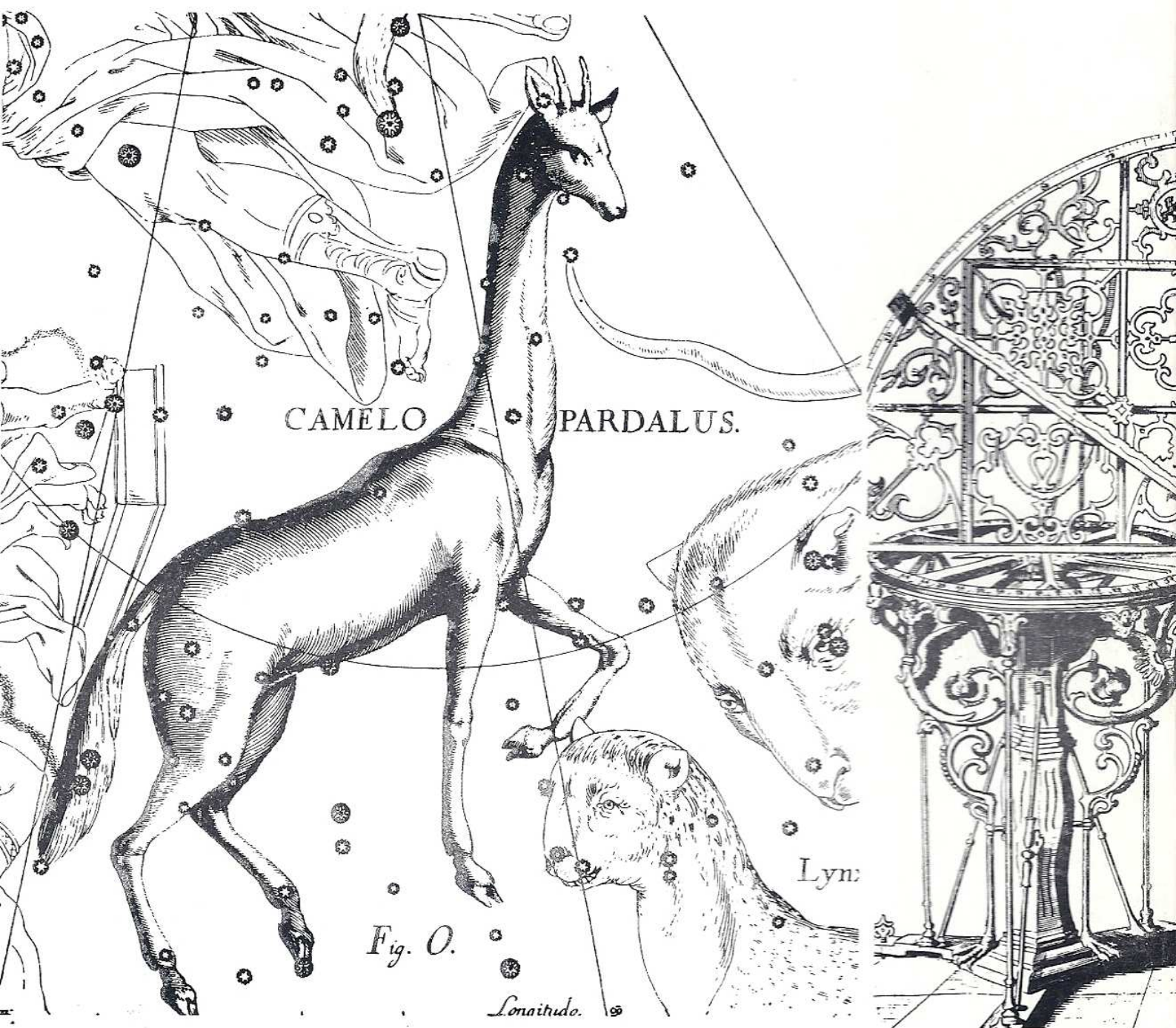


פופמי אופ



כל כוכבי אור

כרך 10, גליון 4
אב - אלול תשמ"ג
יולי-אוגוסט 1983

	תוכן הענינים	94	
	בפתח הגליון	95	
	התכסות למבדה קשת, 12.10		
(א. נעים)	בהירות כוכבים נצפית	96	אסטרונומיה
נ. ברוש	טלסקופים גדולים	101	
(ח. גרשט)	מרכז של M31	103	אסטרופיזיקה
(ח. גרשט)	הגלקסיה המרוחקת ביותר	102	
נ. ברוש	חקר מערכת השמש עד 2000	109	אסטרונומיה
(נ. ברוש)	לכידת חלליות בעזרת אטמוספירה	113	
א. שרבן	ממדף הספרים (גם עמ. 94)	118	ספרים
ע. גרינגרד	פרויקטים לתצפית (נתלש)	104	לחובב
נ. ערב	תצפית מטיאורים	114	
א. שרבן	רשת טלפונים להפצת מידע מהיר	119	באגודה
	חדשות באגודה	119	

התכסות בקשת, 12.10.1983

ביום זה, בין 18:57 ובין 19:53 מתכסה למבדה בקשת בירח בן 6 ימים. חברים המעונינים לצפות באירוע בצוותא מתכנסים במבצר מגדל צדק בשעה 18:15 ומתבקשים להביא טלסקופים. במקרה של ראות לא טובה נעסוק בצפייה בנושאים אחרים. (עוברים ראש העין והפניה לאנטיפטרוס/אפק ליד הרכבת, ועולים בהמשך הכביש הראשי כשזה פונה דרומה אל המבצר שבפסגת הגבעה).

ASTRONOMIE: I. Die Sonne und ihre Planeten;

II. Fixsterne und Sternsysteme.

F. Gondolatsch, G. Groschopf, O. Zimmermann. Klett Studienbuecher:Physik, Stuttgart, 1977, 1979. 672 S. DM 33,00 + 31,90.

ספר-עזר ללימוד עצמי למשתתף בחוג לאסטרונומיה או בקורס ברמה של "האוניברסיטה העממית" וכן למורה ולמדריך בקורס כזה. שני הכרכים מצטיינים בגישה הדידאקטית הפתוחה אך יסודית, ומבוססים על נסיון עצמי של המחברים בפעילות מסוג זה (הראשון מוכר היטב לכותב שורות אלה). השיטות המתמטיות והפיזיקליות הכלולות בספר דורשות ידע של מסיים ב"ס תיכון בתחומים אלו. ראשי הפרקים והשאלות בסוף כל פרק הופכים את שני הכרכים "הרכים" לכלי עזר חיוני ועשיר למדריך ולאסטרונום החובב המתקדם כאחד.

בשער הקדמי: הגמל, מאטלס הכוכבים של הוליוס, אסטרונום חובב ומבשל שיכר בדנציג, שיצא 1687. האחרון שעבד עם מכשירים בעלי כוונות ישירות ללא אופטיקה, קואדרנט אדימותלי, רדיוס 1,5 מ', וסקסטנט, רדיוס 1,8 מ'.
בשער האחורי: הסקסטנט, מאתו אטלס. כנראה המכשיר בו עבד הוליוס.
- בינם: הוליוס ליד הקודרנט.

ברכת שנה טובה ושקטה לחברינו ולכל בית ישראל.

התנצלות לנחום ערב, אותו בטעות החזרנו מפסגת סיום שנה ב' באוניברסיטת תל-אביב לבקעת בחינות הבגרות אי שם בשרון. מזדקנים.

בשער כמו שהוסבר בגליון 3, מופיע מעתה מספר סידורי תקני בינלאומי - International Standard Serial No.

כתבות שיש לפרסמן בגליון הקרוב, רצוי להמציא למערכת לא יותר מאשר 4 שבועות לאחר קבלת החוברת הקודמת. כאן מופיע קיצור הדו"ח מסניף חיפה שהגיע עם סגירת הגליון. יופיע במלואו בגליון הבא.

בארץ ביקר עורכם של דפי מידע של חוג צופים בכוכבי לכת המתפרסם בברלין. מסיבות שונות, לא הספקנו ליצור איתו קשר ולמסור לו על מצפים וחוגים אותם ביקר לבקר. נשתדל לפחות לשוחח איתו טלפונית לפני נסיעתו, או לכתוב לו. בדפים אלה מתפרסמים רישומים מפורטים מצפיות בכוכבי הלכת הקרובים ותצורותיהם המשתנים, בפירוט רב, וגם מידע נוסף בענין.

נגמר מלאי צילומיו היפים של יוסי חורי שקבלנו לפרסום; נשמח לפרסם עבודות חברים נוספות במידה ומתאימים לתמונות שער, או כל תמונה מענינת שנקבל.

נשמעות משאלות לגיוון ולהעשרת עתוננו; דובר על חומר בסיסי ופשוט, וטיפול בצפיה מעשית ובנית מכשירים. לאור העובדה שאין באפשרותנו להזמין כתבות מחוץ לאלה המגיעות מידי חברינו בהתנדבות, בוא נאמץ אמרתו של הנשיא קנדי ונשאל מה, מאותו חומר שהיינו רוצים לראות בו, נוכל אנו לספק לעתון שלנו. נושא הזועק לביצוע הוא איסוף, עריכה ואף כתיבה מחדש של חומר לחוברת חד-פעמית בסיסית, מבוא עבור חבר חדש שיובילו עד לרמת הידיעות הדרושה לעקוב אחרי מה שמתפרסם אצלנו.

אשר להעשרה, יש לזכור שאף אלפיים קובי מכשירים אינו מושך כספי מפרסמים כשוק הרכב, מחשבים ביתיים וכד'; להוציא תרומות, יש להסתפק בהכנסות האגודה המוקדשות לרוב למימון העיתון כמו שהוא; אין מקום להרחבה - בהפוך הוא.

כל כוכבי אור
עורך: מרצל קיי
מערכת:

ת.ד. 149, גבעתיים 101 53.
מוציא לאור:

האגודה הישראלית לאסטרונומיה,
מצפה הכוכבים,
גן העליה השניה, גבעתיים.

STARLIGHT

Editor: Marzell Kay, MSc, BSc,
CE, MStructE.

POB 149, Givatayim 53 101.

Publisher:

Israel Astronomical Association
Givatayim Observatory,
Second Aliya Park, Givatayim

ספרים חדשים

עד כלות השמש רוברט ג'סטרו, הוצאת ספריית הפועלים

היקום על פי איינשטיין, נייג'יל קולדר, הוצאת ספריית מסדה/ספריית תוכנה

בהירויות הכוכבים - בהירות נצפית (יחסית) תרגום: א. נעים

מקור מרבית קרינת הכוכבים הוא באנרגיה גרעינית. החום העצום השורר בליבות הכוכבים (מיליוני מעלות) מאיץ פרוטונים בודדים למהירויות כה גבוהות עד כי כאשר שניים מהם מצויים במסלולים נפגשים אין ביכולתו של כוח הדחיה החשמלי שבין שניהם למנוע את התנגשותם. התנגשויות אלו תדירות מאד בכוכבים, ובכל התנגשות הופכים 0.7% לערך ממסת הפרוטונים לאנרגיה, לפי משוואתו של איינשטיין: $E = Mc^2$. הפרוטונים הנוצרים בתהליך נפלטים מליבות הכוכבים אל פני שטחם החיצוני ומשם אל החלל, כשחלק ניכר מהם נפלט בתדרי אור נראה. זוהר⁽¹⁾ השמש או של כל כוכב אחר הוא הקצב בו הוא פולט אנרגיית קרינה, והוא תלוי בגודל הכוכב ובטמפרטורה השוררת על פניו. פיזיקאים נוטים להתייחס לזוהר כאל הספק קרינה, ולכן במדד הזוהר בוואטים, אך מסיבות הסטוריות נוהגים האסטרונומים למדוד את הזוהר במגניטודות. שיטת המגניטודות היא תולדה של טבעה של העין האנושית: תגובתה לעוצמת מות קרינה שונות אינה קווית אלא לוגריתמית, כלומר הפרש בין שתי בהירויות הנראה לנו כשווה להפרש שבין זוג בהירויות אחר אינו זהה כי אם היחס בין עוצמות שתי הקרינות הראשונות שווה ליחס שבין הזוג השני.

