

# אסטרונומיה

בטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה

גלוון 3

כרך 27



\*101\*

מחיר: 40 ש"ח

חברת זו של סתיו חורף 2001, מתמקדת בעיקר בנושאים הtcpטיפתיים.

גם הכנס השנתי של האגודה, המתוכנן ליום שישי, 14 בדצמבר, שיתקיים במצפה הכוכבים בגבעתיים, יוקדש רובה ככולו לנושאים הtcpטיפתיים.

במרכז החוברת יעמוד כוכב הלכת שבתאי. כוכב הלכת שבתאי ייראה היטב בחודשי החורףüber הכוכבים בישראל, אך גלות הכוכטרת תהיה התכטוטה של שבתאי על ידי הירח ב-1 בדצמבר 2001 לפניות בוקר. לכוכב הלכת שבתאי ועל הtcpטיפתיים בו יוקדש מאמר קצר מפרי עטו של הח"מ.

אנו ממשיכים עם סדרת המאמרים הנוגעת לאביזרי tcpטיפה וטלסקופים, פרי עטו של אסף ברולד. המאמר בחוברת זו נוגע לעיניות, אחד האביזרים החשובים ביותר בתכנון tcpטיפת וקביעת איקות הדמות ובחALKו השני יעסק במערכות של טלסקופים השונים – המعتمد האזימוטלי, המעמדים המשווים למיניהם והמעמד הדובסוני.

מאמר קצר נוסף פרי עטו של אסף ברולד עוסק במתן עצותtcpטיפה לצופה – והוא נועד לעזור המתחיל, המהפש את דרכו בסבך הטלסקופים, גרמי השמים ויטות tcpטיפתיות.

מאמר קצר נוסף – רוחות על כוכבי לכת, היינו מאמר אקטואלי ביתר, ביחודה לאחר סופת האבק העצומה שנפתחה על פני כוכב הלכת מדדים, והתרירה את פניו מעינו המשך שבועות ארוכים.

יהודית סברדייש מוסיף מאמר נוסף בסדרת מאמרי הפרובוקטיביים, המעלים תגר כלשהו על הophysיקה ומנסה לתת פתרונות שונים מעט לכמה מהעקרונות הפיסיקליים הבסיסיים ביותר.

עופר אור מקדיש את הפינה ההיסטורית של החוברת למפת השמים המקראית וכן לשביט שנזכה לפני מאות שנים.

וכrangle, אני מסיים בקריאה חוזרת ונשנית לכל החברים המבקשים לתרום מפרי עטם, בין אם זה מאמר מקורי, בין אם זה תאור tcpטיפת שעשיתם ובין אם זה מכתב למערכת או תגובה למאמר כלשהו. החוברת היא, מעל הכל, ביטאון החברים ואקסניה (היחידה) של חומר מקורי של חובבי האסטרונומיה בישראל.

קריאה נעימה וחורף נעים !

עמאל פת-אל

עורך

# אסטרונומיה

בטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה

פרק 27

סתיו 2001

3	באגודה
6	חדשנות אסטרונומיה וחלל
8	רוחות על כוכב לכת
15	עצות לצופה המתחיל
16	אסף ברולד – מיכשור אסטרונומי – מעמדים ועיניות
20	יגאל פת-אל התכטוטה של שבתאי על ידי הירח
23	יהודית סברדייש אינדוקציה ואבולוציה פיזיקלית
26	עופר אור מפת השמים המקראית

## אסטרונומיה

בטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה, עמונה מס' 58-867-6 ממצפה הכוכבים גבעתיים, גן העליה השנייה גבעתיים תל. 5731152-03 ת.ד 149 גבעתיים 53101

<http://www.astronomy.org.il>  
שירותי משרד - קוסמוס, רחוב הרואה 41 רמת גן 5799230-03 טל. 03, 6724303 פקס. 10834 רמת גן 52008 טל. 03

Email: [astronomy@cosmos.co.il](mailto:astronomy@cosmos.co.il)  
Astronomy, Israeli Astronomical Association  
The Givatayim Observatory,  
Second Aliya Park, P.O.B 149, Givatayim 53101

מערכת ועריכה גרפית: יגאל פת-אל

מחיר מנוי שנתי 150 ש"ח  
מחיר חוברת בודדת 40 ש"ח

שער קדמי – בבוקרו של יום שבת, 1 בדצמבר, לקרה זרחת השמש, יכסה הירח את כוכב הלכת שבתאי. זהו תרשימים אילוסטרציה של שני הכוכבים ונוקודת המגע כפי שתראה בישראל (אנט למלחה). גודלו היחסני של שבתאי יחסית לירח עוזת מעט, כדי שיתאפשר להבחן בו.

שער אחורי – הצביר הצדורי המרשימים ביותר שמים – אומגה קנטוארי. נקרא כך כיון שהקדמוניים ראוו בעין ובאייר סיימון אותו יונית המציגות כוכב. צביר זה נראה בחודשי החורף המאוחריים והאביב בשעות הלילה המאוחרות מעל האופק הדרומי ככתם מטושטש. טלסקופ ייראה כאוסף של כוכבים רבים מספור (ראיה ידועה בעמוד החדשות).

# מה באנוֹזָה

## ערבי עיון והרצאות במצפה הכוכבים בגבעתיים

ערבי העיון מתקיימים בימי חמישי, בשעה 20:30:21 בערבי העיון מתקיימים בימי חמישי, בשעה 20:30:21 במצפה הכוכבים בגבעתיים. מטרותם של ערבי העיון הוא ליצור פורום של הרצאות ברמה שהיא מעלה הרמה הפופולארית המקובלת ולהקיף נושאים שבדרך כלל החשיפה להם מועטה.

- 22.11 - הרצאה: תאומי ארכ. מרצה – אלברט קליפא.

### חודש דצמבר:

- 6.12 - הרצאה: כאס, מידע ומורכבות. מרצה - אמיר מרון.  
14.12 - הכנס השנתי של האגודה הישראלית לאסטרונומיה. (בבוקר - מיקום יימסר בהמשך).  
14.12 - תצפית (בערב) (יש לוודא טרם התצפית את המיקום המדוייק).  
20.12 - הרצאה: מערכת כהה'א-ירח. מרצה – עודד אברהם.

### חודש ינואר:

- 3.1.02 - ערבי עיון: חייזרים – כן או לא. מרצה: אלברט קליפא וחיים מזר.  
11.1.02 - תצפית (יש לוודא טרם התצפית את המיקום המדוייק).  
24.1.02 - הרצאה: תחנת החלל MIR. מרצה: טל ענבר.

## אתר האינטרנט

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

<http://astronomy.org.il>

האתר כולל מידע על פעילויות האגודה, פעילויות מצפה הכוכבים, מידע על פעילויות החטיבות וכן מצויים בו קבצי הרשמה לאגודה (חידושים מנוי) וכן הרשמה לחטיבות.

## חטיבות האגודה

חטיבות האגודה מרכזות פעילות אסטרונומית ענפה עברו חברי האגודה.

## חטיבת NEO's

בהמשך לנאמר בחודש שuber: חטיבת ה- 's' NEO התחליל פעול באופן מסויד החל מ- 1.1.2002.

נרכש ציוד לשיפור התצפית בטסקופ "16 העיקרי במצפה וכן הושמששוב טסקופ בקוטר "12 במרפסת.

כאמור, אנו מעוניינים במתנדבים נוספים לצורך הפעלת הפרויקט. המתנדבים יעברו את ההשתלמות ובשלב ראשון קיימות העדפה לחברים בעלי ניסיון בהפעלת טסקופ ואו CCD. אנו נשמח לחברים גם בעלי ציוד מתאים המעניינים לבצע פעילות באופן עצמאי.

