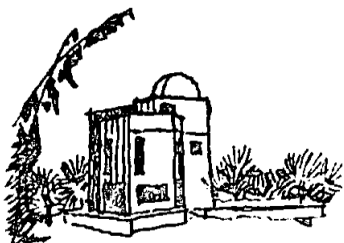
בצילום מטיאורים נפעל לפי הנקודות הבאות:

- (1) כוון את המצלמה למיקום הרצוי.
- (2) ודא שהמרחק מכוון ל- ∞ ושזמן החשיפה הוא: "B".
- (3) הפעל את התריס המסתובב ואת גוף החימום.

- (4) התחל בחשיפה כשאתה רושם את הזמן בדיוק של שניות.
 (5) יש לרשום את הזמן המדויק של כל מטיאור שנראה בשרה ולסמנו במפת התצפית, כמו בתצפית - עין רגילה.
 (6) סיים את החשיפה אחרי חמש עד חמש-עשרה דקות, בהתאם למצב השמים, כשאתה מקפיד לרשום גם את זמן הסיום.
 (7) העבר סרט וחזור לשלב (4).

ספרות

- (1) Hajo Becker, Evolution and Structure of Meteor Streams, IAYC 1977.
 (2) C.P. Gaposchkin, מבוא לאסטרונומיה
 (3) Observing Notes III, - Photographic & Spectrographic Observing, Publication of the BAA Meteor Section.



Givatayim Observatory

נוצפה הכוכבים

של העיר

גבעתיים

ימי ביקור לקהל כל יום שלישי

בין השעות 20.00-21.30.

הזמנות ביקורים קבוצתיים לפי טל. 730117

נמשכת הרשמה לחוברת "כל כוכבי אור" 1979.

מחיר המנוי - 120 ₪ (6 גליונות).