במאה השניה לפני הספירה חילק היפארכוס⁽²⁾ את הכוכבים הניתנים להבחנה בעין האדם ל-6 קבוצות לפי תגובת העין על עצמות הבהירות השונות. הבהירים ביותר סווגו כקבוצה 1, והחלשים ביותר - כקבוצה 6. בתקופות מאוחרות יותר, כשחלה התקדמות של ממש באסטרונומיה היה צורך בשיטת מיון מדויקת הרבה יותר מבוססת על שיקולים ועל עקרונות פיזיקליים ופוגסון⁽³⁾ עשה זאת ב-1856. הוא הבחין שכוכב ממגניטודה ראשונה (קבוצה 1) היה בהיר פי 100, לערך, מכוכב ממגניטודה ששית. לפיכך, הוא הגדיר הפרש של מגניטודה אחת בדיוק כיחס בהירויות של $100^{0.2}$, או 2.512 לערך. בהירות יחסית (נצפית) מתייחסת לעצמת הקרינה המתקבלת מכוכב נתון על פני כדור הארץ, בלי קשר להשפעת המרחק על בהירותו האמיתית. בשימוש נרחב נמצא גם המונח מגניטודה יחסית (נצפית), אך אין הוא שונה כלל מבהירות יחסית. אם נניח שלשני כוכבים בהירויות נצפות (כלומר, מגניטודות) M_1 ו- M_2 , בהתאמה, וגם כי הזוהר הנצפה שלהם הוא L_1 ו- L_2 בהתאמה, אז הקשר בין הגדלים הללו נתון בנוסחה:

$$L_2/L_1 = 100^{-(M_2 - M_1)/5} = 2.512^{(M_1 - M_2)} \quad \dots (1)$$

לפי ההגדרות שניתנו למעלה באשר למגניטודות/בהירויות ולזוהר, הכוכבים החלשים ביותר שניתן לראות או לצלם באמצעות הטלסקופים הגדולים בעולם הם מסדר גודל של בהירות 25 בערך.

בהירות הנקבעת עפ"י תגובת העין האנושית נקראת מגניטודה/בהירות נראית או ויזואלית⁽⁴⁾. רק הבהירויות הנראות היו בשימוש לפני שנכנס

הצילום לאסטרונומיה. מכל מקום כוכבים רבים פולטים קרינה רבה בתחומי התת-אדום והעל-סגול, שאינה נקלטת בעין האנושית, ובחלקה אף אינה מגיעה אל פני כדור הארץ מפני שהיא נבלעת באטמוספירה. מספר הבהירות של כוכב כזה היה נמוך יותר לו נכללו גם תדרי קרינה אלה; הדבר נכון בעיקר עבור כוכבים חמים בהרבה או קרים בהרבה מן השמש שקרינתם מצויה בעיקר בתת-אדום או בעל-סגול בהתאמה. הבהירות הכוללת את הקרינה שבכל אנרכי הגל נקראת מגניטודה ובהירות בולומטרית⁽⁵⁾. התיקון הבולומטרי⁽⁶⁾ שהוא התיקון הדרוש במגניטודה הנראית:

$$B.C. = M_{BOL} - M_V$$

(M_V - מגניטודה נראית; M_{BOL} - מגניטודה בולומטרית). התיקון הבולומטרי עבור השמש מוגדר כאפס, מכיוון ששיא הקרינה של השמש מצוי בתחום הנראה. מתוך הגדרתו נובע, שהתיקון הבולומטרי הוא שלילי תמיד. הבולומטר הוא מכשיר למדידת עצמות קרינה בכל אורך גל; למעשה קשה למצוא את המגניטודה הבולומטרית בגלל בליעת קרינות שונות באטמוספירה.

סיבון נוסף מתעורר אם בהירויותיהם של כוכבים מושוות על פי צילומים. תחליבים רבים, שהם לב ליבו של סרט הצילום, רגישים בעיקר לקרינות בתחום האור הכחול והסגול, בעוד שהעין האנושית רגישה בעיקר בתחום הירוק-צהוב. בהירויות צילומיות הינן, לכן, שונות הן מבהירויות נראות והן מבהירויות בולומטריות; בכל מקרה של ציון בהירות, חשוב לציין על איזו בהירות מדובר.

בהירויות כוכבים נקבעות על פי השוואה עם מספר כוכבים שבהירויותיהם נמדדו במדויק בטכניקות פוטואלקטריות. נקודת האפס של סקאלת המגני-טודות קבועה כעת באמצעות כוכבים סטנדרטיים הנבדקים לעתים קרובות. כשנדרשות בהירויות של מספר רב של כוכבים קל ביותר למצוא אותן באמצעות הצילום. אם נדרשות בהירויות נראות אפשרי להדמות (לערוך סימולאציה) את תגובת העין לאותן בהירויות ע"י שימוש בתחליב צילום שטופל כך שיהיה רגיש בעיקר לצהוב ולירוק, כשהאור שיגיע אליו מועבר דרך מסנן צהוב. בהירויות הנמדדות בדרך זו נקראות מגניטודות פוטו-ויזואליות/ "צילומיות-נראות"⁽⁸⁾.

הגדרת המגניטודות/בהירויות יכולה להתרחב, ולכלול גם עצמים שאינם כוכביים ושצורתם אינה ברורה או חדה. המגניטודה הכוללת או המשולבת מחושבת בסכומן של פלט האור מכל חלקי העצם. במקרה של עצם שהזווה שלו חזק במרכזו, ודועך בכיוון שוליו, ייתכן ויהיה צורך לפרט את האיזור בשמיים בו מצוי העצם. עבור עצם מאורך או נרחב מאוד, דוגמת גלקסיה קרובה, ייתכן ויהיה צורך למצוא גם את בהירות פני השטח, ביחידות של מגניטודה לשניית קשת מרובעת.

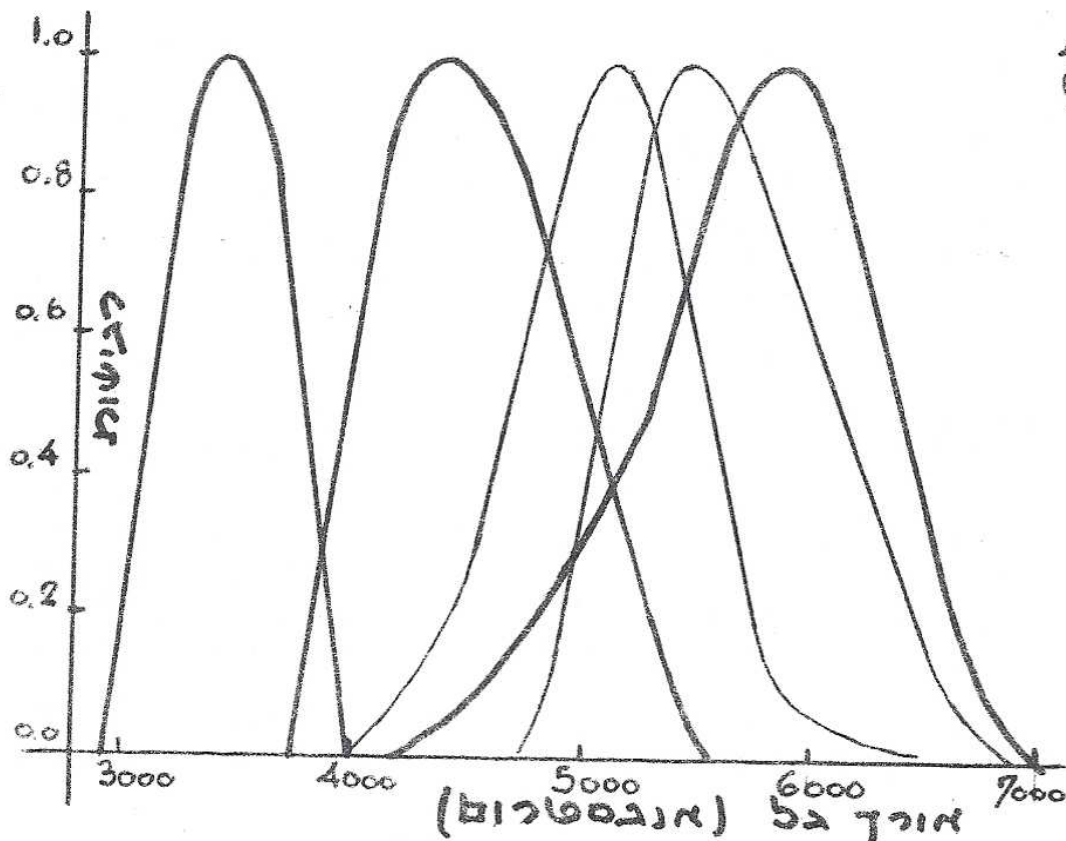
פוטומטריה רב-צבעית

הערכים המושגים עבור בהירויות נראות וצילומיות תלויים בתחום אורכי הגל שאמצעי המדידה רגיש לו; עבור מדידות מדויקות שניתן לחזור עליהן של פלט האור מכוכבים הנדרשות ע"י אסטרופיזיקה מודרנית, צריך להגדיר בדיוק את "רצועת" אורכי הגל בה משתמשים. מדידת עצמת האור בתחומים מסוימים של אורכי גל יכולה לעזור בקביעת הנתונים הפיזיים של הכוכב, דוגמת הטמפרטורה שלו. למטרה זו נעשו חלוקות לכמה מערכות סטנדרטיות של מגניטודות/בהירויות. שתי מערכות המצויות בשימוש יותר מן השאר, הן שיטת UBV של ג'ונסון ו-מורגן⁽¹²⁾ ושיטת UBV של סטרומגרן⁽¹³⁾. שיטות כאלו של בהירויות מגדירות מה שקרוי מערכת פוטומטרית, משמעותה בפשטות מדידת אור. שמותהן של השיטות נובעים ממסנני הצבע / פילטרים בהם משתמשות.

מערכת UBV

מערכת זו הוצגה לראשונה בשנות ה-50' והיא מצויה כיום בשימוש נרחב; שלוש המגניטודות במדדות תוך שימוש במסננים שאלו הם מאפייניהם:

	שם המגניטודה/בהירות	תחום אורכי הגל (אנגסטרם)	אורך גל של שיא העברה
U	על-סגול ULTRAVIOLET	3000 - 4000	3600
B	כחול BLUE	3600 - 5500	4200
V	נראה VISUAL	4800 - 6800	5200



בתרשים נראים עקומות ההעברה של המסננים השונים בהשוואה לתגובת העין האנושית (הקו המרוסק). הרגישות נמדדת לפי קנה מידה יחסי, ומצביעה על שיא ההעברה של כל מסנן.

חשיבות מיוחדת יש למה שקרוי "אינדקס (מדד) צבע", $(B - V)$ וכן $(U - B)$. אלו קשורים קרבה רבה לטמפרטורה ולזוהר של הכוכב. מדד צבע מוגדר כהפרש שבין הבהירויות הנמדדות בשני אורכי גל שונים. השיטה הפוטומטרית UBV המבוססת על תחומים רחבים של אורכי גל הורחבה לעוד שני תחומים שימושיים, R (אדום-RED) ו-I (אינפרא/תת-אדום-INFRARED) שמרכזי העברתם ממוקמים ב-6800 וב-8250 אנגסטרם בהתאמה. מערכת UVBY משתמשת במסננים בעלי תחום צר יותר של אורכי גל כדלהלן:

שם המגניטודה		עובי ה"רצועה" (אנגסטרם)	אורך גל מרכזי (אנגסטרם)
U	Ultraviolet על-סגול	300	3500
V	Violet סגול	190	4110
B	Blue כחול	180	4670
Y	Yellow צהוב	230	5470

גם במערכת זו קיים מושג אינדקס (מדד) הצבע, $(B - Y)$ הוא בעיקר פונקציה של טמפרטורת הכוכב, והמדד $(V - B) - (U - V)$ תלוי בזוהרו של הכוכב. יחס שימושי נוסף $(B - Y) - (V - B)$, הוא מציין את חלקם היחסי של היסודות הכבדים ממימן בהרכבו הכימי של הכוכב. הפוטומטריה הרב צבעית היא דרך טובה להשגת נתונים רבים על כוכבים, בזמן קצר יחסית.