השתתפות בפרויקט כרוכה בכך כדי להישאר כמה לילות בחודש במשךwat צילום ועיבוד נתונים במצפה הכוכבים בגבעתיים. תדריות ומספר הערבים שיוקדשו לפרויקט יקבעו על ידי המתנדבים. כמובן, שבשלב ראשון ניתן עדיפות לחברים בעלי זמן פנו.

אללה מביניכם המעוניינים בהשתתפות בפרויקט מוזמנים לשולח דואר אלקטרוני אל גיאל פט-אל:

patel@cosmos.co.il

## חטיבת הרכסים כוכבים על ידי ירח ואסטרואידים

המעוניינים לצפות בתופעות של הרכסים כוכבים על ידי הירח או על ידי אסטרואידים מוזמנים להצטרף לחטיבת הנ"ל באגודה הישראלית לאסטרונומיה. מדי פעם, נשלחת הודעה לחברים, באמצעות הדואר האלקטרוני.

لهזכירים, ההשתתפות בחטיבת אינה כרוכה בתשלומים כלשהו אך המשתתפים מקבלים מידע על אירועים אסטרונומיים, ערבי תצפית וכדומה. המעוניינים יפנו בדואר או בפקס כדי להירשם.

## הרצאות במכון ויצמן

מכון ויצמן – היחידה לפועלות נוער, פותח בסדרת הרצאות בנושא אסטרונומיה ואסטרופיזיקה. מרצה – דר' דניאל לולש. להלן רשימת הרצאות:

בהיסטוריה	השביטים מגיעו!	20:00	6.12.2001
מערכות השמש	כוכבי הלכת החיצוניים	19:00	20.12.2001
ירחי מערכות השמש	הירח	20:00	24.01.2002
כוכב נולד	ערפליות וכוכבים כפולים	20:00	07.03.2002
לוחות השנה	כוכבי הלכת בלבד	20:00	02.05.2002
מותו של כוכב פלנריות	ערפליות בלבד	21.30	20.06.2002

לחברי האגודה תינתן הנחה בדמי הכנסה.

## הכנס השנתי של האגודה

הכנס השנתי של האגודה הישראלית לאסטרונומיה יתקיים ביום ו', 14 בדצמבר, בת בכסלו (ה' דחנוכה) במצפה הכוכבים בגבעתיים, גן העליה השנייה בין השעות 10:00 ל- 15:00.

בכנס תינתנה מספר הרצאות בנושא אסטרונומיה תכניתית וכן יתקיימם המושב השנתי של האגודה הישראלית לאסטרונומיה, בהלכו גם ייבחרו מוסדות האגודה.

הרצאת אורח: מר אבי הר אבן, יו"ר סוכנות החלל הישראלית, שירצה על שיגור האסטרונואוט הישראלי הראשון המתוכנן לחודש Mai 2002.

חברים המעניינים לשאtet דברים בכנס או להציג את מועמדותם למוסדות האגודה – ועד האגודה, מערכת העיתון או ועדת הביקורת, מזומנים לשלוח את הצוותיהם בכתב, לת.ד 149 גבעתיים 53010 או בדואר אלקטרוני [astronomy@cosmos.co.il](mailto:astronomy@cosmos.co.il).

## קורסים לאסטרונומיה במצפה הכוכבים

### 1. חוג הזמן ומחשבת ישראל

אנו מתקנים לפתח חוג חדש במצפה הכוכבים בגבעתיים.

במסגרת הקורס יילמדו מושגי יסוד בנושא זמן, חישובי עונות וזמנים והקשר בין הזמן, המועדים ומחשבת ישראל.

מרצה – דר' שמחה ולנר, אוניברסיטת בר אילן.

הקורס יתקיים במצפה הכוכבים בגבעתיים מדי יום שלישי בין השעות 20 ל- 22

### 2 חוג אסטרונומיה למתקדמים.

בחודש מרץ ייפתח במצפה קורס לאסטרונומיה למתקדמים, המועד לבוגרי הקורסים הבסיסיים והמיועד גם למורים בחטיבות הביניים ובחטיבות העליונות. הקורס הוא בהיקף של 56 שעות ומוקן גמול השתלמות לצאים. במהלך הקורס יילמדו נושאים נרחים בתחום האסטרונומיה התכניתית, אסטרופיזיקה וחקור החלל. הקורס יתקיים בכל יום ראשון בשבוע.

לחברי האגודה הנחה של 25% במחיר הקורס !

## סוף שבוע מצפה עוזז בסוף השבוע של ה- 24 באוגוסט

סוף השבוע התקיימים במצפה עוזז ב- 24 באוגוסט והשתתפו בו כרובה ל- 40 איש. בין הטלסקופים שהובאו היו טלסקופים בקוטרים עד 16", רובם טלסקופים Dobsonian, שקוטרים הגדול, ביצירוף עם תנאי התכנית המודלים של מצפה עוזז, אפשרו לחברים לצפות בגרמי שמים חמקמים וחיוורים ביותר.

ה משתתפים גם צפו וקיבלו הסבר תוך שימוש בטלסקופ Meade LX200 אינטש מדגם 12.

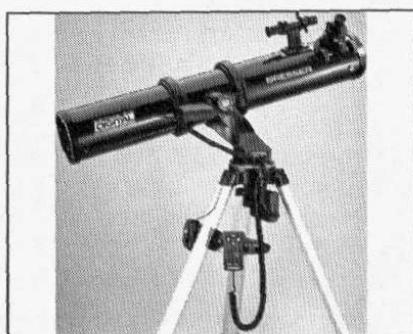
אנו מתקנים סוף שבוע נוסף לקרוואת האביב ועל כך תבוא הודעה. סוף השבוע מתוכן לים המלא או לשמרות תמנוע בדרכים.



ק / ס נ / ס

המרכז לציוד אסטרונומי ומדעי [www.cosmos.co.il](http://www.cosmos.co.il)  
טלסקופים, פוסטרים, ספרים, גלובוסים, אטלסים,  
תוכנות, שקופיות, מפות, מודלים, ייעוץ בקנית  
ציוד, הרצאות...

### מבצע לחברי האגודה הישראלית לאסטרונומיה !!! \*



Bresser 114DS

טלסקופ ניוטוני מהaicות האופטית המעלוה של חברת Meade אריה"ב, כולל מערכת הנחיה רובוטית Autostar לŃצפויות אסטרונומיות, כולל חצובה אלומיניום.  
כל זאת, במחיר של 3490 ש"ח בלבד, לחברי האגודה הישראלית לאסטרונומיה בלבד! (ב- 3 תשלום, כולל מע"מ, במקום 3990 ש"ח)



Meade ETX-70AT

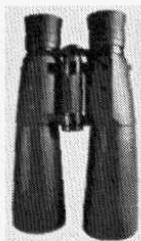
טלסקופ שובר אור מהaicות האופטית המעלוה של חברת Meade אריה"ב, כולל מערכת הנחיה רובוטית Autostar לŃצפויות אסטרונומיות וקרקעיות, כולל חצובה אלומיניום ותיק נשיאה לחצובה.  
כל זאת, במחיר של 2.2630-. ש"ח בלבד, לŃצגי מודעה זו. (ב- 3 תשלום, כולל מע"מ, במקום 2990 ש"ח)

וזה לא הכל ...

