

אסטרונומיה

בטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה
כרך 26 ■ גליון 2 ■ יולי 2000 ■ מחיר: 30 ש"ח

השמש - בשיא הפעילות



נובה - מחקר ישראלי
צילום אסטרונומי דיגיטלי
ערפיליות פלנטריות - איך הן נוצרות?



100

אסטרונומיה

ביטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה

כרך 26 גיליון מספר 2 מאי-אוגוסט 2000

במערכת

שלום לכולם,

אני שמח לבשר שבתקופה האחרונה ישנה התעוררות גדולה מאוד בפעילות האגודה והחטיבות, וכמו כן במספר הכותבים וכמות החומר שבחוברת.

בחוברת זו נמצא מאמרים וידיעות מאנשים שעד כה לא היו מעורבים, או היו מעורבים חלקית בפעילות החוברת והאגודה. הצטרפו לשורותינו עופר אור (שגם נבחר לכהן בועד האגודה), ניר שוחט, סופר, המביע דעתו על ספרי אסטרונומיה, אסף שטול טראוינג, מרים אוריאל, שהיא מורה המתמחה באסטרונומיה, ובמיוחד באסטרונומיה בימי קדם. כמו כן, מצורפים לחוברת זו שלושה מאמרים מאת ד"ר אלון רטר, המכהן כד"ר לאסטרופיסיקה באוניברסיטת קיל באנגליה, שברצונו לעודד את שיתוף הפעולה בין אסטרונומים חובבים ומקצועיים.

ברבעון הנוכחי ישנם שני אירועים אסטרונומיים חשובים: שיא פעילות השמש ומעבר שביט חדש בקרבנו. האירוע הראשון הוא חוויה אסטרונומית מדהימה לכל אחד שיצפה בה. כמוכן, שיש לנקוט באמצעי זהירות חמורים כאשר צופים בשמש. אך ברגע שצופים בה – יש המון מה לראות. השביט החדש, ששמו LINEAR 1999S4, יכול לתת הצגה טובה, אך גם יכול לאכזב אותה מידה.

בחוברת זו שמנו דגש על כל ענפי האסטרונומיה. בענף האסטרופיסיקה נמצא את מאמרו של יגאל פת אל, העוסק במחקר ערפיליות פלנטריות, גרמי שמים המקמקים אך יפים. ד"ר אלון רטר, כתב שלושה מאמרים קצרים על המחקר שהוא עורך על נובות, שהן כוכבים המתפרצים באלימות. בענף האסטרונומיה התצפיתית, מרים אוריאל מסבירה במה כדאי לצפות בשמים בתקופה זו, ואיך צפו בה הקדמונים. כמו כן נרחיב, בסקירה של עופר אור ושלי, על תצפיות השמש ובשביט החדש.

במדורים הקבועים תוכלו למצוא סקירה אסטרונומית בימי קדם, מאת מנחם בן עזרא, מדור אסטרונומיה באינטרנט, ומדור חדש – סקירת ספרים. לסיום תוכלו לצפות בגלריית תמונות אסטרונומיות.

אילן פת
אילן פת אילן פת

3 באגודה

6 חדשות אסטרונומיה וחלל

11 אירועים אסטרונומיים

13 רוחות מהעבר – ערפיליות פלנטריות

20 כוכבים מתפרצים - נובות

24 סימורה של השמש

26 צילום דיגיטלי – איך, מה ולמה

29 ספרים רבותי

31 מדרוך לשמי האביב

33 אסטרונומיה בימי קדם

34 אסטרונומיה באינטרנט

35 גלריה

אסטרונומיה

ביטאון האגודה הישראלית עמותת מס' 58-004-867-6 לאסטרונומיה

מצפה הכוכבים גבעתיים, גן העלייה השנייה גבעתיים
ת.ד. 149 גבעתיים 53101 טל. 03-5731152

אינטרנט [Http://www.astronomy.org.il](http://www.astronomy.org.il)

שירותי משרד - קוסטוס, רחוב הרוא"ה 41 רמת גן
ת.ד. 10834 רמת גן 52008 טל. 03-6724303 פקס. 03-5799230

Astronomy, Israeli Astronomical Association

The Givatayim Observatory,

Second Aliya Park, P.O.B 149, Givatayim 53101

מערכת ועריכה גרפית: מורן נחשוני ויגאל פת-אל

מחיר מנוי שנתי 100 ש"ח

מחיר חוברת בודדת 25 ש"ח

שער קדמי- השמש הפעילה, כפי שצולמה ע"י חלילית המחקר האמריקאית – אירופאית SOHO.

שער אחורי- תוך כדי טיול במרחבי אוסטרליה, צילם עודד אברהם, מסגל מצפה הכוכבים בגבעתיים, תמונות של גרמי שמים שאינם נראים מאזור חצי הכדור הצפוני. בתמונה – ערפילית "חור המנעולי" שבקבוצת קארינה. במרכז הערפילית חבו הכוכב המסתורי אטא קארינה, שלו מייחסים מאסה אדירה של 100 ואף יותר מאסות שמש.

מה באגודה

להלן תוכנית המפגשים הבאה:

חטיבות האגודה

ערבי תצפית בנווה שלום

לאחר הצלחה רבה בכמה ערבי תצפית, בהם נכחו עשרות אנשים, אנו ממשיכים במסורת שיצרנו באתר התצפית בנווה שלום.

ערבי פעילות יתקיימו במועדים הבאים:

23 ביוני

28 ביולי

25 באוגוסט

הערבים יתקיימו בנווה שלום (על יד צומת לטרון). לתיאום סופי יש לפנות אל מורן נחשוני, טלפון 058-368288, או לקבל פרטים באתר האינטרנט של האגודה.

חטיבות האגודה קיימו מספר מפגשים במצפה הכוכבים בגבעתיים ובין הנושאים שעלו לדיון היו:

בכל מפגש נכחו בין 40 ל-50 איש. במפגשים דובר על תצפיות בהתכנסות כוכבים על ידי אסטרואידיים והירת, צילום בעזרת CCD ומטר המטאורים של הליאונידים.

בנוסף, התקיים ערב מיוחד בו הרצה די"ר אלון רטר. אלון דיבר על מחקריו על נובות, ועל חשיבות התרומה של חובבים למחקר האסטרונומי המקצועי.

להזכירכם, ההשתתפות בחטיבות אינה כרוכה בתשלום כלשהו אך המשתתפים מקבלים מידע על אירועים אסטרונומיים, ערבי תצפית וכדומה. המעוניינים יפנו בדואר או בפקס כדי להירשם.

ערבי עיון

ערבי העיון מתקיימים בימי חמישי, בשעה 21:00 במצפה הכוכבים בגבעתיים

תאריך

נושא

25 במאי	תצפיות בכוכבים משתנים בעין ובטלסקופ
15 ביוני	לקראת ההופעה של השביט S4 בחודש יולי
13 ביולי	צילום שמים באמצעות מצלמה פשוטה.
3 באוגוסט	לקראת מטר הפרסאידיים תצפיות במטרות מטאורים.

הרצאות במצפה הכוכבים גבעתיים

ההרצאות תתקיימנה בימי חמישי, לאחר הפעילות, סמוך לשעה 21:30 בערב.

תאריך

נושא

מרצה

18 במאי	אבולוציה, בריאתנות מול דרוויניזם	אמיר מרון
1 ביוני	אסטרונוגיה, אמונה טפלה או מדע?	יגאל פת-אל
23 ביוני	אגרת לגלאקסיה או תרגיל באינטליגנציה?	אלברט כליפא
6 ביולי	לקראת האלף השלישי - כלכלת מידע	חיים מזר
27 ביולי	תופעות אטמוספירות על צדק	מיקי וכטל

קורסים לאסטרונומיה במצפה הכוכבים

במהלך חודש אוקטובר ייפתח במצפה קורס לאסטרונומיה המיועד גם למורים בחטיבות הביניים ובחטיבות העליונות. הקורס הוא בחיקף של 56 שעות ומקנה גמול השתלמות לזכאים. להרשמה ולקבלת מידע, ניתן לפנות אל שוני לוטן, טל. 03-5722227 בשעות הבוקר.

במהלך הקורס יילמדו נושאי אסטרונומיה, אסטרופיזיקה וחקר החלל. הקורס יתקיים בכל יום ראשון בשבוע.

כמו כן נפתחים קורסים המיועדים לילדים החל מכיתות ב ומעלה.

לחברי האגודה הנחה של 25% במחיר הקורס!

אתר האינטרנט

אתר האינטרנט של מצפה הכוכבים בגבעתיים מזמין אתכם להיכנס אליו ולדלות מידע. באתר מידע על פעילות המצפה והאגודה. כתובת האתר:

<http://www.astronomy.org.il>

האתר כולל מידע על פעילויות האגודה, פעילויות מצפה הכוכבים, מידע על פעילויות החטיבות וכן מצויים בו קבצי הרשמה לאגודה (חידושי מנוי) וכן הרשמה לחטיבות. במקביל, ניתן לדלות מידע גם מהאתר של קוסמוס:

<http://www.cosmos.co.il>

**מפגש בינלאומי של אסטרונומים חובבים התקיים
ערב הפסח במצפה הכוכבים בגבעתיים.**

ימים ספורים לפני חג פסח תש"ס, התקיים מפגש מרתק בין אסטרונומים חובבים מאירופה לבין חברי האגודה הישראלית לאסטרונומיה. המפגש התקיים במצפה הכוכבים בגבעתיים.

חברי הקבוצה, מרומניה, סלובקיה וגרמניה, באו לישראל בכדי להשתתף בכנס ניתוח ממצאים וסיכום ביניים של תצפיות מטר הליאונידים מנובמבר 1999, שאורגן מטעם אוניברסיטת תל-אביב, לאחר שהשתתפו בתצפיות ובספירת המטאורים בארץ וברדן.

איש איש בתורו, סיפרו האסטרונומים על חוויותיהם בעת התצפיות על מטר המטאורים ועל האגודות האסטרונומיות אותן הם יצגו כאן. להפתעתנו הסתבר, שגם באירופה העשירה, אותן אגודות סובלות מבעיות תקציב ומיעוט חברים.

האורחים קיבלו סקירה על האגודה הישראלית לאסטרונומיה ופעילויותיה מפי יגאל פתאל, ולאחריה התקיים דו-שיח ערני עמו.

תצפיות שמש

בין יתר הפעילויות של האגודה הישראלית לאסטרונומיה, הוחלט על תצפית בשמש ובכתמיה. התצפית הראשונה נערכה ביום שבת, 20 במאי, במצפה הכוכבים בגבעתיים ובה נצפתה השמש באמצעות טלסקופים ומסננים מיוחדים ונשמעו הרצאות והסברים. אנו נקיים תצפיות נוספות, גם כימי חול לטובת חברינו שומרי המסורת.

**סוף שבוע מצפה עזוז בסוף השבוע של
ה- 2-3 ביוני**

סוף שבוע אסטרונומי עבור חברי האגודה ובני משפחתם תוכנן במצפה עזוז (על יד ניצנה), במקום בו השמים חשוכים ביותר. (חוברת הובאה לדפוס טרם התקיים סוף השבוע אך לאחר שהחזור בגינו נשלח לחברים.

במקום מספר טלסקופים 2 טלסקופים מטיפוס ETX בקוטר 90 מ"מ, טלסקופ ניוטוני בקוטר 6 אינטש וטלסקופ בקוטר 12 אינטש מדגם Meade LX200. את המקום מנהל חברינו נועם וויסמן. במקום אמפיתאטרון קטן שם ניתנים הסברים על שמי הקיץ. למבקשים, ניתן ללון במקום בלינה מדברית בבקתות (שירותים ומקלחות צמודים. יש להביא שקי שינה). כמו כן, ניתן לבצע במקום סיור מודרך על גבי חמורים בתוספת של ארוחות מדבריות.

בעקבות מטר הליאונידים

בעקבות מטר הליאונידים שנצפה בחודש נובמבר אשתקד, התקיימה באוניברסיטת תל-אביב סדנת בינלאומית בהשתתפות אסטרונומים חובבים ומקצועיים מכל העולם. הסדנת התקיימה בין ה- 16 ל- 17 באפריל.

את האגודה ייצג אילן מנוליס שהרצה על צילום מטאורים מחוץ למוקד כאמצעי לזהות חתימת צבע.

לאחר הסדנת התקיים במצפה הכוכבים בגבעתיים מפגש בין חלק ממשתתפי הסדנת, ביניהם מרומניה, סלובקיה וכן ראשי איגוד הבינלאומי של צופי המטאורים – IMO לבין חברי האגודה והמצפה.

הגורת אסטרואידיים (*)

אנדריי דוריאן גיאורגי

ההיה כוכב הלכת פאתון בכאן
הושמד באסון קוסמי?
פאתון, בנו של הליוס
רכב גרוע היה
ברכב החלל השייך לאביו
וזאס הרגו.

ההיה כוכב הלכת פאתון בכאן
בין מאדים וזדק?
מדי לילה כוכבי לכת קטנים מסתוריים
רוקדים במעגל ותווים בעבורנו
סיפור טרגי זה
אחוות הכבידה.

Belt of Asteroids
by Andrei Dorian Gheorghe

**Was Planet Phaeton here,
destroyed by a cosmic disaster?
Phaeton, the son of Helius,
was a bad charioteer**

And Zeus killed him.

**Was Planet Phaeton here,
between Mars and Jupiter?
Every night mysterious small planets
play a ring dance and compose for us
this tragical story,
gravitational solidarity.**

(*) Valentin Grigore ו- Andrei Dorian Gheorghe מ- SARM, האגודה האסטרונומית הרומנית למטאורים, ביקרו בארץ לרגל סדנת הליאונידים שהתקיימה באוניברסיטת תל-אביב בין ה- 16 ל- 18 באפריל 2000 (Leonid MAC 2000 workshop). במסגרת ביקורם בארץ הם נפגשו עם חברי האגודה הישראלית לאסטרונומיה במצפה גבעתיים. האגודה הרומנית מתמחה בתצפית במטאורים ובשירה אסטרונומית (Cosmopoetry). **תורגם מאנגלית על-ידי אילן מנוליס.**

השתתפו במפגש:

ולנטין גריגורי ואנדריי דוריאן (ראדו) – רומניה, יוריי טוט – סלובקיה, דניאל פישר, פטרה רונדנטל והאט פיש – גרמניה.
עפר אור.

במהלך המפגש החברתי הציגו המשתתפים אלה לאלה את פעילויות אגודותיהם, הוחלפו כתובות דואר אלקטרוני והאווירה הייתה מלבבת.

קוסמוס, המרכז הגדול בארץ לציוד אסטרונומי

מבחר גדול של טלסקופים, משקפות, מצלמות תלת ממדיות, מיקרוסקופים, פוסטרים, תמונות ועוד.

קוסמוס, המרכז לציוד אסטרונומי גאה להציג את מוצרי חברת Meade Instruments Co, החברה המובילה במכירות טלסקופים בעולם, באיכות טכנולוגית ואופטית המציבים רף חדש של סטנדרטים.

משקפות סדרת Rain forest , Travel view , Infinity



משקפות מקצועיות לתנאי ראייה קשים



משקפות זום



משקפות כיס

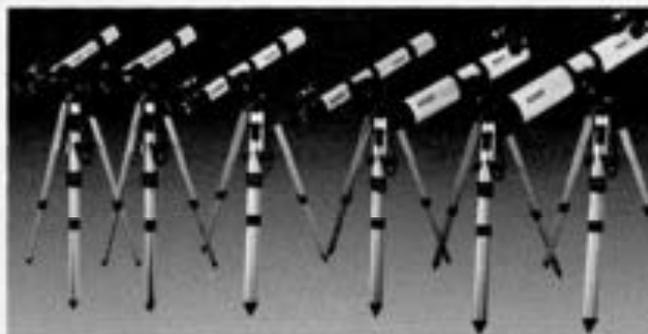


משקפות שדה בעלות שדה ראייה עד 9.2 מעלות!

Meade, זה ברור.



שוברי אור מאיכות מעולה



סדרת DS דיגיטלית שליטה עליו מחשב גם בטלסקופים למתחילים

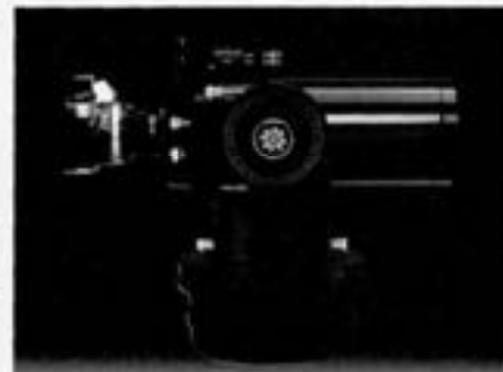


טלסקופים ממוחשבים מדגם LX200

לאוהבי טיולים, צפרים, אסטרונומים וצלמים:

כעת, זו הזדמנות לרכוש את הטלסקופ הטוב בעולם לצפייה בשמים, לצפרות, לנוף ולצילום!

סדרת - ETX



- מערכת פליפ-פלוף המאפשרת חיבור מצלמה וצפייה בו זמנית!!!
- איכות אופטית ללא תחרות
- גם אם אינכם מכירים את השמים, כעת תוכלו לכוון לכל עצם העולה על דעתכם, בין אם זה כוכב, גלאקסיה, קוואזאר, לוויין או תוואי נוף מועדף, הכל באמצעות מחשב ה-Autostar
- קומפקטי וקל לנשיאה.

מבחר של טלסקופים למטיילים, כולל תיקי נשיאה וכן מונוסקופים מהודרים, עם ציפויי עור

בקרו באתרנו באינטרנט: www.cosmos.co.il

קוסמוס, יבואנים בלעדיים של טלסקופים ומשקפות מתוצרת Meade ארה"ב. 12 שנות מקצועיות.
תצוגה: רחוב הרוא"ה 41 רמת גן, טלפון: 6724303-03, פקס 5799230-03 Email: astronomy@cosmos.co.il



חדשות אסטרונומיה וחלל

ליצור למעשה מכשיר גדול אחד, המסוגל לצפות בעשרות אביבויקטים בו זמנית, במיליוני תדירויות.

המערך מתוכנן לחיפוש הנרחב ביותר אחר אותות רדיו מלאכותיים מתרבויות מרוחקות, תוך כדי ביצוע מחקר אסטרונומי קונבנציונאלי, כמו מעקב אחר הולדת כוכבים או פולסארים פועמים. "המערך הוא דרך חדשה לגמרי לבניית רדיו טלסקופים", אומרת ג'יל טרטר, מנהלת המחקר של סטי בפרוייקט. בעלות של רק 25 מיליון דולר, עלות הפרוייקט קטנה פי 3 מרדיו טלסקופים רגילים, כמו זה שנבנה עכשיו בגין בנק, שבמערב וורגיניה –

אותות מהחלל החיצון – בקרוב בהישג יד!

בימים אלו נחשף לראשונה באוניברסיטת ברקלי מה שיחפוך בעתיד לרדיו טלסקופ החזק ביותר. בחורשה המרוחקת כ- 20 ק"מ מברקלי, מוצב המכשיר שהוא אב טיפוס למערך טלסקופים עתידי שיקרא HT1, או טלסקופ 1 הקטר. השם נגזר משטח האיסוף שלו, שהוא 1 הקטר, או מידה השווה ל-100 מטרים רבועים.

נתוני מכ"ם מראים:

האסטרואיד קליאופטרה - צורתו כעצם כלב.

מתצפיות מכ"ם שנערכו לאחרונה במצפה "אריסבו" שבמורטו-ריקו, התברר כי צורת האסטרואיד (216) קליאופטרה דומה לעצם! האסטרואיד המתכתי הענק, שאורכו 217 ק"מ ורוחבו 94 ק"מ, הוא מהגדולים בתורת האסטרואידים העיקרית בין מאדים לצדק.



האסטרואיד קליאופטרה. זו אינה תמונה אמיתית, אלא שחזור מתוך נתוני המכ"ם שהתקבלו ע"י טלסקופ הרדיו אריסבו שבמורטו ריקו. צילום: טלסקופ אריסבו.

מפלצת פלדה ענקית המיתמרת גבוה מעל העצים.

אב טיפוס שני, גדול יותר, מתוכנן לשנת 2002. המערך הסופי יפתח במצפה האט קריק שבצפון קליפורניה ב- 2005. אסטרונומים

אב הטיפוס בעל שבע הצלחות יתווה את הדרך לחיבור מאות ואולי אף אלפים של צלחות רדיו קטנות. המערך הסופי יחובר יחדיו בטכנולוגיית האינטרפרומטריה, שהיא בעצמה אתגר עצום לפיתוח, וכך

האסטרונומים ידעו על קיומו של האסטרואיד כבר בשנת 1880, אלא שלא הייתה ידועה צורתו.

האסטרואיד הוא ככל הנראה תוצאתה של מה שנראה כהתנגשות עם גוף אחר בעבר הרחוק, והוא נמנה על משפחת האסטרואידים המכילים מתכת.

המחקר שקבע את צורת האסטרואיד נערך כאשר הוא היה במרחק של כ- 170 מיליון ק"מ מכדור הארץ.

המדענים שביצעו את המחקר השתמשו בטכנולוגיות מחשוב והדמיה מתקדמות כדי להרכיב את מודל צורת האסטרואיד.

מדעני נאס"א מרגיעים ומציינים כי אין שום סיכוי שאסטרואיד זה יפגע אי פעם בכדור הארץ...

עיבד: עמר אור.



אב הטיפוס של המערכת החדשה. בעתיד יורחב הפרוייקט ויכלול יותר ויותר צלחות.

מקווים שההתפתחות שיביא איתו, תוביל לבניה של מערך טלסקופים של קילומטר רבוע, שלו כוח איסוף גדול פי 100.

החללית "טרה" עכשיו בעניינים

לאחר שיגור מושלם בדצמבר שעבר ובדיקות מסלול מקיפות שנערכו, מוכנה כעת החללית "טרה", שהיא מצפה כדור הארץ החדש של מספר מדינות בעולם, את ענייניה.

טרה היא משימה בין לאומית, וחלק מתכנית מחקר כדור הארץ של נאס"א. היא מותחת חלון חדש במעקב אחר שימור הסביבה של כדור הארץ שלנו. תמונות ראשונות ניתן לראות באתר הזה.

טרה היא החללית הראשונה שצופה בכל כדור הארץ על בסיס יומי, ובודקת את ההשפעה של האטמוספירה, הימים, היבשות, קרינת השמש, והיצורים החיים אחד על השני. לטרה מספר רב של מכשירים, דבר שיתן לנו ראייה כוללת של כדור הארץ כמערכת, ויבסס מעקב ארוך טווח.

"טרה תמדוד את סימני החיים מכדור הארץ, רבים מהם בפעם הראשונה" אומר ד"ר יורם קאופמן (איזו נאוה ישראלית) ממרכז גודארד לחלל שבגרינבלט מרילנד, "כשם שאנו מודדים את סימני החיים של הגוף שלנו, כך תסייע החללית לבדוק את הסימנים האלו על כדור הארץ".

"בעזרת המידע החדש נדע להכיר את כדור הארץ, ולהבדיל בין שינויים טבעיים לשינויים מעשה ידי אדם באקלים כדור הארץ, ואיך כל זה משפיע על חיינו".

מדעני הפרוייקט השמו כמה תמונות מדהימות חדשות. בתמונה אחת נראים טמפרטורות השטח וירוק האביב בצפון אמריקה. תמונה אחרת, של התת יבשת ההודית, מראה את הקשר בין ריכוזי אוכלוסייה, זיהום אויר וצמחייה, לכמות הפחמן החד המצוי באטמוספירה התחתונה.



עם אצבע על הדופק - כדור הארץ.

החללית סטארדאסט תופסה חלקיקי אבק בין כוכבי

החללית סטארדאסט (אבק כוכבי) החלה לאסוף אבק בין כוכבי החללית, ששוגרה ב-7 לפברואר 1999, אמורה להיפגש עם כוכב השביט ווילד 2 ב-2004. בזמן שתיפגש עם השביט היא אמורה לאסוף חלקיקי אבק הנפלטים מגרעינו, לאכסנם במיכל גיל מיוחד, ולהחזיר אותם לכדור הארץ לבדיקות מעבדה. בינתיים אוספת החללית אבק בין כוכבי, המגיע אלינו מהגלקסיה.

מחקר האבק הבין כוכבי עשוי לסייע לנו ללמוד על הווצרות כדור הארץ, השמש ושאר כוכבי הלכת. הוא עשוי אפילו לרמז על מקור החיים.

הצורה הטובה ביותר לראות את האבק הזה, היא פשוט לצאת למקום חשוך, לראות את הפס הזוהר החוצה את השמים, שלו אנו קוראים שביל החלב, ולראות את האזורים השחורים שחוצצים אותו. אזורים אלו, המכונים גם "שפיליות כהות" הם אזורים צמופים ביותר המכילים אבק, ובתוכם מאמינים, שנוצרים כוכבים. למעשה, החלקיקים הכבדים, שמקורם בכוכבים, מרכיבים את גופנו. על ידי

חקר האבק הזה, אנו למדים על שושלתנו הקוסמית.

החללית מצוידת במכשיר איסוף אבק המורכב מארגיל, שזה גיל מיוחד שאוגר את האבק ושומר עליו עד החזרה לכדור הארץ. למכשיר זה יש שני צדדים - אחד לאיסוף אבק בין - כוכבי, והשני לאיסוף אבק מהשביט. חלקיקי האבק מתנגשים במכשיר האיסוף במהירות של 25 ק"מ לשנייה, והארגיל אמור לעצור אותם לחלוטין בחלקיק שניה.