בהירות מוחלטת

בהירותו היחסית של כוכב נקבעת ממרחקו מאתנו וגם מבהירותו האמיתית - זוהרו. בהירותו של כל מקור קרינה עומדת ביחס הפוך לריבוע מרחקו של הצופה מהמקור. הבהירות המוחלטת⁽¹⁴⁾ מוגדרת כבהירות (מגניטודה) שהיתה לכוכב אילו היה במרחק סטנדרטי מאתנו, מרחק שנקבע שרירותית כ-10 פרסק. מכאן שבהירות מוחלטת היא מידה של פלט האנרגיה העצמי או של הזוהר המוחלט של הכוכב.

ניתן ליצור משוואות שתקשרנה בין הבהירות המוחלטת M לבהירות היחסית m. נניח שכוכב מצוי במרחק D פרסק מאתנו; נסמן את זוהרו במרחק D בסימון L_D , ואת זוהרו במרחק 10 פרסקים בסימון L_{10} . מיישום חוק ריבועי המרחקים אפשר לכתוב:

$$L_{10}/L_D = (D/10)^2 \quad \dots (2)$$

ולכן מצירוף משוואות (1) אל (2) ניתן לכתוב

$$(D/10)^2 = (L_{10}/L_D) = 100^{-(M-m)/5} = 100^{(m-M)/5} = 10^{0.4(m-M)} \quad \dots (3)$$

אם נוציא לוגריתם לפי בסיס 10: $(2 \log_{10} D) - 2 = 0.4(m-M) \quad \dots (4)$

הכפלה ב-2.5 וסידור משתנים נותן: (5) $M = (5 \log_{10} D) - 5 = 5 \log_{10} (D/10)$

הגודל $(m - M)$ קרוי "מודולוס המרחק" (15):

הפרלקסה של כוכב הנמדדת בשניות קשת P קשורה למרחק (בפרסקים) בקשר הפשוט: $D = 1/P$, כך שלפעמים מבטאים כך את מודולוס המרחק

$$m - M = - (5 + 5 \log_{10} P) \quad \dots (6)$$

מושגים:

פרוטונים

חלקיקים תת-אטומיים, המצויים בגרעין האטום. גרעין אטום המימן הוא פרוטון בודד. מכיוון שכמות המימן בשמש אדירה, ומכיוון שהחום הרב השורר בה גורם לקריעת כל האלקטרונים השייכים לאטום מעליו, מצויים גרעיני מימן (= פרוטונים) רבים בשמש.

הספק

קצב התבצעות עבודה או לחליפין, קצב השתנות אנרגיה של גוף. יחידת ההספק, הוואט, שווה ג'אול אחד לשניה.

פוטואלקטרי

כל תהליך שאליו מתיחס מושג זה קשור בתהליך הפיכת אנרגיה אור לאנרגיה חשמלית. ע"י שימוש במתקנים פוטואלקטריים רגישים, ניתן להסיק, לפי ההבדלים בעצמות החשמל המתקבלות, את עצמות האור שפגעו במכשיר.

תחליב

שם עברי למילה הלועזית אמולסיה¹⁰. סוג צירוף חומרים בין תמיסה ותרופה. תחליב מסוים המכיל חומרים רגישים לאור על סרט שקוף יציב הינו סרט הצילום הרגיש לאור.

שניית קשת מרובעת

שטח בשמיים התחום ע"י 4 קטעי קשת גיאודטי ניצבים ושאינם שניות קשת אחת, שטח מרובע יכזה הקרוב מאד בצורתו לריבוע שווה בקירוב רב לשניית קשת בריבוע.

אנגסטרום

יחידת אורך. שווה 10^{-10} של מטר, או עשירית של ננומטר (nm). נקראת על שמו של המדען השבדי אנגסטרום.

שיא העברה

אורך גל זה (אורך גל "מרכזי") הוא אורך הגל בו מעביר המסנן יותר

קרינה מכל אורך גל אחר; כלומר, אורך הגל עבורו המסנן אטום פחות מכל.

מודולוס-

בעברית: מקדם. הכוונה כאן היא לעובדה שמקדם המרחק הוא הביטוי לריחוקו של הכוכב, בהיותו ההפרש שבין בהירותו היחסית של הכוכב (המלויה במרחקו) לבין בהירותו המוחלטת.

מחור: Cambridge Encyclopedia of Astronomy

- 1) Luminosity; 2) Hipparchus; 3) Pogson;
- 4) Visual Magnitude; 5) Bolometric Magnitude;
- 6) Bolometric Correction-B.C. 7) Photographic Magnitude;
- 8) Photovisual Magnitude; 9) Integrated Magnitude;
- 10) Emulsion; 11) Multicolor Photometry;
- 12) Johnson, Morgan; 13) Stromgren; 14) Absolute Magnitude; 15) Distance Modulus.

מאת: נח ברוש

הטלסקופים הגדולים בעולם

בטבלה הבאה אנו מביאים רשימה של עשרים הטלסקופים הגדולים בעולם. ריכזנו בה את הטלסקופים אוספי האור (אופטיים) בלבד ונכללו בה אף מכשירים שעדיין אינם פועלים.

מס'	שם הטלסקופ	המוסד	המיקום	קוטר (מ')	שנה
1	BTA	מצפה אסטרונומי מיוחד	קווקז, בריה"מ	6	1976
2	Hale	מצפה פאלומר	קליפורניה, ארה"ב	5	1950
3	MMT	מצפה וויפל	אריזונה, ארה"ב	4.6	1979
4	Herschel	מצפה רוקה דה לוס מוצ'צ'וס (בריטי)	איים קאנאריים ספרד	4.2	1986
5	-	מצפה סררו טולוטו	סררו טולולו, צ'ילה	4.0	1975
6	AAT	מצפה אנגלו-אוסטרלי	סידנינג, ספרינגס, אוסטרליה	3.9	1975
7	Mayall	מצפה קיט פיק	אריזונה, ארה"ב	3.8	1974
8	UKIRT	מצפה מאונה קאי	הוואי ארה"ב	3.8	1979
9	-	מצפה ארופאי דרומי	לה סילה, צ'ילה	3.6	1976

1979	3.6	הוואי, ארה"ב	מצפה מאונה קאי	CFHT	10
1983	3.5	קאלאר אלטו, ספרד	מרכז אסטרונומי גרמני-ספרדי	-	11
1979	3.0	הוואי, ארה"ב	סוכנות החלל ארה"ב	IRTF	12
1959	3.0	קליפורניה, ארה"ב	מצפה ליק	Shane	13
1968	2.7	טכסס, ארה"ב	מצפה מק-דונלד	-	14
1961	2.6	קרים, בריה"מ	מצפה קרימאי	Shajn	15
1976	2.6	ארמניה, בריה"מ	מצפה ביורקן	-	16
1977	2.5	קמפניס צ'ילה	מצפה לס-קמפניס	DuPont	17
1982	2.5	איים קנרים, ספרד	מצפה רוקה דה לוס מוצ'יצ'וס (בריטי)	I. Newton	18
1917	2.5	קליפורניה, ארה"ב	מצפה הר ווילסון	Hooker	19
1985	2.4	מסלול סביב כדור הארץ	סוכנות החלל ארה"ב	Space Telescope	20

יוצא מהטבלה ש-12 מ-20 הטלסקופים הגדולים בעולם נבנו בעשר השנים האחרונות. רק 4 טלסקופים גדולים נמצאים במחצית הדרומית של כדור הארץ. המאמץ בבניית טלסקופים גדולים נופל ברובו על האמריקאים (10 מתוך 20) אבל צריך לציין גם את המאמץ של ארצות אירופה השונות (7 מתוך 10)

בטבלה לא נכללו טלסקופים גדולים מסויימים שלא ברור באיזה שלב (בניה או תכנון) הם נמצאים. ביניהם טלסקופ 3.6 מ' למצפה האירופי הדרומי שבצ'ילה, טלסקופ של 7 מ' של אוניברסיטת טכסס וטלסקופ של 10 מ' של אוניברסיטת קליפורניה. לגבי טלסקופים אלו ובכלל לגבי גישות חדשות לבניית טלסקופים גדולים נקדיש רשימה באחד הגליונות הקרובים.



תרגם חנוך גרשט

3C324 - הגלקסיה הרחוקה ביותר

ה. ספינרד וס. ג'ורגובסקי⁽¹⁾ מאוניברסיטת קליפורניה, ברקלי, גילו כי גלקסיה בעלת בהירות 23 המזוהה עם מקור הרדיו 3C324 היא בעלת הסחה לאדום של 1,21; כלומר, קוי הפליטה בספקטרום של הגלקסיה מוסטים ב-121% מהערך הנמדד במעבדה. במקרה מעין זה קוים ספקטרליים המופיעים בד"כ בתחומי הכחול והעל-סגול מופיעים בתחומי התת-אדום הקרוב והאדום, בהתאמה.

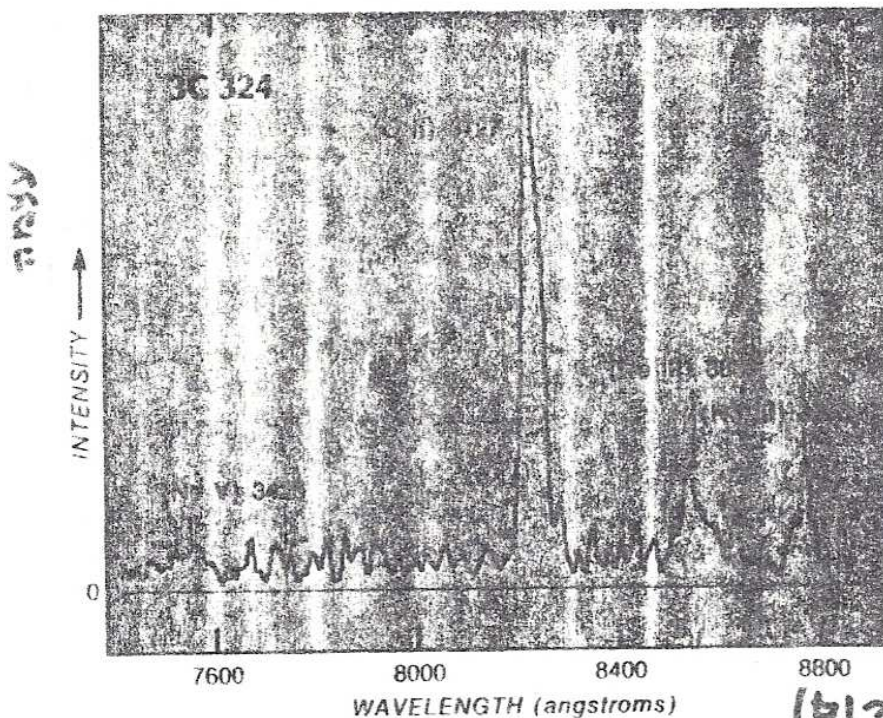
קוואזרים רבים אמנם מראים הסחה לאדום גדולה פי כמה, אך זוהי הגלקסיה ה"נורמלית" (ככל הנראה אליפטית ענקית) הרחוקה ביותר שנתגלתה עד כה. גילוי זה מגביל את הסבירות כי אף ערכי הסחה

גבוהים יותר, המזוהים עם עצמים אקזוטיים כקוואדרים, באמת מעידים על מהירות גבוהות הנובעות מהתפשטות היקום.