מערכת וידאו מיוחדת, כוללת מוניטור (שחור לבן), כוללת תיק נשיאה, כוללת ספק כוח, חיבור להפעלה מממצת הרכב, אפשרות חיבור למחשב PC 990-. ש"ח בלבד (במקום 1190-.), **תוספת ל מערכת צבע (לא כולל תיק נשיאה) 300 ש"ח בלבד.** הערות מותאמות לכל סוג הטלסקופים שלנו.  
המחירים כוללים מע"מ, ב- 3 תשלום, לŃצגי מודעה זו.

עוד בקוסמוס :

לחברי האגודה, **Ńצגי מודעה זו, הנחה של 20% על כל סוגי המשקפות !!!**



משקפות שדה איקוטיות ביותר בהגדלות עד 30x

משקפות עם מצפן ומד טווח

משקפות אסטרונומיות

מערכות לראיית לילה, הגדרה 8x עם תאורת IR



וכמובן, המבחן הגדול ביותר בארץ של טלסקופים לכל מטרת,  
החל מ- 590 ש"ח

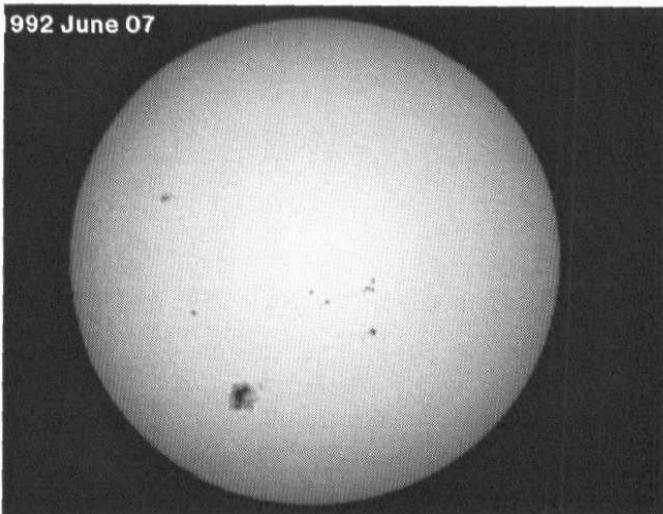
\*אין כפלמבצעים

**בקרו באתר האינטרנט שלנו [www.cosmos.co.il](http://www.cosmos.co.il) והורידו - חינם - את  
לומדת האסטרונומיה + הקטלוג האינטראקטיבי**

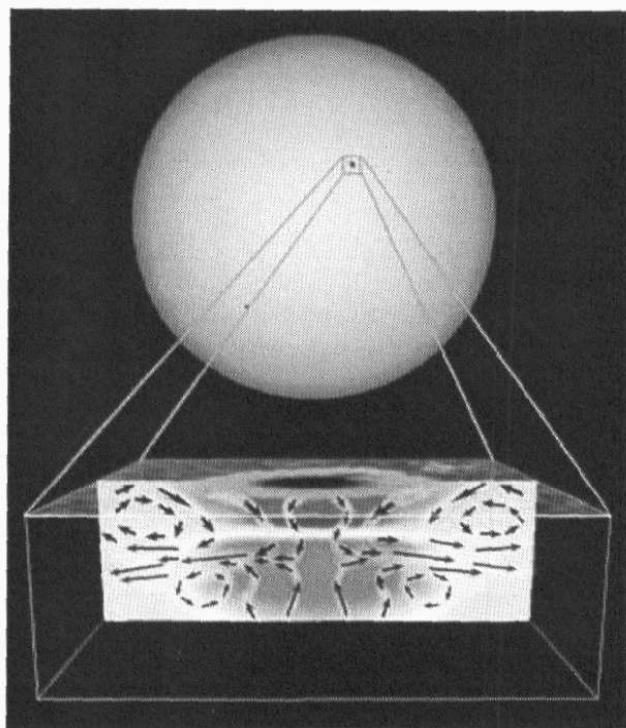
אולם תצוגה - רחוב הרוא"ה 41, ת.ד. 10834 רמת גן 52008, טלפון : 6724303-03, פקס : 5799230 דואר  
[אלكتروني](mailto:patel@cosmos.co.il)

# חדשנות אסטרונומית

אולם, חומר חם עדין עולה ממרכזו המשמש מעלה, אך הוא נחמס על ידי החומר הקרים מתחת לכתר, ווחץ על הקטר מלמטה ובסופו של דבר מותזר סביב הקטר.



תמונה אופיינית של כתמי שימוש (NASA'A)



תאור תלת ממדי של מבנה כתם שימוש. החיצים מתחברים את תנועת החומר מהירותו וכוונו מתחת פני השימוש (NASA'A – סוהו).

## אומגה קנטואורי

בחיפוש אחר רמזים למה שקרה שכוכבים מתנגשים כוון טלסקופ החל האבל לתוכה מרכז צביר כדורי הנקרא אומגה קנטואורי.

## מטרור התפוצץ מעל האוקיאנוס השקט.

מדעני מכון סקריפט שבקליפורניה דיווחו כי גוש סלע חללי התפוצץ ב- 23 באפריל 2001, בגובה רב מעל לאוקיאנוס השקט, מערבית לLOS-אנג'לס. המטרור התגלה באמצעות מכשור אקוסטי מיוחד, שנועד לגילוי ניסויים גרעיניים. מעיריכים כי קוטרו של המטרור היה 2.5 מטרים, ועוצמת התפוצצות - 1150 טון טנ"ט.

במשך שנה במקומע, נוחתים על פני הארץ מספר מטאוריטים, אלא שעדי כה לא נפצע אף אדם ע"י מטאוריט. בעת חידرت המטרור לאטמוספירה, נוצרים גל הלים וטמפרטורה של אלפי מעלות. רוב המטאוריטים מותנדפים באטמוספירה.

## שיה הפעולות המשמשת חלף.

מדעני סוכנות החלל האמריקאית (NASA) הודיעו בסוף חודש אוגוסט 2001 כיquia הפעולות המשמשת כבר חלף, אולם השפעותיה של פעילות זו על מגן האויר השורר על פני כדור הארץ טרם חלפו. התפרצויות המשמש שנצפו במהלך השנה האחרונות האחירות מתחילות לדעך, ומוגמות הירידה באינטנסיביות הפעולות המשמש תימשך במהלך חמישה השנים הבאות.

כעת מצפים לשינויים חיוביים לטווות הארץ באקלים כדורי הארץ, וצפו גם שיפור במצב שכבת האוזון המדделת - אפשר שב-בבב עם הicholoth הפעולות המשמשת, יינטו לשכבת האוזון "פסק זומו" בשחיקתה המתמשכת, כתוצאה מפעולות אנושית והשפעות פעילות המשמש.

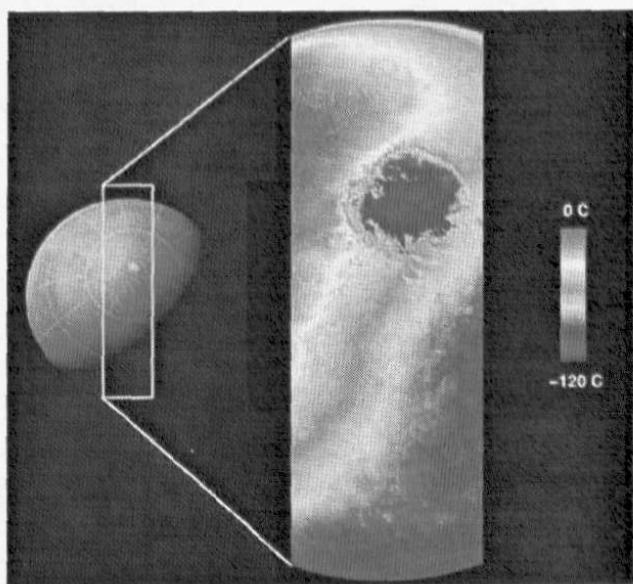
השפעה חיובית נוספת, כתוצאה מהחלשת פעילות המשמש היא על תחתן החלל הבינלאומית, שמצפים שייהי קל יותר לתפעלה ולשמור על מסלול הקפה יציב. מחזור הפעולות המשמשת הוא בן 11.3 שנים במקומע, ושיאו של המחזור האחרון היה ביולי 2000, בו נצפו מקרים רבים כתמי שימוש והתרפרצויות שם.