בינואר 2004 תחל החללית לאסוף אבק מהשביט ווילד 2. ברגע שתיאסף הכמות הרצויה של האבק, תחזור החללית לכיוון כדור הארץ, עד לנחיתה בבסיס הניסויים ביוטה שבארה"ב ב-2006.

מחקר השביטים הפך לחלק חשוב ביותר בתכניות מחקר של המדינות הגדולות, מהסיבה הפשוטה שמאמינים כי השביטים הם אלו האחראים ליבוא החומרים האורגניים, שהם אבני הבניין של כל יצור חי, לכדור הארץ.

מכת הזוהר הצפוני

לקראת שיא פעילות השמש מע בכדור הארץ גל חלקיקים אדיר מהשמש, שגרם להופעת הזוהר הצפוני גם במדינות המרוחקות מהקוטב.

מהו זוהר צפוני

למעשה, השמש פולטת בכל שנה חלקיקים טעונים, פרוטונים ואלקטרונים, היוצאים ממנה במשב



הזוהר הצפוני בגרמניה. צילום: גורגן רנדטל.

הנקרא "רוח השמש". לעתים, בומן פעילות שמש מואצת, מתחזקת הרוח, ואז מגיעים לאזור כדור הארץ חלקיקים רבים, המתנגשים באטמוספירה, ויוצרים את המחזה הנקרא "זוהר הצפון". כאשר החלקיקים הטעונים מגיעים לסביבת כדור הארץ, הם מושפעים מהשדה המגנטי שלו. קווי השדה המגנטי מאיצים את החלקיקים לקטבים המגנטיים, ושם מתנגשים היונים באטמוספירה. התנגשות כזו, במהירות גבוהה, גורמת לאוויר לקרוך. אז אנו רואים את וזילנות הזוהר הצפוני מרקדים בשמים. כיום, בגלל המצאות לזיונים מיוחדים לחקר התופעה, ניתן לקבל תחזית כמה ימים מראש.

הר האולימפוס הוא הר געש לא פעיל, ובלועו ניתן לראות אבק ומכתשי מניעה. הוא גבוה פי שלושה מהאברסט (25 ק"מ) ובאורך של 550 ק"מ בקוטר. למרות גובהו האדיר, השיפוע היא רק במעלות בודדות, ולכן הליכה במעלה ההר לא תהיה טיפוס קשה, אלא יותר כמו עליה בגבעה קטנה.



זרימות לבה באזור הקוטב הדרומי של הירח הפעיל איו. צילום: JPL.

החללית הארכת חיים של שנה נוספת, בכדי להמשיך ולחקור. על גבי החללית גלילאו, שעלתה למשלם המסים האמריקאי מיליארדי דולרים, ישנם מכשירים מדעיים רבים. חלקם הם מצלמות משוכללות לתצפית באורכי גל רבים בכדי לקבל תמונה שלמה של צדק וירחיו.

עתה שיחררו בנאס"א תמונות מפורטות ביותר של ירחי צדק, החשובים שבהם הם אירופה ואיו. אירופה חשוב בגלל אפשרות היתכנות החיים במעמקי האוקיינוס, ואיו חשוב בגלל פעילותו הוולקנית. נכון לרגעים אלו, איו הוא המקום הפעיל ביותר במערכת השמש. ישנם כ- 200 הרי געש פעילים על פניו, שדואנים לשנות את מראהו תדיר.

בעתיד מקוים לשלוח אל אירופה חללית מיפוי של מכ"מ, שתחדור את פני השטח הקפואים של אירופה ותמדוד במדויק את עובי הקרח, וכך יוכלו בעתיד לחדור את הקרח ולגלות סוף סוף מה יש שם.

בתמונות:

זרימות לבה, צוקים ועמקים נראים היטב בתמונות של איו, שנלקחו בעת מעבר החללית לידו ב- 22 במרואר. בעזרת תמונות אלו לומדים המדענים על העבר וההווה של הפעילות הגעשית בכדור הארץ.

קובץ תמונות חדש של אירופה, מראה את צדו שמופנה אל צדק. על גבי שטח זה של אירופה רואים

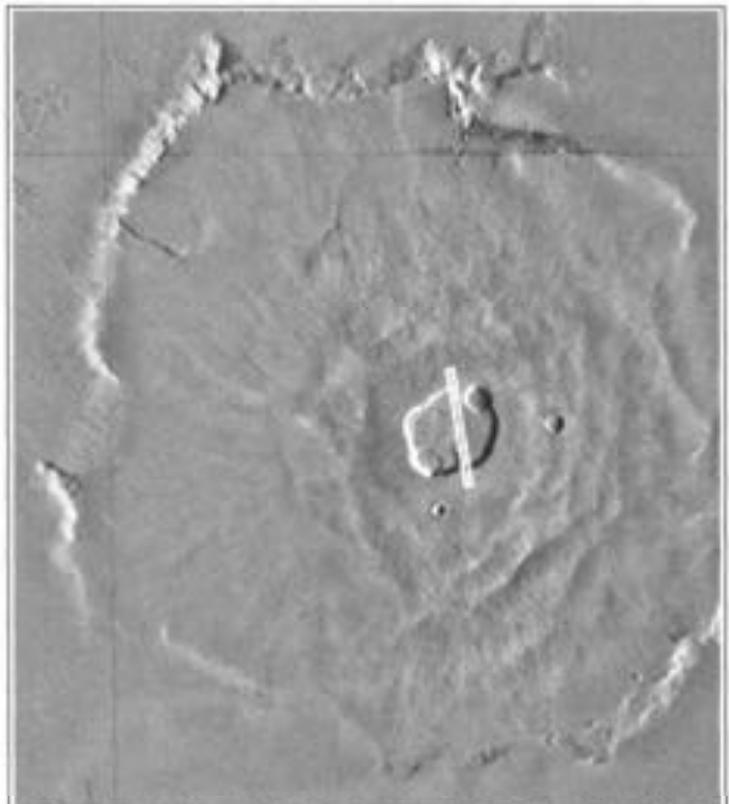
תמונה חדשה של הר הגעש הגדול ביותר במערכת השמש

תמונות חדשות של ירחי צדק – מפורטות מתמיד!

החללית גלילאו, משייטת סביב צדק כבר שנים רבות. למעשה, המשימה של נגמרה כבר לפני שנתיים, אך כיוון שבמהלך תצפיותיה נתגלו ממצאים חדשים ומסעירים, החליטו בנאס"א להשתמש בחללית, בהתחלה האריכו את חייה בשנתיים בכדי לחקור את הירח המסתורי אירופה, מכיוון שהתגלו שם אפשרויות לקיום של אוקיינוס מים נוזלי, דבר המרמז על הימצאות חיים.

לאחרונה קיבלה

תמונה חדשה מהחללית מארס גלובל סורביור Mars Global Surveyor המקיפה את מאדים, המסארת בפירוט את הלוע של הר הגעש הגדול ביותר במערכת השמש – הר האולימפוס בנאדים.



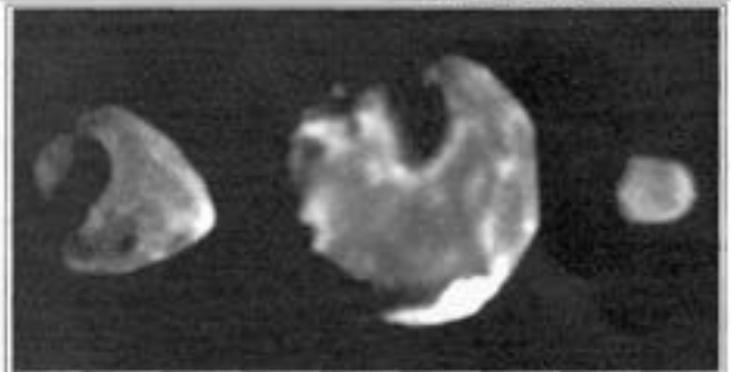
הר הגעש אולימפוס. גובה: 25 ק"מ, בסיס: 550 ק"מ. צילום: MSSS.

הארץ. הגיאולוגים גילו את המכתש עיי מינרלים מפוררים ומדידות מגנטיות וכבידתיות באזור שליד העיר וודלי, ליד מפרץ הכרישים במערב אוסטרליה.

אף על פי שאין עדיין גיל מדויק למכתש, שהוא הרביעי בגודלו בכל העולם, נראה שגילו הוא בין 250 ל-360 מיליון שנה, דבר שהופך אותו למועמד טבעי לתואר המכחיד הגדול של החיים בכדור הארץ בתקופה הפרמיאן טריאסית. אירוע שמחקר כמעט את כל היצורים החיים על כדור הארץ לפני 250 מיליון שנה. יתכן אף שהוא אחראי לאחת מהכחדות קטנות יותר אחרות שהתרחשו לפני 360 ו-247 מיליון שנה.

עיבד: מוזן נחשוני

לא ברור מה היה גודלו של המטאור, ובאיזה גובה הוא התפוצץ. הפיצוץ נרשם בשלוש תחנות סיסמיות באזור, אך גלי הקול שנלוו לפיצוץ הצביע שהמטאור התפוצץ באוויר ולא



תמונות של ירחיו הקטנים של צדק - תבה, אמלתיאה ומטיס, כפי שצולמו עיי גלילאו. צילום: JPL.

פגע בקרקע.

עיבד: עמר אור.

חומצה גופרתית ומלחים מינרליים שונים, שמקורם כנראה באוקיינוס המימי שמתחת לפני השטח.

בנוסף שחררו ב-JPL תמונות נוספות של ירחיו הקטנים והמיניים של צדק - מטיס אמלתיאה ותבה.

עיבד: מוזן נחשוני

מטאור התפוצץ מעל יוקון, קנדה.

בבוקר 19 בינואר 2000, התפוצץ מטאור מעל הרי דרום יוקון, קנדה. כך מסר המכון הגיאולוגי הקנדי. הפיצוץ העז נרם לעונות בבתים, אך לא נגרמו פגיעות בנפש או לרכוש.

חוקרי המכון הגיאולוגי הקנדי סבורים כי המטאור התפוצץ באטמוספירה, אי-שם בין קארקרוס, יוקון וסקאגווי, אלסקה. הפיצוץ אירע בשעה 9 בבוקר.

התקבלו עדויות ראייה ונתוני קול על האירוע, ואלה שראו את המאורע תיארו את המטאור כגוף גדול בצבע ירוק טס בשמיים, וכמסך של ברקים.



תמונה - המכתש שבאוסטרליה (במרכז). תמונה: Discovery Communications.

תמונות מהיקום הצעיר

תמונות שצולמו עיי פרויקט בומרנג Balloon Observations Of Millimetric Radiation and Geophysics) מראות את היקום הצעיר עיי תמונות מיקרו גל של קרינת הרקע.

אמנם, לפני מסי שנים הלוחץ קובי) Cosmic background radiation explorer) כמעט את כל השמיים ואילו פרויקט בומרנג מופה רק כ-2.5% מפני כיפת השמיים.

בפרויקט השתתפו 32 מדענים מ-16 אוניברסיטאות וממס' ארצות,

מכתש ענקי חדש - רמז להכחדה המונית עתיקה

מכתש ענקי חדש התגלה ביבשת הדרומית, אוסטרליה, המרמז על הכחדה המונית שהתרחשה לפני 250 - 360 מיליון שנים. גיאולוגים אוסטרליים גילו את שרידיו של המכתש בקוטר 80 ק"מ, שכנראה אחראי להכחדה הגדולה ביותר על פני כדור



שובל העשן של המטאור מספר דקות לאחר הפיצוץ.

בדיקת הספקטרום של קוואר רחוק גילו חמצן מיונן חלקית ב 4 מקומות לפחות בינינו לקוואר. מה הקשר של חמצן מיונן למימן מראשית היקום? כיוון שהמימן "נמצא שם" חומר היוצא לתוך הבין כוכבי מתנגש בו, כמו לדוגמה לאחר סופר נובות, בהן נורק בין השאר חמצן וחומרים אחרים שבהגיעם למימן מתלהטים לטמפי גבוהות מאד ועקב כך מתייננים חלקית בעצמם ע"י מדידת הסחה לאדום ניתן לראות שמדובר בלפחות 4 עננים לפחות.



תמונת היקום כפי שנצפתה ע"י בומרנג, לעומת COBE. למרות שפרוייקט בומרנג מיפה רק חלק קטן מהשמים, הוא עשה זאת בהפרדה גבוהה בהרבה מאחיו הגדול. תמונה: פרוייקט בומרנג.

דרך חדשה למדידת מרחקים

יתרון נוסף לטלסקופים בעלי יכולת הפרדה גבוהה מתגלה עכשיו, כאשר לווין קרני ה-X (רנטגן) ע"ש צ'אנדרסקאר - Chandra, מוצא דרך חדשה לאמוד מרחקים.

בתצפיות שנעשו על דיסקת ספיחה (טבעת שבה חומר שנופל לתוף נוף מסיבי כחור שחור או כוכב נייטרונים) של טובה בעלת מחזור של כ-40 שעות נתגלה שהאור עובר דרך עננת גז בחלל.

כיוון שלוקח לאור יותר זמן לעבור דרך יותר ארוכה (האור מתפור לכל הכיוונים אבל בעננה מתבצעים תהליכים של קליטה ופליטה של מיטונים אשר עקב כך משנים את כיוונם) ישנו הפרש של כרבע שעה בין המחזור כאשר הוא נראה בדיסקה לעומת הזמן שבו הוא נראה בעננת הגז, ע"י חישובים טרינומטריים ניתן לחשב את המרחק בדיוק גבוהה מהרגיל ומקיים להגיע לרמת דיוק יותר גבוהה בעתיד.

כיוון שלקרני X יש אורך גל קצר מאד זווית השבירה שלהם קטנה למדי ולכן אין הפרש גדול מאד, תצפיות כאלו אפשריות כיום תודות להפרדה המשופרת של צ'אנדרה.

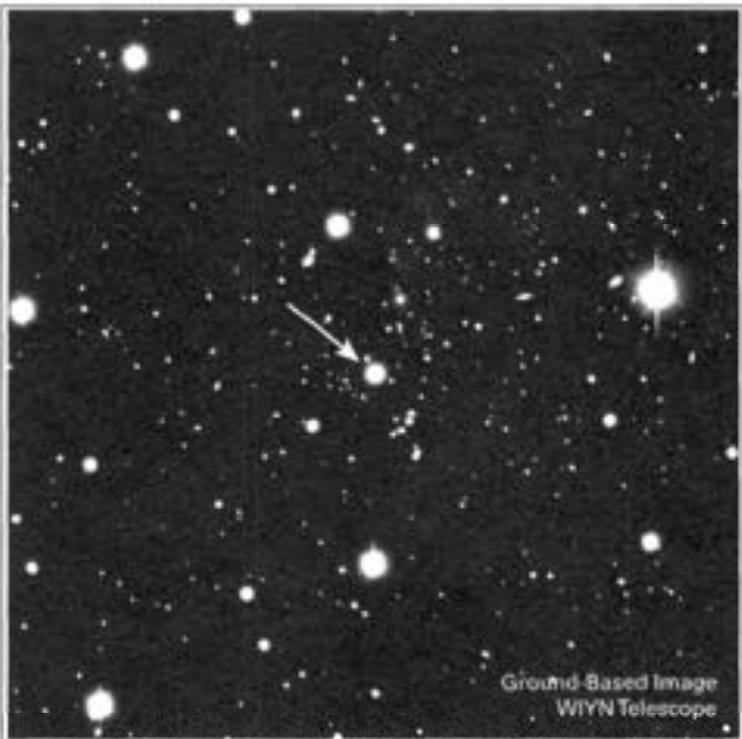
ע"כ: אמיר ברנט

עתה טלסקופ החלל ע"ש האבל מוצא עדויות למרבית המימן החסר הזה ואשר אנו מהווה חלק מה"חומר האפל" אלא מימן בריזני רגיל.

כיוון שענני מימן אלה מצויים בטמפי גבוהה מאד, כל האטומים שלהם מיוננים. לכן, הם לא מפריעים למעבר האור דרכם וכך לא ניתן לחקור אותם ישירות. ע"י

במהלך קיץ 1998 הוטס באנטרקטיקה הכדור הפרח שתפקידו היה להעלות את הטלסקופ שמשקלו כשני טונות למשך 10 וחצי ימים מעל מרבית האטמוספירה (לגובה של כ-37 ק"מ), כך שקרינת הרקע לא תחסם.

החידוש הגדול מהפרוייקט הוא ביכולת הפרדת התמונה הגבוהה שלו, בעזרתה ניתן לבדוק הסחה לגבי צורת היקום.



הקוואאר שבעזרתו נתגלו שרידי ענני המימן. תמונה: טלסקופ WYN שבאריוונה.

ההנחה הבסיסית הייתה שגודל השינויים בטמפי של הקרינה יהיו בגודל של כשניית קשת. אם היקום שטוח והגיאומטריה שלו דומה לדף שטוח, קווים מקבילים לא יפגשו וישמרו על מרחקם זה מזה. אם היקום סגור, קווים מקבילים נפרדים זה מזה, השינויים יהיו מוגדלים (גודלם יהיה יותר משנית קשת) לעומת זאת אם היקום פתוח, קווים מקבילים מצטלבים והפרשי הטמפי יראו מוקטנים.

האבל מוצא עדויות למימן חסר

במשך שנים רבות חיפשו המדענים ענני מימן שהיו אמורים להיווצר במפץ הגדול אבל לשווא.

אירועים אסטרונומיים חשובים

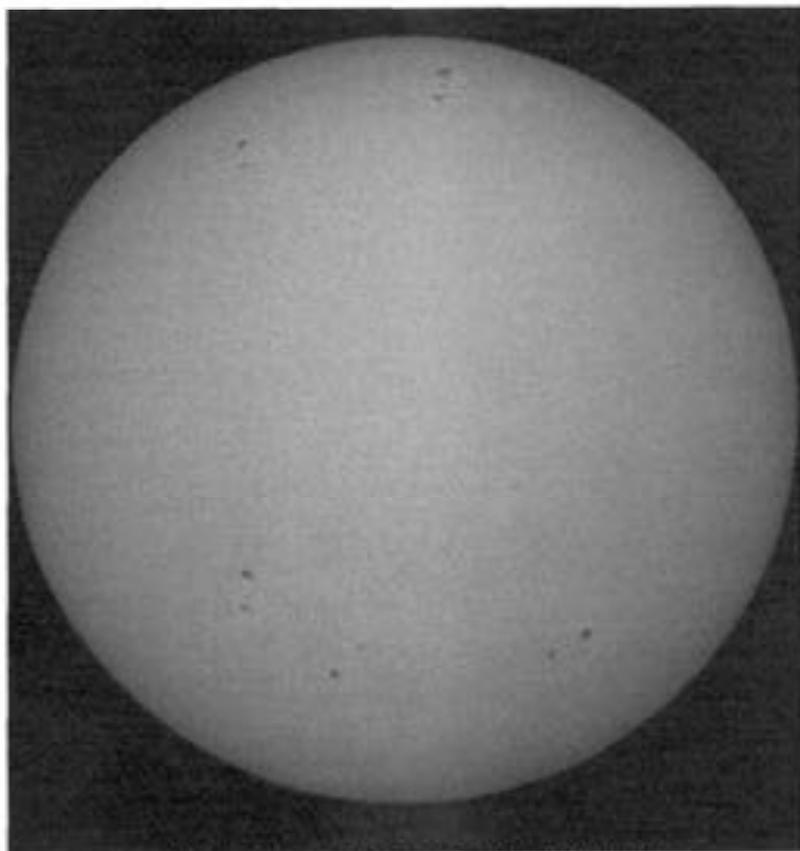
חקר השמש ותצפיות שמש

עפר אור

כל 11 שנים מגיעה השמש לשיא פעילות. בזמן זה ניתן לראות כתמי שמש ענקיים, סערות מגנטיות והתפרצויות. בעזרת מכשור פשוט יחסית, ניתן לצפות בתופעה אסטרונומית מרהיבה, גם בלי לאבד שעות שינה יקרות.

ניתנים בכמויות עצומות ובעוצמה לחלל. מעבורות החלל וחלליות מחקר צילמו את התופעה בקרני-א.

כפי שצינו חקר השמש נעשה מכדור הארץ ומהחלל. על-אף ריבוי מצפי הכוכבים, קיימים ברחבי העולם מצפים מועטים שייעודם חקר השמש. המרכז הגדול ביותר לחקר השמש הוא מצפה "סאן-ספוט" שבניו-מקסיקו, המועל במשותף עם מצפה השמש שבטוסון, אריונה. מצפה סאן-ספוט ממוקם בגובה 2,800 מ' מעל פני הים, והאזור אוטר כאידיאלי לתצפיות: האוויר במקום יבש, וישנם ימי שמש רבים. על-מנת לקבל תמונה ברורה של השמש, ולהתגבר על תופעת חימום האוויר בצינור הטלסקופ, נבנה



פני השמש המוכתמים. צילם - אסף ברולד.

במצפה טלסקופ ואקום ענק, שגובהו 41 מטרים מעל הקרקע, וצינור הריק, בקוטר 1.2 מ', יורד עוד 55 מטרים מתחת לפני הקרקע, שם ממוקמת המראה הראשית בקוטר 61 אינץ'. הטלסקופ נועד לבחון תופעות ותהליכים המתרחשים במוטוספירה ובכרומוספירה של השמש. על-אף משקלו - 250 טון, הטלסקופ מיוצב, ומתאפשרת קבלת תמונה יציבה ורציפה של השמש. לצד הטלסקופ מצוי מכשיר ספקטרוגרף, בו נעשית אנליזה של אור השמש.

במצפה השמש מוצב מכשור משוכלל נוסף לחקר הפוטוספירה, הכרומוספירה, הקורונה ולחקר השדות המגנטיים סביב השמש: מכשיר הקורונגרף יוצר ליקוי חמה מלא מלאכותי, וכך מתאפשרת תצפית ממושכת על עטרת השמש. מכשיר הספקטרוגרף מפריד את אור השמש לצבעים שונים בהתאם לאורך הגל. קווי הספקטרום המתקבלים הם "טביעת-האצבע" של השמש, ומניתוחם מתקבל מידע רב אודות החומר בשמש, כמויותיו ומחירותו, ומידע על השדות המגנטיים והטמפרטורות השוררות על פני השמש.

פן נוסף של חקר השמש, המספק מידע שאינו זמין מכדור הארץ הוא מחקר באמצעות לוויינים וחלליות. כך לדוגמה

נפתח באוהרה: אסור לצפות או להתבונן בשמש במישורין:

ניתן להתבונן בפני השמש לאחר נקיטת אמצעי זהירות: להקרין את דמות השמש על גבי מסך או משטח כלשהו, או על-ידי שימוש במסננים מיוחדים לתצפיות שמש - solar filters.

האדם הראשון שצפה בשמש בכלי מחקר היה גלילאו גליליי, האסטרונום האיטלקי ששינה את מהלך המדע וההיסטוריה. במאמר שפרסם בשנת 1613, טען גלילאו כי הוא רואה כתמים על פני השמש, והם ממוקמים סמוך לפני השטח שלה.

ואכן, לאחר מאות שנות תצפיות שמש, הן מכדור הארץ הן מהחלל, וממחקרים שנעשו על תופעת כתמי השמש,

התברר כי קיימת מחזוריות של 11 שנים לערך, של הופעת הכתמים, ושהכתמים חמים פחות מסביבת פני השמש.

לפעילות השמש, הכוללת בעיקר את תופעת הכתמים והתפרצויות השמש, ישנה השפעה על כדור הארץ ועל האדם ואורחות חייו המודרניים: הפרעת ושיבוש תשדורות הרדיו הטלוויזיה ותקשורת הלוויינים, והפרעות באספקת החשמל. כך ארע למשל בקנדה, במרץ 1989, עת נגרמה הפסקת חשמל ברחבי אותה מדינה.

גם כעת, בתחילת שנת 2000, נצפית התעוררות בפעילות השמשית, והשיא צפוי בתחילת חודש מאי.

כתמי השמש הנם אזורים שהשדה המגנטי בהם חזק מאוד, והוא מתפרץ דרך פני השטח של השמש. הכתמים משתנים בקוטרם, מ-2,500 ק"מ עד 50,000 ק"מ ויותר לפי 4 מכדור הארץ. עוצמת השדה המגנטי בכתמים מגיעה עד פי 5,000 יותר מהשדה המגנטי שבכדור הארץ. הכתמים שורדים בממוצע למשך כחודש - בעיקר הגדולים בהם.

התפרצויות השמש מתרחשות כאשר השדה המגנטי החזק מתעבה, האנרגיה האצורה בו משתחררת, מחממת את החומר לטמפרטורה של מיליוני מעלות, והחומר וקרינה

אירועים אסטרונומיים

חללית נוספת החוקרת את השמש היא "סוהו" (ראשי תיבות Solar Heliospheric Observatory) שוגרה בשנת 1995. היא נעה במרחק מיליון וחצי קילומטרים מכדור הארץ, במקום בו היא תמיד נמצאת בינינו לשמש. גם החללית "סוהו" מפעילה מכשור לחקר אטמוספירת השמש והכתמים.

לסיום נזכיר כי ניתן לערוך תצפיות שמש לחובבים בעזרת פילטרים, המתאמים לטלסקופים, משקפות ולמצלמות. הפילטר הנפוץ עשוי זכוכית מלוטשת עם ציפי רב-שכבתי של ניקל-כרום. תמונת השמש המתקבלת היא בצבע צהוב-כתום.