לתצפיות אלה השתמשו האסטרונומים בספקטרוגרף והמ"מ⁽²⁾ שהוצמדו לטלסקופ המחזיר בן 4 המטרים שבמצפה הלאומי בקיט פיק⁽³⁾. בעזרת ציוד זה ניתן למדוד בקלות את ההסחה לאדום של גלקסיות בבהירות 24 בתנאי שבספקטרום מופיעים קוי פליטה. כאשר העצם מראה בספקטרום רק קוי בליעה, מצטמצם גבול הצפיה לבהירות שאינה עולה על 22.5 וגם זאת בקושי רב.

צילום בעזרת המ"מ יוצר מערך של 350×800 אלמנטים היוצרים יחד את תמונת הספקטרום של כל העצמים המצויים בשדה הראיה של הספקטרוגרף ובכך ניתן להפריד את הקרינה המגיעה מהעצם הנבדק מקרינת הרקע המקיפה אותו - יתרון רב-משמעות כאשר מדובר בעצמים חלשים ביותר.

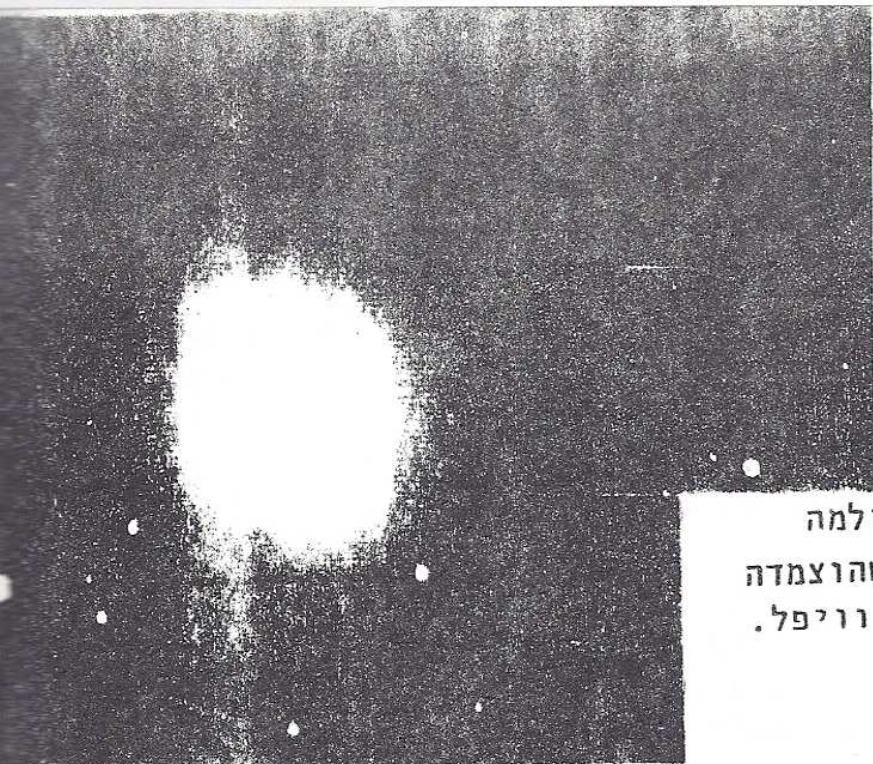
ממצא בלתי צפוי במחקר זה היה הגילוי של מה שנראה כמספר גלקסיות חיוורות (ככל הנראה בעלות בהירות 25) בקרבת 3C324. יתכן כי הגלקסיה היא למעשה חברה בצביר גלקסיות. צילום ישיר של האזור אמור לקבוע זאת בוודאות ואכן, ספינרד וג'ורגובסקי מתכננים לבצעו. *



איור 2 (אנגסטרם)

שרטוט גרפי של הספקטרום של 3C-324. שים לב לקו הפליטה האסור של החמצן המיונן שהוסט מתחום העל סגול לתחום התת-אדום הקרוב. אורכי הגל המקוריים (לא מוסחים) של קוים אחדים צורפו כאן לשם השוואה. באדיבות ה. ספינרד.

- 1) H. Spinard, S. Djorgovski; 2) CCD-Charge-Coupled Device; 3) Kitt Peak National Observatory.



החלק המרכזי של M31 כפי שצולמה באור הכחול ע"י מצלמת CCD שהוצמדה לטלסקופ בן 61 ס"מ שבמצפה וויפל.

גרעינה של הגלקסיה הספירלית הקרובה M31 שבקבוצת אנדרומדה והאזורים המקיפים אותו נחקרו לאחרונה ע"י סידרת צילומים שביצע סטפן מ. קנט(1), לשעבר ממכון האסטרופיזיקה הסמיתסוניאן שבהרוורד(2). גלקסיה זו מצטיינת בהפרדה ברורה הקיימת בין הגרעין הקטן שקוטרו כשתי שניות קשת לבין החומר המקיף אותו בבליטה המרכזית של הגלקסיה.

תצפיותיו של קנט, שתוצאותיהן נידונו במאמר ב-Astrophysical Journal, בעשו בסתיו 1981 בעזרת ה-MMT והטלסקופ המחזיר בן 61 ס"מ שבמצפה וויפל (3) - הממוקמים שניהם על הר הופקינס באריזונה. בהשתמשו ב-CCD (4) קיבל קנט תמונות באורכי הגל של הכחול - 4690 א' והאדום - 4500 אנגסטרם. ניתוח המידע שנלקבל מגלה עקבות וודאיים למערכת "כתמי" אבק המכסים את האזור המרכזי של הגלקסיה.

ע"י בדיקת תמונות ה-MMT ומידע אחר חישב קנט את בהירות פני השטח, זווית המצב ופחיסות הבליטה המרכזית של הגלקסיה כפונקציה של המרחק לאורך 160 שניות קשת מן הגרעין. מודל דינמי פשוט חיקה את עקומת הבהירות של הגלקסיה עצמה במרחק 0.12 עד 18 דקות קשת ממרכזה. ממודל זה ניתן להסיק כי גודל היחס מסה/אור עבור הגוש המרכזי הוא 3.2; כדי לפלוט כמות קרינה הזהה לזו של השמש דרושה על פני M31 חומר של כשלוש מסות שמש.

המידע שבידינו תואם גם מודלים דינמיים אחרים, ויש לכלול גורמים נוספים כמו סיבוב הגלקסיה והשפעת הגרעין המסיבי כדי לייצג בשלמות את החלק המרכזי של M31. ממחקר זה ניתן לראות את חשיבותו של מידע מדויק בבחירת המודל המתאים בין האפשרויות הקיימות. לדבריו של קנט "פירוש מלא של התהליכים הקורים במערכת הכוללת את הגרעין וחומר הבליטה בגלקסיה M31 יבוא רק לאחר תצפיות מדויקות על השתנות המהירות ואופן סיבוב הגלקסיה לאורך ציריה". אסטרונומים אחדים כבר החלו במחקר של נושאים אלה.



1) Stephen M. Kent; 2) Harvard Smithsonian Center for Astrophysics; 3) Whipple Observatory; 4) CCD: Charge-Coupled Device, (מתקן מטענים נצמדים - מ"מ"נ).

תקופה: סוף האביב

פרויקט: Lib-1

מאזניים (LIBRA)

הקבוצה: קבוצה קטנה דמוית עפיפון, איננה כלל וכלל מזכירה מאזניים.
ביחוד העקרי של קבוצה זאת הוא בשמות המופלאים של כוכביה.

שמות הכוכבים:

α זובין-אל-גנובי	על"ש 14:45	נטיה $15^{\circ}35'$	זוהר כוכב כפול
β זובין-אש-חמלי	15:12	$9^{\circ}01'$	2.7

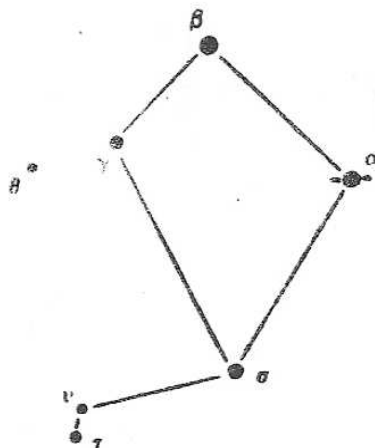
--- חרגם את שמות הכוכבים.

שעה (זמן עולמי):

תאריך הצפייה:

מכשיר אופטי:

הצוה:



רשמים:

צבע

α כוכב כפול. זוהר המרכיבים 3 ו 3.5, מריק זוייתי גדול ($203''$) עד כי חדי עין מסוגלים להפרידו בעין לא מזויינת. האם הצלחת?

β מאזניים הוא הכוכב היחיד מצבע _____ אשר ניתן לצפייה בעין לא מזויינת. כל האחרים חיוורים מאד ועל פי רב הם המרכיב החיוור של כוכב כפול.

δ מאזניים הוא כוכב משתנה מסוג אלגול. זוהרו נע מ 4.9 ועד 9.2, ולפיכך ניתן לצפות בו באמצעות משקפת שדה. זמן המחזור הוא 51 דקות, 7 שעות, 2 ימים. הוא התגלה ככוכב משתנה כבר בשנת 1859.

הקור:

מאזניים היא אחת מהקבוצות השוכנות על המילקה. שרטט את מעבר המילקה דרך הקבוצה.

תקופה: אביב/קיץ

פרויקט: CB-1

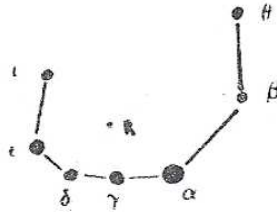
כתר צפוני (CORONA BOREALIS)

הקבוצה: קבוצה קטנה, אך קל מאד למצוא אותה: חפשה על קו הנמחה מארקטורוס לווגה. שבעה כוכבים קטנים מסודרים בחצי עיגול. הכוכב המפורסם בקבוצה הוא R כתר צפוני - משחנה מאד לא סדיר.

שמות כוכבים: α אלפיקה (גמא) על"ש 15:33 נטיה $53^{\circ} 26'$ זוהר 2.3
--- חפש את הפרוש לשם הקבוצה ולשם כוכב α שבה.

תאריך הצפייה: _____ שעה (זמן עולמי): _____

שם הצופה: _____ מכשיר אופטי: _____



רשמים:

צבע

R

צבע

 α

צבע

 ϵ

חקור:

כתוב דין וחשבון קצר על המשתנה R כתר צפוני. מה סווח השינוי של זוהרו. מה הסיבה לשינויים לא סדירים אלו? איזה מאורע עבר הכוכב בשנת 1866? צייר את עקומת האור של הכוכב:

תקופה: אביב

פרויקט: SER-1

נחש (SERPENS)

הקבוצה: יחודה של קבוצה זאת שהיא מורכבת משני אזורים נפרדים לחלוטין, כשקבוצה אחת (איזו ?) שוכנת ביניהם. בשרטוט שלהלן נכיר את ראש הנחש (SERPENS CAPUT), העשיר בכוכבי רקע.

שרטט והוסף את חלקה השני של הקבוצה הקרוי זנב הנחש (SERPENS CAUDA).