אודותquia הפעולות המשמשת במחוזו האחרון ניתן לקרוא בבטאון האגודה שהופיע ביולי 2000 (פרק 26 גלון 2).

## סוהו מגלה את סוד כתמי השימוש

במשך לידה הקודמת. חוקרים אמריקאים – אלכסנדר קובניצ'ב מאוניברסיטת סטנפורד ותומס זובל ממרכז החלל ע"ש גודארד – הצליחו למפות בתלת מימד מבנה של כתם שימוש. על ידי הדמייה במתוך הדופלר של מייקלסון על הלוין סוהו, הצלחו המדענים להבחן בורמים וכיום על פני השימוש וმותחת לכתרם. זאת, על ידי מדידת מהירות הקול בסביבות הכתם. כתוצאה מאפקט דופלר, מהירות גלי הקול משתנה בהתאם למהירות הגוף הפלט את הגלים וכיום תנועתו. החומר נע סביבה הכתם במהירות של 4000 ק"מ בשעה. כאשר החומר מתפרק, צפיפותם דלה והוא שוקע. הואיל והחומר מצוי במצב של פלסמה (חומר מيونן), נוצרות עקב תנועת הגז הפרעות בשדה המגנטי על פני השימוש.

## תמונה ראשונית של אודיסיאה 2001



הדמייה של פני המאדים לפי טמפרטורה, לפי מפתה הגוונית בצד שמאל, באיזור הקוטב הדרומי (נלקח על ידי אודיסאה 2001 ב- 30 באוקטובר).

התמונות הראשונות של המקפת אודיסאה 2001 (2001 Mars Odyssey) שנשלחה למאדים, החלו להגיע אל כדור הארץ. החללית נכנסה למסלול פלאורי סביב המאדים בסוף חודש אוקטובר 2001. התמונות שנלקחו בעורת מצלמת תת-אדום, מראות את פני השטח של המאדים, משפה לשפה, כולל איזור הקוטב הדרומי, בו מגיעה טמפרטורת הפחמן הדו חמוץ הקפוא ל- 120 מעלות צלזוס מתחת לאפס.

המקפת אמרה לחוג סביב המאדים כשלושה חודשים בגובה נמוך, ואז לאבד תנועתו חיכוך עם אטמוספירה כוכב ההלכת האדום, עד שהיא תתיצב במסלול הסופי בגובה 400 ק"מ מעל המאדים, גובה שיאפשרה המדמיות בהפרדה של 100 מטר. (ראה מאמר על אטמוספירה המאדים בגוף החבורת).

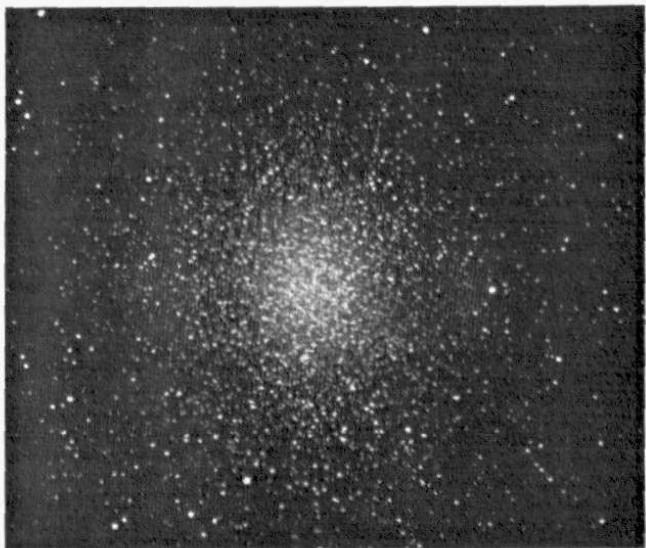
## אסטרונומים אמריקאים - גילינו סימנים להימצאות חור שחור במרכז גלקסית שביל החלב.

בתחילת חודש ספטמבר 2001, הודיעה קבוצת אסטרונומים אמריקאים כי גילו עדות לקיומו של חור שחור אדיר מימדים במרכז גלקסית שביל החלב - הגלקסיה שלנו. לדברי המומחים, מסת החור השחור היא כשל 2.6 מיליון שמשות, מסה שנדחשה לאוצר הקטן מערכת השמש שלנו. במחקרם החדש, טענים החוקרים כי צפו בהזק פליטת קרני רנטגן, שימושיים כי מקורו בגזים להטיטים, מעבר לנקודות האל-חור של החור השחור, או שמקורו בפליטה מגנטית הדומה לרוח המשמש.

פרידריך באגנוזו, מהמכון הטכנולוגי של מסאצ'וסטס (MIT), מספר כי "זו הפעם הראשונה בה צפינו בחור השחור השכן שלנו", ומוסיף כי "זה נראה היה כאילו החומר שלח אלינו גלויה, לפני שנפל לנו החור השחור". מהנתונים שנסקרו בכנס מדען מצפה "ציאנדרה" לקרן רנטגן,علاה כמעט הגלקסיה, הרי שמצפים של קראטת סוף העשור תיתנו התשובה אם אכן קיים חור שחור כזה.

כבר כזרוי זה מכיל מיליוןים של כוכבים הקשורים יחדיו בכוח המשיכה וסובבים את מרכז הצביר. מרכז הצביר כ- 17,000 שנות אור מכדה"א והוא הצביר הכי בהיר ומשמעותי מבין הצבירים הקיימים בגלקסיות בכוכבים אינדייבידואליים החלל האבל שמש להסתכלות בכוכבים אחד שטולסקופים שעלה פנוי כדה"א במרקז הצביר, שם כה צפוף עד שטולסקופים יכנסו פנוי כדה"א בקורס יקרים להבדיל בין נקודות האור שיצאו ממנה. גם במרקז הצביר כה צפוף של הצביר התנשווות בין כוכבים הם דבר די נדיר, אך הצביר כל כך זקן עד שאלפי התנשויות התרחשו בתוך תקופה של בלוני שנים.

מדועים משבטים שכוכבים מתנגשים ישירות הם לרוב יוצרים כוכב אחד גדול יותר. אך כאשר ה苍וכבים יכנסו למסלולים האחד "כמעט פספוס" יתכן כי ה苍וכבים יכנסו למסלולים קרובים. שבב השני ייצורו מבנה של כוכבים כפולים קרובים.



הצביר הядורי – אומגה קנטואורי

אסטרונומים מצאו 2 מערכות כאלה בעורת טלסקופ החלל האבל. 2 המערכות כוללות נס לבן ששומך גז משלכו. כאשר גז נופל על פני השטח של הנס הלבן הוא מתחמס עד אשר הוא מתחילה לפלאוט אוור אולטרה-סגול (UV). בעורת פליטות אלה של UV גילה טלסקופ החלל האבל את 2 המערכות החיוורות. הטלסקופ לא הצליח לתפוס בתמונה את כל הצביר, אולם ניתן להבחן בכ- 50,000 כוכבים באזור שברוחב 13 שנות אור. לשם השוואה אזור ברוחב שכזה בחלל הקרוב אליו מכיל רק כ-6 כוכבים, כולל המשם שלנו.