החללית האמריקאית-אירופאית "יוליסס" שוגרה בשנת 1990, והייתה לחללית הראשונה שהקיפה את השמש סביב לקטביה. שנתיים לאחר תחילת מסעה, בהתקרבה לצדק, קיבלה "יוליסס" "בעיטה" גרביטציונית שאפשרה לה להקיף את קוטבי השמש, בשנים 1994-1995. בתקופה של פעילות שמשית נמוכה, מנתונים ששלחה החללית התברר כי רוח השמש נושבת במהירויות שונות באזורים שונים של השמש. באזור קו המשווה השמשי, עד קו רוחב 30 מעלות, מצפון ומדרום לקו המשווה, הרוח נעה במהירות של 350 ק"מ לשנייה לערך, ובקווי רוחב גבוהים יותר, נושבת רוחות במהירות כמולה. בספטמבר 2000 תחלוף "יוליסס" מעם נוספת מתחת לקוטב הדרומי של השמש.

מעבר שביט 1999S4 LINEAR

מורן נחשוני

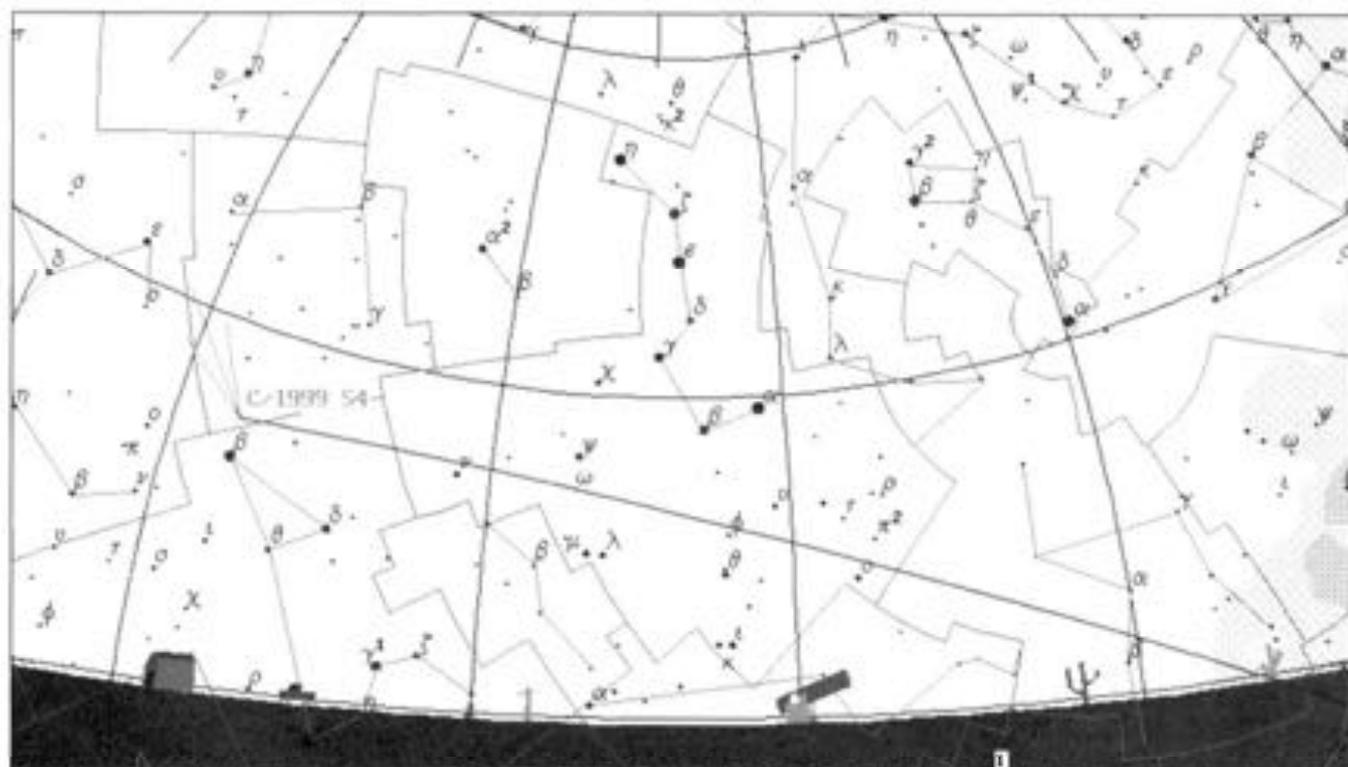
את מסלולו, או התברר כי השביט יעבור במרחק רגן מאוד מכדור הארץ, סמוך למריהליון שלו.

למרות שאי אפשר לדעת בודאות, מצפים שהשביט יגיע לבהירות של 2.5, כלומר, ניתן יהיה לראות אותו בעין בלתי מווינת גם מאזור עירוני. בגלל שהשביט הוא שביט חדש, וזהו כנראה ביקורו הראשון בתוך מערכת השמש, לא ניתן לדעת בודאות לאיזו בהירות יגיע, ולכן יתכן כי הוא יהיה חיזור יותר.

תזכורת, רק לפני שנים מועטות, חלפו ליד כדור הארץ שני שביטים בהירים ביותר, הייל - בופ והיאקוטקה שני שביטים אלו נצפו היטב גם מאזורים עירוניים, ונתנו תצוגה מרהיבה. להייל בופ היה זנב יפהפה, ולשביט היאקוטקה נצפו גלי הלם שיוצאים מהגרעין.

במחקר שנעשה לא מזמן, גילו שמבחינה סטטיסטית, כל אדם יראה 12 שביטים בהירים בחייו. אז הנה עוד אחד לרשימה - 1999S4 LINEAR. השביט יגיע למצב אופטימלי בסוף יולי 2000, ויראה היטב מאזורנו.

תכנית ההגנה מפני עצמים מסוכנים בקרבת כדור הארץ (LINEAR), נולדה ביום אחד שביט חדש. הידיעה כשלעצמה לא הכתה גלים, כיוון שתכנית זו מגלה שביטים ואסטרואידים חדשים בקצב רצחני. בתכנית זו משתמשים בטלסקופים רובוטים רבי עוצמה ומצלמות CCD שסורקים את השמיים אחר גופים חדשים באופן אוטומטי לחלוטין. ביום בהיר אחד, נקלט עצם חדש בשבב המצלמה. כמו כל גוף חדש, עקבו אחריו במשך תקופה מסוימת בכדי לחשב



המסלול שמתווה השביט 1999 S4 בשמים במהלך חודש יולי. הקו הוא מסלול השביט במהלך 30 יום, המסתיים ב- 30 ביולי. בתחילה יהיה השביט עצם מקיף קוטב, כלומר, הוא לעולם לא ישקע. במהלך חודשים יולי ואוגוסט הוא ידרים. בעת השיא הוא יראה היטב לצופים מהארץ. יותר מאוחר הוא יהפוך לעצם דרומי, עד שיעלם מעינינו.

רוחות מן העבר - ערפיליות פלנטריות

יגאל פת אל

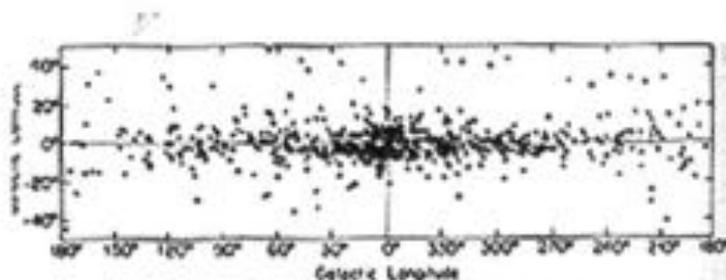
במאה ה-18 הסתכל ויליאם הרשל על גופים עגלגלים קטנים וכחולים דרך עדשת הטלסקופ. מראם הזכירו לו את כוכבי הלכת החדשים שזה עתה נתגלו – אוראנוס ונפטון, ולכן הוא קרא להם ערפיליות פלנטריות. כיום ידועות מאות ערפיליות כאלו, בשביל החלב ומחוצה לה.



רקע

סימטרי, בקו אורך גלאקטי של 90° יש ריכוז של ערפיליות מעל מישור הגלאקסיה. בקו אורך גלאקטי 0° הערפיליות הפלנטריות מרוכזות מעל ומתחת למישור הגלאקסיה וזאת, עקב הסיבה שאנו צופים לכיוון מרכז הגלאקסיה.

ערפיליות פלנטריות הן השלב האחרון בחייו של כוכב בעל מסה נמוכה. הגבול התחתון למסה של כוכב סדרה ראשית ההופך לערפילית פלנטרית היא, כנראה, $0.45M_\odot$ והמסה העליונה היא בין $7M_\odot$ – $8M_\odot$ למי מגדלים שונים ותצפיות על שלב איבוד מסה בכוכבי AGB¹ ייתכן וחסם עליון זה עולה ל-9 מסות שמש.



איור 1 התפלגות ערפיליות פלנטריות לפי קווי האורך הגלקטיים.

ערפיליות פלנטריות נצפו לראשונה על ידי הרשל במאה ה-18 ושמן ניתן להם על שם הדמיון בין צורתן העגולה לדיסקאות כוכבי הלכת.

בגלל קוצר היריעה, אסקור בעבודה רק מקצת המאפיינים של ערפיליות פלנטריות.

מאפיינים תצפיתיים בסיסיים

נדירותן של ערפיליות פלנטריות בהילה מעיד על כך שהן אינן נמצות בקרב כוכבים מאוכלוסייה II² וכי הן נמצות

מרבית הערפיליות הפלנטריות מצויות סמוך למישור הגלאקסיה. בקו אורך גלאקטי של 90° יש ריכוז גדול של ערפיליות פלנטריות מתחת למישור הגלאקסיה ובאופן

² כוכבי אוכלוסייה II הם כוכבים "זקנים" מדור ראשון, כאלה שאחוז היסודות הכבדים בהם קטן, יחסית. הם

¹ הענף האסימפטוטי - כוכבים ענקים קלים, המצויים בשלב האחרון של חייהם.

להליום בתהליך המערב גרעיני מסמן וחמצן (CNO) בשכבה המצויה מעל שכבת ההליום הנוצר. בשלב זה, חוזר הכוכב מהענף האופקי אל שלב הענק האדום במסלול בדיאגרמת HR שנקרא הענף האסימפטוטי (הוא נקרא כך משום שהוא מקביל למסלול בדיאגרמת HR בו עולה הכוכב למצב של ענק אדום משלב הסדרה הראשית של חייו). בשלב שהכוכב הגיע לשיא התפתחות הענק האדום, ליבתו מורכבת מאזור מרכזי בו מצוי אפר הפחמן והחמצן, שכבת הליום בוערת ומעליה שכבת מימן בוער. בתחילת שלב זה, עשוי רדיוס הכוכב לגדול לערכים שבין 100 ל-1000 קוטרי שמש. מאחר שליבת ההליום מנוגת למחצה, הבעירה של ההליום מתחילה על ידי

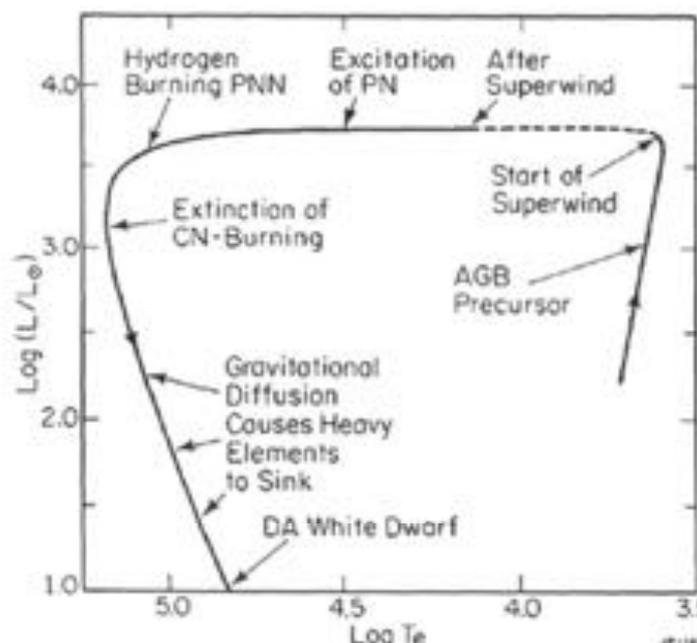
יותר בקרב כוכבים מדורות מאוחרים יותר של אוכלוסייה I במישור הגלאקסיה.

מורפולוגיה של ערפיליות פלנטריות.

לכאורה, ערפיליות פלנטריות הן בעלות סימטריה כדורית, אך בפועל, מרבית הערפיליות הפלנטריות הן בעלות אנומליה זו או אחרת בצורתן. כדי לתאר בצורה הטובה ביותר את מבנה הערפיליות הפלנטריות, ניתנו להם סימונים בהתאם לצורתן, וסימונים אלו רוכזו בקטלוג של הערפיליות הפלנטריות, הנקרא PK והוא הוכן על ידי פרק (L. Kohoutek) וקוהוטק (L. Perek) בשנת 1967. קטלוג זה מתבסס על מיקום הערפיליות במערכת הקואורדינטות הגלאקטיות. קטלוג PK אינו מיוחד לערפיליות פלנטריות בלבד וניתן למצוא בו עצמים נויים נוספים.

ערפיליות פלנטריות סווגו על פי המבנה והצורה שלהן על ידי וורונצוב-וולימיטוב (Vorontsov, Velyaminov), בהתאם לאינדקס הבא:

1. ערפילית דמויית-כוכב
2. דיסקה חלקה, אות לטינית קטנה מימין לספרה 2 מציינת סטייה אפשרית מבהירות אחידה לפי המפתח הבא:
 - a - מתבהרת לקראת המרכז, b - בהירות אחידה, c - עקבות של מבנה טבעתי.
3. דיסקה ללא צורה סדירה, אות לטינית קטנה מימין לספרה 3 מציינת מבנה מסוים בצורת הערפילית כגון: a - בהירות לא אחידה לחלוטין, b - עקבות של מבנה טבעתי.
4. מבנה טבעתי.
5. צורה לא סדירה המזכירה ערפילית מאירה.
6. צורה אנומלית.



איור 2 - מהלך חייו של כוכב משלב AGB עד לשלב הננס הלבן על דיאגרמת HR

הכוכ הנקרא הכוכ ההליום. בהזקים אלו, שמשפרם עשוי להגיע לכעשר המתרחשים במרווחי זמן של מאות אלפי שנים זה מזה הכוכב מתחיל בתהליך של איבוד מסה. כוכבים אלו, שהם ענקים אדומים המצויים בשלב של אי יציבות בחייהם נראים מוקפים מעטפת אבק (כדוגמת מירח בלווייתן, אנטרס בעקרב וביתא לגיוז באוריון). אך הכוכי ההליום אינם הסיבה היחידה הגורמת לאיבוד מסה על ידי הענק האדום. החסם העליון למסת ליבה יציבה הנה 1.44 מסות שמש, שהיא המסה הנתמכת על ידי לחץ הניוון של האלקטרונים בליבת הפחמן. מעבר למסה זו תגבר הכבידה העצמית של הליבה על לחץ הניוון והיא תקרוס לכוכב נייטרונים או חור שחור. מאחר ומסת הכוכב ההתחלתית היא מספר מסות שמש, אזי מרביתה נמצאת במעטפת הענק האדום. לאחר שלב הענק האדום, מסיים הכוכב את חייו כגנס לבן בעל מסה של 1.4 מסות שמש לכל היותר. מכאן, שהכוכב מאבד את מרבית המסה שלו בשלב הענק האדום עקב הרוח הכוכבית העזה שלו. בשל המרחק הרב של שולי מעטפת הכוכב ממרכזו, אזי מהירות הבריחה מהענק האדום היא נמוכה יחסית ונעה סביב הערך של 12 ק"מ בשנייה (במרחק 1000 רדיוסי שמש ממרכז הכוכב) עד 30 ק"מ בשנייה (מרחק 400 רדיוסי שמש ממרכז הכוכב).

$$v_{escape} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$



ערפילית שבתאי - NGC7009 - בעלת צורה אנומלית של פליטת חומר מהקטבים.

- לעיתים, ישנו שילוב של שני מאפיינים, כמו כן מצוין מספר הכוכב המרכזי של הערפילית בקטלוג HD.

היווצרות ערפילית פלנטרית

כאמור, ערפיליות פלנטריות הנה השלב האחרון בהתפתחותו של כוכב קל. לאחר שלב הענף האופקי, בו בוער ההליום לבדו במרכז הכוכב, הכוכב מקיים בעירה גרעינית במרכזו בשני שלבים - תהליך משולש בו הופכים 3 גרעיני הליום לפחמן באזור בעירת ההליום סביב ליבת הכוכב המורכבת מאפר (פחמן וחמצן) וכן בעירה של מימן

מצויים בגלקסיות אליפטיות, צבירים כדוריים ובהילה ובליבות של גלקסיות ספיראליות.
 כוכבי אוכלוסיה I הם כוכבים צעירים, שאחוז היסודות הכבדים בהם קטן, יחסית. הם מצויים בגלקסיות לא סדירות ובורועות גלקסיות ספיראליות.

$$G = 6.672 \times 10^{-11} \text{ Nxm}^2 \times \text{Kg}^{-2}$$

$$M = 1.989 \times 10^{30} \text{ Kg}$$

$$R = 6.96 \times 10^{10} \text{ m}$$

בהנחה שחלקיק מצוי במרחק של 500 רדיוסי שמש ממרכז הכוכב

$$V_{\text{escape}} = \sqrt{\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 1.989 \cdot 10^{30}}{30 \cdot 10^{10}}} \approx 26 \text{ Km/s}$$

בשלב האחרון של AGB, נפלטת רוח כוכבית משולי הכוכב במרחק של כמה מאות רדיוסי שמש ממרכזו, כאשר מהירות הבריחה ממרחק כזה יורדת לערכים הנמוכים מ-20 ק"מ בשנייה.

נוסף לחץ הקרינה המגיע ממרכז הכוכב, המעיף חומר מהכוכב והלאה, בעירת המימן בשולי הליבה מכלה את המימן המצוי בין הליבה למעטפת. בדרך זו, הופך המימן במעטפת להליום הנוצר אף הוא והופך לאפר פחמן בליבת הכוכב ומסת המעטפת הולכת וקטנה לטובת הליבה. כאשר מסת המעטפת מגיעה לערכים של אחוזים בודדים ממסת הכוכב, מתחיל הכוכב באיבוד מהיר מאוד של מסה על ידי רוח כוכבית בקצב של 5×10^{-5} מסות שמש בשנה. מהירות הגז ברוח הכוכבית היא סביב 15 ק"מ בשניה. כמות המסה האובדת בשלב זה אינה מספקת על מנת ליצור ערפילית פלנטרית ודרוש אירוע אלים יותר שיגרור את יצירת הערפילית. כעת, מסת המעטפת קטנה מאוד, הלחץ על המימן הנוצר סביב הליבה פוחת והבעירה שלו מואטת. רדיוס הכוכב מתחיל לקטון, אך מכיוון שהמעטפת מתקרבת לליבה, גובר לחץ הקרינה על המעטפת והכוכב מאבד מסה בקצב של כ- 10^{-5} מסות שמש בשנה. החומר האובד מהכוכב בשלב זה הנקרא סופר רוח כוכבית, נע במהירויות של כמה עשרות ק"מ בשניה והוא השלב הקריטי ליצירת הערפילית הפלנטרית. מתצפיות על ערפיליות פלנטריות צעירות מאוד (Egg Nebula) נראים מעגלים קונצנטריים שמעידים על כמה שלבים כאלו של סופר רוח כוכב בהפריש זמן של מאות שנים זה מזה.

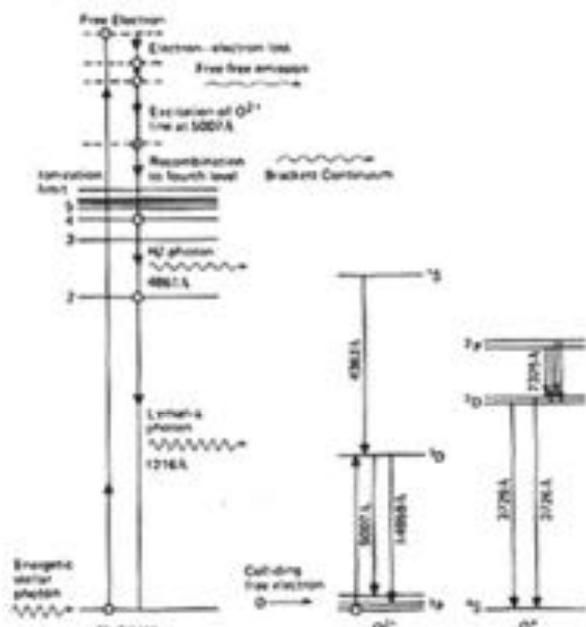
שרידי המעטפת המתפשטת מותירים אחריהם ליבה כמעט עירומה של הכוכב, שהטמפרטורה האפקטיבית שלה מגיעה ל-150 אלף מעלות קלווין. עקב לחץ הקרינה העצום, עוזבים השרידים האחרונים של המעטפת את הליבה של הכוכב במהירות שעשויה להגיע למהירות של כ-50 ק"מ בשנייה. כאשר שרידים אלו מונשים את שרידי המעטפת שהועמו בשלב הרוח הכוכבית, נוצר גל הלם, עקב המפגש בין החזית החמה המתקדמת במהירות לבין הגז הקר בשרידים המתפשטים של המעטפת וגל זה מתקדם מהכוכב החוצה.

כאשר מרבית מעטפת הכוכב עוזבת אותו, עדיין נותרת כמות מעטה של מימן הנוצרת על פני הגרעין שהוא, למעשה, ננס לבן. כאשר טמפרטורת פני הכוכב אינה עולה על 25 אלף מעלות, עדיין קשה לראות את מעטפת הגז הניטרלי שנוצרה על ידי הרוח הכוכבית ההולכת ומתרחקת

מהכוכב בקצב של כ-20 ק"מ לשניה. ככל שיותר חומר מהמעטפת עוזב את הכוכב וליבת הכוכב מתגלה, טמפרטורת הכוכב עולה. כעת, העומק האופטי של הערפילית הפלנטרית קטן מאוד ולמיכך, החלקים הפנימיים של מעטפת הגז המתרחק מיוננים על ידי הקרינה העל סגולה הנפלטת על ידי הליבה החמה ואז ניתן לראות את תחילת הערפילית הפלנטרית. בשלבים אלו כאשר טמפרטורת פני הכוכב עולה, העומק האופטי קטן - התווך בינו לבין מעטפת הגז קלוש ועביר יותר לקרינה על סגולה, הערפילית זוהרת יותר. עתה, עשויה הערפילית להגיע לממדים של כחצי שנת אור. כשמגיעה טמפרטורת הכוכב לערכים מעל 60 אלף מעלות, עשויים להראות גם חלקים חיצוניים של הערפילית (הגז שנוצר ברוח הכוכבית בתקופת טרום היווצרות הערפילית הפלנטרית). לאחר השלבים האלו הנמשכים כמה עשרות אלפי שנים אזור המימן הטרי המצוי על פני הננס הלבן או שהוא מגיע לערכים נמוכים מדי עבור בעירה והוא מפסיק לבעור. בשלב זה, מתקררים פני הננס הלבן עד לטמפרטורה של כמה אלפי מעלות קלווין בלבד וכתוצאה מכך הוא מתקשה להאיר את שרידי הערפילית שמגיעה לקוטר של מ"ס ק" אחד. לאחר שלב זה נמוגה הערפילית בתווך הבין כוכבי. כל השלב של הערפילית הפלנטרית נמשך כמה עשרות אלפי שנים בלבד, עד שהיא נמוגה כליל בתווך הביןכוכבי, הרף זמן במושגים של חיי כוכב.

הארת הערפילית

הגורם האחראי ליינון הערפילית הוא הקרינה היוצאת מהכוכב וכן התנגשויות בין גל ההלם והערפילית היוצרים חזית יינון, חזית יינון זו מהווה, למעשה, את הגבול החיצוני הראשון של הערפילית הפלנטריות בגלל צפיפותה הגבוהה מאוד יחסית לתווך ומכאן העומק האופטי הגבוה שלה.



איור 4 - מנגנוני יצירת קרינת רצף (משמאל) על ידי רקומבינציה של אלקטרון לרמה הרביעית. במרכז מתואר תהליך חצירת קווים אסורים (OIII) ומימן קווי פלוארנסציה של חמצן.

⁴ עומק אופטי מתאר את מידת הבליעה של פוטון מסוים בתווך כלשהו. עומק אופטי = 0 פירושו שהתווך שקוף. ככל שהעומק האופטי של תווך גדול יותר, פירושו של דבר שהוא אטום יותר.
⁵ יחידת מרחק. 1 פרסק = 3.2 שנות אור בקירוב.

בערפיליות פלנטריות אטומים ברמות ייטון גבוהות, כגון Cl, שלא נצפות בערפיליות פליטה המקיפות כוכבי O.



איור 3 - ערפילית הביצה. המעגלים הקונצנטריים מצביעים על תהליך נשנה של על רוח כוכבית בהפרשים של 500 שנים. צורת ה- S מרמזת על 'חורים' במעטפת הכוכב בהם העומק האפטי קטן יחסית ומאפשר לקרינה לברוח החוצה ולהאיר את סביבות הערפילית. (תצלום - HST)

הבדל שני בין כוכבי O לכוכבים המצויים במרכז ערפיליות פלנטריות הוא קצב הקירור והעומק האופטי של הערפילית. אם נניח כי מסת הערפילית הפלנטרית קבועה (כדי חסם עליון של 0.2 מסות שמש), ונניח קצב התפשטות קבוע של כ- 20 ק"מ בשנייה, נוכל לקבוע את הקשר בין צפיפות המימן בערפילית וגיל הערפילית. (בהמשך נראה כי קשר זה מסייע לנו לאורך כל הדרך בקביעת פרמטרים שונים כגון חוזק קווים, מרחק לערפילית וכדומה).