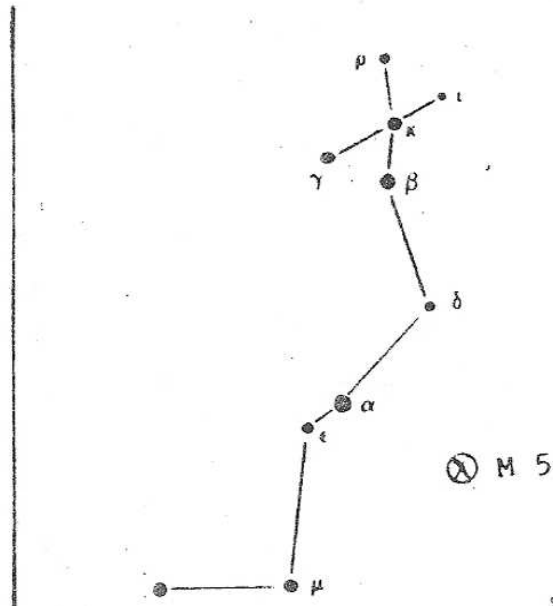
שמות כוכבים: α אונוק על"ש 15:42 נטיב $6^{\circ}35'$ זוהר 2.8

שעה (זמן עולמי):

תאריך הצפייה:

מכשיר אופטי:

הצופה:



רשמים:

M 5

כוכבים:

צבע

צבע

 α μ

צפה:

צפה ב ראש נחש, אמוד את המרחק הזוויתי בין המרכיבים _____, את זוהר שני המרכיבים ושרטט בהשתמשך בהגדלה נמוכה את הכוכב.

ציין את ההגדלה במינימלית שהפרידה בין המרכיבים.

הערך את זוהר המרכיבים: _____ ו _____.

מהו צבעם ? _____ ו _____.

חקור:

בדר מהו המספר הכולל של הכוכבים בצביר M 5.

האם צביר זה מדורג כצביר גדול. בינוני או קטן ?

פרויקט: Her-1

תקופה: סוף האביב/קיץ

הרקולס (HERCULES)

הקבוצה: קבוצה גדולה בעלת כוכבים רבים. בחור תחומי הקבוצה התגלו מספר כוכבים חדשים (נובה). גרם השמים הבולט ביותר הוא M13, הצביר הכדורי הבהיר ביותר בשמי הצפון. --- קרא באתר מספרי המיתולוגיה על הרקולס.

שמות כוכבים: α ראש אלגטיעל"ש 17:12 נסיה $+14^{\circ}27'$

זוהר משתנה מ 3.0 - 6.1 באופן לא סדיר

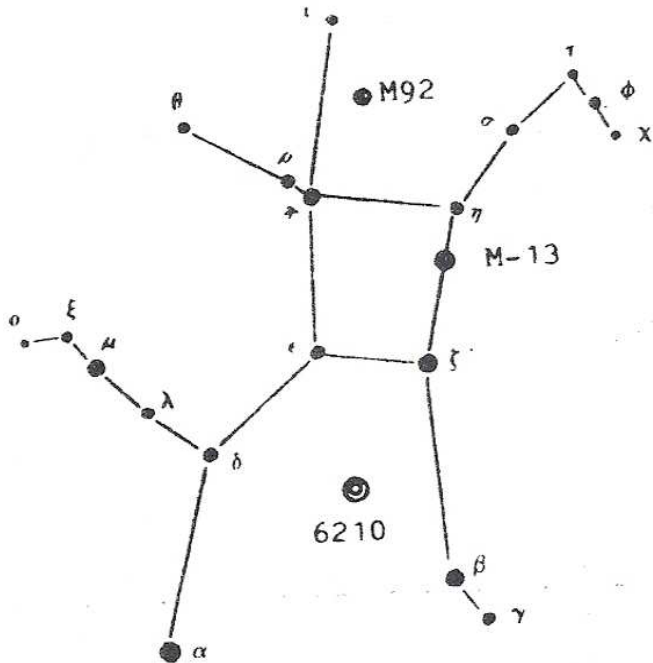
--- מה פרוש השם?

תאריך הצפייה: _____

הצופה: _____

שעה (זמן עולמי): _____

מכשיר אופטי: _____



רשמים: _____

צפה בגרמי השמים שלהלן - רשום ושרטט רשמים.

M13

NGC 6210

M92

כוכבים: _____

 α β

חקור והשלם:

עובדות אודות M13: מרחקו _____

לפי ההערכה מובלים בו _____

הוא כולל כוכבים מיוחדים _____

שנות אור, קוטרו _____ שניות קשת,

כוכבים, גילו _____ שנים,

מעבד: נח ברוש

חקר מערכת השמש עד שנת 2000

ב-20 השנים שבין טיסת החללית מרינר 12⁽¹⁾ ליד נגה ועד למפגש ה-וויג'י'ר⁽²⁾ עם שבתאי, נשלחו חלליות אל גרמי שמים מדי כמה חדשים. חלליות הגיעו ראשית אל הירח, לנגה ולמאדים ואחר כך לכל כוכבי הלכת שהיו ידועים בימי הביניים, מכוכב חמה ועד שבתאי.

בעיות הכלכלה העולמית אילצו את מעצמות העל ששילחו חלליות אלו לצמצם את פעילותם. עקב כך, התכנסה ב-1980 ועדה מיעצת ליד סוכנות החלל של ארה"ב⁽³⁾ להמליץ על צרכי המשק של חקר מערכת השמש. הועדה ניסחה תכנית מחקר לטווח ארוך המבטיחה ביצוע משימות מחקר חשובות בחקר משפחת השמש בד בבד עם חסכון מירבי בכסף.

הוגדרו ארבע מטרות לחקר מערכת השמש, ואלו הן:

- א. קביעת המקור, ההתפתחות ומצבה הנוכחי של המערכת;
- ב. הבנת כדור הארץ ממחקרים השוואתיים של כוכבי לכת;
- ג. הבנת הקשר שבין ההתפתחות הכימית והפיזיקלית של מערכת השמש להופעת החיים;

ד. סקר המשאבים שבחלל הקרוב לכדור הארץ.

מטיסות החלל הבסיסיות עליהן המליצה הועדה נזכיר ארבע, בעלות העדיפות הגבוהה ביותר.

1. ממפה מכ"מ של נגה;
2. לוויין של מאדים למחקר גיאולוגי ומטאורולוגי;
3. חללית למפגש עם שביט ו/או אסטרואיד;
4. ממפה מכ"מ וחללית בדיקה לטיטאן⁽⁴⁾.

לוח הזמנים לביצוע טיסות אלו מבשר שהשלוח הראשון, של חללית המכ"מ אל נגה יתבצע ב-1988, החללית למאדים ב-1990, החללית למפגש עם שביט ב-2 / 1990 והחללית לטיטאן ב-1988/92. מפאת אורך הטיסות השונה יתקבלו הנתונים מחלליות אלו בין השנים 1988 ועד שנת 2000 (לגבי החלליות שתפגוש שביט או אסטרואיד).

ומה החשיבות המדעית של משימות מחקר אלו? ובכן, ידוע שנגה מכוסה מעטה עננים עבה ואין אפשרות לצפות ישירות אל פניו. לכן, הדרך היחידה ללמוד על מבנה הקרקע על פני כוכב לכת זה הוא מיפוי בעזרת גלי מכ"מ. נזכיר שזה זמן רב מתבצעים תצפיות מכ"מ אל נגה מכדור הארץ. לצורך זה משתמשים באנטנת טלסקופ הרדיו שבארסיבו⁽⁵⁾ שקוטרה כ-300 מ'. לחללית שתקיף את נגה כלווין קרוב יש יתרון בולט בעצם המרחק הקטן לגרם הנחקר. לכן, לסיכום, כדי לחקור את נגה בעזרת גלי מכ"מ, עדיף לשלוח חללית שתכנס למסלול סביב כוכב הלכת ותבצע את משימתה מהמסלול.

נגה ומאדים הם שני כוכבי הלכת הדומים ביותר לכדור הארץ במשפחת השמש. לכן החשיבות הרבה בחקרים היסודי ולכן גם העדיפות הגבוהה שניתנה לממפה מכ"מ של נגה וגם לחללית הלוויין של מאדים למחקרים

גיאולוגיים ומטאורולוגיים. המטרות העיקריות של חללית אחרונה זו הן קביעת ההרכב של השכבות העליונות של מאדים וגם קביעת התפקיד שמים משחקים על פני כוכב הלכת.

המשימה השלישית שנכתבה על ידי הוועדה, החללית למפגש עם שביט או אסטרואיד, נועדה לחקור גופים במערכת השמש שכנראה שרדו בלי שינוי מהווצרות המערכת כולה. מחקר גופים אלו עשוי לזרוע אור חדש על תהליך ההיווצרות ועל ההסטוריה הקדומה ביותר של מערכת השמש. מפגש עם שביט אמור לאפשר מחקר מעמיק של גרעין השביט, דבר שאינו אפשרי כלל עם חלליות המבצעות מפגש מהיר, כאלו שמתוכננות לצפות בשביט של האליס⁽⁶⁾.

לבסוף, החללית שנועדה להגיע לטיטאן עשויה לקבוע את ההרכב הכימי של אטמוספירת לווין גדול זה של שבתאי ואת טבע פניו שעדיין לא ניצפו. כנגה, עטוף טיטאן באטמוספירה עבה, אלא שהרכבה הוא לרוב חנקן, עם כמויות קטנות יותר של מתאן וארגון⁽⁷⁾, וגם חומרים אורגניים שונים. הרכב אטמוספירי זה דומה כנראה להרכב המקורי של אטמוספירת כדור הארץ.

בנוסף לארבע חלליות אלו מתוכננות טיסות נוספות ומטרותיהן כלהלן:

א. חללית לבדיקת הקשר וההשפעה ההדדית שבין השכבות העליונות של אטמוספירת מאדים עם רוח השמש;

ב. חללית לבדיקה יסודית של הרכב האטמוספירה של נגה;

ג. חללית למיפוי ההרכב הגיאולוגי ותכונות אחרות של פני הירח ובפרט קביעה סופית לגבי האפשרות לקיום קרח של מים ואולי קרח של גזים אחרים בקטבי הירח;

ד. חללית שתנחת על מאדים ותקבע שם תחנות סאיסמיות (לרעידות אדמה) ומטאורולוגיות ולחקר הרכב פני מאדים;

ה. חללית שתחזיר דוגמה מהחומר בו מורכב שביט למעבדות על כדור הארץ;

ו. חללית שתחלוף ליד מספר אסטרואידים ותכנס למסלול של לווין סביב אחד מהם;