רוב ה苍וכבים בתמונה מהאבל הם גנסים בצעע צהוב-לבן דומים לשמש. כמו כן יש מקבץ של כוכבים צהובים-כתומים שבעצם אלו הם ענקים אדומים שהחלו לכלה את מיכל הדלק הגרעיני שלהם והתרחבו לקוטר של מאות פעמים קוורט השמש. בנוסף ניתן להבחן במספר כוכבים כחולים חיוריים שנמצאים בשלב התפתחות בין שלב הננס והענק האדום, שלב שבו טמפרטורות פני השטח גבוהות מאוד.

כל ה苍וכבים באומגה קנטואורי זקנים, בערך בני 12 בילוני שנים. כוכבים בעלי מסה כמו של השמש כבר השתלימו את האבולוציה ודעכו לננסים לבנים חיים מדי בכי להיירות. אומגה קנטואורי הוא אחד מהצבירים המעניינים שנייתן לראות בעין בלתי-מושנית, ולעתים אף ניתן להתבלבל ולהשוו את הצביר לכוכב שבית.

# רווחות בគוכבי לכת וירחיהם

mezor chayim, ha-cfer ha-yirok

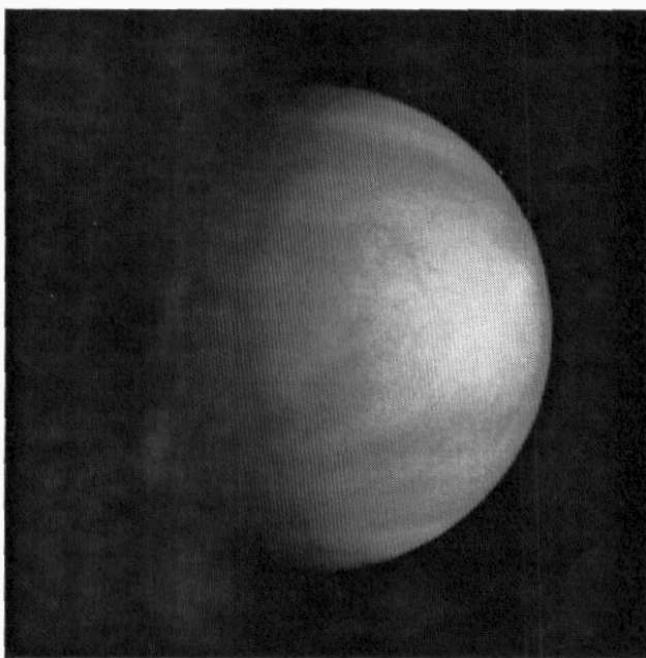
באטמוספירות שלהם רוחות. יהיה זה מן התבוננה לפתח קונצפטיות חדשות שתוכלנה לשמש בסיס להבנת המתרחש בהן מבחינה אקלימית.

## ב. גופים ארציים

להוציא את כדור הארץ, שאר הגוף הארציים במערכת השמש שלהם אטמוספירה הם נוגה, מאדים, טיטו, טרייטון ופלוטו ואפשר לחלקים לשתי קבוצות: קבוצה אחת היא של כוכבים בעלי אטמוספירה יציבה וכוכבים בעלי נוכחות אטמוספירה מחוורית (מנונה שיובה בהמשך). הכוכבים בעלי האטמוספירה הייצבה הם: נוגה שהלחץ האטמוספירי בו מגע ל-90° בר, מאדים שהלחץ האטמוספירי בו מגע ל-7° מיליבר וטיטו שהלחץ האטמוספורי בו מגע ל-1.6° בר. קבוצה שנייה היא של הכוכבים בעלי נוכחות אטמוספראית מחוורית הם: טרייטון שהלחץ האטמוספירה שלו הוא 15 מיליבר ופלוטו שהלחץ האטמוספורי שלו היא 10° בר.

### 1. נוגה

באטמוספירה של נוגה אפשר להבחן בשלושת תחומיים ארכיים מבחינת מפל הטמפרטורה שלהם. התחום העליון מתחילה ב"נקודת המגע" שלו בחול ומסתיים בגובה 100 ק"מ מפני הקרקע. בתחום זה הטמפרטורה יורדת מ-25°C ב- עד ל-150°C. התחום האמצעי נמצא בין גובה 100 ק"מ מעל פני הקרקע עד לגובה של 60 ק"מ. ברום התחום הטמפרטורה היא 100°C – ומעלה לפסגת העננים הטמפרטורה היא 10°C –. התחום התיכון משתרע מגובה 60 ק"מ ועד לקרקע. על הקרקע ובסמוּך להטמפרטורה היא 460°C.



כוכבל הלאה נוגה כפי שצולם על ידי המקאפת גליילאו בדרך לכוכב הלאה צדק. צורות העננים של נוגה והאטמוספירה הסמוכה שלו הם מערכת אטמוספראית מהוועה אטגר לחוקרים רבים.

## א. מבוא

מבין כל כוכבי הלכת, כדור הארץ היחידי שקיים לגבי מידע נרחב על דינמיקת הרוחות שלו ומקורותיה, אם כי ברור שהבנת התופעה ורוחקה מלאה מושלמות וזאת בשל המספר הרב של משתנים המשפיעים על דפוסי התנהגות הרוחות. כוכב לכט נסף שיש עליו ידיעות רבות אם כי לא באותו היקף כמו כדור הארץ, הוא המאדים וחקרו אותו בפרקוי זמן של חלליות שנכנסו למסלול סביבו וחקרו אותו בפרקוי זמן של שנים. לגבי שאר הגוף שלם אטמוספירה, הידע המצתבר הוא עדין מאוד.

פני כדור הארץ מחולקים לגוף יבשתי המהווה 30% מסך כל שטח הכדור ולגוף ימי המהווה 70% משטחו. אם לתאר בΖורתה תמציתית, הרי שהיבשות הן בחלוקת מישוריות, בחלקן הדריות ובחלקן סדוקות כתוצאה מתהליכיים טקטוניים ואירועיים שעיצבו את הנוף מאז היווצרות כדור הארץ. לרוח בתנועתה, יש מגע עם היבשה ועם גוף המים. כאשר באים לבחון את הדינמיקה של הרוחות על פני גופים אחרים במערכת השמש, יש להבחין בין שתי קבוצות של כוכבי לכת.

קבוצה אחת היא של כוכבים ארכיים שלם קרקע מוצקה ללא נוכחות ימיות כמו נוגה, מאדים וטיטו. על המאדים יכול להיות שבابر היתה נוכחות אוקיניית ולגביו טיטו אין שום ידיעות שתארשנה נוכחות נזוליות של מים, אם כי ניתן שיכולה להיות על פניו נוכחות נזוליות של מתאן בנפה אוקיני. אם זה אכן המצב, הצמיגות של המתאן הנזולי תהיה שונה מזו של מים ולכך קרובה לוודאי יש השפעה על האינטראקציה שבין גוף נזול זה לאטמוספירה באשר לדינמיקה של הרוחות.

קבוצה שנייה של כוכבי הלכת כוללת את הכוכבים הגזאים שביהם אין שום יבשות ואין שום אוקינייסים. כאן, הרוחות נעות רק בתוך הגוף הנזוי. עם זאת ראוי לציין שככל שמעמיקים לחדר לתוך האטמוספרות של כוכבי לכת אלה הן נהיות יותר ויותר צפופות. יכול להיות שהשבבות עומוקות בהן הלחצים מגיעים למאות אוקינייסים הארכיים החל עמוק מ- 1 קילומטר, האטמוספרות מקבלות אפיונים התנהגותיים דומים לאלה של נזול.