מכאן, שהעומק האופטי של הערפילית תלוי חזק בגיל הערפילית. ככל שהערפילית צעירה יותר, כך גדל העומק האופטי, בעוד שבערפיליות פליטה רגילות ובאזורי HII תלות זו של עומק אופטי בזמן אינה קיימת, למחות לא בסדרי גודל של משך חיי הכוכב (למעט אזור קרוב לכוכב הימתנקה"י עקב לחץ קרינה). מאידך, גם שטף הקרינה של הכוכב המרכזי תלוי חזק בזמן כיוון שהוא מתקרר בקצב קירור השווה לסדר הגודל של התפשטות הערפילית.

כיוון שהעומק האופטי (עבור תדירות ν כלשהי) בזמן t כלשהו, הוא:

$$\tau_{\nu,t} = N_e a_{\nu} \int dv$$

שטף הקרינה של הכוכב, בזמן t תלוי בטמפרטורה שלו T (בהנחה שרדיוס הכוכב R הליבה נותר קבוע):

$$L_{T,t} = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

וכיוון ששטף הקרינה של פוטון ν נתון על ידי מונקציות פלנק $B_{\nu,T}$ והואיל והטמפרטורה תלויה בזמן הקירור של הכוכב, יש למתור את המשוואות באופן סימולטני כדי למצוא את גבול הייטון עבור כל אטום ואטום בכל זמן נתון. מסיבה זו, ערפיליות פלנטריות מראות שכבות צבעוניות שונות, כל אחת מתאימה לאטום במצב ייטון שונה. בשלב האחרון של חיי הערפילית הפלנטרית, טמפרטורת הכוכב המרכזי יורדת לערך הקטן מ- $2.5 \times 10^4 K$, מעטפת הגז התרחקה למרחק גדול משנת אור אחת ולכן אין בכוחו של הכוכב להאיר את

הואיל וחזית הייטון חמה מאוד, פוטונים הנפלטים ממנה עקב רקומבינציה⁶, עשויים לייטן את המעטפת הקלושה יותר המקיפה את חזית הייטון. אולם, עקב הצפיפות הנמוכה הן של החומר המצוי מעבר לחזית הייטון והן השטף הנמוך מאוד של הפוטונים עצמם, המצליחים לצאת מעבר לחזית הייטון, קשה מאוד לראות את החומר המצוי מעבר לחזית הייטון.

גל ההלם המתקדם החוצה מהערפילית נע במהירות של עד 40 ק"מ בשנייה. מהירות זו גבוה בכדי סדר גודל ממהירות הגז המצוי בתווך הבינכוכבי (מהירות תרמית של כמה מעלות קלווין). לכן, גל ההלם הנוצר מחמם את התווך הבינכוכבי, הצפיפות באזור גל ההלם גדולה וכתוצאה מהתנגשויות נפלטת קרינה. בדרך כלל, גל הלם נוטה לדעוך, תוך שהוא מאבד את האנרגיה שלו לסביבה. כאשר גל ההלם מחמם את הסביבה וכתוצאה מהתנגשויות ורקומבינציה נפלטת אנרגיה, המשמעות היא של קירור חזית הגל ומכאן שהוא מאבד את האנרגיה שלו. דוגמה טובה היא גל הלם הנוצר בסופר נובות הדועך במרכז זמן הדומה למשך חיים של ערפילית פלנטרית למרות האנרגיה הגבוהה מאוד של הגל ההתחלתי. גל ההלם הנוצר בערפילית פלנטרית מאבד, אמנם, אנרגיה על ידי קרינה כתוצאה מרקומבינציה, אך יש לזכור כי הוא מהווה את הגבול החיצוני של האזור בעל העומק האופטי הנמוך בערפילית הפלנטרית. מכאן, שהודות לעומק האופטי הגבוה של אזור גל ההלם, יחסית לפנים הערפילית, גל ההלם מתחמם בעילות יחסית על ידי קרינה המגיעה מפנים הערפילית. לכן, כאשר מבקשים לחשב את האנרגיה של גל ההלם בכל נקודת זמן, יש לבדוק את מאזן האנרגיה האובד תוך קירור גל ההלם לעומת החימום גל ההלם על ידי הקרינה המגיעה ממרכז הערפילית.

בעוד שגל ההלם המתקדם החוצה מהערפילית אחראי לחימום השוליים שלה ושל החומר המצוי בתווך הבינכוכבי המקיף את הערפילית, הרי שהמגיע העיקרי לייטון הגז בתווך ספירת הייטון הוא הכוכב. הטמפרטורה האפקטיבית של הכוכב עשויה להגיע לערכים של $10^5 K$. לכאורה, שטף הקרינה הנפלט מהכוכב הוא גבוה מאוד - $E \propto T^4$ עד פי 10^4 משטף האנרגיה של כוכב O בעל טמפרטורה של $4 \times 10^4 K$ אך כיוון שקוטר הכוכב קטן פי 100 עד פי 1000 ויותר מקוטר של כוכב B או O, וכיוון ששטף הקרינה תלוי בחזקה השנייה של הרדיוס, מכאן שסך השטף של הקרינה הנפלט מהכוכב, כשהוא בשיאו הוא לכל היותר שווה או עד כדי 10^2 מעצמת הקרינה של כוכבי O.

מכאן, שסך הקרינה של כוכב מרכזי בערפילית פלנטרית אינו שילה, בכל רגע נתון (אלא במקרים קיצוניים) על שטף קרינה של כוכבי O שהם המנוע העומד מאחורי ערפיליות פליטה מאירות ואזורי HII⁷. מאידך, שיא הקרינה מתקבל באורכי גל קצרים מאוד, האנרגטיים עד כדי פי 10 מאורכי הגל הנפלטים בשיא הקרינה של כוכבי O. לכן, ניתן למצוא

⁶ רקומבינציה היא תהליך בו אלקטרונים נלכדים על ידי יונים חיוביים. בתהליך הרקומבינציה האלקטרונים מאבדים אנרגיה הנפלטת בצורת קרינה.

⁷ הטמפרטורה האפקטיבית של הכוכב היא הטמפרטורה הנמדדת באזור ממנו נפלט האור של הכוכב שבאמצעותו נמדדת הטמפרטורה. למעשה, ניתן לומר כי טמפרטורה אפקטיבית היא טמפרטורת פני הכוכב.

⁸ כוכבי O הינם הכוכבים הצעירים והחמים ביותר.

⁹ איזורי HII הם אזורים בהם הטמפרטורה גבוהה מ- 10000 מעלות ולפיכך מרבית המימן מיון.

שיטת שקלובסקי (Iosif Shklovski)

שיטה זו היא הטובה ביותר והיא מתבססת על 3 הנחות:

כל המעטפת מיונת, לכן $Ne=Np$
 כל הערפיליות שוות מסה ~ 0.2 מסות שמש.
 קצב התפטרות של הערפיליות הפלנטריות אחיד

$$\left(\frac{dr}{dt} = const.\right)$$

מכאן, צפיפות האלקטרונים קטנה ככל שרדיוס הערפילית גדל באופן ש-

$$r_N^3 Ne = \text{קבוע} = \frac{4\pi}{3}$$

כאשר, r_N הוא רדיוס הערפילית.

את Ne ניתן להשוות על ידי התנגשויות של אלקטרונים באמצעות השוואת עצמה של שני קווים של אותו הוין, לדוגמה:

OIII 372.9nm / 372.6 nm
 SII 671.6nm / 673.1 nm

H β Intensity

שיטה שלישית, שהיא נגזרת מההנחות של שיטת שקלובסקי, מתבססת על השוואת עצמת הקרינה של קווי H β . אחת השיטות למדידת העצמה של קווי H β ניתנת על ידי אנליזה תלת ממדית של הערפילית המצולמת באמצעות CCD מבעד למסך של H β :

$$L_{H\beta} \propto NeNp r_N^3$$

$$Ne = Np \Rightarrow L_{H\beta} \propto Ne^2 r_N^3$$

$$Ne \propto r_N^{-3}$$

$$L_{H\beta} \propto r_N^{-3}$$

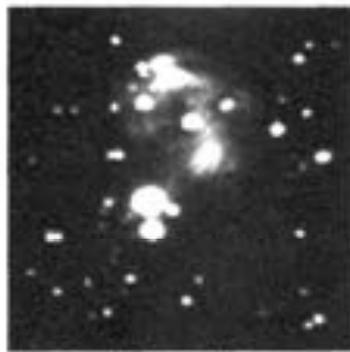
שיטה זו קלה, יחסית, למדידה אך היא מדויקת פחות משיטת שקלובסקי המתבססת על אמדן ספקטרוסקופי מדויק של השוואה בין עצמות שני קווים ספקטרליים.

א-סימטרייה בערפיליות פלנטריות

לכאורה, צורתן של ערפיליות פלנטריות אמורה להיות כדורית ולשמור על הצורה הבסיסית של הכוכב, כאשר אנו מניחים קרינה רדיאלית הומוגנית מפני הכוכב. אולם, ישנן כמה סיבות לחוסר סימטרייה בצורתה של הערפילית, להלן חלק קטן מהן:

גרדיאנט¹¹ צפיפות כאשר הכוכב מצוי באזור של גז ואבק בעל גרדיאנט משתנה של צפיפות, הגז והאבק הנפלט מהכוכב 'יעדיף' לברוח לאורך אזורים בהם צפיפות האבק נמוכה

שדה מגנטי כאשר לכוכב שדה מגנטי חזק, משפיע השדה על שזצמת וכיוון פליטת הפלסמה לתווך הבינכוכבי. בדרך כלל, בערפיליות פלנטריות בעלות שדה מגנטי חזק, מזהים סימטרייה לגבי ציר אחד.



הערפילית הפלנטרית NGC7008

אולם, ההתפתחות המעניינת ביותר בחקר אי-הסימטרייה של ערפיליות פלנטריות באה מהכיוון של השפעת בן זוג של הכוכב המרכזי. אמנם, בחלק ניכר מהערפיליות הפלנטריות מצויה מערכת בינארית במרכז, המשפיעה על פליטת הגז דרך הקטבים של המערכת. אולם, במקרים בהם אין הוכחה להמצאות מערכת בינארית במרכז, ייתכן וה'אשם' הוא כוכב לכת או כוכבי לכת המקיפים את הכוכב הגזע.

דמויי ערפיליות פלנטריות

כיום, עם שכלול אמצעי התצפית יחסית לשנות ה-80 של המאה ה-20, ניתן לסווג באופן חד יותר את הערפיליות הפלנטריות כקבוצה הנגרמת מגוויעתו של כוכב קל בסוף שלב AGB. לפיכך, סוננו עצמים רבים ששנים רבות נחשבו לערפיליות פלנטריות. קל להבדיל בין ערפילית פלנטרית בין העצמים הימתחויים הודות למאפיינים הספקטרליים הייחודיים לערפילית ולכוכב המצוי במרכזה ולטהירות התפשטות הערפילית והרכבה. בין העצמים הקרובים לערפיליות פלנטריות ניתן למצוא את הבאים:

ערפיליות סביב כוכבי WR¹² למעשה, אלו המקרים הקרובים ביותר ביחוד בגלל המאפיינים הספקטרליים הדומים של כוכבי WR והכוכבים המצויים במרכז ערפיליות פלנטריות (ספקטרום רציף, קרינת UV חזקה וכו') ורוח כוכבית חזקה מאוד. אולם כיום מסווגות ערפיליות כאלו כערפיליות פליטה או החזרה.



ערפילית הבועה – NGC7635 – בקסיופאה. זו אינה ערפילית פלנטרית, אלא גז הבורח מכוכב מאסיבי.

ערפיליות פליטה סביב כוכבים על מסיביים כחולים (SLBG), ומטיפוס P Cyg - גם כוכבים אלו מאופיינים ברוח כוכבית חזקה מאוד ובשטף עצום של קרינה אך היא הקרינה של כוכבים אלו נמוך בכדי שדר גדל מכוכבי WR וכוכבים המצויים במרכז ערפיליות פלנטריות. דוגמה

אופיינית היא הערפילית סביב אטא Car.

עצמי הרביני-הארו (HH) גרמי שמים אלו דומים לערפיליות פלנטריות אסימטריות, אך הסיבות להיווצרות

¹² כוכבי WR נקראים ע"ש שני חוקרים וולף וראייט. הם מציינים כוכבים חמים, מסיביים וצעירים מאוד, בעלי מעטפת גזית סמיכה הנגרמת כתוצאה מאיבוד חומר מסיבי.

¹¹ גרדיאנט שיפוע שיעור השינוי בפרמטר מסוים. גרדיאנט הצפיפות לפיכך, הוא השיעור בו משתנה הצפיפות.

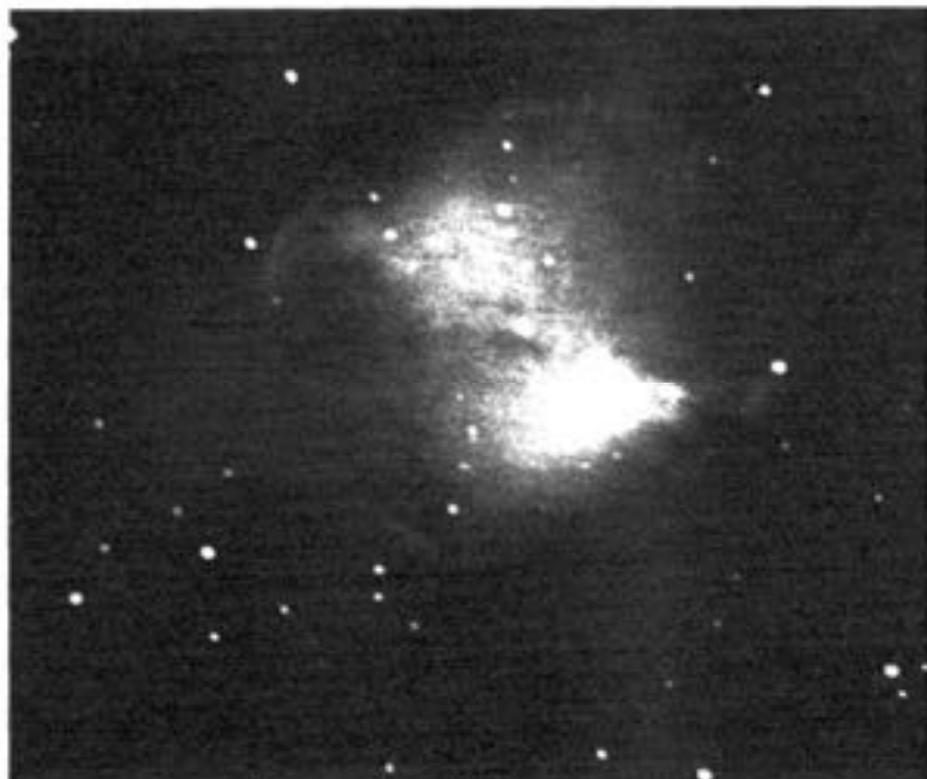
הערפילית שונה לחלוטין, כיוון שעצמי HH מצויים בשלב יצירת הכוכב.

כוכבי T Tau גם כוכבים אלו אמונים בערפיליות אך אלו הם כוכבים המצויים בשלב הכניסה לסדרה הראשית בתחילת חייהם.

שאריות סופרנובה עד לפני כמה עשרות שנים, סוגה ערפילית הסרטן כערפילית פלנטרית. כיום, קל מאוד להבדיל בין שני הסוגים.

אורי HII קומפקטיים אוריים אלו מראים מאפיינים ספקטרוניים דומים מאוד לאלו של ערפיליות פלנטריות אולם ניתן להבדיל בין שני הסוגים לפי הערכת הגודל אך בעיקר לפי מהירות ההתפשטות של הערפילית הפלנטרית ושכיחות יונים הנצרים בטמפרטורות גבוהות (CIV).

וכמוכן, אינספור של ערפיליות פליטה וערפיליות החורה. משך שנים ניתן היה למצוא גם נלאקסיות קומפקטיות ונלאקסיות פעילות מסוג BL Lac שסוגו כערפיליות פלנטריות.



ערפילית המשקולת – M27 – צולם דרך פילטר ירוק.

Models & Observations. Mexico City 25-29 October, 1999. Editors: S.J. Arthur, N. Brickhouse and J. Franco. To be published in the Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica, Serie de Conferencia s. 10/1999

כל התמונות במאמר זה צולמו במצפה הכוכבים בגבעתיים, אלא אם כן צויין אחרת.

Soker, Noam, Detecting planets in planetary nebulae, Department of Physics, University of Haifa at Oranim, Tivon 36006, Israel, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 306, Issue 4, pp. 806-808, 07/1999

Soker, Noam Visual Wide Binaries and the Structure of Planetary Nebulae, AA(Department of Physics, University of Haifa at Oranim, Oranim, Tivon 36006, Israel; soker@physics.technion.ac.il), The Astronomical Journal, Volume 118, Issue 5, pp. 2424-2429, 11/1999

Ueta, Toshiya; Meixner, Margaret; Bobrowsky, Matthew A Hubble Space Telescope Snapshot Survey of Proto-Planetary Nebula Candidates: Two Types of Axisymmetric Reflection Nebulosities, AB(Department of Astronomy, MC-221, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801; ueta@astro.uiuc.edu, meixner@astro.uiuc.edu), AC(Challenger Center for Space Science Education, 1250 North Pitt Street, Alexandria, VA 22314; mbobrowsky@challenger.org), The Astrophysical Journal, Volume 528, Issue 2, pp. 861-884, 01/2000

יגאל פת אל הוא יושב ראש האגודה הישראלית לאסטרונומיה ומנהל מצפה הכוכבים בגבעתיים. כמו כן הוא לומד לתואר שלישי בגיאופיזיקה.

ביבליוגרפיה

Corradi, R.; Mampaso, A.; Navarro, S. Distances to Planetary Nebulae: A Key to Galactic Structure and Evolution, AA(Instituto Astrofisico de Canarias) AB(Instituto Astrofisico de Canarias) AC(Instituto Astrofisico de Canarias), IX Latin American Regional IAU Meeting, "Focal Points in Latin American Astronomy", held in Tonantzintla, Mexico, Nov 9-13, 1998, Eds: Aguilar, A.; Carraminana, A.; to be printed in Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Serie de Conferencias, 11/1998

-Moreno, A.; Anguita, C.; Loyola, P.; Moreno, H. Trigonometric Distances of Planetary Nebulae, A Casilla 36-D, Santiago, Chile; agutierr@das.uchile.cl, canguita@das.uchile.cl, ployla@das.uchile.cl, hmoreno@das.uchile.cl), The Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Volume 111, Issue 763, pp. 1163-1168) 09/1999
Maran P (Editor) The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia, Van Norsand Reinhold, 1992

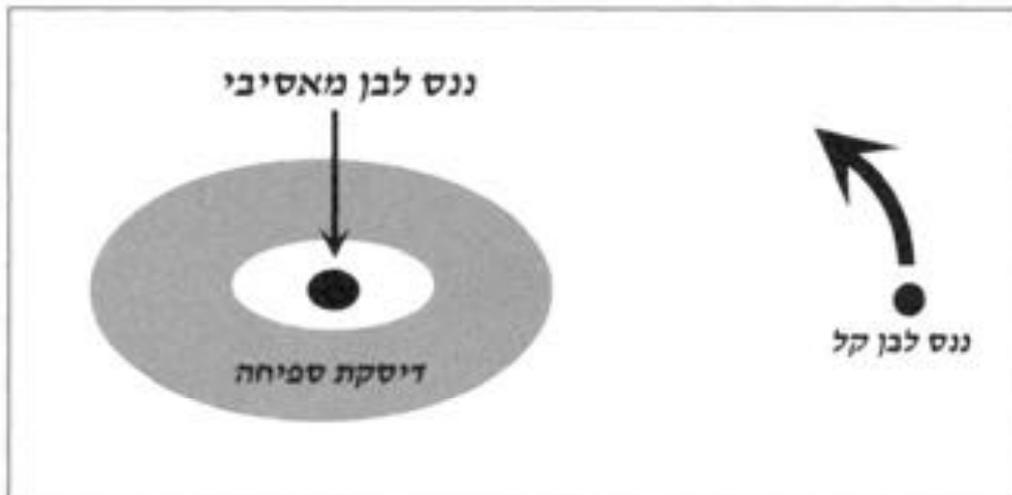
Monteiro, H.; Morisset, C.; Gruenwald, R.; Viegas, S. M. 3D modeling of Planetary Nebulae, application to the study of NGC3132, Astrophysical Plasmas: Codes,

כוכבים מתפרצים - נובות

ד"ר אלון רטר, אוניברסיטת Keele, אנגליה

מבני כוכבי ה-AM CVn

ישנם סוגים שונים של כוכבים משתנים. חלקם מתמוצצים, חלקם מתנפחים ומתכווצים, חלקם לוקים ועוד הזרוע נטויה. ד"ר אלון רטר, חוקר נובות, מסביר במאמר זה על כוכבים מסוג AM CVn הנקראים כך על פי שם הכוכב הראשון שנתגלה מסוג זה, כלומר, AM בקבוצת כלבי ציד.



AM CVn הוא האב-טיפוס של קבוצה קטנה של כוכבים, שמורכבת משישה חברים ומועמד אחד. ספקטרום האור של הכוכבים האלו דומה מאוד לספקטרום של ננסים לבנים חסרי מימן, כלומר, בספקטרום רואים בעיקר קווי הליום ומעט קווים של יסודות כבדים יותר.

הגורם המבדיל את כוכבי ה-AM CVn מננסים לבנים דלי מימן רגילים הוא בכך שנתגלו בעקומות האור שלהם מחזורים קצרים מאוד בין 17 ל-47 דקות. קבוצה רצינית

מהיר (Cataclysmic Variables) הנמצים יותר, שמורכבים מננס לבן עשיר מימן ומננס אדום. המודל מסביר מדוע קשה מאוד להפריד בין שני הננסים הלבנים, שמרכיבים את כוכבי ה-AM CVn, אפילו באמצעים עקיפים מחוכמים. שני הכוכבים קרובים מאוד אחד לשני, אך האחד מסיבי הרבה יותר מחברו, ולכן בהיר הרבה יותר. כאמור, המודל היה שני במחלוקת זמן רב.

של חוקרים מאוניברסיטת טקסס, שנמצאת באוסטין, ארה"ב, הציעה שמחזורי האור של כוכבי ה-AM CVn נובעים מתנדודות של ננס לבן בודד. חוקרים אחרים הציעו שהשינויים באור מקורם בכך שהמערכת הן כפולת מורכבות משני ננסים לבנים. הוויכוח בנושא זה נמשך במשך שנים רבות. דומה, שתצפיות שבוצעו בשנים האחרונות ברחבי העולם וכן במצפה הכוכבים עייש וויז שבמצפה רמון מתרות את המחלוקת אחת ולתמיד.

1993- גילתה קבוצה בראשות פרופ' Joe Patterson מאוניברסיטת קולומביה, ניו-יורק, ארה"ב, מחזור נוסף של 13- שעות בקווי הפליטה של הכוכב. החוקרים הציעו, שמחזור זה מתאר את תנועת הנקיספה (פרצסיה) של דיסקת הספיחה. כלומר, דיסקת הספיחה מפתחת מבנה אליפטי,

המחזור הראשון של הכוכב AM CVn עצמו, 17.5- דקות, התגלה ב-1967 עיי אסטרונום פולני ידוע בשם Joe Smak. המודל הבינאווי למערכת, שנוק לאוויר ב-1972, הציע שהיא מורכבת משני ננסים לבנים עשירים בהליום וחסרי מימן. מסת הכוכב הראשון דומה למסת השמש, ואילו הכוכב השני פחות מסיבי ומאסתו רק כאחוזים בודדים ממסת השמש. שני הכוכבים מסתובבים במהירות סביב נקודת מרכז המסה המשותפת, הקרובה מאוד לכוכב המסיבי יותר.

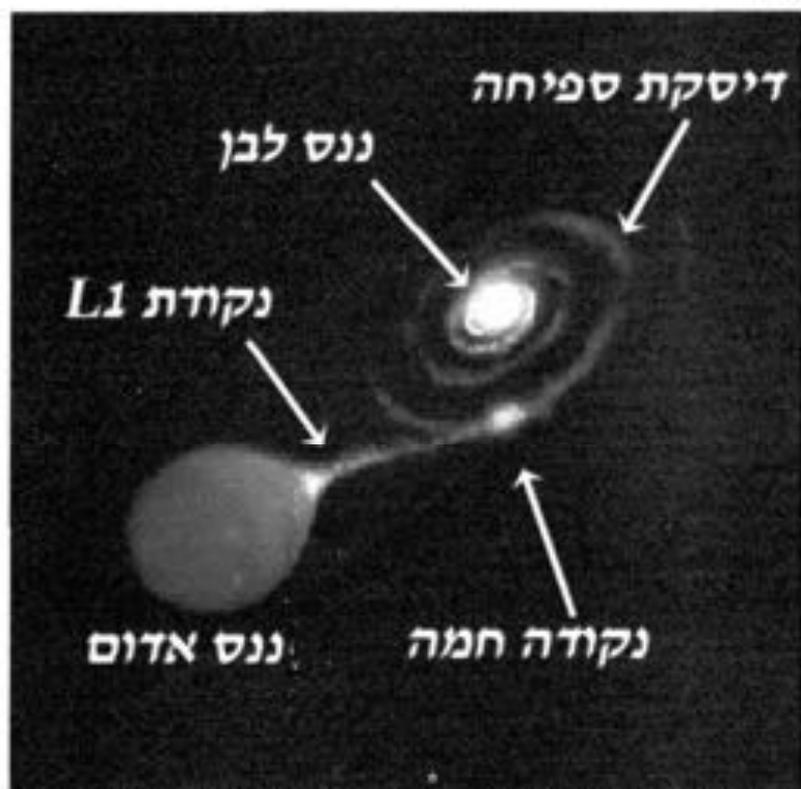


הכוכב המסיבי יותר סופח הליום מהכוכב השני דרך דיסקת ספיחה. דיסקת הספיחה הנוצרת מסביב לכוכב הראשון עקב חוק שימור התנע הזוויתי. מודל זה הוא המודל המקובל כיום לכוכבים בעלי שינוי בהירות

בנוסף, בנייתו עקומת האור של AM CVn התגלו לא פחות מ-160 (!) מחזורים נוספים, המוסברים כווריאציות מתמטיות שונות של המחזוריים שהוזכרו, ומהווים מטנציאל חשוב להבנת מבנה דיסקת הספיחה במערכת.