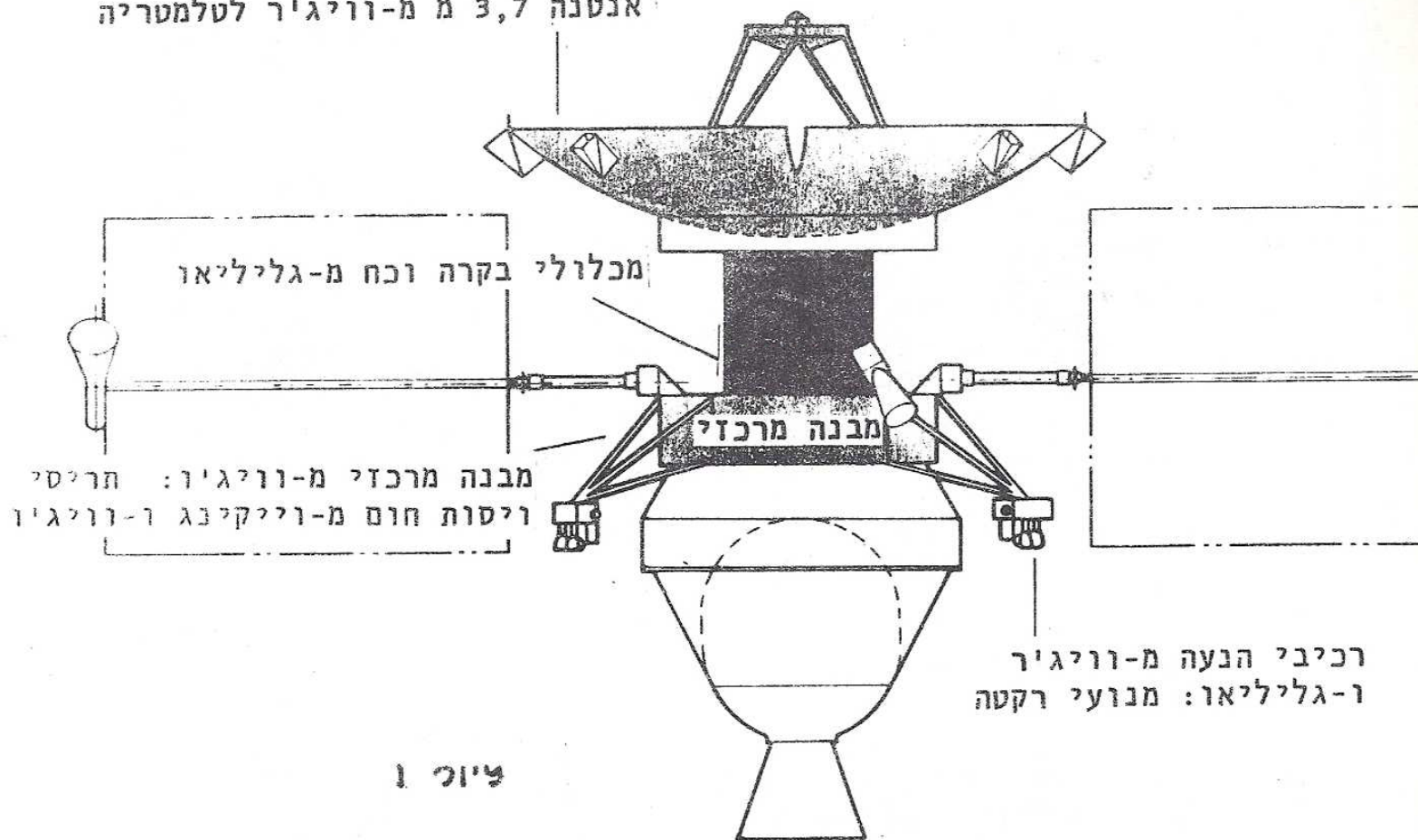
ז. חללית שתחקור אחד האסטרואידים המתקרבים מאוד לארץ;

ח. מקיף שבתאי לחקר ירחיו, הטבעות ושדהו המגנטי;

ט. חללית שתחלוף ליד שבתאי ואורנוס לקביעת הרכב האטמוספירות.

בנוסף ניתנת עדיפות גבוהה לשתי טיסות לכוכבי הלכת הרחוקים, חללית שתחלוף ליד נפטון וחלקה אף יחדור לאטמוספירה, וחללית נוספת שתחלוף ליד פלוטו. כדי להגיע לגרמי שמים רחוקים אלו בזמן טיסה סביר, כלומר פחות מ-10 שנים, צריך להשתמש בשדה כוח המשיכה של צדק בדומה לטיסות של חלליות וויאג'ר⁽²⁾. עקב כך, ובהתחשב ביכולת כלי השלוח הקיימים, ההזדמנות הראשונה לטיסות כאלו תהיה כנראה מוקדם במאה הבאה.

אנטנה 3,7 מ-מ-וויג'ר לטלמטריה



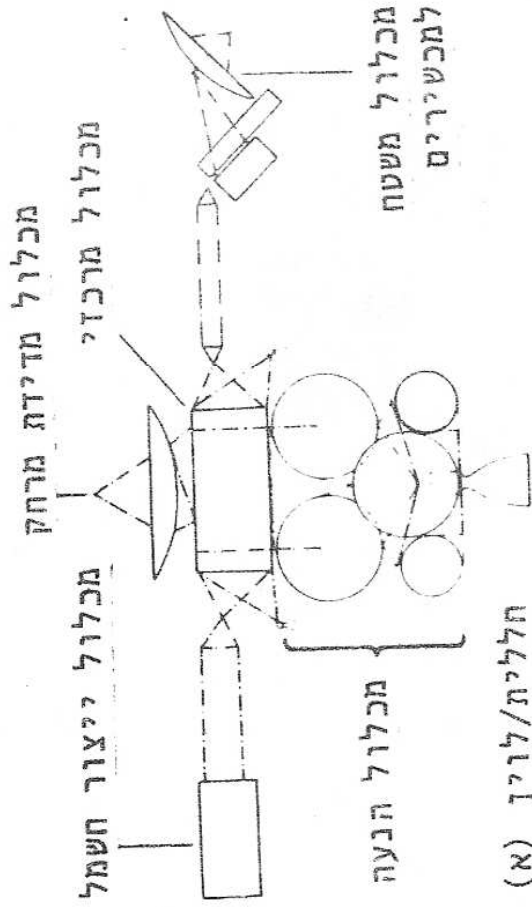
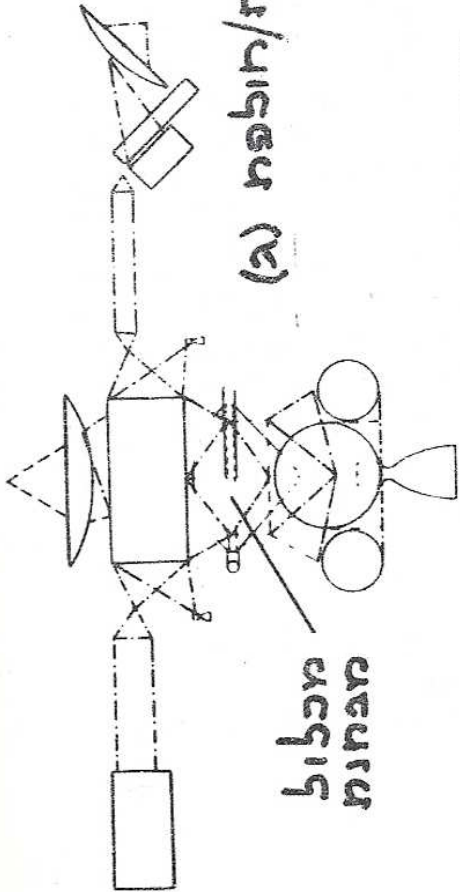
ציון 1

הועדה המיעצת של סוכנות החלל מציעה גם דרכים לצמצם את העלויות "האסטרונומיות" של תכניות מחקר אלו, כגון שימוש בחלליות קיימות שניתן להתאימן לביצוע המשימות הדרושות. דוגמה לכך היא החללית למיפוי נגה במר"מ (ציור מסי 1) המאחדת בתוכה רכיבים שפותחו עבור חלליות גאלילאו⁸, חללית וויאג'ר (Voyager) וחללית ויקינג⁹. מסתבר שגישה זו לא יכולה להבטיח חללית יעילה למטרת חקר שביטים ואסטרואידים ולחקר כוכבי הלכת הרחוקים. לשם כך תפותח במרכז להנעה סילונית¹⁰ חללית חדשה בשם מרינר סימן II¹¹ שתהיה זולה ופשוטה ובאותו זמן בעלת יכולת טיסה רחוקה. חללית זו תשולח בעזרת המנוע קנטאור¹² ממסלול סביב כדור הארץ, לשם תובא על-ידי מעבורת החלל. דוגמאות לתצורות שונות של חללית רב-שימושית זו אנו מביאים בציור מסי 2. כל מבצעי חלל מרשימים אלו יעלו, אם יאושרו, רק כ-300 מיליוני דולרים בשנה (לפי ערך הדולר של 1984).

ומתי החללית הישראלית הראשונה?

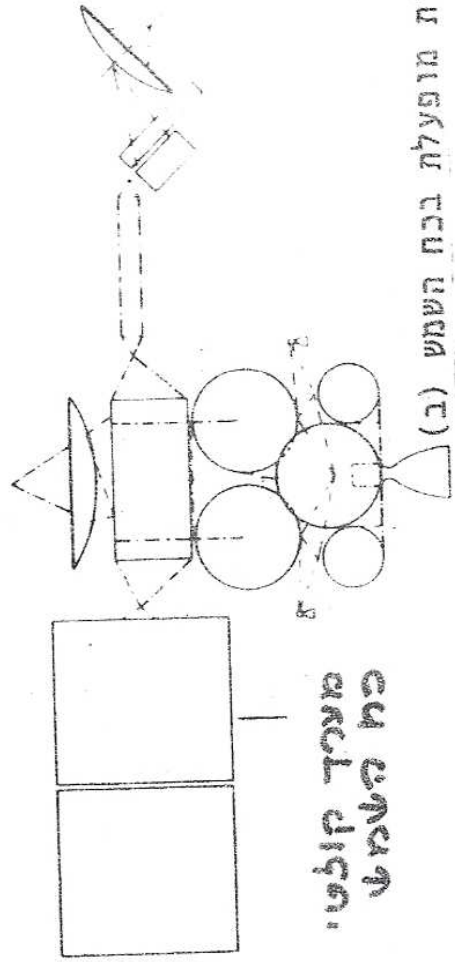
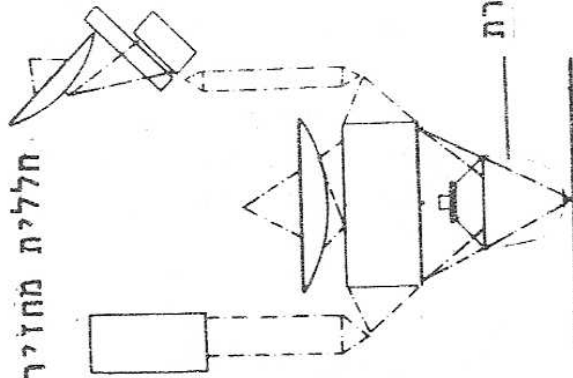
- 1) Mariner 2; 2) Voyager 2; 3) NASA; 4) Titan;
- 5) Arecibo; 6) Halley; 7) Methane, Argon;
- 8) Galileo; 9) Viking; 10) Jet Propulsion Laboratory;
- 11) Mariner Mark II; 12) Centaur.

חללית מבחנת/חולפת (ג)



חללית/לויין (א)

חללית מחזירה מדגמים (ד)



חללית מופעלת בכח השמש (ב)

מאגזין קולטי כח השמש

ציון 2

✶

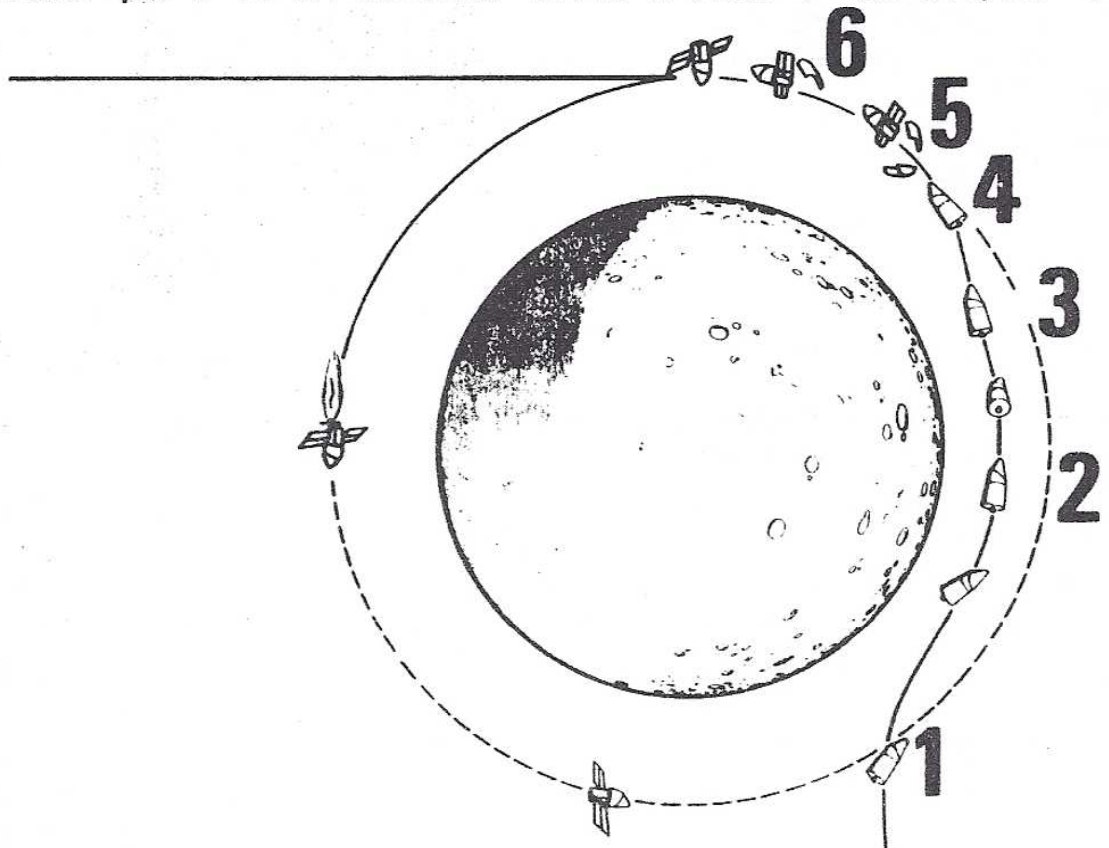
לכידת חלליות בעזרת אטמוספירה

עיבוד: נח ברוש, מתוך עתון. האוניברסיטה הלאומית של אוסטרליה.