אם נתאר בΖורתה סכמטית את הדינמיקה של הרוחות על פני כדור הארץ, קו המשווה הוא שספג את מרבית הקרןינה החומנית מהשימוש. האויר מתחמס, עולה כלפי מעלה ונה עבר הקטבים. מכיוון שבאייזוריים אלה קר יותר, זרמי האויר המגיעים מתקరרים, ושוקעים כלפי מטה. התוצאה היא שבאייזוריים אלה צפיפות האויר גבוהה יותר ותחליל תנועה של עבר קו המשווה, בו צפיפות האויר נמוכה יותר וחוזר חלילה. בפועל המערכת הרבה יותר מורכבת בשל פעילותם של משתנים רבים בחלקם עדין לא מובנים.

מכיוון שהמערכות האקלימיות של כוכבי הלכת האטמוספריים, אין מוכרות דיין, נוח יהיה להשתמש במודל זה כדי להבין תהליכי יסוד הקשורים לדינמיקת הרוחות שלהם. גורם בסיסי שיש להתחשב בו הוא שכוכבים אלה רוחקים מהשמש ולכך הם מקבלים מעט מאוד חום ממנה, מה שאומר שחייב להיות בהם גורם פנימי היוצר

השיטה עלתה מАЗ ווינגר 2 ועד למדידות הטלסקופיות ב-2-כ°. עלית הטמפרטורה קשורה כנראה לעלייה בצפיפות האטמוספרה בשל התאזרות קרח החנקן שעל פני השטח ועלית החום באוויר בשל כך. לשינוי זה הייתה בוודאי השפעה על עצמתם וכיוון הרוחות.

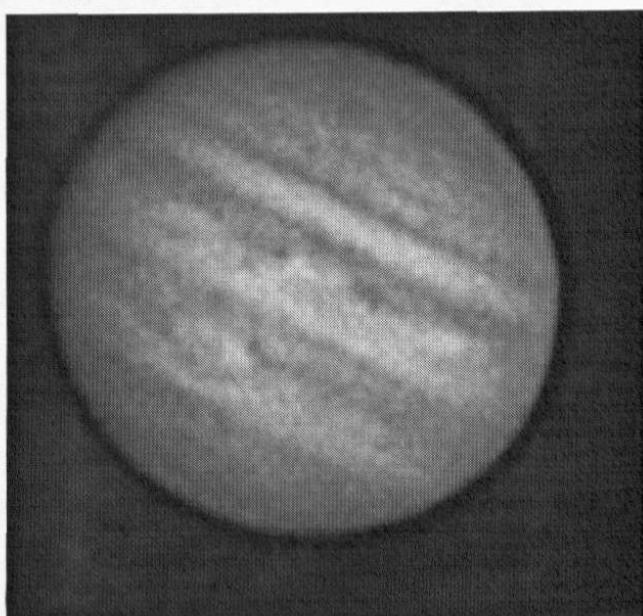
## 5. פלוטו

פלוטו הוא הגוף הקטן ביותר במערכת השמש שיש לו אטמוספירה, הלחץ האטמוספרי הוא  $6 \times 10^{-6}$  בר וממיהירות הצירית שלו היא  $44.9 \text{ km/s}$ . טמפרטורת השטח  $203^\circ\text{C}$ – $-2$ . פלוטו מסלול אקסצנטרי ביותר. הפיאלהין שלו הוא 30 יחידות אסטרונומיות והאפילהין שלו הוא 50 יחידות אסטרונומיות. כאשר פלוטו מגע לאפילהין שלו האטמוספירה מתעבה, קופאת ו"נופלת" לקרקע.

עם היציאה מהאפילהין פניו השיטה מתחממים והאטמוספירה הקפואה מתחילה להתאזרות וחוזרת למתקנות של מעטפת גזית. פניו השיטה אינס אחדים מבניות הטמפרטורה. במקום החק ביותר נמזהה טמפרטורה –  $233^\circ\text{C}$  –  $238^\circ\text{C}$ . ובמקום החם ביותר נמזהה טמפרטורה של  $208^\circ\text{C}$ – $3$ . תופעה זו של התעבות וקיפת האטמוספירה והתאזרות עם התהממות פניו השיטה מוגדרת כנוכחות אטמוספרית מהאזורית.

נכחות חלקית מתרחשת כאשר חלק מהאטמוספירה קופא ועם ההתחממות חזר לתוך האטמוספירה, כפי שראינו על טרייטון. זה מה שמורחש גם על המאדים כאשר בעונות הקיץ, בין שמהדר בקוטב הצפוני או בקוטב הדרומי, קרח  $\text{CO}_2$  מתחאה, ציפויי האטמוספירה עולה ובקבות זאות הלחץ האטמוספירי עולה. מכיוון שמהדר באטמוספירות דיליות, הרי שכל שניוי הופך למשמעותי. אם ניקח למשל את המאדים, התאזרות שתביא לעליית הלחץ האטמוספירי מ-7 מיליבר ל-10. מיליבר, משמעותה עלייה של 42.8% ולכך השפעה חזקה על הרוחות.

## ג. גופים גזיים



כוכב הלווי צדק כפי שצולם על ידי מושן נחשוני ויגאל פט-אל בטלסקופ 40 ס"מ ומצלחת CCD במצפה הכוכבים בגבעתיים. ניתן לראות היטב את הכתם הגדול האדום בחגורת הדורומית וכן מערכות לחגורת הצפונית.

הכוכב מכוסה בשכבה מסוימת של עננים שמתחליה בגובה 45 ק"מ מפני הקרקע וגובלה התחתיו הוא בגובה 70 ק"מ. בנוסף לכך קיימות שתי שכבות אובי. שכבת האובי העליונה ואחת 20 ק"מ מעל לשכבה העליונה. העננים המקיים צפופה יותר בקטבים מאשר בקו המשווה. העננה את טמפרטורת הקרקע בזרחה קיזוניות. סמוך לפסגת העננים בגובה 60 ק"מ מהירות הרוחות מגיעה ל-360 –  $3 \text{ km/s}$  והן נעות ממזרח למערב. העננים ברום זה מקיפים את הכוכב אחדת 4–5 ימים. סמוך לקרקע מהירות הרוחות היא חרחות 4– $4.5 \text{ km/s}$ . מהירות נמוכה זו אפשר להבין על רקע צפיפות הגבולה של האטמוספירה סמוך לקרקע. מה שמעניין הוא מהירותו של הרוחות בגביהם, וזאת בשל העובדה שההירהו הצרית של גובה שהוא  $6.5 \text{ km/s}$ , לעומת רוחות אלה מהירות פי 55.3 ממהירותו הצרית של הכוכב.

## 2. מאדים

לגביו המאדים, נמדדנו על ידי נחתות הווקינג רוחות ב מהירות שבין 25.2–7.2 ק"מ/ $s$ , כאשר מתחוללות סערות אבק מהירות הרוחות מגיעה ל-108–54 ק"מ/ $s$ . מהירותו של נמזהה כאשר מרינר 9 נכנסה למסלול סביב המאדים 480 ק"מ/ $s$ . המהירות הצרית של המאדים היא  $878.3 \text{ km/s}$ , ככלומר אותה מהירותו בשיעור של 54% ממהירות הצרית.