גילוי מחזור הסיבוב הבינארי החזוי בכוכב AM CVn, הנו עדות חזקה מאוד התומכת במודל הכלול של כוכבי ה-AM CVn.

תצפיות נוספות, שבוצעו במסגרת הפרוייקט, מאשרות קיומם של מספר מחזוריים רב בשאר כוכבי ה-AM CVn, שאינם ניתנים להסבר ע"י תנודות בנס לבן יחיד, אלא רק ע"י המודל הבינארי.



הצמד הבינארי. הננס לבן סופח גז מהננס האדום. הנו נאגר בדיסקת ספיחה בגלל התנע הזוויתי של הנו. במקום שבו מתחברות דיסקת הספיחה וזרם הנו, הנו מתחמם ויוצר "נקודה חמה". נקודת L1 היא נקודת שיווי המשקל בין שני הכוכבים.

והאליפסה מסתובבת לאיטה במישור הסיבוב הבינארי. לפי מודל זה, המחזור הנצפה הקצר של 17.5 דקות אינו מחזור הסיבוב של הכוכבים, כי אם מחזור על-דבשתי (super hump). זוהי תופעה ידועה בכוכבים בעלי שינוי בהירות מהיר בעלי זמני מחזור סיבוב קצרים (1.5-3 שעות).

בציור אנו מנסים להסביר את המחזוריים השונים. הננס הלבן יוקל מסתובב סביב הננס הלבן המסיבי יותר במחזור האורביטלי (Porb). הדיסקה האליפטית מסביב לננס הלבן המסיבי מסתובבת לאט יותר. לאחר שהננס הלבן יוקל ביצע סיבוב שלם, הדיסקה התקדמה מעט. לכן, כדי לשמור על אותו מבנה, הננס הלבן מתקדם עוד קצת. המחזור העל-דבשתי (super hump), שמסומן P_{sup}, הוא המחזור, ששומר על אותו המבנה. הוא ארוך במקצת מהמחזור הבינארי, וההבדל ביניהם הוא $\Delta p = P_{sup} - P_{orb}$. המודל הזה, אם כן, מחזור נוסף בעקומת האור של הכוכב AM CVn, במודל של כ-17.1 דקות קצר בכ-2 אחוזים מהמחזור הידוע.

בשנים האחרונות, עם התפתחות הקשר האלקטרוני (Internet), נעשה שיתוף פעולה בין-ארצי לקל הרבה יותר. יפתח ליפקין, המסיים את עבודת המאסטר שלו באוניברסיטת ת"א, וכותב מאמר זה נטלו חלק בפרוייקט של תצפיות ממצפים שונים ברחבי העולם במספר כוכבים משתנים מעניינים ובכללם כוכבי ה-AM CVn.

היתרון בתצפיות ממצפים שונים ברחבי העולם הוא, שכך מושג רצף תצפיתי על הכוכב, שכן בזמן שבמדינה אחת יום, במדינה אחרת לילה. תצפיות רצופות בכוכב משפרות באופן משמעותי את יכולת הגילוי של מחזוריים באורו, במיוחד כאשר יש צורך להבחין בין מספר מחזוריים, השונים זה מזה באחוזים בודדים.

אם כן, המאמץ המשותף בפרוייקט התצפיתי בכוכב AM CVn כלל 227 לילות ב-7 השנים האחרונות. תצפיות אלו גילו לראשונה את קיומו של מחזור נוסף של 17.1 דקות בעקומת האור של AM CVn. זהו בדיוק המחזור שחזו החוקרים: בדעבד, אחת הסיבות לקושי שבגילוי מחזור זה, היא שמשרעת (אמפליטודת) השינוי בעוצמת האור קטנה מאוד פחות מאחוז.

האם אנחנו רואים דיסקת ספיחה גם בנובה נשר 1995?

מקור המילה נובה בלטינית new, והיא מתארת הופעת כוכב 'חדש' בשמיים. מדובר בהגברת הבהירות של המערכת בדומה לתופעת הסופרנובה, אך בעוצמה חלשה יותר.

הנובה היא מערכת כמילה המורכבת מננס לבן ומננס אדום. הננס האדום מעביר חומר לננס הלבן דרך דיסקת ספיחה. כאשר הלחץ והטמפרטורה של החומר המועבר המצטבר על קליפתו החיצונית של הננס הלבן, מגיעים לערכים קריטיים, ניצתת הנובה. הקליפה סביב הננס הלבן נזרקת החוצה וגורמת להגדלת הבהירות. לפי התיאוריות דיסקת הספיחה נהרסת בהתפרצות, ונבנית רק מספר עשרות שנים מאוחר יותר.

נובה זו התפרצה ב-7/2/95. במאי 1995, 3 חודשים לאחר התפרצותה, התחילו לצפות בנובה. 3 לילות התצפית הראשונים לא הראו תוצאות מעניינות, ועל כן חזרנו אליה

ההסבר שמצאנו לתופעה הנובה היא מערכת מגנטית למחצה (intermediate polar), במערכת כזו הננס הלבן מסתובב סביב צירו המגנטי בקצב השונה מקצב סיבוב שני הכוכבים זה סביב זה במערכת הבינארית, בניגוד למערכת מגנטית שבה שני המחזוריים מתלכדים.

את המחזור של 6 שעות פירשנו כמחזור הבינארי מכיוון שהוא הופיע גם ב-1995 וגם ב-1996. המחזור הקצר יותר של כשעה וחצי, הוא מחזור הספין. סיבוב הננס הלבן סביב הציר המגנטי, ואילו המחזור השלישי נובע מכך, שגז שזורים מהננס האדום לננס הלבן ומסתובב בתדירות הספין רואה את הננס האדום מסתובב בתדירות ההפך.

ומה הקשר לדיסקת ספיחה? מאמינים כיום שברוב המערכות המגנטיות-למחצה, ובמשך רוב הזמן, כמות ניכרת של הספיחה נעשית דרך דיסקת ספיחה. למעשה, מבין 14 מערכות כאלו שנחקרו היטב, רק אחת נחשבת כמערכת חסרת דיסקת ספיחה.

ניתן לאמר, אם כן, שבסבירות גבוהה מאוד יש דיסקת ספיחה בנובה נש 1995, 15 חודשים לאחר התפרצותה.

רק שנה מאוחר יותר, התצפיות הראשונות באפריל-מאי 1996 היו מאכזבות גם כן. החיפוש אחר שינוי מחזורי לא נשא פרי, וכמעט ויתרנו על המשך חקר הנובה, אך עקומת האור של ליל תצפית אחד ארוך במיוחד (1/8/96) הראתה שינוי אפשרי באור של כ-2 אחוז, שחזר על עצמו כ-4 פעמים במחזור של שעה וחצי בערך. תוצאה זו נרמה לנו להמשיך לצפות בכוכב. בסה"כ הקדשנו לנובה 18 לילות במהלך 1996.

הגרף השני מתאר את תהליך דעיכת הנובה ואת זמני התצפית שלנו, במשך 1995 ו-1996. להפתעתנו הניתוח המתמטי של הנתונים הראה שלושה שינויים מחזוריים, באמפליטודה של אחוז-שניים, ולא אחד, הראשון של כשעה וחצי, השני מעט יותר מ-6 שעות והשלישי בערך שעתיים, בין שלושת התדירויות (המתאימות למחזוריים) קיים קשר פשוט. תדירות אחת היא בדיוק הפרש שתי התדירויות האחרות.

חזרנו כעת ל-3 הלילות ב-1995, ושמנו לב שהמחזור של 6 שעות מופיע, ככל הנראה, גם שם.

שינוי פאזה בנובה ברבור 1992!

(ד"ר אלון רטר, אוניברסיטת Keele, אנגליה)

משתנים קיצוניים (Cataclysmic variables) מורכבים ממערכת בת שני כוכבים, ננס לבן וננס אדום. המחלקות העיקריות של קבוצה זו הן נובות, נובות ננסיות ומשתנים דמויי-נובה.

ליפול, באיטיות במישור הסיבוב של המערכת הכפולה, כאשר הננס האדום הספיק לבצע סיבוב אחד מסביב לננס הלבן דיסקת הספיחה זזה מעט, ועל כן כדי לשמור על אותו מצב ביחס לדיסקת הספיחה, הננס האדום צריך להתקדם עוד מעט, וזה המקור למחזור העל-דבשתי, שארוך ממחזור הסיבוב בכמה אחוזים. (ראו ציור).

1991 - גילה אסטרונום אמריקאי בשם ג'ו פטרסון (Joe Patterson), שיננס משתנים קיצוניים בהם מופיעים על-דבשות באופן תמידי, בניגוד ל-SU UMa, שם התופעה היא רק בזמן על-התפרצות.

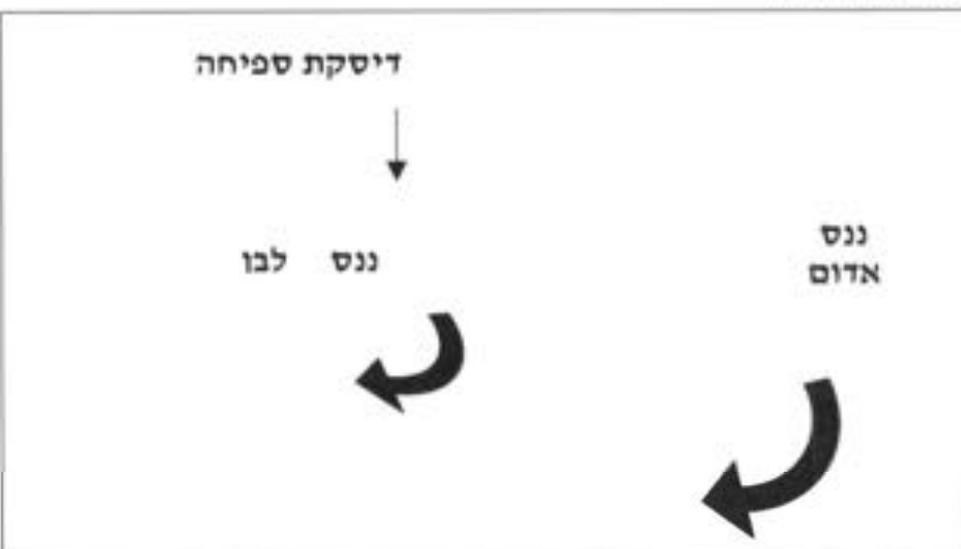
1996 - הציע האסטרונום היפני, אוסקי, שרק שני משתנים פיסיקלים (מחזור הסיבוב וקצב העברת המסה)

בנובות השינוי האופייני בעוצמת האור הוא פי כמה עשרות אלפים, ואילו בנובות ננסיות השינוי קטן יותר. פי כמה מאות. נובות ננסיות מתפרצות כל מספר חודשים שנים, בעוד שנובות הן כנראה בעלות מחזור של כמה עשרות אלפי שנים. משתנים דמויי-נובה הם מערכות ווגיות עם ננס לבן וננס אדום, אך עדיין לא נצפתה בהם התפרצות של נובה או של נובה ננסית.

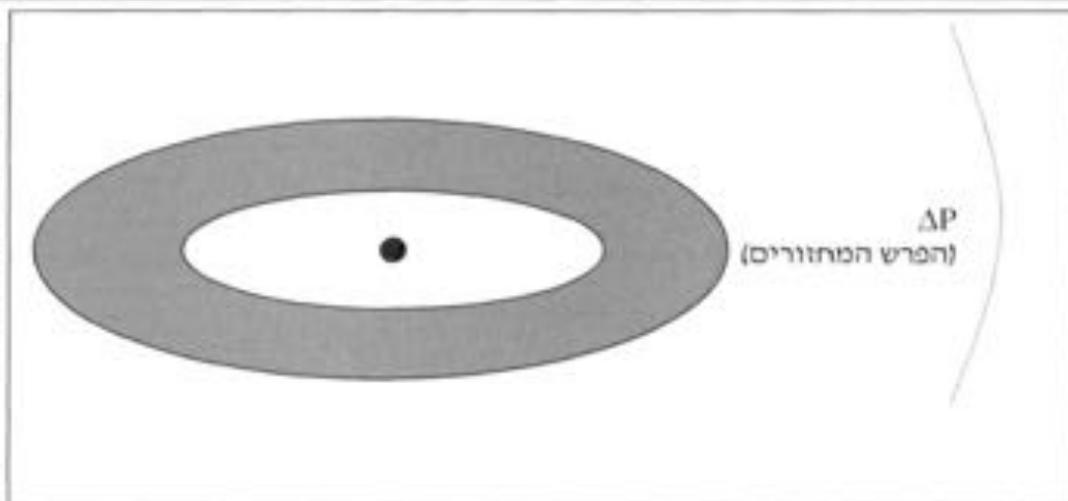
הנובות הננסיות מחולקות ל-2: תתי קבוצות עיקריות: נובות ננסיות רגילות (שנקראות גם כוכבי U Gem) וכוכבי SU UMa. SU UMa הייתה הנובה הננסית הראשונה, בה התגלו בנוסף להתפרצויות הרגילות גם על-התפרצויות (superoutbursts) התפרצויות בהירות וארוכות יותר מההתפרצויות הרגילות. במהלך העל-התפרצויות של מערכות ה-SU UMa, רואים בדרך כלל שינוי באור, במחזור הגדול רק במספר אחוזים בודדים, ממחזור הסיבוב של שני הכוכבים זה סביב זה.

שינויים אלו נקראים על-דבשות (super humps). 1989 - חוקר יפני בשם יוג'י אוסקי (Yoji Osaki) הסביר את התופעה, בקיום דיסקת ספיחה אליפטית מסביב לננס הלבן. דיסקת הספיחה (מעין צלחת במישור הסיבוב) היא דרך פיסיקלית, להעברת מסה מהננס האדום לננס הלבן.

עפ"י המודל דיסקת הספיחה מבצעת נקיפה (כמו תנועת סביבון שעומד



האם השינוי יתרחש כה בקרוב? מסתבר שיש שתי נובות נוספות טובה נשר 1918 ונובה ירכתי הספינה (Puppis) 1942, שגם בהן רואים על-דבשות תמידיות, וזאת כמה עשרות שנים לאחר התפרצותן. לכן תסריט אפשרי אחר לנובה ברבור 1992 הוא, שהיא יתקע במצב בהיר יותר מאשר מצבה לפני ההתפרצות.



לכן, תצפיות בנובה ברבור 1992 חשובות מאוד. בספטמבר 1997

אירגנתי תצפיות בו-זמניות על הכוכב, מכמה מצפים ברחבי העולם. החומר עדיין נמצא בשלבי עיבוד וניתוח.

מכיוון שהמערכת כל כך מעניינת אין ספק שנמשיך לחקור אותה בעתיד. ייתכן שהיא תהיה המקרה הראשון של מערכת, שמבצעת שינוי פאזה, ממערכת על דבשות תמידיות למערכת SU-UMa.

הרעיון הזה (שהתפרסם במאמר מדעי) הוביל אותי לרעיון אחר. ייתכן והתפרצות הנובה היא הגורם למעבר הפאזה



נובה בנשר שהתרחשה ביולי 1999 וצולמה במצפה הכוכבים. לפני התפרצות הנובה לא נראה שום כוכב באזור.

בכיוון ההמוך. הגיוני מאוד שהתפרצות הנובה גורמת לעליה בקצב ספיחת החומר, וכך ניתן לקפוץ ממצב של מערכת שאינה יציבה חומרית (U Gem או SU UMa) למערכת יציבה חומרית (משתנים דמויי נובה או על דבשות תמידיות). התהליך כמובן יכול להיות מחזורי. רעיון זה ורעיונות נוספים בנושא עדיין נמצאים תחת מחקר.

אלון רטר הוא דוקטור לפיסיקה העובד כיום באוניברסיטת קיל שבאנגליה. לאחרונה הוא הרצה במצפה הכוכבים על מחקריו האחרונים וכן הדגיש את חשיבות תצפיות החובבים למחקר הכוכבים המשתנים.

קובעים את ההבדל בין ארבעת המחלקות העיקריות של משתנים קיצוניים לא מגנטיים נובות ננסיות רגילות, UMa, SU, משתנים דמויי נובה, ומערכות על-דבשות תמידיות (permanent super humps) - ראו גרף. לפי המודל שתי אי-יציבויות משחקות תפקיד בהבדל בין הכוכבים.

מערכות עם מחזור סיבוב גדול 3-5 שעות הן יציבות מבחינה גיאומטרית (tidal) השפעת כוחות הגאות בין הכוכבים קטנה. במערכות עם מחזור קטן משעתיים, שני הכוכבים קרובים מאוד זה לזה, וכוחות הגאות מעלים בצורה חזקה.

למעט מאוד מערכות של משתנים קיצוניים יש מחזור בין שעתיים ל-3 שעות, ולכן אזור זה נקרא פער המחזור (gap).

מערכות עם קצב ספיחה גדול הן יציבות מבחינה חומרית (thermal), והן בעלות דיסקת ספיחה גדולה. ובמערכות בעלות קצב ספיחה קטן, דיסקת הספיחה קטנה ולא יציבה חומרית.

ביוני 1997 בכנס בארה"ב שמעתי את הרצאתו של פרופסור אוסקי, ועלה במחוי רעיון פשוט. בנובה ברבור 1992 התגלו על דבשות תמידיות (כל כוכבי האור, גיליון סתיו 1995, כרך 23 עמ' 142-144). ועל כן מיקומה בגרף בצד השמאלי העליון. בהירות המערכת ממשיכה לדעוך ככל שעובר הזמן מהתפרצות הנובה, ולכן הגיוני להעריך שקצב הספיחה יקטן. האם יתכן שהנובה תעבור שינוי פאזה ממצב של מערכת על-דבשות תמידיות למערכת SU UMa, עם על דבשות שמופיעות רק בעל-התפרצות!

כאשר חזרתי מהכנס לאוניברסיטת ת"א, התחלתי לעבוד על הרעיון. בהנחות מסויימות, שימוש במודל של אוסקי, וכן במשתנים פיסיקליים ידועים של הנובה (מסות המרכיבים, זמן המחזור, המרחק לנובה, הבהירות, והערכת אובדן האור בדרך לכוכב) הגעתי למסקנה, שאם הנובה תחזור לבהירותה מלפני ההתפרצות, אז היא אכן צריכה לעבור את שינוי הפאזה המוצע. אם הנובה תתמיד בקצב דעיכתה מהשנה האחרונה, השינוי הזה צריך להתרחש בערך בשנת 2000.

סיפורה של השמש

מרים אוריאל

לקראת שיא פעילות השמש הצפוי, בואו נראה מה אמרו בעבר על השמש, ואילו אגדות עם סופרו עליה.

בנהר האוקיינוס בלילה. לאחר יום עבודה קשה לא היה לו זמן למנוחה ורחצה והיה עליו לחזור ולהגיע לארמונו כשהוא נישא על זרם נהר האוקיינוס, ששבב את הארץ.

מקום המלחן העיקרי להליוס, בו התפללו אליו כאל ונאה כל, היה באי רודוס, שם פיסל ליסיפוס איש סיקיון במאה ה-4 את הליוס נוהג במרכבת השמשה הרתומה לארבעה סוסים. בעל החיים המקודש לו ביותר היה כמונן התרנגול. הרומאים קראו לו סול ואחרים קראו לו פשוט טיטאן.

מלחן רע, אל השמש המצרי, היה הנמוך ביותר במצרים. רע נחשב לא רק כאל השמש אלא גם כבורא. המצרים הקדמונים האמינו שרע מפליג בסירת השמש על פני השמים עד רדת החשיכה ואז הוא עובר לסירה אחרת ושט בה בעולם התחתון כדי להיוולד שוב כיום חדש. אולם השייט בעולם התחתון כרוך בקושי משום שעליו לגבור על הנחש הרשע אפופיס.

השמש מזוכרת גם במקורות היהודיים בתנ"ך ובתלמוד. לפי חז"ל גלגל השמש מסר ברקיע השמים וחלקיקי הנסורת מופצים בחלל העולם, למעשה, הם ראו את חלקיקי האבק הווהר בקרני השמש וחשבו זאת לנסורת הבאה מניסור

עד מימים קדומים העריך האדם את גרמי השמים ובראשם את השמש שהעניקה לו אור וחום ובלעדיה אין קיום לחיים. האנשים, שאנו מכנים בשם "פגנים", הפכו את גרמי השמיים לישויות אלוהיות וסנדו להם. הם עקבו אחר מהלך גרמי השמיים ובהתאם ידעו לקבוע מועדים לפעולות חקלאיות שונות וחגגו את עונת השנה השונות. שרידים למעקב אחר תנועות גרמי השמים אפשר למצוא במקומות שונים בעולם, הידוע מכולם הוא מעגל האבנים בסטונהנג' אשר באנגליה.

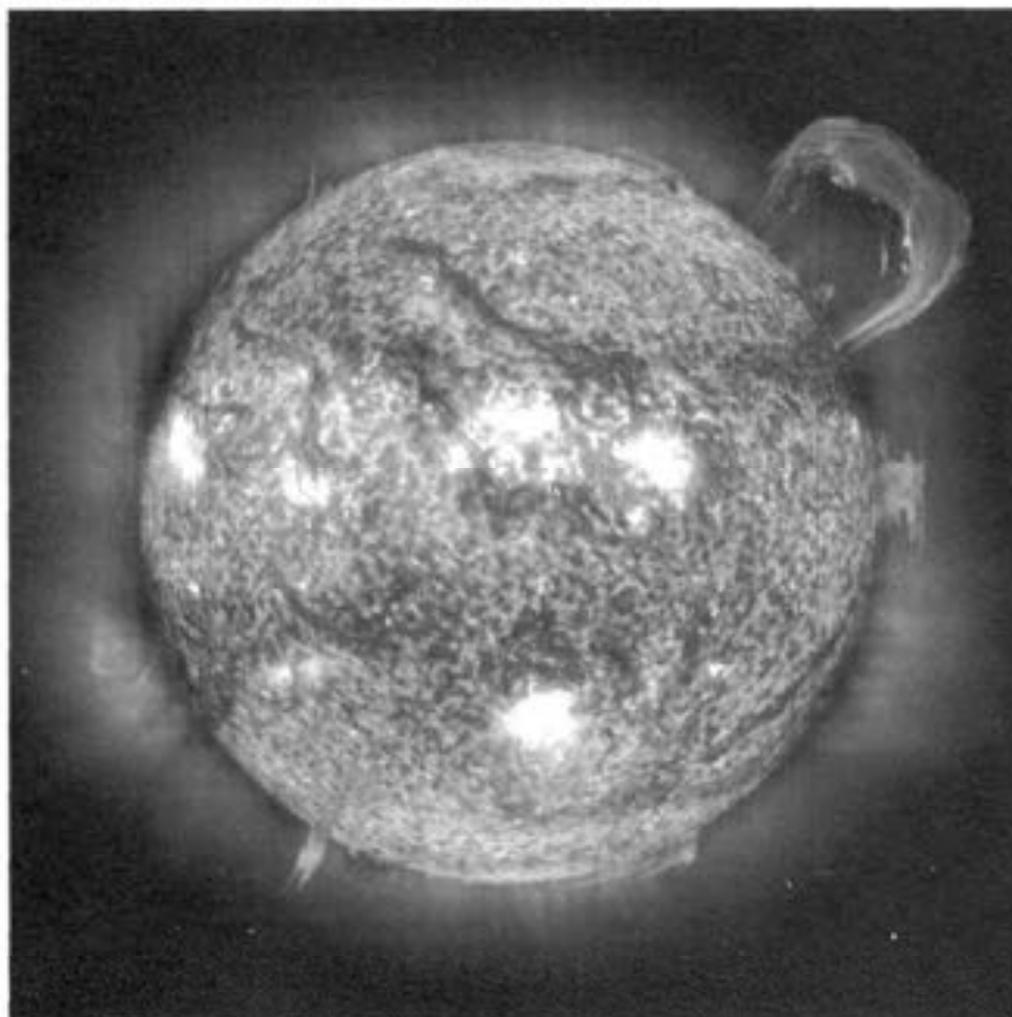
מעקב מתמשך אחר תנועות גרמי השמים הוליד תחילה את האסטרונומיה ובהמשך את האסטרונומיה. סקרנות זו לגבי גרמי השמים הובילה את האדם לצעד על הירח ובעתיד אולי גם על גרמי שמים נוספים כמו מאדים, או אסטרונומי ומי יודע היכן עוד? השמים אינם הנבול!