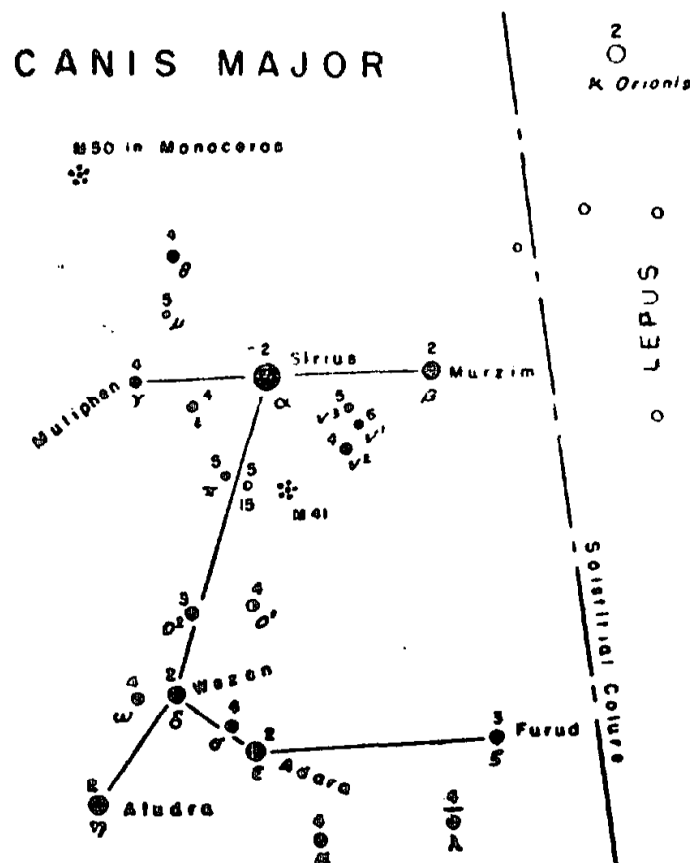
קבוצת החודש

מרץ

מאת יגאל פתאל

כלב גדול

מיקומה של קבוצה זו בשמים הדרומים, כאשר ממשיכים את כוכבי החגורה של אוריון כלפי דרום, מגיעים לכוכב בהיר ונוצץ, למעשה הבהיר ביותר בשמים (לאחר צדק בעונה זו 1979). הקבוצה קומפקטית ומורכבת מכוכבים בהירים מאד ומשני חלקים עקריים - החלק העליון מהווה יחד עם סיריוס, β (מורזים) ו- γ (מוליפן) מעין שלישית כוכבים הנמתחים בקו ישר. דרומית לישר הזה נמצא מעין משולש ישר זווית המורכב משלושה כוכבים מבהירות 2 (η, δ, ϵ). הקבוצה היתה ידועה ככלבו של הצייד אוריון, וסיריוס היה ידוע עוד משחר ההיסטוריה. ביחוד נערץ היה הכוכב סיריוס על המצרים, שרכים ממקדשיהם נבנו לכבודו, כשזרח סיריוס בכפיפה אחת עם השמש, היה הנילוס גואה על גדותיו. הכוכב היה מכונה בעבר - כוכב הכלב. המונח - "ימי הכלב" מתקשר לסיריוס, משום שהקדמונים חשבו כשהוא זורח ביום (בתקופת הקיץ) מוסיפות קרניו עוצמה לקרני השמש וזוהי הסיבה לחום היוקד בקיץ. האגדה מספרת שלספלוס (Cephalos) ניתן כלב בשם אורורה (Aurora) שהיה המובחר בכלבים והחכם והערמומי שביניהם. ספלוס רצה להוכיח זאת לעצמו והעמיד את כלבו במבחן מול שועל. יופיטר היה מרוצה מהכלב ומיקם אותו כפרס בשמים.



α - סיריוס - בעל בהירות יחסית 1.37- ובהירות מוחלטת 1.5. הכוכב הנו כוכב השבת הבהיר ביותר. מרחקו של הכוכב 8.7 שנות אור והוא אחד הקרובים כוכבי השבת. הכוכב הנו כוכב כחול הגדול רק פעמיים בקוטרו מהשמש. הספקטרום A0. הכוכב מוקף בננס לבן שהיה הראשון מסוגו שנתגלה. בהירותו אמנם גבוהה יחסית 8.7 ומרחקו מהכוכב 7"6, אולם בשל הזוהר הרב שמפיץ סיריוס התגלה בננס רק בשנת 1862 במקרה ע"י מיצר הטלסקופים אלוון קלארק, שבדק עדשת-עצם בקוטר 18" (למרות שעוד בשנת 1834 היה ידוע, על פי סטית במסלולו של סיריוס, שהוא מוקף בכוכב בלתי נראה).

β - מורזים - כוכב בעל בהירות נראית 2, בהירות מוחלטת 4.5-. הכוכב הנו ענק כחול מהסדרה הראשית בעל ספקטרום B5. מרחקו 653 שנות אור.

γ - מוליון - כוכב בעל בהירות יחסית 4 ובהירות מוחלטת 0.9-. כוכב כחול מטיפוס ספקטרלי B8. מרחקו 326 שנות אור.

δ - ווזן (Wezen) - כוכב בעל בהירות יחסית 2. הכוכב הנו ענק צהוב מטיפוס ספקטרלי G3. בהירות מוחלטת 5.9- ומרחקו 1088 שנות אור.

ε - אדרה - כוכב בהיר שבהירותו הנראית 1.6 והמוחלטת 4.4-. הכוכב הנו ענק כחול מהסדרה הראשית מטיפוס B1. מרחקו מעמנו 466 שנת אור.

η - אלודרה - כוכב מבהירות נראית 2.4 ובהירות מוחלטת 6. כוכב כחול מטיפוס B5. מרחקו 2400 שנות אור.