## 3. טיטון

לגביו טיטון יrho של שבתאי, ישנן עדויות עיקפות לנוכחות רוחות, אם כי לא נמזהה עדין מהירותן. מספר מדידות חומניות נצפו על הקרקע טמפרטורות של  $-175^\circ\text{C}$  –  $-175^\circ\text{C}$  –  $179^\circ\text{C}$  –  $180^\circ\text{C}$  –  $200^\circ\text{C}$ . מהירות הצרית של 42.1 ק"מ/ $s$ , ככלומר גבואה פי 6.47 מזו של הנוגה. לאחר שהם המשמש המגע לטיטון קטון פי 90 ממה שצדור הארץ מכבלי, חייב להיות גורם אחר שלו משמעות רבה באשר להיווצרותן של רוחות על פניו.

## 4. טרייטון

לטריטון יrho של נפטון, אטמוספירה דיליה יותר מזו של המאדים עם לחץ אטמוספרי של 15–20 מיקרובר סמוך לקרקע. המהירות הצרית שלו היא  $60.2 \text{ km/s}$ , טמפרטורת השטח היא  $-235^\circ\text{C}$  – בגובה 600 ק"מ היא עולה ל- $-173^\circ\text{C}$ .

הגיאומטריה של מסלול תנועתו סביב נפטון, מסלול של נפטון סביב המשטח וזוויתו הניטה שלו ויצרים מחזור עונות ארוך מאוד של 680 שנה<sup>1</sup>. לכך השפעה על האטמוספירה ועל הקרקע. באיזור UHLANGA REGIO ( $20^\circ\text{S}$ – $35^\circ\text{S}$ ). עונת הקיץ החלה לפני יותר מ-1000 שנה ותגיעה לאמצעיתה בשנת 2006. החנקן והמתאן הקפואים יתאדו אז ויינעו לכיוון קווי הרוחב הצפוניים ששוררת בהם עונה עונת החורף. שם הם יתעבו, יקפאו ויגיעו לקרקע בזרחה של שלג או כפור. עם התחלפות העונות הם יתאדו ויחזרו לאזור UHLANGA REGIO.

מדידות שנעשו ב-4.11.97 – באמצעות ציפויי טלסקופיות הראו שצפיפות האטמוספירה בגובה 50 ק"מ עלתה בזרחה ממשמעותית מАЗ 1995. תוך שימוש באקסטרפלציה, הגיעו למסקנה שסמוך לקרקע הלחץ עלה מ-20–45 מיקרובר ל-14±1 מיקרובר שנמדד על ידי ווינגר 2. המשמעות היא שבתווחה זה של זמן טמפרטורת

הן סיימטריות מבחן קוווי הרוחב שלחן, הן בחצי הצדור הצפוני והן בחצי הצדור הדורי. רוחות מזרחיות נצפו בקוווי הרוחב  $N^{\circ} 40$ - $S^{\circ} 40$  ומהירותן 360 קמ"ש. נראה שהרוחות פועלות גם בעומק של 2000 ק"מ.

### 3. אורנוס

הטמפרטורה הממוצעת המוקנית מאורנוס היא  $214^{\circ}\text{C}$ . קרינת חום זו שווה לטמפרטורת הגזים של אטמוספירה ב-400-400 מיליבר<sup>8</sup>. הטמפרטורה יורדת עם העלייה בגובה עד לנקודת 70 מיליבר, שבה היא מגיעה ל- $221^{\circ}\text{C}$ . מכאן הטמפרטורה עולה ובפגת העננים לחצים בתחום של 10 בר היא מגיעה ל- $477^{\circ}\text{C}$ . הוכחנו שתי רצויות רוחביות באטמוספירה, מנוגדות מבחינת טמפרטורות רצואה אחת היא בתחום שבין 60-200 מיליבר ורצואה שנייה בתחום שבין 1000-500 בר.

בשני תחומיים אלו הניגוד החומני שבין הקטבים הוא פחות מ- $1^{\circ}\text{C}$ , למורות שהקוטב הדורי היה מכובן לפני השימוש שעלה 300-200 שויגר 2 חלפה ליד הכוכב. בתחום הלחצים של 300-200 מיליבר, הקוטב הצפוני היה חם יותר ב- $3^{\circ}\text{C}$  מאשר הקוטב הדרומי. בקוו הרוחב הגבויים תנעuta הרוחות היא עם כיוון תנועתו היצירית של הכוכב. בקו רוחב  $S^{\circ} 55$ , מהירות הרוח היא  $720 \text{ km/s}$  והוא עתה עם כיוון תנועתו היצירית. בקו המשווה, מהירותו הוא  $396 \text{ km/s}$  ונגד כיוון התנועה היצירית.

### 4. נפטון

בלחץ של 100 מיליבר מעל לעננים הטמפרטורה היא  $223^{\circ}\text{C}$  ומכאן היא מתחילה לעלות בהדרגות. בלחץ 1 בר הטמפרטורה היא  $198^{\circ}\text{C}$  – וביוונוספירה הטמפרטורה היא  $687^{\circ}\text{C}$ . בסטרטוספירה בקו המשווה ובקטבים הטמפרטורה היא  $215^{\circ}\text{C}$  – בקוו הרוחב בתחומי הביניים הטמפרטורה היא  $220^{\circ}\text{C}$ . נפטון סופג פ煦ות ממחצית אור השימוש המגיע לאורנוס, אך למורות זו הטמפרטורה הממוצעת שווה בשני כוכבי הלכת. הון אורנוס והן נפטון מחזירים בחזרה לחס זהה של חום המשווה המגיע אליהם אך למורות זאת נפטון פולט פי 2 יותר אנרגיה שימוש אליו בהשוואה לאורנוס.

כמו בשאר כוכבי הלכת הגזים הרוחות נושבות לאורך קווי הרוחב. מהירותו משתנה מ-360 –  $km/s$  עם כיוון תנועתו היצירית הכוכבית סמוך לקו הרוחב  $S^{\circ} 70$  עד למהירות של 2520  $km/s$  נגד כיוון תנועתו היצירית של הכוכב בקו רוחב  $S^{\circ} 20$ .

בתוך תחומי מהירות אלה נמדדו מאו תכיפותיה של ווינגר 2 מהירותיות שונות. בחצי הצדור הצפוני נמדדו מהירותיות שבין 360-360  $km/s$  על ידי חללית זו. כן מדדה חללית זו רוח ב מהירות של 1440  $km/s$  בכיוון מזרחה. תכיפות שנעשו על ידי הטלקופ האבל הבינו ברוח ב מהירות של 1360  $km/s$  דרוםית לקו המשווה ובמדידה אחרת נמדד באיזור זה מהירות של 1410  $km/s$ , ו-1280 –  $km/s$ .

### ד. דיון פרטני

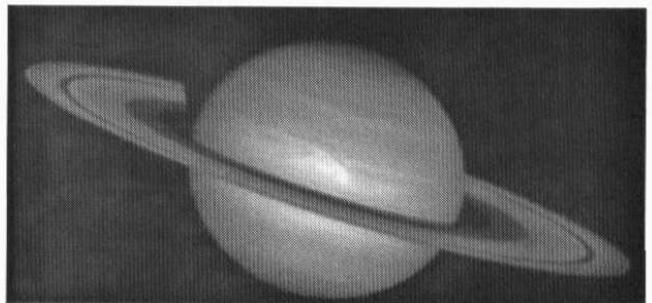
שני גורמי יסוד שלהם משמעות רבה במשטר הרוחות הגלובלי הם כוח קוריאוליס וטא האDALI (Headly Cell). כוח קוריאוליס הוא כוח הנובע מסיבוב כדור הארץ סביב צירו וגורם לכך שהרוחות בחצי הצדור הצפוני מושתת מזרחה

וגופים אלה כוללים את ארבעת כוכבי הלכת הגדולים במערכות המשמש צדק, שבתאי, אורנוס ונטון. מבחינת סדרי גודל אפשר לחלק אותם לשתי קבוצות: קבוצה אחת כוללת את צדק ושבתאי. קבוצה שנייה כוללת את אורנוס ונטון. קווטרו של צדק הוא 140,000 ק"מ וhubris היצירית שלו היא 45,153 קמ"ש ושבתאי קווטרו 120,000 ק"מ וhubris היצירית שלו היא 35,347 קמ"ש. מהירות היצירית של צדק גודלה מזו של שבתאי ב-27%. קווטרו של אורנוס רק ב-2% אלה מהירותים כמעט כמפורט שווים.