האמונה בשמש כאל חובקת עולם, לכל עם ואמונה היו שמות משלהם לשמש וגם תפקידיה היו שונים ומגוונים אך ללא ספק היא הייתה נערצת על האדם הפשוט בין אם היא נחשבה כוכב, או כנקבה. יחד עם השמש זכה גם הירח לכבוד משלו ולא אחת ייחסו את שניהם לאותה משפחה כמו: בעל ואישה, אם ובת, או אחים ואחיות.

השמש

במיתולוגיה היוונית הליוס מסמל את השמש ונחשב כשמש או אל השמש. בתקופה הקלאסית המאוחרת יותר בלבול אותו עם אמולו. הליוס היה בנו של הטיטאן היפריון, בת זוגו הייתה פרס, או פרסיס שאיתה ילד שני ילדים, אך פרט לבת זוגו זו היו לו עוד אהובות רבות. כאל השמש הזורחת במשך היום ומאירה כל פינה נחשב הליוס כרואה כל, בגלל תכונה זו בלבול אותו מאוחר יותר עם אמולו, בנו של זיאוס, שניחן בתכונות רבות בהן תכונת האמת, היכולת לראות את האמת, ובאמצעות האורקל השיב לשואלים שבאו להיוושץ בו. גם כינויו של

אמולו מבוסס "הזורח", "המאיר" עזרה לבלבול בין השניים. אולם אמולו לא הצטייר מעולם במיתולוגיה היוונית כרוכב בכרכרה, ואילו הליוס הדהיר את ארבעת סוסיו הרתומים למרכבת השמש דרך השמים מדי יום ביומו. ארמונו של הליוס היה במנורח, משם נהג את כרכרת השמש מערבה כדי לטבול



לפי המיתולוגיה הפוליניזית עבדה אימו של הגיבור מאואי במשך כל היום בהכנת אריגים מקליפות עצים. היום היה קצר מדי עבור מאואי ואימו והיא לא הספיקה לסיים משהו במשך יום אחד בלבד. מאואי רצה לאפשר לאימו יותר אור יום כדי שתוכל להכין את האריגים. הוא חשב שאם השמש תנוע לאט יותר בשמים יהיו יותר שעות אור במשך היום. לכן, קיצץ מאואי את תלתליה המקודשים של אשתו, כדי להכין מהם חבל שלא יישרף במגעו עם השמש. בעזרת החבל לכד מאואי את השמש בעת הזריחה והכה אותה עם עצם הלסת הקסומה של סבתו. השמש הייתה חלשה מאוד לאחר שקיבלה מכות ולא יכלה לרוץ, אלא רק לזחול לאורך מסלולה בשמים. כך התארכו הימים ואפשר היה לעבוד ולהספיק יותר במשך היום וליהנות מאור השמש.

אמאטראסו היא אלת השמש של דת השינטו (משמעות השם הוא: דרך האלים). המיתולוגיה מספרת כי כאשר אחיה התייחס אליה לא יפה היא התחבאה במערה בשמים וסגרה את הפתח באבן ענקית. חושך שרר בעולם ורוחות רעות יצאו ממחבואם וגרמו הרס וצער בכל מקום. ביאושם, החליטה ועידה של האלים לשכנע את אמאטראסו לצאת מהמערה בכך שינסו לעורר את סקרנותה. האלים ארגנו מסיבה עליזה, שמו מראה גדולה לפני פתח המערה, תכשיטים יפים על עץ ואוזזוקה אלת הצחוק החלה לרקוד ריקוד אקזוטי מלווה במוסיקה רעשנית. אמאטראסו שמעה את המוסיקה והצחוק ולא יכלה לעצור את סקרנותה והציצה במבט זהיר החוצה לראות מה קורה. ברגע שראתה מה קורה, והוקסמה מההשתקפות המבהיקה שלה במראה, יצאה מן המערה. שוב חזר אור לעולם וצבע אותו בצבעים מרהיבים. באגדה זו יש רמז לליקוי חמה.

לפי אגדה סינית עתיקה היו קיימות עשר שמשות שהופיעו לפי תור בשמים במשך השבוע הסיני בן עשרת הימים. כל יום טיילו עשרת השמשות עם אמם, האלה שי הי במרכבה הנמשכת על ידי ששה סוסי-דרקון לעמק האור במזרח. שם רחצה שי הי את ילדיה באגם והניחה אותם על ענפי עץ תות ענקי. מן העץ רק שמש אחת תצא לשמים לטיול של יום אחד כדי להגיע בערב אל הר ין-טצו הרחק במערב. לאחר שנים רבות עייפו עשרת השמשות מסיזור זה והחליטו להופיע כולם ביחד. החום המשותף של עשר השמשות עשה את החיים על פני הארץ לבלתי נסבלים. הסלעים נמסו והצמחים קמלו. כדי למנוע את השמדתה של הארץ, ביקש השליט יאו, שמשל באותה תקופה, מדי גיון, אבי עשרת השמשות לשכנע את ילדיו שרק שמש אחד יופיע בכל פעם. אבל השמשות לא הקשיבו להמלצות אביהם.

לנסוף שלח די גיון מן השמים את הקשת יי חמוש בקשת קסמים ועשרה חצים כדי להפחיד את הבנים הממרים. אולם, יי ירה בתשע שמשות והעורבים בני שלוש הרגלים שהתחבאו בשמשות נפלו על הארץ כשהחזה שלהם מנוקב בחציו. רק השמש שאנחנו רואים היום נשארה בשמים מפני שהשליט בחכמתו שלח את אחד מאציליו לנגוב חץ מאשפת החצים של הקשת. באגדה זו יש רמז לכך שהסינים ידעו על כתמי השמש השחורים.

מירים אוריאל היא מחנכת ומורה לאסטרונומיה. במהלך עבודתה במצפה הכוכבים ס ילים בכל הגילאים היא פיתחה משחקי חשיבה רבים באסטרונומיה.

השמים על-ידי השמש. הם טענו שהשמש המנסרת משמיעה רעש חזק במסעה אולם הרעש נבלע ברעש האנשים החיים על פני כדור הארץ ושני הרעשים מבטלים זה את זה. חכמינו התווכחו גם על צבעה של השמש ופתרו זאת כך: בבוקר צבעה של השמש אדום כי היא קולטת את צבעי הוורדים של גן העדן הנמצא במזרח, במשך היום צבעה לבן ואילו בשעת השקיעה שוב השמש אדומה אך הפעם היא צבועה באש הגיהנום הנמצא במערב. חז"ל הכירו בתכונות המרפא של השמש, אך לטענתם מקור תכונה זו הוא באבן בעלת תכונות ריפוי שהייתה בידי אברהם אבינו ולאחר מותו קבע אלוהים את האבן בשמש ומכאן נובעות תכונות המרפא.

לפי המיתולוגיה השומרית שמו של אל השמש היה ש' קש, מאחר ויכול היה לראות את הכל על פני האדמה הוא ייצג גם את הצדק. לפי המיתולוגיה היה איש-העקרב של הרי המזרח פותח את השמש ומניח לשמש לצאת. השמש חצתה את השמיים במרכבה רתומה לסוסים. בסופו של היום, נכנס שמש להרים המערביים והתחיל את נסיעתו דרך העולם התחתון. למחרת, הוא מתחיל במסע חדש על פני השמים. הסופרים השומרית היו מראשוני המדענים, יוזמי האסטרונומיה, הגיאומטריה והקרטוגרפיה.

סוריהא הוא אל השמש בדת ההינדואיסטית (ההודית) הקדומה, אחד משנים עשר השומרים המגינים על חדשי השנה. סוריהא מתואר כנבר אדום בעל שלוש עיניים וארבע זרועות הרוכב במרכבה רתומה לשבע סוסות, אשר הרכב שלה הוא ארונה, המייצג את השחר. סוריהא נחשב כאל נדיב בעל יכולת לרפא חולים ולהביא מזל טוב. לכן, ניתן לראות, גם כיום, הרבה סמלי שמש מעל פתחי החנויות ומעל ביתנים בשוק הפתוח.

לפי המיתולוגיה הנורבגית פרייר הוא האל השלום והפוריות. יום אחד התיישב פרייר על כס המלכות של אודין, אבי האלים, משם השקיף על כל העולם וראה עלמה יפהפייה בעולם התחתון. פרייר התאהב בה ממבט ראשון ושלח את משרתו סקירניר לחזור אחר הנערה עבורו. לאחר תלאות רבות הגיע סקירניר אל העולם התחתון אולם הנערה לא הסכימה לקבל את המתנות היקרות ששלח לה פרייר וסקירניר נאלץ לאיים עליה בחרב הקסמים שקיבל מאודין לצורך מסע זה וכך אילץ אותה להיפגש עם פרייר ולהיות לכלתו. המסע של סקירניר, שפרוש שמו הוא המבריק, הקורן, להביא לנישואיו של פרייר, אמור לסמל את מסע השמש בשמים ומתחת לאדמה.

לפי המיתולוגיה של בני המאמיורנס, שבט אינדיאני החי בברזיל באגן נהר האמזונס, שרר בתחילה חושך על פני הארץ בגלל שכנפי הציפורים חסמו את אור השמש. כתוצאה מכך חיו שבטי האינדיאנים בפחד מתמיד מהתקפות של חיות טרף.

שני אחים גיבורים החליטו לנגוב מעט אור מאל הנשרים שהיה מלך הציפורים. שני האחים התחבאו בתוך גוויה וחיכו עד שיופיעו הציפורים ואז, כאשר נחת מלך הציפורים על הגוויה תפס קאוט, אחד האחים, את מלך הציפורים ברגלו. המלך לא יכול היה להשתחרר מהאחיזה ושאר הציפורים נבהלו ופרחו ונטשו אותו. מאחר שלא הייתה לו ברירה, נאלץ מלך הציפורים להסכים לחלוק את אור היום עם שני האחים. כדי שהאור ימשך זמן ארוך יותר סוכס שהיום יתחלף לסירוגין עם הלילה. כתוצאה ממעשה זה קישרו את קאוט עם השמש ואת אחיו עם הירח.

צילום דיגיטלי – איך מה ולמה

מורן נחשוני

הצילום האסטרונומי הראשון הושג בשנת 1850. מאז ועד היום לא חלה מהפכה גדולה בשיטות הצילום: סרט צילום או פלטה, שחושפים לזמן רב מאוד, דרך טלסקופ או עדשת מצלמה, ועוקבים אחרי העצם השמימי. נמאס! המהפכה כבר כאן ושמה הוא CCD. מה זה CCD – בסקירה הבאה.

2. צילום מתוך העיר - אם נצלם בעזרת פילם מתוך העיר, תוך כמה דקות התמונה "תישרף" בגלל אור השמים הנובע מפנסי רחוב בתים ומכוניות. בגלל שמצלמת ה-CCD היא דיגיטלית, ניתן להפחית מהתמונה שקיבלנו את זוהר השמיים, ובכך לקבל רקע כהה לתמונה.

3. שילוב חשיפות קצרות (Stacking) - בתשובה לעניין העקיבה - בכדי לקבל תמונה ראויה בסרט צילום יש לעקוב אחר האובייקט למשך עשרות דקות, דבר שדורש מיומנות לייקנות וסבלנות. מצלמת ה-CCD מטרת אותנו מכך. במקום לצלם במשך 10 דקות שלמות (שאנו יודעים שמנוע הטלסקופ לא מסוגל לעקוב במדויק זמן כל כך רב) אנו יכולים לקחת מספר חשיפות קצרות ולשלב אותן ביחד. במקום חשיפה אחת של 10 דקות ניתן לקחת 10 תמונות של דקה, 20 תמונות של חצי דקה, וכן הלאה, בהתאם לכושר העקיבה של הטלסקופ. לאחר הצילום אנו יכולים לחבר ביחד, בעזרת המחשב, את כל החשיפות הקצרות ולקבל תמונה שנראית כאילו שצולמה למשך 10 דקות.

4. קלות תפעול - בלחיצת עכבר אנו נקבל תמונה על מסך המחשב. אין צורך לפתח את סרט הצילום בכימיקלים ולהדפיס על נייר. לכל היותר כדקה לאחר תום החשיפה אנו נראה את התמונה הראשונית.

5. השקעה ראשונית יחידה - לאחר הוצאה הכספית הראשונה על מצלמת CCD אין צורך להוציא כסף נוסף על סרטי צילום, פיתוח, כימיקלים ונייר.

חסרונות:

1. השקעה ראשונית - מצלמת CCD ראויה היא אכן "השקעה". המחירים נעים בין כמה אלפי שקלים לעשרות אלפים.

2. כיוול - בגלל גורמים שקשורים במצלמת ה-CCD ובטלסקופ יש צורך במספר פעולות כיוול המסרבלות את תהליך הצילום (הסבר יבוא בהמשך).

3. התיישנות - מי שעוסק באסטרונומיה, יודע כי אין גבול לציוד שירצה לרכוש. טלסקופ יותר גדול, עיניות יותר איכותיות וכן הלאה. כלל זה כולל גם מצלמות CCD. כל שנה, פחות או יותר, יוצא חידוש בטכנולוגיות CCD. דבר זה דומה לקניית מחשב. עד שיגיע המחשב לביתך, הוא כבר מיושן. מי שייתפס לצילום CCD יהיה תמיד במרדף אחר המצלמה היותר חדשה, יותר רגישה, עם שבב יותר גדול, יכולת עקיבה מתקדמת, אופטיקה גמישה (Adaptive Optics), וכן הלאה.

כולנו מכירים את מצלמות הפילם הישנות והטובות. שמיים סרט צילום, לוחצים על הכפתור ויש לנו תמונה למוכרת. אם אנו רוצים לצלם צילום אסטרונומי בעזרת פילם, העסק טיפה יותר מורכב. בגלל שאובייקטים שמימיים הם חיוורים מאוד בדרך כלל, אנו נדרשים לחשוף את סרט הצילום לפרק זמן ממושך יותר - עד כמה שניתן לירח וכוכבי הלכת, ועד כמה שעות לערפיליות וגלקסיות חמקמקות. דבר זה מצריך סרט צילום רגיש (לפחות אסא 400) ומצלמת רפלקס, בה זמן החשיפה ניתן לשליטה. לא רק זאת, אלא שאנו נדרשים לעקוב במדויק אחרי המטרה שנעה לה בשמיים עקב סיבוב כדור הארץ סביב צירו. בכדי לעקוב אנו משתמשים בדרך כלל במנוע שאנו שולטים במהירותו ונותנים תיקונים לעקיבה הלא מושלמת שלו.

חשיפה ממוצעת של אובייקט שמיים עמוקים היא כ-45 דקות. זאת אומרת, שצריך לשבת ובמשך כל הזמן הזה להיות מרוכזים ולתקן כל תזוזה קלה של הטלסקופ. דבר זה מצריך דייקנות וסבלנות, שלפחות לי, אין. למען ההניגות אציין שיש מכשירי CCD שכל תפקידם הוא עקיבה אוטומטית (Auto guiding) למען העצלים שבין שוחרי הצילום בפילם.

לכן מהנדסי העולם באו לקראתי ולקראת חבריי העצלים, והמציאו את שבב ה-CCD. CCD הוא קיצור של: Charged Coupled Device, או בעברית: מתקן צימוד מטענים. מבולבלים? חכו שניה. שבב ה-CCD עושה למעשה עבודה מאוד פשוטה. כאשר קרן אור (או יותר נכון מספר של פוטונים - חלקיקי האור) נופלים על השבב, נוצר מטען חשמלי בהתאם לעוצמת האור (או כמות הפוטונים) שנחתה עליו, בדומה לקולטי השמש שמצויים על גגות הבתים ומשמשים לחימום המים. כל מה שחסר הוא מכשיר שינתח את המידע. כיום כמעט בכל בית שני בישראל נמצא המכשיר הזה - מחשב. בעזרת תוכנה מתאימה מתרגם המחשב את האות החשמלי שהתקבל לתמונה שמופיעה על המסך.

אם כך, כמה טובה יותר מצלמת ה-CCD ממצלמת פילם רגילה? שבב ה-CCD רגיש פי עשרות מסרט צילום. לא רק זאת, אלא שכל שעובר הזמן והטכנולוגיה מתקדמת, עולה רגישות שבב ה-CCD, לעומת הפילם, שדי דורך במקום. בהמשך אדון בספציפיות לגבי שימוש ב-CCD.

היתרונות והחסרונות שיש ל-CCD על גבי צילום פילם:

1. רגישות - מצלמת CCD רגישה פי עשרות מסרט צילום, דבר המקטין את זמן החשיפה הנדרש בכדי לצלם אובייקט שמימי חיוור.



מצלמת CCD

מצלמת ה CCD

נופל על שוב ה CCD. לאחר תום החשיפה נפלה על כל אחד מהפיקסלים כמות מסוימת של פוטונים בהתאם לתמונה (כוכב בהיר ישלח יותר פוטונים מכוכב חיוור) וכך מתמלא בור הפוטנציאל בהתאם לבחירות הכוכב ואורך זמן החשיפה, כיוון שכל פוטון יגרום להוצרות מטען חשמלי. ברגע שנסגר הצמצם של ה CCD מתחילה המצלמה למדוד את המטען שהצטבר על כל פיקסל (דבר שיכול לקחת מעט זמן - אם מדברים על מצלמה בעלת מיליוני פיקסלים). לאחר הספירה שולחת המצלמה אות בעזרת כבל המגיע למחשב. ברגע שמגיע האות מהמצלמה מעבד אותו המחשב ובסיומו התהליך מוצגת התמונה על המסך.

כיום ישנם מספר יצרנים של שבני CCD - הגדולים שבהם הם חברת קודאק-מפתחת שבני KAF1600 ו- KAF400 שבתוך מצלמות ST8 ו- ST7 בהתאמה, ו- Pictor 1616 ו- Pictor 416 בהתאמה, וחברת טקסס אינסטרומנט-מפתחת השבנים TC-241, TC245 ועוד, הנמצאים במצלמות כמו ST4, ST6.

ABG לעטת NABG

ABG הוא קיצור של Anti Blooming. Blooming היא תופעה המתרחשת כאשר המצלמה מכוונת לעבר כוכבים בהירים בעיקר. כאשר אור מכוכב בהיר מאוד נפל על הפיקסל, אם הכוכב ממלא בוסן החשיפה שנתנו למצלמה את ה"בור" שלו, הוא יתחיל "לשפוך" פוטונים לפיקסלים השכנים שלו. דבר זה גורם לכוכבים להראות מנומחים. בכדי למנוע תופעה זו ייצרו החברות שכבים בעלי יכולת Anti Blooming. שבבים אלו מונעים מהפיקסלים "לשפוך" פוטונים לעבר שכניהם. דבר זה גורם לירידה ברגישות המצלמה, אך לרוב ניתן מראה יותר אסתטי לתמונה. לאלו בינינו שמחפשים "תמונות יפות" מומלץ להשתמש במצלמת ABG. לאלו שמשונינים בעבודה מדעית מומלץ להשתמש במצלמת NABG (N=Non), כיוון שהיא חוסכת זמן חשיפה והרגישות שלה לינארית. בהמשך נדון בבחירת מצלמת CCD ועיבוד תמונות, ותוכלו לראות איך מתגברים על קשיים של כל אחד מהסוגים.

רגישות ה CCD או "יעילות קוונטית"

כפי שזכרנו, רגישות ה CCD גבוהה מרגישות סרט צילום. אך דבר זה תלוי בכמה גורמים כמו גודל הפיקסל, ABG לעוטת NABG, ובגורם נוסף: יעילות קוונטית.

ההגדרה: יעילות קוונטית היא יכולת השבב לתרגם את כמות האור הנופלת עליו לאלקטרונים. ככל שמספר פוטונים גדול יותר הופל למטען חשמלי, יעילות השבב גדולה יותר.

דבר זה תלוי בסוג השבב ובאורך הגל הנבדק. לדוגמה: למצלמת Pictor 1616 שמוצבת במצפה הכוכבים בגבעתיים יעילות קוונטית גבוהה ביותר באור אדום לעומת אור כחול. דבר זה יגרום לכך שאם ניקח תמונה בחשיפה שווה של גוף מאיר, שמקרין שווה בכל אורכי הגל, התמונה באור אדום תראה הרבה יותר חזקה מאשר זו באור הכחול. דבר זה משיע על צילום צבע של CCD. לאחרונה יצאה חברת קודאק

מצלמת CCD מורכבת משבב סיליקון המחולק לשורות וטורים שתי וערב. דבר זה יוצר מעין "רשת" של ריבועים קטנים אותם אנו מכנים "פיקסלים". פיקסל הוא אלמנט התמונה הקטן ביותר המרכיב את התמונה. גודל הפיקסל משתנה משבב ושבב. הוא נע בין 7.4 מיקרון (מיליונית המטר) לבין 25 מיקרון (במצלמות מסחריות). מצלמת CCD מכילות בין עשרות אלפים למיליוני פיקסלים. הכלל לגבי פיקסלים הוא כזה: אנו סוחרים בין רגישות להפרדה. ככל שהפיקסל קטן יותר ההפרדה של התמונה גבוהה יותר (כלומר נוכל לראות פרטים יותר קטנים), אך ככל שהפיקסל יותר גדול הוא קולט יותר אור, ולכן הוא יותר רגיש. כלומר, אם נרצה לצלם בהפרדה גבוהה, למשל גלקסיות או ערפיליות קטנות, אנו נצטרך לחשוף את השבב ליותר זמן. אם נרצה להקטין את זמן החשיפה נצטרך להשתמש בשבב בעל פיקסל יותר גדול (בהנחה שבשני המקרים אנו מדברים על אותו טלסקופ באותו אורך מוקד). הדבר דומה לצילום בפילם - סרט של 100 אסא יהיה מאוד חלק (הפרדה גבוהה), לעומת סרט של 1600 אסא שיראה מאוד גרעיני. אך סרט של 1600 אסא יהיה "מהיר" פי כמה מסרט של 100 אסא.

אם כל מטרתנו היא לצלם כוכבי לכת, שלהם בהירות גבוהה אך הרבה פרטים קטנים, נרצה להשתמש בשבב בעל הפיקסל הקטן ביותר. אך אם אנו רודפים אחר גופים ערפיליים חמקמקים, אנו נצטרך להשקיע יותר זמן בחשיפה, או פשוט ליותר על ההפרדה לטובת רגישות.

איך עובדת מצלמת ה CCD!

שדה הצילום (FOV) Field of View

בכל המקרים (כמו להיום) שדה מצלמת ה CCD יהיה קטן מהשדה הנראה, עקב גודלו הפיסי הקטן של השבב. המצלמה המסחרית בעלת השבב הגדול ביותר היא בעלת ממדים של 13.5 מ"מ על 9 מ"מ. אלה הם ממדים שקטנים פי 3 לפחות ממצלמת פילם של בגודל 35 מ"מ פשוט. אולי בשנים הבאות, כאשר תחול התקדמות בטכנולוגיה, יוצרו שבבים גדולים יותר ובעלי שדה רחב יותר. בכדי לתאר את בעיית גודל השבב אנו יכולים לבצע אחת משתי פעולות:

א. הקטנת אורך המוקד. כיום קיימים בשוק מוצרים רבים מאוד להקטנת אורך מוקד - Telecompressor. לדוגמה - טלסקופ בעל יחס מוקד של f/10 יכול להפוך ל f/6.3 או ל- f/3.3 בעזרת מוצר שכזה.

ב. צילומי מסיס (Mosaic). אם אנו רוצים לצלם ערפילית גדולה מהשדה של ה CCD, אך לא רוצים להקטין את גודלו, ניתן לצלם מספר תמונות של אותו אובייקט, ובכל פעם להזיז את הטלסקופ מעט, בכדי לקלוט את כל האזור.

איך מתקבלת תמונה!

עם התחלת פעולת המצלמה, נוצר מתחת לכל פיקסל מתח חשמלי. נקרא לכך: בור פוטנציאל בעל עומק מסוים המשתנה ממצלמה למצלמה (בין 256 ל- 65535). עומק הבור קובע את יכולת ההפרדה בין גווני האפור של המצלמה. ניח שכיוונו את הטלסקופ אל ערפילית אוריון וחשפנו את המצלמה למשך דקה אחת. אור מגיעה מהמערכת האופטית של הטלסקופ

בערך 40,000 קריאה של 40,000 אומרת שיש לנו קריאה גבוהה מאוד, אך עדיין רחוקה מרשימה.

בסדרה חדשה של שבבים רגישים יותר במחול לעומת השבבים הישנים יותר. סדרת שבבים זו (הנקראת E-chips, או יותר נכון Blue Enhanced Chips) נמצאת במצלמות של 2 יצרניות מצלמות ה-CCD הגדולות: בחברת Meade-Pictor XTE: 416:1616, או בחברת SBIG: ST7E ו-ST8E. לאחרונה אלו השבבים היחידים שנמכרים.

כלומר, רגישות מצלמת ה-CCD שונה לכל אורך גל נתון. יעילות קוונטית נעה בין 15% ל-60% במצלמות מסחריות ועד 80% או יותר במצלמות מקצועניות.

יחס אות לרעש - Signal to Noise Ratio (SNR)

זהו המרכיב החשוב ביותר בצילום CCD, וקו למטר עבודה מדעית והן לתמונת יפות. התמונה הנצפית על המסך מורכבת מכמה גורמים: האור המגיע מהכוכבים, פליטת מוטונים של המצלמה עצמה (חום-קרינה אימרה אדומה) ורעש אלקטרוני. ככל שלאור המגיע מהכוכבים יהיה חלק קטן יותר בהרכבת התמונה, כך ישנה אי ודאות לגבי מקור האות, ולכן התמונה תראה רועשת יותר, "גרעינית" יותר ופחות יפה. לעבודה מדעית דבר זה הוא קריטי. שכן, אם אני רוצה למדוד את שוצמת ההארה של כוכב מסוים, והרעש מרכיב לי כ-40% מהאות הכולל, כלומר, ישנה טעות דגימה של 40%, אני לא יכול לתת את התמונה כראוי, והתוצאה לא שווה הרבה.