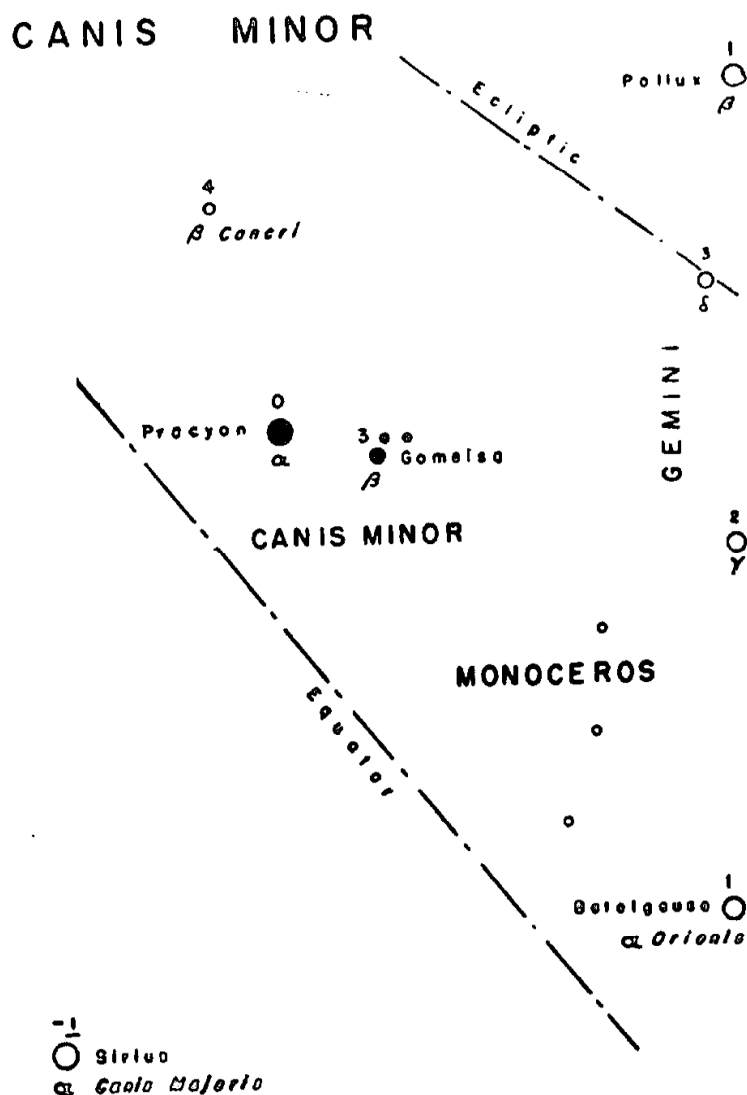
אפריל

מונוסרוס (קרנף) וכלב קטן

קבוצת כלב קטן קבוצה קומפקטית המורכבת משני כוכבים עיקריים α - פרוקיון ו-β - גומיזה (Gomeiza). פרוקיון נמצא במחצית הדרך בין סיריוס ל-β בתאומים, קסטור. הכוכב הקרוי כוכב הכלב הקטן, בהיר מאוד ובודד בשמים באיזורו מבחינת בהירותו. הקבוצה נחשבה בזמנים הקדומים ככלב מים משום היותה הקבוצה על שולי שביל החלב שנחשב אז לנהר מים. מחוץ לזאת נחשב ככלבו של אוריון, או עפ"י אגדה אחרת למרה, כלבו הנאמן של איקרוס שנרצח וגופתו נעלמה. בתו אריאנה נכשלה ונכנסה לדיכאון. אך כלבה מרה לא נלאה ולכסוף נביחותיו הביאו את אריאנה לנקודה. אך דעתה נתבלעה מרוב צער והיא תלתה את עצמה. הכלב השתרך משם בצער ומת. והאלים, בתור הוקרה, מיקמוהו בשמים לנצח.

α - פרוקיון - כוכב בהיר ביותר, בהירות הנראית 0.5 והמוחלטת 2.7. עם זאת הנו אחד הקרובים לשמש ומרחקו 11.2 שנת אור. הכוכב הנו כוכב מטיפוס F5. הכוכב מוקף ע"י ננס לבן בעל בהירות יחסית 9.7 ומוחלטת 11.

β - גומיזה - כוכב מבהירות נראית 3 ובהירות מוחלטת 0. כוכב מטיפוס ספקטרלי B8 מצוי במרחק של 136 שנות אור.



קבוצת מונוסרוס - או חד קרן בעברית נמצאת בין סיריוס לבין פרוקיון. זהו גיבוב של כוכבים חורים בעלי בהירות 4 ו-5 היוצרים מעין משולש וטרפז. הקבוצה הנה חדשה יחסית ובזמנים הקדומים לא הכירוה. למרות שיש טוענים שרישומים של הקבוצה נתגלו אצל הפרסים הקדומים.