לכידה בעזרת האטמוספירה, לפי השם, היא שיטה לבלימת חלליות על ידי שימוש בכוח הגרר האווירודינמי. כוח זה נוצר כאשר חללית חודרת לאטמוספירה של כוכב לכת. כעת מתבצעת בלימה זו בעזרת מנועים רקטיים, וצורכת כמות משמעותית ביותר של חומר הודף. דבר זה מקטין בהרבה את כושר נשיאת המטענים של החללית.

דוגמה מאלפת לכך היא חללית הוויקינג⁽¹⁾ לחקר מאדים. כאשר ניצבה חללית זו על קן השיגור בקיפ קנוורל⁽²⁾ ב-1975, שקל הטיל הנושא, מסוג טיטאן/קנטאור⁽³⁾ 670 טון. מזה 99% ויותר היו חומרים הודפים, דלק נוזלי ומוצק להעפת הטיל מעבר להשפעת כוח המשיכה של כדור הארץ. לאחר 11 חודשי טיסה, הגיעה החללית, ששקלה אז רק 8 טון לסביבת מאדים. כדי להבטיח לכידה למסלול לוויני סביב מאדים היה צורך "לבזבז" 4 טון דלק.

כדי להגדיל את המטען היעיל של חלליות האמורות להגיע לסביבות כוכבי לכת בעלי אטמוספירה, חוקרים כעת במספר מקומות בעולם אפשרויות השימוש באטמוספירות אלו לבלימת החלליות. דוגמה לכך היא חללית המתוכננת להכנס למסלול הקפה סביב שבתאי. החללית אמורה לפגוש את ירחו הגדול של שבתאי, טיטאן⁽⁴⁾ ולחדור, לשם בלימה, אל תוך האטמוספירה שלו. נזכיר שתצפיות מכדור הארץ וגם צילומים ומדידות מחלליות הוויאג'ר⁽⁵⁾ הראו שלירח ענק זה אטמוספירה צפופה יחסית. מסלול החללית ייראה כנראה כמו בציור מס' 1. בנקודה מס' 1 החללית תחדור לאטמוספירה של טיטאן ותבלום



דרכה עד לנקודה 4. שם החללית תסיר מעליה המגן האוירודינמי ובנקודה 6 תעזוב את טיטאן בדרך לשבתאי. בצורה כזו, חישבו מדעני סוכנות החלל של ארה"ב⁶, אפשר יהיה להכפיל את המטען המדעי היעיל של החללית.



- 1) Viking; 2) Cape Canaveral; 3) Titan/Centaur;
4) Titan; 4) Voyager 6) NASA.

2 -

מאת: נחום ערב

תצפית מטאורים

במאמר הפעם שלושה חלקים: התיאוריה של מטאורים, חקר מטרות חזקים, ושל מטרות חלשים. במאמר הבא ארחיב על נושא התיאוריה וכן הצילום, ביחד עם נושאים חדשים נוספים. מעט תיאוריה

במוקדם או במאוחר לא יסתפק צופה המטאורים בתצפיות בלבד, וירצה גם להבין מהם מטאורים, מהיכן הם מגיעים, מה מהירותם, מה גודלם, וכד'. לשם כך נדון מעט בתיאוריה של המטאורים.

מהו מקור המטאורים?

לפי כל העדויות שבידינו, מקורם של כל המטאורים הוא במערכת השמש. לכל גוף שמקורו במעלה"ש מוקנית מהירות מסוימת עקב אנרגיית הכבידה של השמש; כלומר, אם גוף נפל לכיוון השמש ממרחק גדול (בסדר גודל של 100 יחידות אסטרונומיות) עד למסלול כדור הארץ תוקנה לו מהירות מסוימת. חישוב פשוט יראה שלמהירות זו חסם עליון (V_0) . מכיוון שכדור הארץ מסתובב בחלל במהירות קבועה (V_1) ביחס לשמש, המהירות הגבוהה ביותר שיכולה להיות למטאור ביחס לכדה"א היא $V = V_0 + V_1$. כל מטאור שמהירותו הנצפית גבוהה מזו, חייב לבוא מחוץ למעלה"ש, משום שאחרת לא יכול היה לצבור מהירותו הגבוהה. ע"י חישוב נקבע שהחסם העליון עבור V הינו 72 ק"מ לשניה, ועד היום במאות רבות של מדידות מהירות לא נתגלה מטאור מהיר מזה - כלומר, לפחות הרוב המוחלט (למעלה מ-99.9%) מהמטאורים מקורם במעלה"ש.

כיצד נוצרו המטאורידים?

ידוע לנו שלפחות בחלקם הגדול של המטאורים (במובן מטאורידים) מקורם בשביטים. כאשר שביט מסוים מתקרב לעבר השמש, פועלים עליו כוחות רבים השואפים לפוררו; אם השביט מחזורי, אזי בכל מחזור מצליחים אותם כוחות לקרוע ממנו חלק מהחומר שבו, אבל מכיוון שלחלקיקים שכך הועפו מהירות נמוכה מאוד ביחס לשביט עצמו, אין אלה מוסטים בהרבה ממסלולו הוא. במרוצת הזמן ואחרי הרבה מעברים, יתפזרו החלקיקים לאורך המסלול כולו, נעים לאורכו במסלולים כמעט מקבילים אחד לשני. כאשר כדוה"א חוצה מסלול כזה יתכן שהשביט עצמו רחוק מאוד או אף נהרס כליל, אולם המטאורים עדיין נעים במסלולו הישן ובחלקם יפגעו בכדה"א. מכיון שכולם מקבילים פחות או יותר, יראו כל המטאורים כאילו יצאו מנקודת מוצא משותפת - הרדיאנט (המקור המקריין) - אם נשליך לאחור את מסלוליהם. תופעה זו נובעת

מפרספקטיבה בדומה לקוים מקבילים כמו למשל פסי רכבת, הנראים לצופה לאורכם כאילו נפגשים בקציהם המרוחק, למרות שהינם למעשה מקבילים לכל אורכם. לגבי רבים מהמטרות זוהה שביט האב, ואם לא זוהה משערים שנהרס במשך הזמן והפך כולו לחומר מטאורידי.

ככל שחולף יותר זמן מתפזרים המטאורים יותר ויותר - צפיפות החומר ליחידת/נפח חלל יורדת עד אשר בסופו של דבר לא ניתן עוד להבחין במטר. רוחב המטר בקרבת כדה"א יכול להגיע עד מעל 50,000,000 ק"מ, כמו למשל במקרה הקפריקונידים. ככל שהמטר צעיר יותר הוא צר יותר - כלומר משך פעילותו קטן יותר וצפיפות החומר גבוהה יותר. אך בכל מקרה כמות החומר המטאורידי ליחידת נפח בחלל היא נמוכה ביותר; כך במטר הפרסאידים הצפוף יחסית הצפיפות הרגילה אינה עולה על מטאוריד אחד בכל 500,000,000 ק"מ מעוקבים של חלל (הכוונה למטאורים גדולים דיים כדי שייראו בעין אם יתנגשו בכדה"א). צפיפות החומר המטאורידי עצמו נמוכה מאוד והיא מסדר גודל של $0.05 \text{ גרם} \times 10^{-3} \text{ ס"מ}^3$, פחות מצפיפות השעם. עובדה זו מסבירה את התופעה התמוהה הבאה: אם ניקח קוביית נחושת בנפח סמ"ק ונכניסה לאטמוספירה במהירות של מטאור ממוצע, הקובייה כלל לא תתייבן ולכן לא תיווצר תופעת המטאור: מאידך, אם נשתמש בקובייה דומה מעץ שעם נשיג ייבון ולכן נוכל לראות מטאור.

מכיוון שהמטר כולו נובע למעשה מהשביט, הגיוני לצפות שבקרבת אותו שביט יגדל מספר המטאורים ליחיד נפח חלל בהרבה, ואמנם קיימת תופעה זו והיא הגורמת לסערות המטאורים. (עוד על סערות מטאורים בהמשך). כדאי לשים לב לתופעה נוספת והיא תנועת הרדיאנט; עקב תנועות כדה"א סביב השמש נראה זה נע בשמיים ומיקומו יכול להשתנות ב- 10° ויותר במשך חודש, בנוסף לכך גורמות פרטורבציות (הפרעות) במערכת השמש ותנועות מכניות אחרות למטר לשנות את מיקומו כעבור כמה עשרות או מאות שנים. כך גם תאריך שיאו של המטר משתנה בימים אחדים על פני טווח זמן כזה.

עד כאן דיברנו על מקור אחד למטאורים אולם ישנו מקור חשוב נוסף - חגורת האסטרואידים; גם כאשר אנו מכלילים בה את החומר הנזרק מהגופים הגדולים במעלה"ש, כמו כוכבי הלכת והירחים, שכיחים מטאורים מסוג זה הרבה פחות, אולם רוב המטאוריטים נובעים מהם, כנראה מצפיפותם הרבה ומהירותם האיטית יחסית, וגם הרבה כדורי אש גדולים, כי גודלם משתרע על טווח גדול יחסית.

הבאנו מעט תיאוריה על קצה המזלג - המשך והרחבה במאמרים הבאים.

חקר מטרות חזקים

זהו הנושא המקובל ביותר לצופי המטאורים, וזאת בעבור מספרם הגדול של מטאורים הנצפים ומחזוריותם הסדירה (שנה שנה בתאריכים קבועים לכל מטר. משום כך, תצפיות במטרות חזקים יהוו נושא נח ראשון,

מומלץ לכל צופה מתחיל אך תחום זה כמובן אינו מיועד למתחילים בלבד.

פעילות החובב

עבודה מועילה ביותר עבור החובב הינה צבירת מידע סטטיסטי על המטר.
1. מדידת קצב זניט שעתי (הקז"ש), ספירת המטאורים הנראים משך כל שעה או חצי שעה תתן לנו את הקז"ש, בתנאי שנציין את שעת התצפית ואת הבהירות המינימלית. הקז"ש הוא אולי הפרמטר (הנתון המשתנה) החשוב ביותר במעקב אחרי מטרות מטאורים, ובמיוחד החזקים שבהם. אם נערכו מספיק תצפיות (ע"י צופה בודד או כמה צופים בנפרד) משך כמה לילות רצופים, ניתן לקבל את התפלגות עוצמת המטאורים ולהסיק מכך רבות על המטר עצמו. את הקצב השעתי (ק"ש) מודד כל צופה בנפרד, ואם הק"ש אינו עולה על 30, יכול צופה מאומן למודדו בד בבד עם רישום מפורט עבור כל מטאור בנפרד. צופים מתחילים או חובבים שאינם רוצים "להתאמץ" בתצפית מטאורים יכולים איפוא במעט מאמץ לאסוף מידע חשוב - ספירת מטאורים בלבד.