בכדי להגדיל את יחס אות לרעש, ישנן מספר דרכים:

א. חשיפה ארוכה יותר. ככל שנחשוף את המצלמה לזמן ממושך יותר, יגדל החלק של האור בסכום הכולל. כלל זה נובע מהעובדה שרעש מצטבר כתלות בשורש מהצטברות האות האמיתי.

ב. קירור המצלמה - כאמור, המצלמה פולטת חום הנקלט ומוצג ביחד עם שאר האות. בכדי להפחית את תרומת החום למיינוס, עלינו לקרר את המצלמה. למעשה, כל גוף בעל טמפרטורה שנבזה מהאפס המוחלט (0 קלווין, או -273°C) פולט קרינה. ככל שהגוף קר יותר, הוא יפלט פחות קרינה, וזו תיפלט בגלים ארוכים יותר (חוקי קרינה של גוף שחור). לכן ככל שנקרר את המצלמה יותר, אנו נקלט פחות רעש תרמי. מצלמות מסחריות ניתנות לקירור של -50°C מהטמפרטורה בסביבת המצלמה, כלומר בערך לטמפרטורה של -15°C . מצלמות מקצועיות מקוררות בעזרת חנקן נוזלי.

ג. הפחתת תמונה "חשוכה" - כאשר לוקחים תמונה חשוכה, כלומר ללא אור הנכנס למצלמה, אנו נקבל אך ורק את הקרינה שנפלטת מסביבת המצלמה, התלויה בטמפרטורת הסביבה והשבב. את תמונה החשוכה (Dark Frame) ניתן להפחית מהתמונה המקורית ובכך להוריד את תרומת חום המצלמה לאות.

כאמור, כל פיקסל יכול להכיל כמות מסוימת של אור. חשיפה מעבר לכך תגרום לרוויה ולדמות הכוכב "להישרף" (Saturation). כאשר אנו קוראים את האות במחשב, הוא מוצג בטווח של מספרים בין 0 ל-65,535 (כאשר זה עומקו של בור הפוטנציאל). כאשר קריאה של 0 אומרת שאין אור בכלל, ו-65,535 אומרת שהפיקסל רווי. קריאה אופטימלית לכל גוף אסטרונומי, בין אם הוא כוכב לכת או של חלל עמוק, היא



דוגמה: תמונה בעלת SNR גבוהה לעומת SNR נמוך. בתמונה הערפילית NGC6781 בזמן חשיפה של דקה אחת, לעומת זמן חשיפה של 10 דקות. צילום: מורן נחשוני.

בכדי להגביר את רגישות המצלמה, אנו יכולים להשתמש בשבב בעל פיקסלים גדולים יותר, שיאספו יותר אור. במצלמות החדשות יותר ישנה אפשרות צילום הנקראת בינינג (Binning). בינינג היא האפשרות לקחת קבוצה של 4 פיקסלים (2X2) ולאחד אותם לפיקסל אחד גדול. דבר זה יפגע ברזולוציה ובגודל התמונה שיתקבל, אך לפעמים כדאי לוותר בשביל לקבל תמונה בעלת יחס אות לרעש במחוז זמן. ישנה אפשרות של בינינג בין 1X1 (ולא בינינג) ועד 4X4. בצילומים רבים של אובייקטים חיוורים, או לחילופין בצילום בעזרת פילטרים עולה הצורך לצלם בבינינג.

מורן נחשוני הוא עורך הביטאון וכן מדריך במצפה הכוכבים של גבעתיים.

ספרים רבתי

ניר שוחט

תבונה מחוץ לכדור הארץ

חגי נצר ועמי בן בסט: "מסע אל התבונה - החיפוש אחר חיים ביקום" הוצאת ידיעות חמד - ספרי עליית הגג, 1999.

המפורסמת שבה נפתח הספר מהדהדת בחזקה בסופו: ואם כן - איפה הם?"

רצף הקריאה בספר נרטיווי מרתק - עניין והנאה יחדיו. אין מדע אמיתי ללא דחף פנימי שסקרנות ואף ריגוש אסתטי לצידו ("היופי שאנו מוצאים בתיאוריות הפיסיקה הוא אותו יופי המצוי במעשי האומנות מבחינת השפעתם עלינו" - סטיבן ויינברג). איורי הספר מסייעים לקריאה השוטפת המיועדת לכל דכפין. הסגנון שוטף, ציורי ועליו - "אם יש חזור - יופיע מידו" (ע' 288), כך כתוב בקלמבור על לשונו של ביאליק.

הכנה כאן, ויחד איתה ההישג במציאת שביל הזהב בין הממש לבין הבדיון. שפע העובדות והמצואים שמעתיך לנו הספר מגיזים לנו ערפל של דורות ומרחיקים דעות קדומות למכביר. כאן עומד המדע בכבודו ובעצמו במבחן חמור בין היש לבין האין. כאן אין הקורא מרותק לספר או למבחנה, אלא נאלץ לתהות במבטו, תוך קריאת הספר, אל מרחקי השמים ואל מרחבי הדמיון ("המדע אינו יודע כמה הוא חייב לדמיון" - אמרסון. "דמיון וידיעה, דמיון עדיף" - איינשטיין).

מכאן אנו מגיעים בעל כורחנו אל תופעות העב"מים והחייזרים האמפוט הערות ומסתורין, אשר לא הביאו אותנו עדיין אל קצה החוט של קיום יצורים עילאיים של ממש, אולם התעלמות מתופעות אלו פירושו קריאת נואש באמצע הדרך.

כל עובדה מחייבת ראייה. ספרם של נצר ובן בסט שופע ראיות ליד הסברים, ציטוטים ליד איורים, והרצאת דברים באורך רוח מתודי, כדי ללבן נושא שאינו נושא, החל במפץ הגדול, היווצרות קוואזרים וגלקסיות, כוכבים לסוגיהם השונים עד להיווצרות החיים בכוכבנו והתפתחותם. כאן הגורם האנושי חוב למדי כשמדובר על גרמי השמים. אין זה ספר אסטרונומיה נרידא אלא מין עימות שיתומי בין האדם לעולם שמסביבו. כאן חוזר האדם, ולא רק כאן, להיות במרכז הבריאה, כאילו אנו אדוני העולם (הרי פילוסופים רבים קבעו, שהמציאות קיימת, אם יש מי שמכיר אותה, ולא קיום אבסולוטי לשמו. ג'ון וילר: "קיום הצופה הכרחי להיווצרות העולם באותה מידה שקיום העולם הכרחי ליצירת הצופה"), אולם עד שנעלה את אדנות העולם עין בעין עלינו לשמור על קיומנו הממשי מסכנות מלחמה, ממפגעים אקולוגיים ממגפות וגם להישמר מהפתעות בלתי צפויות של הטבע, כך ממשיך הספר ללא לאות.



על הנושא הזה נכתבו חלקי ספרים כחומר נוסף לנושא אחר. ספרנו זהו ספר בלעדי בנושא; לא המתטי ולא מדע בדיוני, אלא ממש המצפה למימושו. הספר דן בעניין הזה מכל צדדיו ומשאר היבטיו.

פרופ' חגי נצר הוא ראש המכון לאסטרונומיה באוניברסיטת ת"א, מבכירי האסטרופיסיקאים בארץ ובעולם. פרסם מחקרים רבים בתחום וחבר ספרים. ספרו זה יצא לאחר סדרת הרצאות שנשא אשתקד בנושא בנושא הזה (אולם בר שירה, אוני' ת"א). כן גם פרסם פרק מהספר הזה ב"גליליאו" (מאי יוני 199).

עמי בן בסט השותף לספר הזה הוא עיתונאי לענייני מדע וכתב בכיר בעיתונים שונים בתחום הזה. כן גם חיבר ספר בנושא מדעי.

נושא החיים התבוניים מחוץ לכוכבנו הוא נושא אקטואלי ומפולרי בעולם התרבותי. אין שוחר

דעת שאינו שואל את השאלה על ממשות החוץ הבלתי נראה הזה. הספר "מסע אל התבונה" יוצא בעתו ומנסה בשבעים דרך לענות על השאלה שאין לה מענה, ומאידך גיסא כל מענה עונה על השאלה. לעיתים אין אתה יודע היכן הגבול בין המדע האמפירי לבין מדע בדיוני. כל תוצאה מדעית היא רעיון בדיוני, וכל השערה דמיונית היא אפשרות שעדיין לא התממשה. לה פלס שאמר לנמוליון כששאל אותו על אלוהים "אני לא זקוק להשערה זו" (ודאי ע"פ אמרת ניוטון "אני עוסק בהשערות") שם חץ בין המציאות לחוץ, ואילו איינשטיין שאמר "כל רצוני הוא לדעת מהו סוף דעתו של האלוהים, וכל שאר הדברים של מה בכך" לא הצטמצם באדמה שמתחת לרגליו, ועינו נישאו אל מעבר לקיום החומרי של המציאות. הספר "מסע אל התבונה" הולך בדרך השניה בחיפוש בחיפוש אחרי הבלתי אפשרי כאפשרי בהחלט. גם אינו מהסס לזרוק דברי נואש "אם אינו מוגשים יצורים כאילו ואינם רואים את מעשה ידיהם בסביבתנו הקרובה, הסיבה לכך היא אחת: יצורי אלו אינם קיימים בגלקסיה" (ע"פ טיפלר ואחרים, עמ' 232). כאמור זו אחת התשובות מני שבעים תשובות שונות ומשונות.

במרכז ההשערות והמצואים שעומדים אלו ליד אלו קובעים המחברים עמדת מפתח מפיכת ביותר לאמור "אבל חידה אחת חוזרת ומציקה: לפי כללי ההסתברות לא מתקבל על הדעת, שרק כאן, בפלנטה שלנו, נצרו חיים שהתפתחו לחיים תבוניים. סביר הרבה יותר לאמץ השערה לפיה מפכים חיים כאלה גם במקומות אחרים בגלקסיה וחלקם, או רובם, מתקדמים בהרבה מאתנו, והשאלה

ויוואליים ואילוסטרטיוויים רבים, מה גם שמראה העיניים מהיר ומאלף, ומיעוטו חוסך את הרוב. אולם מגבלות ההרצאות בזה שאין בהן הספק והעומק שבספרים.

על כן ניתן הספר הזה כלי מלא וגדוש לאורך זמן, וקריאתו עניינית עד להשגת היעד הדמיוני שלו שכולו ממש.

יעדו העיקרי של הספר כשמו "מסע אל התבונה", כלומר החיים התבוניים שמוחץ לכוכבנו, אך ללימוד הנושא הזה חייבים להכיר נושאי לוואי שבלעדיהם אין אפשרות להכיר את הנושא. יחד עם זה מספר הספר על הניסויים הרבים שבתחום הזה ועל הניסיונות החוזרים ומתמשכים להגיע אל היעד המבוקש.

בהרצאותיו המאלפות שנשא פרופ' חגי נצר אשתקד בנושא הזה, כולל הרצאתו המאלמת שנשא מקודם לזכרו של פרופ' אהרן קציר המנוח ב-1 ליוני 1998 היו בידו אמצעים

אסטרונומיה ממרום כבודה

יגאל פת אל: "אסטרונומיה – מדריך להכרת השמים" הוצאת קוסמוס 1998



שתיבאם למחוז חפצם. וכך כתב פת אל במתח סיפרו: "החובב שרוכש לעצמו טלסקופ קטן, התלמיד בבית הספר שמוריו יבקשו להדליק בו את הניצוץ של אהבת האסטרונומיה, לקהל הצמא ללמוד על פלאי היקום - כל אלה יתקשו לחוות, באופן בלתי אמצעי, את התהליכים האסטרונומיים המרתקים, המתחוללים בליבותיהם של כוכבים או את ראשית הבריאה. לעומת זאת מראה כוכב הלכת שבתאי על טבעותיו, המכתשים על הירח, כימות הקרח על המאדים, תגורות העננים על פני צדק, ליקויים וגרמי שמיים עמוקים הנגלים מבעד לטלסקופ - כוחן גדול מאלף מילים".

ועוד מוסיף: "עלינו לזכור: השמיים היו מעלינו תמיד וימשיכו להתקיים גם אחרי שאחרון בני המין האנושי יעלם מפני כוכב הלכת הזה. כל שדרוש הוא, רק להביט לעבר השמיים ולהנות".

ניר שוחט הוא סופר הכותב בעברית וערבית.

הספרייה העברית הולכת ומתעשרת בספרי המדע הישן - חדש, אשר אבותינו ראו בו מן תורת קבלה של מדעי הטבע השמור רק ליודעי ח"ן.

בין הספרים החדשים אשר הציגו לנו את המדע, שעתידי להיות מדע ראשוני במאה הבאה ספרו של יגאל פת אל ("אסטרונומיה, מדריך הכרת השמים" - קוסמוס 1998 147 ע"מ).

למתבר זכות מיוחדת להורדת המדע העליון הזה אל השכבות הרחבות שלנו, החל בכתב העת "אסטרונומיה", והמשך בניהול מצפה הכוכבים שבנבעתיים ועוד עריכת הרצאות וסיורים בתחום הזה.

הספר "אסטרונומיה" אמור להיות מיועד לשכבות קוראים שונים - חובבים, משכילים ומתלמדים. כתוב בסגנון מקצועי, בהיר ומגיש את תכניו בשיטה מתודית מובהקת, מתובלת בנוסחאות, לא עד כדי עייפה, ורצוף תרשימים ואיורים לרוב.

בספר זה אנו מוצאים את יסודות המדע הרחב הזה יחד עם חידושי הזמן בהיקף אנציקלופדי, שכל קורא ימצא בו את מינתו המבוקשת תוך הרחבת יריעתו המצויה.

הדגשה מיוחדת בספר זה למערכת השמש בכללותה ובמיוחד מורחב, ומכאן מתרחק הספר למרחבי הגלקסיה שלנו תוך מסירת פרטים מיוחדים, שספרים אחרים לא היה סיפק בידם להביאם או התעלמו מהם, ותכן שהניחו, שהם ידועים מראש.

בין ההדגשים הללו שאין אתה מוצאם בקלות במקורות אחרים, מכשירי צפייה לסוגיהם ולצידם הדרכות בנוסח איך לצפות ומתי לצפות! איזה מכשיר מתאים לך ואיך לצלם! כך אנו מוצאים נספחים על כוכבי לכת, אסטרואידיים, ירחי כוכבי הלכת, טבעות כוכבי הלכת, קבוצות הכוכבים למיניהן, מפות כוכבים ובמיוחד מפות שמי הארץ בשנות השונות.

השיטה האינדוקטיבית (מן הפרט אל הכלל) שנוקט המחבר מאפשרת לימוד הנושא בהדרגתיות עד לקבלת המסקנות והכללים. כך הבהיר המחבר את מושגי הניאוגרפיה הראשוניים על כדור הארץ, תנועותיו וסיבובו הירח ומערכת השמש. כל היסודות הללו הם בסיס הכרחי לזינוק אל מרחבי הגלקסיה.

יגאל פת אל אינו רק איש מדע המסתגר במגדל השן של מצפה הכוכבים אלא גם דואג שהמדע האריסטוקרטי הזה ירד אל המונים הכמהים לידע ולמידה ומצפה ליד אבהית

מדריך לשמי האביב

מרים אוריאל

עם בוא האביב הולכים הלילות ומתקצרים אך עדיין נותר די זמן לצפות בקבוצות הכוכבים השולטות בשמי האביב.

שמי האביב מסמרים לנו סיפורים אחדים:

והגלקסיה הסמוכה אליה M82 שצורתה מיוחדת ארוכה ודקה. שתי הגלקסיות נמצאות בקו ישר הנמשך מחיבור הכוכב התחתון האחורי של העגלה והכוכב הקדמי העליון הזוהר ביותר בדובה הגדולה, באותו מרחק כמו חיבור שני כוכבים אלו. בעזרת טלסקופ (אפילו קטן) ניתן לראות, בשמים חשוכים, את הגלקסיה הספירלית היפה M101. הגלקסיה נמצאת מערבית למיזאר ואלקור ביוצרה משולש שווה צלעות עם מיזאר והכוכב האחרון בידיה. בעזרת טלסקופ ניתן גם לראות את ערפילית הינשוף M97 הנמצאת שמערבית ל"גלגל" הקדמי התחתון של העגלה.

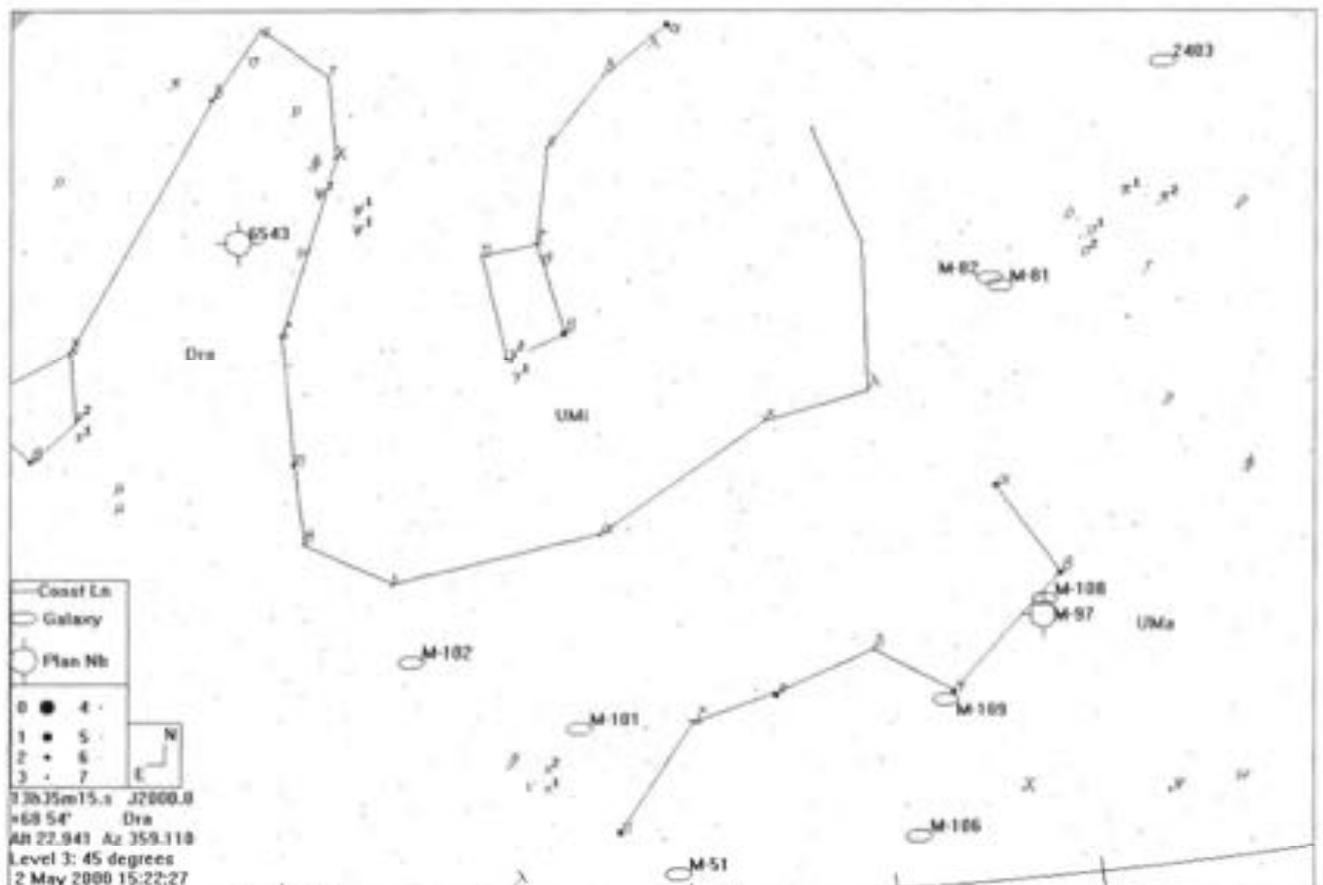
ברועה הדובים הדומה לעפיפון גדול ניתן לראות בעין את הכוכב הצהוב-כתום ארקטורוס הנמצא בתחתית העפיפון.

קבוצת הכוכבים היורה (Hydra), נחש המים, משתרעת דרומית למישור המלכה. דרומית לקבוצות המזלות: מאזניים, בתולה, אריה וסרטן. כאשר ראשה נמצא מתחת לסרטן, המיתולוגיה היוונית מספרת שהיורה הייתה נחש מפלצתי בעל תשעה ראשים ועל הרקולס הוטל להרוג אותה, אולם בכל פעם שהרקולס כרת את אחד הראשים צמחו שניים תחתיו. כדי להתגבר על בעיה זו שרף אחיינו איולאוס, בעזרת אוד אש בוער, כל צוואר שאת ראשו כרת הרקולס כדי למנוע צמיחת ראשים נוספים. הרה, ששנאה את הרקולס ראתה שהוא שומד לגבור על ההיורה ושלחה

סיפור אחד קשור בדובה הגדולה (Ursa Major) ובדובה הקטנה (Ursa Minor). בתו של לואקון מלך ארקדיה שכל-כך אהבה לצוד והפכה לאחת מבנות לווייתה של ארטמיס אלת הצייד. זיאוס, ששום נערה נאה לא נעלמה מעיניו, ראה אותה והתאהב בה ומיוונו זה נולד בן (ארקאס, כשם ארץ הולדתו). הרה, אשתו של זאוס הנבגדת, הפכה את קליסטו לדוב מטושטש החייב לברוח מהציידים, אליהם השתייכה פעם.

עם השנים גדל בנה, ארקאס, שגם הוא אהב לצוד. יום אחד ראתה קליסטו את בנה ושכחה איך היא נראית. היא החלה לרוץ לקראתו כדי לחבקו, אולם ארקאס חשב שדוב תוקף אותו ושיסה בדוב את כלביו בעוד הוא מכין את קשתו לירות בו חץ. זיאוס שראה זאת התערב והפך גם את ארקאס לדוב קטן וקבע את שניהם בשמים בין הכוכבים בדובה הגדולה והדוב הקטן.

בדובה הגדולה הנראית כעגלה עם ידיה, אפשר לראות בעין את הכוכב הכסול מיזאר (Mizar) ואלקור (Alcor) הנמצאים באמצע הידיה, הכוכב השני מן הקצה. בעזרת משקפת ותחת שמים חשוכים ניתן לראות את הגלקסיה הספירלית M81



קבוצות הדובה הקטנה והגדולה ושפע העצמים שבתוכם. מפה : Guide7

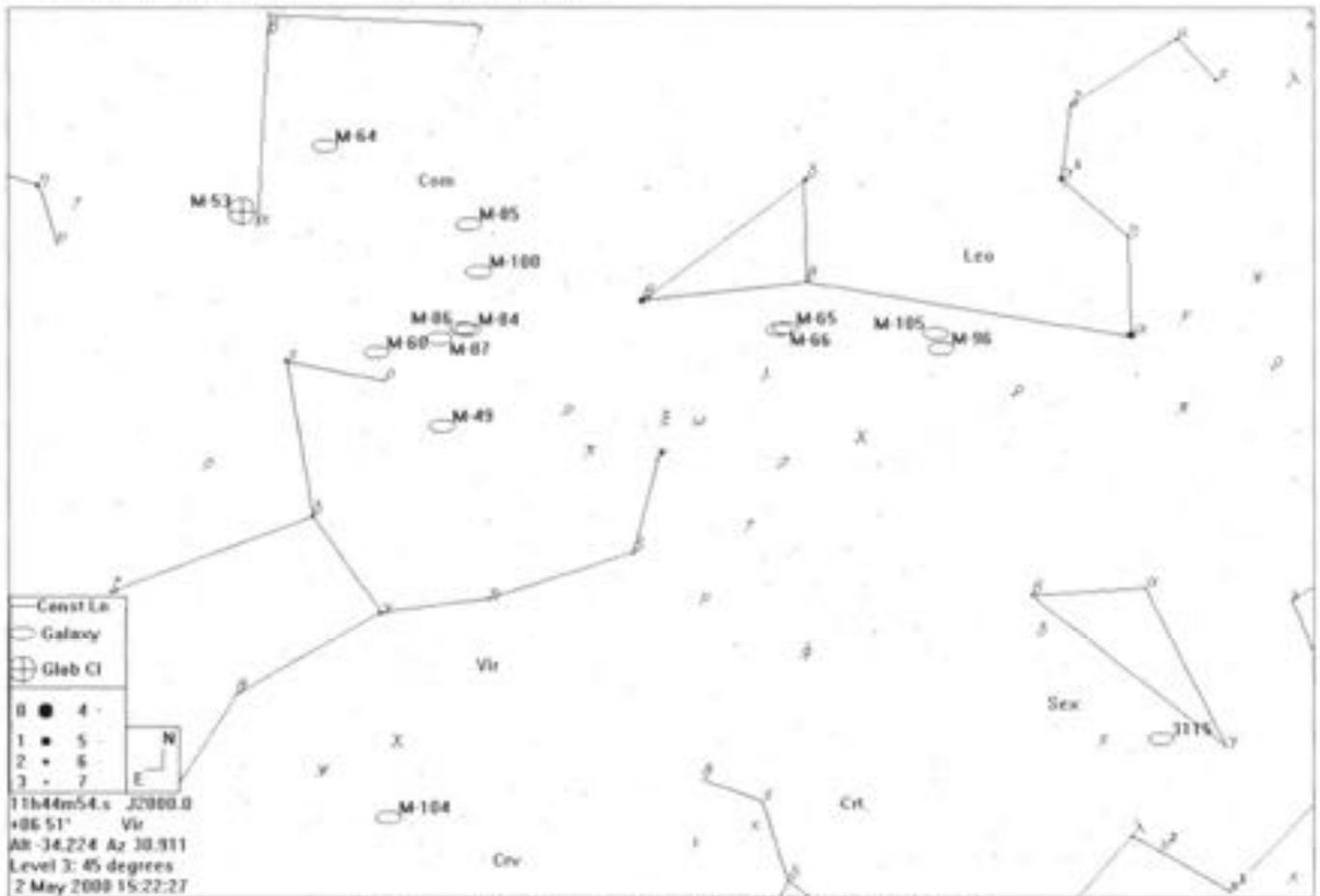
את הסרטן (Cancer) לתקוף אותו ולהסית את דעתו מן הקרב. הסרטן צבט את הרקולס וזה בתמורה דרס אותו למוות. כאות תודה על אומץ לבו קבעה הרה את הסרטן בשמים מעל ראשה של ההידרה והוא משמש כאחד המזלות עד היום.