אובייקטים של Messier

ליקט י. פחאל

- M41 - צביר פתוח בכלב גדול. הצביר עשיר ובהיר מאד וניתן לצפיה בעין בלתי מזויינת. בהירותו 4.6 וקוטרו 30'. מרחקו כ-1600 שנות אור. למרות היותו של הצביר צעיר וגילו כ-100 מיליון שנים, הרי ישנה עובדה מוזרה כעצם היותו מכיל ענקים כתומים מטיפוס K. הצביר מונה כ-80 כוכבים. הצביר נמצא 4° דרומית לסיריוס, בשליש הדרך בין סיריוס ל- ϵ בכלב גדול.
- M46 - צביר פתוח עשיר מאוד בקבוצת ארגו פופיס (חלק מספינת ארגו). הצביר בהיר מאוד, בעל בהירות 6.0, וקוטר 30'. מרחק הצביר כ-3200 שנות אור. הצביר מונה כ-80 כוכבים עד בהירות 11. לשם מציאת הצביר ללא תקלות יש להעזר בלילה חשוך. בהמשך הקו מפרוקיון ל- α מונוסרוס ב- 5° או בהמשך הקו β סיריוס ו- γ בכלב גדול ב- 10° יגיע ל-M46.
- M47 - צביר פתוח בהיר למדי בעל בהירות 5.2 בארגו. הצביר עני מאוד בכוכבים. קוטרו 25' ומרחקו 1750 שנות אור. הצביר קל למציאה מאשר M46. מ-M46 יש לנוע 2° צפונית מזרחית. הצביר יהיה בהיר ומרשים כאשר במרכזו תהיה שלשית כוכבים בהירים כשהעליון כפול ($\Sigma 1121$). הצביר נראה לעין.
- M48 - צביר פתוח בהידרה. הצביר משוער להיות M48 ומזוהה עם NGC 2548. הצביר בהיר ומגיע לבהירות 5.5, קוטרו 35' ומרחקו 1500 שנות אור. הכוכב הבהיר בעל בהירות 9.7. למציאת הצביר יש לנוע מ- β כלב קטן לפרוקיון ובהמשך הקו נגלה משולש שווה צלעות חוור של כוכבים המהוים חלק מקבוצת מונוסרוס. נמשיך את הקו כדי 4° ונגיע לצביר בהיר ועשיר בכוכבים. הצביר יהיה בולט ומזדקר לעין עם 3 כוכבים בולטים בקצוות המהוים משולש.
- M50 - צביר פתוח עשיר ובהיר מאוד. בהירותו 6.3, קוטרו כ-18' ומרחקו כ-3000 שנות אור. הכוכב הבהיר בצביר בעל בהירות 9.0. הצביר ימצא בשליש הדרך בין סיריוס לפרוקיון או כ- 7° צפונית ל- γ בכלב גדול. הצביר עשיר ובולט לעין.
- NGC 2438 - לבעלי טלסקופים בעלי מפתח של 6" ומעלה. האובייקט הנו ערפילית פלנטרית הנמצא בדיוק בצביר הפתוח M41. בהירות הערפילית 11.3 והיא דמות עגול קטן וזוהר כאשר הבהירות מתחלקת שווה לכל השטח. הכוכב המרכזי בעל בהירות 16.8. גודל הערפילית 68", מרחקה 1660 פרסק.

יריחים של צדק (מרץ-אפריל)

מרץ				אפריל			
תאריך	שעה	ירח (*)	תופעה	תאריך	שעה	ירח (*)	תופעה
3	02 ^h 49 ^m	I	מעבר	2	20 ^h 51 ^m	III	העלמות
	03 39	I	צל	3	00 27	III	התגלות
4	21 15	I	מעבר		01 48	III	לקוי
	22 07	I	צל		23 03	I	מעבר
5	00 04	II	העלמות	4	00 15	I	צל
	04 37	II	לקוי (יציאה)	10	00 43	III	העלמות
	18 30	I	העלמות	11	00 56	I	מעבר
	21 43	I	לקוי (יציאה)		02 10	I	צל
6	18 51	II	מעבר		22 31	I	העלמות
	20 42	II	צל	12	01 48	I	לקוי
	21 43	II	מעבר (יציאה)		19 24	I	מעבר
	23 35	II	צל (יציאה)		20 39	I	צל
8	19 53	III	מעבר	13	19 39	III	צל
	23 41	III	צל		23 14	III	צל (יציאה)
	23 26	III	מעבר (יציאה)	14	23 11	IV	מעבר
12	00 19	I	העלמות	19	00 08	I	העלמות
	22 57	IV	צל		21 18	I	מעבר
	23 38	I	לקוי (יציאה)		22 34	I	צל
13	18 30	II	צל		23 34	I	מעבר (סוף)
	19 46	II	מעבר (יציאה)	20	00 50	I	צל (סוף)
15	23 27	III	מעבר		18 37	I	העלמות
20	19 20	I	מעבר		22 12	I	לקוי
	20 25	I	צל	21	18 29	III	מעבר
	20 27	IV	העלמות		23 10	II	מעבר
	23 42	II	מעבר		23 38	III	צל
21	01 01	IV	התגלות	22	01 44	II	צל
	01 57	I	צל	26	23 13	I	מעבר
26	23 59	I	העלמות	27	00 29	I	צל
29	20 29	II	העלמות		20 32	I	העלמות
					22 30	III	מעבר
				28	17 42	I	צל
					18 57	I	צל