2. התפלגות בהירויות

כאן אנו אמורים לקבוע בהירותו של כל מטאור בנפרד; לאחר שבצורה כזו מצטברים כמה עשרות מטאורים, ניתן לקבל את התפלגות הבהירויות לפי מספר המטאורים שנראו בכל בהירות נתונה, וכמובן גם את ממוצע הבהירות. בנתונים אלה מידע רב ערך על גודלו ומסתו של המטאור. הכללים הבאים יביאו לתוצאות מדויקות:

א. כדי להעריך את בהירות המטאור עלינו לדעת את בהירותם של כוכבים רבים ככל האפשר, ואליהם נשווה את בהירות המטאור.

ב. נתון חשוב כאן הוא הבהירות המינימלית הנראית ויש לרשמה שומה לאורך התצפית. בקפידה.

ג. עם רבוי מספר המטאורים הנרשמים, יהיה הניתוח הסטטיסטי מדויק יותר; לכן כדאי לצפות במשך זמן רב ככל האפשר ולצבור מטאורים של אותו מטר מכמה לילות תצפית (פרט למקרים מיוחדים), כל זאת כדי להגדיל את מספר המטאורים לניתוח הסטטיסטי. סטטיסטיקות מעיין אלה המתפרסמות בירחונים שונים בעולם מכילות בדרך כלל מעל 100 מטאורים.

ד. אנו מעוניינים בנתונים הקשורים למטר אחד בלבד, לכן הצופה צריך לזהות את המטאורים שמחוץ למטר ולא לצרפם לרישום. הבדיקה היעילה ביותר היא להמשיך אחורה את נתיב המטאורים ולפסלו אם אינו מגיע לרדיאנט.

ה. כל צופה מודד בהירויות בנפרד, כך שלכל אחד יותאם מקדם סטיה האישי שלו.

ו. למעוניינים בעבודה מדויקת יותר, כאן המקום להזכיר כי מטאור

הנראה בבהירות 0 בגובה 30° מעל האופק, היתה בהירותו 2- לו היה מופיע בזניט, וזאת משתי סיבות: אנו מניחים שכל המטאורים מופיעים באותו גובה (100 ק"מ לערך); לכן מטאור הנראה 30° מעל האופק רחוק מאיתנו בהרבה ממטאור שנראה ישר מעלינו, והאור שבא ממנו עובר דרך ארוכה יותר באטמוספירה ואיבד יותר מעוצמתו. לעבודה מדויקת חייבים אם כן להתחשב בזה ולציין לגבי כל מטאור שנראה את גובהו מעל האופק, אם ע"י שרטוט מסלולו על גבי מפת הכוכבים, או ע"י רישום ישיר, כך שניתן יהיה לקבל את בהירותו המוחלטת, זאת הצפויה ממנו כשהוא מופיע בזניט בגובה של 100 ק"מ.

3. התפלגות אורכים

כדי למדוד את אורך המטאור במעלות קשת, כדאי להתאמן בהכרת מרחקים זוויתיים בין כוכבים שונים, כך שניתן יהיה להשוות בינם לבין אורך מסלול המטאור.

4. זמן מטאור, זמן שובל

זהו מידע חשוב לגבי טבע המטאור, להעריכו נכונה כדאי להתאמן הרבה כי השגיאות של צופה לא מנוסה גדולות מדי. כדי להתאמן בנושא רצוי להעזר בחבר המפעיל בו-זמנית פנס איתות ושעון עצר (סטופר).

5. מיקום הרדיאנט ושינויים בו

כפי שהוסבר בחלק העוסק בתיאוריה, נע מקור המטר במשך פעילותו וצופים מיומנים בשרטוט מטאורים יכולים בשרטוט קפדני לעקוב אחר תנועה זו. תוצאות טובות יותר יתקבלו ע"י צילום המטאורים, אולם כאמור, הצילום דורש מאמץ רב יותר.

משך זמן פעילות של מטר

כדאי לנסות לתפוס את ראשוני המטאורים במטר הנבדק ואת האחרונים שבו כדי להשוות את משך זמן פעילותו משנה לשנה.

עבודה מעניינת וחשובה יכולה להיעשות לגבי מטרות מטאורים סמוך להופעת שביט האב שלהם, כאשר הדוגמא הבולטת בעתיד הקרוב היא המטרות הקשורים לשביט האלי, האוריונידים והאקוורידים של מאי. כזכור, צפיפות החומר המטאורידי לאורך מסלול השביט אינה אחידה, וגדלה מאד בקרבת השביט (או האזור בו אמור היה להמצא). מעקב שיטתי אחרי הקז"ש, ימי הפעילות, התפלגות בהירויות, אירועים חריגים, בא כולו ללמדנו רבות על אותו שביט ועל הדינמיקה של מטר המטאורים הקשור בו, ולא רק לשביט האלי קשורים מטרות מטאורים אלא גם לשביטים רבים אחרים זוהו כאלה.

חקר מטרות חלשים

שדה פעולה זה מוזנח יחסית ודוקא משום כך מהווה כר נרחב לפעילות

מחקרית חשובה. הסיבות העיקריות לחוסר הפעילות בכיוון זה הן במספר המטאורים המועט והסבלנות הרבה הדרושה לקבלת תוצאות: עקב זאת דוקא ניתן כאן להגיע להישגים נכבדים ולו רק בגלל מיעוט הפעילות בנושא.

כיום מקוטלגים למעלה מ-800 מטרות חלשים, כאשר לגבי רובם המידע אפסי, ועוד רבים אחרים ודאי קיימים מבלי שנתגלו.

אפשרויות הפעילות בנושא

- א. מחקר שיטתי על מטרות ידועים: מטרות רבות נצפו פעמים בודדות בלבד ולכן כל תצפית על מטר חלש ערכה הסגולי גבוה. קביעת הקד"ש, זמן הפעילות והתפלגות בהירויות יתנו ודאי תמונה טובה של המטר, אולם אפילו אישור שהמטר פעיל או שאיננו פעיל באותה שנה הינו בעל ערך רב. מכיון שהמטרות האלו חלשות, צריך להקפיד ולזהות עד כמה שניתן אם המטאורים שנצפו אמנם מאותו מטר (כמובן בהמשכה לרדיאנט), ולא להתיחס לאלה שאינם שייכים אליו, ושהם בודאי יהיו הרוב.
- ב. אפשרות מעניינת אחרת היא מציאת רדיאנטים חדשים. דרך הביצוע היחידה (למעט צילום אינטנסיבי) היא שרטוט מדויק ככל האפשר של המטאורים, כאשר כללי היסוד לקביעת רדיאנט הם:

1. רדיאנט ייקבע ע"י לא פחות מ-4 מטאורים המתכנסים לאחור באזור שקוטרו פחות מ- 2° ואשר נצפו בלא יותר מ-4 שעות ע"י צופה אחד בלילה אחד, או
2. 3 מטאורים בלילה אחד ולפחות 2 בשני אשר נצפו בערך באותן שעות וממלאים את הדרישה בסעיף 1), או
3. שלושה מטאורים הממלאים את תנאי 1) יספיקו לאישור רדיאנט אם נראו בדיוק שנה אחת לאחר הקביעה הקודמת.
4. רדיאנט יקבע גם ע"י מטאור בודד שחושב מסלולו האמיתי באטמוספירה.
5. מטאורים שבהשלכתם לאחור רחוקה למעלה מ- $3\frac{1}{2}^{\circ}$ מהרדיאנט לא ישמשו לקביעת מיקומו.

- אנדריי ר. שרבן

ממדף הספרים

Taschenbuch fuer Planetenbeobachter - Taschenbuch No.4
Guenther D. ROTH, H. Haug, Chr. Kowalec, J. Meeus & W.
Schipke. 206 S. 1982. DM 30.-

ספר-כיס שימושי לצופה החובב ולכאלו, הרוצים להיות כאלה" ובו הדרכה ופרטים רבים על טלסקופים ואביזרים, צילום אסטרונומי, עיסוק ברדיו-אסטרונומיה, תאור הפרטים הניתנים לתצפית בכל אחד מכוכבי הלכת, כיצד לערוך רישומים ודיווחים. טבלאות רבות כגון תאריכי הניגודים של כוכבי הלכת, בתוך הטקסט, וביבליוגרפיה מקיפה משלימות את הספר.

ראה גם עמוד 94

רשת טלפונים - להפצת מידע לחברי האגודה

מטרה

העברה מהירה של מידע אסטרונומי עדכני כאשר הזמן הדרוש להעברתו בדרך המקובלת - מכתב או פרסום בעתון - לא היתה מאפשרת לחובבי האסטרונומיה להשתמש בו בעוד מועד.

כיצד פועלת הרשת

חבר ברשת המקבל הודעה טלפונית יעביר אותה לאלו הקשורים אליו בחיצים ממנו כלפי מטה: בדרך כלל יקבל חבר הרשת 2 הודעות כדי להבטיח שהמידע אכן יגיע לכולם. המטרה היא שעוד באותו יום בו יצאה ההודעה ידעו עליה כל חברי הרשת.

כיצד מופעלת הרשת

את הרשת יכול להפעיל אחד משלושת המפעילים, ששמם בשורה העליונה: נח ברוש, נתן אריה, נחום ערב. כל אחד מהם זכאי להפעיל את הרשת אם לפי שיקול דעתו חשוב שהמידע שבידיו יעבור לשאר החברים. אם לחבר אחר כלשהו מידע שלדעתו ראוי להעברה ברשת, יתקשר אל אחד משלושת המפעילים הנ"ל ויעביר לו את המידע. המפעיל יחליט אם להעביר את המידע ברשת ואם לאו.

שינוי במספר הטלפון

על כל שינוי במספר הטלפון יש להודיע לאחד משלושת המפעילים או בכתב לכתובת האגודה; כמו כן, לגבי מי שעוזב את הרשת מסיבה כלשהי.

חברי הרשת יקבלו פרטיה - שמות ומספרי הטלפון.

מפעילי הרשת: נח ברוש 03-420 580 (אוניברסיטה ת.א.),

נתן אריה 03-769 116,

נחום ערב 052-72 710.

האגודה, בשיתוף עם מכון ויצמן (השאלת מכשירים), הציבה עמדת תצפית בעיר הנוער השנתית בתל-אביב. העמדה אוישה ערב ערב בכמה חברים שהפעילו את המכשירים, הסבירו את הנראה - ירח וצדק בלבד וזה "לאור האור" הרב והאובך שבמקום. הצפיה התנהלה לרוב בסדר יחסי, נמסר מידע על האגודה ונרשמו אחדים לחברות.

סניף חיפה - בגליון הבא נביא במלואו את דו"ח הסניף מאת דבי סגל שהגיע לידינו עם סגירת הגליון הזה. דבי מספרת על פעילויות הכנה לצפיה בפרטאידים במסגרת החוג למטאורים, והכנת דו"חות תקנייים. בתכנית תצפית כוכב חמה ועצמי מסייה, עם צילום. ★

טלסקופ H.100 MIZZER כולל חצובה ומתקן כינון מראה 100 מ"מ f/10, עיניות 5, 8, 18 מ"מ ומתקן לצילום. מצב כחדש, 350 דולר. חרטונסקי אורי, אברבך 19, רמת-השרון, טלפון 03-484669.