מעל גומה המתפתל של ההידרה נמצאים העורב (Corvus) ומערבית לו הנביע (Crater). בטלסקופים קטנים אפשר כבר לראות את גלקסית הסומבררו M104, שהיא גלקסיה ימהייה הנראית ממבט צד, בעלת שביל אבק שחוצה אותה. בעזרת טלסקופ גדול ניתן לראות גם את גלקסיית האנטנה NGC 4038 ואת הגלקסיה המחוברת אליה NGC 4039.

המיתולוגיה היוונית מספרת כי האריה (Leo), שאותו מסמלת קבוצת הכוכבים המהווה את מזל אריה, הוא האריה הנמאי, ששום נשק לא הצליח להרוג אותו. משימה זו הייתה הראשונה מבין תריסר המשימות שהוטלו על הרקולס והוא חנק את האריה בידי. בעזרת משקפת ניתן לראות את צמד הגלקסיות הספירליות היפות M65 M66, אך מוטב לראותן בטלסקופ.

בעזרת משקפת ניתן לראות את הצביר הכדורי M53 בסמוך לכוכב המאיר ביותר בקבוצה זו. בעזרת טלסקופ ניתן לראות את הגלקסיה הבילתי רגילה, (למרות שבמבט ראשון היא נראית כגלקסיה ספירלית) המכונה "העין השחורה" - M64. הגלקסיה קרויה כך על שום ענן האבק הגדול המאכלס את מרכזו ומשווה לה צורת "פנס" בעין. כמו-כן ניתן לראות בעזרת טלסקופ בלילה חשוך את הגלקסיה הספירלית ממבט צד NGC 4565 הנמצאת בהמשך אותו קו דמוי קרוב יותר לקצה המשולש.

דרומית לרועה הדובים ולשערות ברניקה משתרעת קבוצת הכוכבים של מזל בתולה (Virgo). המיתולוגיות השונות מכתיבות דמויות אלוהיות רבות בתואר זה. המיתולוגיה היוונית מייחסת אותו לפרספונה, בתולת האביב, בתה של דמטר, אלת הדגן, אשר נחטפה על-ידי האדס, אל השאול. בהסכם שנערך בין דמטר להאדס, הוחלט שרק ארבעה חדשים תשהה פרספונה מתחת לפני האדמה ואילו באביב ובקיץ תחזור אל פני האדמה, אל אמה, צעדיה על פני האדמה מביאים את הצמיחה והפריחה. הכוכב הניכר ביותר לעין, בקבוצה זו, הוא ספיקה, או בשמו העברי שיבולת, שהוא הכוכב ה-16- בבחירתו בשמים, המסמל אגד



קבוצת בתולה, אריה ושערות ברניקה. מפה : Guide7

שיבולים. בין מזל בתולה לשערות ברניקה יש אזור של כ-13,000 גלקסיות, הידוע כ"צביר בתולה". בעזרת משקפת אפשר לראות את הגלקסיות האליפטיות M86, M84, M49 ו-M87.

קבוצה נוספת הנמצאת לימין רועה הדובים היא שערות ברניקה (Coma Berenices). ברניקה הייתה מלכה מצרית, אשתו של תלמי השלישי. היא הבטיחה להקריב את שעה הזהוב והארוך לאפרודיטה אם בעלה יחזור בשלום מן הקרב אליו יצא. וכאשר חזר המלך בשלום קיימה את הבטחתה, אך שעה נעלם (נגנב) מן המקדש. המלך כעס ורצה להרוג את שומרי המקדש אבל נרגע כאשר אסטרונום החצר הודיע שאפרודיטה המרוצה ממתנת המלכה קבעה אותה בשמים כדי שכולם יוכלו להעריך את יפי השיער.

מרים אוריאל היא מחנכת המתמחה באסטרונומיה. היא מפתחת משחקי חשיבה באסטרונומיה, במקביל להתענינותה במיתולוגיות שונות.

אסטרונומיה בימי קדם

מנחם בן עזרא

Xenophanes of Colophon 570 B.C. 478-B.C קסנופאנס מקולופון

בקצרה כיצד נוצר מאובן: אחת הדרכים להיווצרות מאובנים נובעת מכך שפגרו של בע"ח, נסחף במורד נהר או נחל. כאשר בשלב כלשהו, לורס המים אין מספיק כוח להשיט את הגופה, הגופה נלכדת בשחף, וכעבור תקופה ארוכה ביותר בתנאים המתאימים מבשיל מאובן, קרי העצמות מטיבעות את עצמן באבן, כך שמאובן הוא בעצם מעין צילום מן העבר.

אבל, יפה אתם משערים בלבכם, נחמד מצדו לספר לנו על מדעים אחרים אבל להיכן נעלמה האסטרונומיה? ובכן, היא לא נעלמה. קסנופאנס האסטרונום היה מבריק מנות מאשר קסנופאנס הגיאולוג. רעיונותיו בדבר הזריחה והשקיעה הנם "שם דבר", קסנופאנס טען כי השמש נולדת כל יום מחדש, ועם שקיעת השמש, היא נעה למרחק אין סופי, וחוזר חלילה. נשמע מעניין, במיוחד אם מסתכלים על כך מפרספקטיבה היסטורית מלפני 2300 שנה.



מאובן של *nautilus pompilius*, אחד המאובנים הנפוצים בעולם.

Dreyer, J.L.E. (1953). *A History of Astronomy From Thales To kepler*. New York: Dover Publication, Inc.

Pannekoek, A. (1989). *A History of Astronomy*. New York: Dover Publication, Inc.

Sarton, G. (1993). *Ancient Science Through the Golden Age of Greece*. New York: Dover Publication, Inc.

מנחם בן עזרא הוא מנחה הכותבים בגבעתיים וסטודנט לפסיכולוגיה.

הפילוסוף שניציג כעת, מוגדר כבעל הראייה נועזת ביותר לזמנו, ייסד את מדע הגיאולוגיה והפאלאונטולוגיה, עם תרומה חשובה לאבולוציה. ניתן לומר שקסנופאנס הקדים את דארווין והקסלי בקרוב לאלפיים ושלוש מאות שנים: לא מאמינים חכו ותקראו

קסנופאנס נולד וגדל בקולופון, אחת מתריסר הערים האיוניות. קסנופאנס היה פיתגוראי, אך בניגוד לשאר עמיתיו לא נטה למיסטיקה, וייסד את האסכולה האלטיקאית. עירו, קולופון, הייתה יעד מועדף על פיראטים וכובשים (כמו שנאמר "לאן מתדרדרת השכונה"). לאחר כיבושה בידי סירוס, קסנופאנס יצא למסע נדודים שנמשך קרוב לשישים ושבע שנים. במהלך מסעו, הוא ביקר במצרים, סיציליה, צנקלה (מסינה), קטניה, ולבסוף התיישב לתקופת מה באליה, השוכנת בחופה המערבי של לוציאנה.

רעיונותיו המעניינים ביותר היו הכרה בקיומו של אל אחד מחד (יהודי או לא?), בצורת משפטים שאמר כמו: "האל הוא אחד", "יש רק אלוהים אחד", ומאידך, תמיכה ברעיונות חופשיים ויצאה כנגד הדת (כופר, כבר אמרנו, לא!!!). תרומתו החשובה הנה, תיאוסופיה השונה מהותית מזו של המיליסיאנים. אחד מהפרגמטיים (שרידים), המדהימים ששרדו ויוחסו לו מתאר את ייסוד המדע

המוכר לכולנו: "וקסנופאנס מחזיק בדעה שיטתית תערובת של אדמה ומים, ובמשך הזמן חלה התייבשות". קסנופאנס טען שניתן להמציא הוכחות לטענתו כדלקמן: באמצע האדמה ובמרומי ההרים, אנו מגלים קונכייות (Shells), ובסיראקוז, הוא ממשיך וטוען, נמצאו במחצבות הטבעות באבן של דגים וכלבי ים. בפארוס, נמצאה הטבעה של אנשובי בתחתית האבן, ובחלק ממלטה, נמצאו כל סוגי החיות הימיות. הוא טען שהם נוצרו כאשר כל הדברים נוצרו ונטבעו בבוץ, וכן תבניתם נטבעה בשחף. (Sarton, 1993, pp.180). לדעתי (מ.ב.ע), ניתן להגדיר זאת במלה אחת: "מדהים". במחי יד, וברעיון בסיסי אחד, קסנופאנס הפך להיות הגיאולוג והפאלאונטולוג הקדום ביותר. בכדי להסביר את הנחתו המדהימה של קסנופאנס, אסביר

אסטרונומיה באינטרנט

מורן נחשוני

בעת חיפוש קצר התברר לי שיש מיליוני, מכות או יותר, אתרי אינטרנט בנושא אסטרונומיה. כמובן שלא נוכל לסקר אפילו את חלקם, אבל הנה כמה אתרים מומלצים לשיטוט.

אתר הבית של האגודה הישראלית לאסטרונומיה

<http://astronomy.org.il/>

באתר מידע על מצפה הכוכבים והאגודה, חוזרי האגודה ופעילות החטיבות מצויים באתר.

Sky & Telescope

<http://www.skypub.com>

באתר של המגזין האסטרונומי תוכלו למצוא, בנוסף למאמרים וטיפים לתצפית גם חדשות אסטרונומיות רבות.

Astronomy Now Online

<http://www.astronomynow.com>

האתר של המגזין Astronomy Now, שהוא מגזין אסטרונומיה בריטי.

Space.com

<http://www.space.com>

אתר חדשות אסטרונומי המעדכן בתדירות גבוהה. חדשות בנושאי אסטרונומיה, אסטרופיסיקה, חלליות וכל מה שתרצו.

פורום מדע של IOL

<http://www.iol.co.il> (משוט להיכנס ל"פורומים")

ומשם לפורום מדע.)

אז זה לא בדיוק אתר אסטרונומי, הרבה מאוד דיונים בפורום הם בנושאים אסטרונומיים. שווה לפקוד אותו פעם ביום או יומיים.

קבוצות דיון באינטרנט

ישנן מספר קבוצות דיון, ששווה מאוד להצטרף אליהן. הנה סקירה של 3 קבוצות כאלו, כל אחת בנושא אחר. ההודעות נשלחות בדואר אלקטרוני, בצורת הודעה בודדת או צורר הודעות (Digest).

Meade Advanced Products User Group

<http://www.mapug.com>

קבוצת דיון בנושא אסטרונומיה תצפיתית, בעיקר לטלסקופים של חברת Meade. הקבוצה לא קשורה בדרך כלשהי לחברה, שכן זוהי רשימת אסטרונומים חובבים בלבד. בקבוצה מייעצים לגבי השימוש בטלסקופים, צילום אסטרונומי ועוד.

SBIGUSER

<http://www.sbig.com/sbwhtmls/ugpage.htm>

קבוצת דיון בנושא צילום בעזרת CCD. קבוצת דיון של משתמשי מצלמות SBIG. לא צריך להכין בצילום בכדי להצטרף לקבוצה. בקבוצה זו מציגים חובבים מכל העולם את הצילומים שלהם. שווה מאוד!

Astronomer

<http://www.maxnm.com/asaf/astro>

קבוצת דיון מיזמתו של חברנו אסף שטול טראוינג. דיונים באסטרונומיה באופן כללי. על אירועים אסטרונומיים, חוויות ועוד.

אתר אסטרונומיה עברי חדש – אסטרוMania

<http://clik.to/astroman>

טוב, זה לא ממש אובייקטיבי, שכן אני הוא שורך האתר, אבל לא נורא. באתר, שכולו על טהרת העברית, תוכלו למצוא כמעט הכל. חדשות ואירועים אסטרונומיים, גלריית תמונות, מאמרים ואם כל זה לא מספיק – מאות קישורים אל אתרים נבחרים. האתר מתעדכן מספר פעמים בשבוע.

מה באתר?

- גלריית תמונות שצולמו במצפה הכוכבים בנבעתיים בעזרת מצלמות CCD, וכן תמונות של חובבים שצולמו על ידם.
- חדשות אסטרונומיות המתעדכנות כל כמה ימים על כל הדברים החמים בעולם האסטרונומיה.
- אירועים אסטרונומיים קרובים. כוכב שביט מתקרבו כוכב התמוצץ? מארגנים איוו תצפית בנגב? הכל מופיע שם.
- מאמרים פרי עטי. סדרת מאמרים בנושא צילום אסטרונומי דיגיטלי, וכן בנושאים אחרים.
- קישורים אסטרונומיים. שלוש קטגוריות של קישורים: אתרים מדעיים, אתרי חובבים ואתרי תוכנות אסטרונומיות.

התמונה האסטרונומית היומית

<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/astropix.html>

למי שעדיין לא מכיר. כל יום, תמונה אסטרונומית חדשה. התמונות שם מדהימות, ולמי שמתעניין ישנו ארכיון של כל תמונות העבר שהוצגו שם. אצלי זה עמוד הבית.

חדשות אסטרונומיות

ובכן ישנם כמה אתרים טובים, והנה סקירה שלהם:

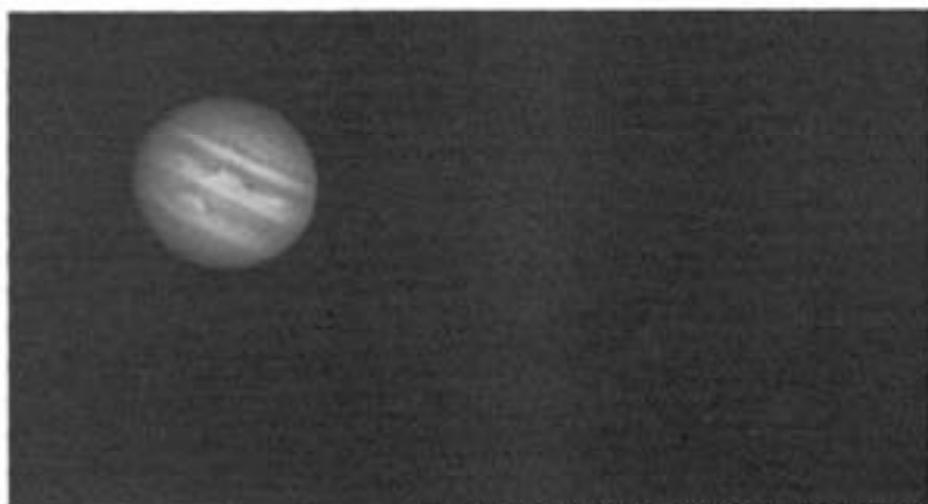
Space Science

<http://spacescience.com>

אתר מצויץ. באתר מוצגות חדשות אסטרונומיות, מלוח בהסברים על כל תופעה. לכל סקירת חדשות נוספים קישורים למאמרים שנכתבו בעבר ולאתרים רלוונטיים אחרים.

גלריה

תצפיות מוקדמות בערב בארצות- הברית



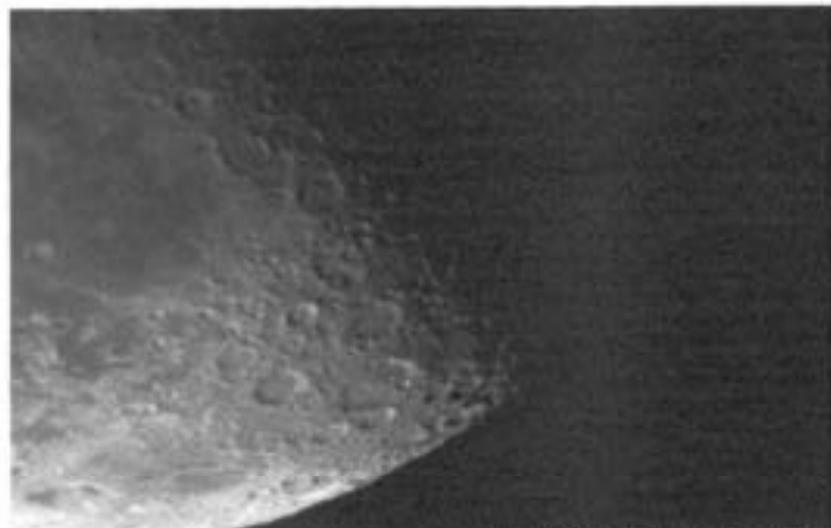
צדק, הכתם האדום, ושלושה ירחים

צילום: מורן נחשוני, מצפה הכוכבים גבעתיים, טלסקופ 16" f/10 ומצלמת Pictor 1616.

בקץ האחרון היה לי העונג לבקר במצפה הכוכבים של המחלקה לאסטרונומיה

באוניברסיטת CASE WESTERN

שבקליבלנד, ולצפות דרך טלסקופ 9" מסוג שובר אור, כבן שמונים שנה. הלחות הייתה גבוהה, השמיים עדיין מוארים, ובאמת לא היה כל טעם לחכות שהלילה יימול-שמי קליבלנד מזוהמים באור כמו כל עיר גדולה אחרת.



הקוטב הדרומי של הירח

צילום: אנדריאס היידנרייך. טלסקופ שמידט קסיגרין 10" f/6.3, ומצלמת ST6, במצפה הכוכבים בגבעתיים.

באותו ביקור במצפה, בחברתו של סבי ושל בונה טלסקופים שגר בסביבה (והראה לי את טלסקופ ה-18.5" הענק שבנה, אך זה כבר לא קשור לנושאינו), הבנתי למה לא רק הלילה הוא חוויה אדירה לאחד שברשותו טלסקופ.

לפני שאתחיל במירוט תצפיותי, הייתי רוצה לדבר קצת על הטלסקופ עצמו. הטלסקופ הישן קיבל את עדשותיו מאחת החברות הכי מצטיינות בהכנת עדשות בארצות-הברית. עד היום איכות העדשות נשארו כה טובות, ומשום כך הטלסקופ נמצא עדיין בשימוש. הוא מונח בתוך כיפה קטנה, על גג בניין מחלקת האסטרונומיה.

שבתאי

צולם במצפה הכוכבים בגבעתיים, טלסקופ 16" f/10, ומצלמת Pictor 1616



הכשרת הטלסקופ וכיפת המצפה לתצפית היא סיפור ארוך במי עצמו, שצריך להתבצע כל לילה מחדש. הסידור המסורבל של הטלסקופ הישן מכביד על האנשים הרוצים



גלקסיית ה"חמנייה" בקבוצת כלבי ציד – M63

צילום: מורן נחשוני ויגאל פריינטה. טלסקופ "16 f/10 ומצלמת Pictor 1616, זמן חשיפה: 22 דקות. צולם במצפה הכוכבים בגבעתיים.

לצפות דרכו, ועקב כך מעט אנשים משקיעים את הזמן והעבודה לסדר את הטלסקופ למען ליל תצפית. בגלל זה כמעט כל אחד יכול לבוא וליהנות מהטלסקופ לילה שלם לבדו, לאחר שקיבל את מפתחות המצפה (דבר שניתן לסדר בקלות).

לאחר חצי שעה של סידור המצפה לתצפית, כיוונו את הטלסקופ למטרה הראשונה - נוגה. הרכה אנשים אינם מעריכים את יופייה של נוגה משום שהם טוענים שלא ניתן לראות כל טקסטורה מבדל לענניה העבים. לדעתי נוגה היא אחד מהעצמים היפים ביותר של שעת הערב המוקדמות (ושעות הבוקר המוקדמות, למשכימים שבינונו). צורתה וגודלה המשתנה של נוגה הם דבר כיף לעקוב אחריו לאורך זמן, וחוף מזה, היא אחד מהעצמים היותר רומנטיים שתוכלו להראות לבני/בנות זוגתכם!



הגלקסיה האליפטית הענקית M87 בקבוצת בתולה.

צילמו: מורן נחשוני ויגאל פריינטה. טלסקופ "16 f/10 ומצלמת Pictor 1616, זמן חשיפה: 14 דקות. צולם במצפה הכוכבים בגבעתיים.

המטרה הבאה הייתה הירח. יש אנשים שמתלוננים שהם כבר מכירים את כל קבוצות הכוכבים ואת מיקומם, ואין חדש תחת השמש. לדעתי הכרת המכתשים על הירח זה פרויקט שהייתי ממליץ עליו בחום לכל מי שעבר את שלב הקונסטלציות

והכוכבים הירח הוא באמת דבר מקסים לראות דרך טלסקופ ואפילו דרך משקפת, ואין איש שיחלוק על כך. מכל הימות כולם אני אוהב את ימת כריסם העגולה (מעין צורת עיגול מחוסה שאנו רואים מזווית קצת נמוכה, משום שהיא נמצאת במימת הירח העליונה) ואת ימת השלווה, שאת שתיהן ניתן לראות בקלות בעין בלתי

מזוינת. עם הזמן למדתי לזהות הרבה מהפרטים המיוחדים הממלאים את פני הירח, אך משום שהרבה זמן עבר מאז, אני אקח על עצמי לשוב וללמוד את פניו.

חנך מופיו של הירח, אני אוהב להתייחס אליו כמו שדויד ה. לוי (שמכחיש כל קשר אל הפוליטיקאי 🇺🇸), מחפש האסטרואידים וחשביטים הדגול מתייחס אליו- הירח מראה לנו את צלקותיו יומם וליל, ומוזכר ומועד לנו שכל שבוע וכל יום יוכל למנוע בנו אסטרואיד או שביט שיכול להרוג בשנייה אחת את כל החיים שעל

כדור הארץ העצם האחרון שצפינו בו היה מאדים אשר עדיין היה די גדול, למרות שכבר התחיל להתרחק מפריהליון. בתחילה מה שראיתי היה כדור כתום, לא ממש במקום, וזה העלה בי זיכרון ממש מצחיק.

לפני זמן מה, שצפית במאדים דרך המשקפת שלי, נדהמתי לגלות עיגול כתום בגודל הירח מול עיניי: לקחה לי שנייה להבין את השטות שעשיתי ולא שמתי לב: לא סידרתי את הפוקוס: בחזרה לעניינינו, סידרתי את הפוקוס (לא רציתי למול במח שוב פעם), ומאדים התגלה לעיניי קצת משות מהאטמוספירה הלא יציבה שבאזור. לאחר התאמצות מזערית ראיתי את כיפת הקרח הלבנה וקצת פרטים על שטח הפלנטה, וזה ממש עשה לי טוב על הלב

באותו טיול בארצות הברית הייתה לי הזדמנות לצפות דרך טלסקופ ZEISS 10" שעוקב אחר השמש, באחד מהמוזיאונים



צביר גלקסיות בהרקולס סביב NGC6166

צילום: מורן נחשוני. טלסקופ 16" f/6.3 ומצלמת Pictor 1616. זמן חשיפה: 18 דקות. צולם במצפה הכוכבים בנבעתיים.

למדע שבמילודלמייה, מול עיני ראיתי התפרצות שמש אדירה עומדת במקומה, מחכה שמישהו יגיד לה שהיא יכולה ליפול חזרה כלפי השמש גם ראיתי קבוצה של כתמי שמש, משהו שמעדי עדיין לא יצא לי לראות. הייתי גם במלנטריום במקום, שהיה כה פתטי שאני אפילו לא אטרח לספר עליו.

ישנם עוד תופעות שמימיות שאנו יכולים לראות כשיש אור בחוץ. לדוגמא, למעמים כששוקעת השמש, ברגע האחרון מופיע מעין ברק ירוק. ראיתי הרבה תמונות של תופעה זו, אך מעולם לא קיבלתי הודמנות לראותה בנו עיני. אין צורך להזכיר את הליקויים של השמש והירח, שעם קצת מזל נקבל איוה ליקוי טוטאלי גם פה.

אז מהי המסקנה אמאז עכשיו, כשהחורף מתחיל (רשמית למחות), והטמפרטורות יתחילו לצנוח, אין צורך לחכות ללילה לראות תופעות שמימיות ימימיות. גם בשעות הערב המוקדמות מופע השמיים מתחיל, והוא מומלץ בחום.

אסף שטול-טראורין.

חוויות אסטרונומיות, תמונות רעיונות והמצאות נתן וכדאי לשלוח אל:

האגודה הישראלית לאסטרונומיה, ת.ד. 149 נבשתיים.

נא לציין את סוג הטלסקופ, המצלמה, סרט הצילום וזמן החשיפה.



גלקסיית הסומבררו – M104 – בקבוצת עורב

צילם: מורן נחשוני. טלסקופ 16" f/10 דרך מצלמת Pictor 1616. זמן חשיפה: 10 דקות. צולם במצפה הכוכבים בגבעתיים.