(*) סימון ירחי צדק:
 I - Io
 III - Europa
 III - Ganymede
 IV - Callisto

התבטנות

תאריך	(**) שעה	נטיה	עליה ישרה	גודל זרוא	קב' ספקטרוסקופית	אלונגציה	% פז	A	B
3	18h40m26s	+17007'09"	04h56m10s	5.7	K0	92	+52	-2.5	+0.3
-	20 51 42	-18 09 50	06 42 05	7.5	B9	115	+70	-4.2	+7.5
8	18 49 14	+1 07 42	07 30 57	5.6	K0	124	+78	-2.5	-0.0
15	21 27 10	-05 10 25	11 35 19	5.8	F5	180	-100	-2.1	+0.9
14	21 05 10	-00 40 24	12 17 57	5.9	A3	169	-99	-1.6	-1.6
14	21 47 05	-00 33 11	12 18 51	4.0	A0	169	-99	-1.2	-1.0
16	20 59 35	-07 57 26	15 53 55	6.5	F8	146	-92	+0.5	-2.6
1-	04 07 57	-09 09 30	14 03 16	6.5	A0	144	-90	-1.1	-2.5
18	00 17 06	-11 55 55	14 49 19	7.4	F2	146	-92	+0.5	-3.9
19	00 54 48	-14 58 35	15 42 15	6.4	K0	144	-90	-0.9	-0.8
20	03 12 24	+47 42 05	16 40 22	5.0	K0	155	-84	-2.8	-1.1
=====									
א פ ר ל									
(***) 1	17 59 01	+16 27 55	04 34 42	1.1	K5	58	+24	-1.9	-0.9
(***) 1	19 18 20	+16 27 55	04 34 42	1.1	K5	58	+24	-1.2	-0.6
6	18 58 48	+13 54 27	08 52 37	7.0	A3	115	+71	-1.1	-4.2
10	02 31 45	+03 24 49	11 24 36	6.7	A2	151	+94	-0.6	-1.6
10	03 25 50	+03 07 28	11 25 43	6.2	K0	151	+94	-0.0	-2.6
11	20 58 50	-05 26 31	12 52 08	6.2	F5	172	+99	-1.9	+0.5
16	00 27 40	-16 58 12	16 21 42	6.7	F0	139	-88	-1.8	+0.3
(****) 1-	00 10 18	-18 29 42	17 17 55	7.3	-	126	-80	-1.3	+0.7
18	00 04 06	-18 58 27	18 15 45	7.5	B2	114	-70	-0.7	+0.5
18	00 10 15	-18 48 17	18 16 38	6.6	B5	115	-70	+0.3	-2.3
18	05 56 06	-19 24 13	18 22 50	-5.5	K5	112	-69	-2.6	+2.8
19	01 06 12	-18 44 01	19 17 17	-4.4	F0	100	-59	-2.8	+6.5
23	05 55 05	-06 09 44	23 15 15	4.4	M0	46	-15	-0.3	-5.0

באדימונות של מכתם אלור (קב' יכנה) ומעמדה העז של אורח"ב (הסבר ודוגמה החישוב)

ראה טיול כוכבי אורח"ב (קב' יכנה) 2-3/1978.

זמן ישראלי (קב' יכנה)

כניסה ויציאה של טא ג (אלדנארן).

צביר כדורי M9.

טלסקופים UNITRON SPOTTING SCOPES

אנו מציעים טלסקופים שוכרי אור בקטרים 2.4" ו-3.1" (60mm ו-80mm) המיוצרים ע"י יצרני טלסקופים אסטרונומיים.

מתאימים לתצפיות רקיע - ביחוד לחיפוש שביטים.

* 4 הגדלות עד X60 - שדה ראייה רחב * תמונה זקופה
* חצובת שולחן * קלות בנשיאה - נשיאה בתיבה.

נמצאים אצלנו במלאי. מחירים סבירים - גם ליחידים.
שרות ואחריות.

מגניסקופ מכשירי תצפית והגדלה - יבוא ושווק
ח.ד. 294, רמת גן. טל. 03-796378.



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.