### 1. צדק

ממדידות שנעשו לגבי צדק, התברר כי בתחום של 21-0.5 בר מהירות הרוחות נעה בין 352-256 קמ"ש. בלחץ של 22 בר בפסגת העננים מהירות הרוחות עולה מ-360 –  $km/s$  ל-540 –  $km/s$  ובלחץ של 24 בר מהירות הרוחות עולה ומגיעה ל-684 –  $km/s$ . בסמוך לקו המשווה הרוחות נעות לכיוון מזרח ומקו המשווה ובקטבים הן נעות לכיוון מערב<sup>9</sup>. מבחינת טמפרטורות, בתחום של 5-10 מיליבר נמדדה טמפרטורה של  $113^{\circ}\text{C}$  – וביוונוספירה נמדודה טמפרטורה של  $827^{\circ}\text{C}$ .

### 2. שבתאי



סופה על פני שבתאי – נראית צפוניות (מעל) מישור התבאות. צולם על ידי טלסקופ החלל של האבל בדצמבר 1994. מזא, נראית הסופה בכל הדרה כשהיא מוקפה את כל היחס של שבתאי וניתנת להצפת גם בטלקופים קטנים.

בלחצים שמתוחת 1- מיליבר הטמפרטורה היא בין  $133^{\circ}\text{C}$  –  $123^{\circ}\text{C}$  – בסטרטוספירה בתחום שבין 60-1 מיליבר, הטמפרטורה יורדת ל- $191-191^{\circ}\text{C}$ . בטרופוספירה עם עליית הטמפרטורה באה גם עלייה בלחצים האטמוספריים בתחום של 1 בר הטמפרטורה היא  $138^{\circ}\text{C}$  –. הטמפרטורה הקריטית בה מימן יכול להתקיים הון כגז והן כנוול, היא בנקודת המפגש של 13 בר ו- $240^{\circ}\text{C}$ . לאחר שהטמפרטורות באטמוספירה של שבתאי גבוהות מ-191- $191^{\circ}\text{C}$ , המימן מתנהל כנוול סופר קריטי שעה שהוא נדחס בין שהוא קולט או פולט חום. لكن אין שום מעבר מובחן בין שכבות האטמוספירה הגבוהות בהן המימן מתנהג כגז והשכבות הנמוכות יותר בהן הוא מתחנה כנוול<sup>10</sup>. הטרופוספירה של שבתאי אינה מסתימה בנקודת מגע עם קרקע מוצקה, אלא ממשכת לאורך שעשרות אלפי קילומטרים מתחת לתהום העננים הנמוכים ומגיעה לטמפרטורות של אף מעלות ולהחצים של מיליון בר.

בניגוד לצדק, תנעوت הרוחות היא לכיוון מערב. בעומק של 0.1 בר סמוך לקו המשווה בתחום שבין  $N^{\circ} 20$ - $S^{\circ} 20$  נמדדה טמפרטורה של 1800  $km/s$ , פי 4 יותר מאשר בצד. מהירות גבואה אחרת שנמדדה היא 1600  $km/s$ . הרוחות הרצועתיות

היא צפופה מאוד ולכון מהירות הרוחות היא איטית יותר. מכיוון שפועל כאן אפקט החממה, הרי שהטמפרטורה הגבוהה אופיינית לכל פני השטח. תורמת לכך גם העובדה שהמהירות הצירית של נוגה היא נמוכה מאוד. יממה השוויה ל-243.5 ימים ארכיים משמעותה היא שהיא נמשך 121.5 ימים במונחים ארכיים וכן גם הלילה. העברת חום מהאזור המואר לאיזור החשוך היא איטית יותר. יכול להיות שבשל אפקט החממה המשועג "אייזוריים קרים" על פי הקרקע אינו לבנתי כאן. הצבת ערך המהירות הצירית בנוסחת קוריוליס, תבטה ערך נמוך של כוח זה. אותו הדבר גם לגבי הערך של R בנוסחה של תא האDALI. במצב בו קיים אפקט חממה תמידי, הרי שבאים A<sub>D</sub> הוא אפס, הרי שגם R = 0 ולבעשה זה יהיה תקף לגבי כוכב הלכת כולו ללא תלות בקו הרוחב. תא האDALI מעשה לא רלבנטי.

בתחומי האטמוספירה העליונה קיימים הפרשי טמפרטורה גבוהים בין איזור היום לבין איזור הלילה. בהתחשב בכך שעם העלייה בגובה צפיפות האטמוספירה יורדת, קיימת אפשרות להתפתחותן של מהירותים רוח גבורה. ואmens צפיפות מחליליות הראו שהרווחות מגיעות עד 360° - קמ"ש, הרבה מעבר למאהירותו הצירית של כוכב הלכת. אבל כאן מתעוררת בעיה. מכיוון שהימהה היא ארוכה מאוד, העברת החום לאיזור הקר אמורה להיות איטית מאוד בשל מהירותו הצירית הנמוכה של הכוכב. מה אם כן מבצע את העברת החום? מדובר בפער חומוני של 175°.

מצב דומה קיים בתחום האנכי שבין 100 ק"מ מעל פני הקרקע ל-60- ק"מ מעל פני הקרקע. למרות שבתחום זה הטמפרטורות הן מתחת לאפס, עדיין קיימים פער חומוני גדול של 90°. לא פער גדול כמו באטמוספירה העליונה, אך מספיק כדי להביא להתפתחותן של רוחות. בנוסך לכך העונים הגבוהים מקיפים את הכוכב ב מהירות של 400 קמ"ש, מה שאומר שאפשר על סמך מידע תצפתי ראשון להבחין בשני סוגים תנואה, תנאות האטמוספירה ותנועת העננים. מה אמרו להאי津 תהליכי שעלה פि נתוני היסוד אמרורים היו להיות איטיים או קרוב לסטטיים (קרוב לוודאי שמהירותם אמורים גם להשפיע על הרוח הקרקעית). באותו מרחך שבין שכבות העננים במתכונת של שניינו עומדות אקראים.

הסביר אפשרי אם כי קשה לבדוק ולאישוש הוא מקורות גיאוטרמיים הפורצים החוצה דרך סדקים שונים בקרומו של הנוגה וועלם חום באופן קבוע ובמערכות שונות לגבאים אלה. ההבדלים החומניים שבין מקורות נביעה אלה, הם שמחמים את שכבות האטמוספירה העליונות ויצרים הבדלים חומניים מקומיים. דינמיקה ממין זה גורמת לשינויים בצפיפות האטמוספירה ובעקבות זאת מתפתחות באופן בלתי נמנע רוחות לרבות תנאות המהירה של העננים. עדות מסיימת למודל המוצע כאן היא התהפרצויות הגעשיות שנצפו על ידי חלליות הווייגר והഗלייליאו על ידו של צדק, המגיעות לגבהים שבין 70-280 ק"מ. בהתחשב בכך של נוגה כוח המשיכה גדול יותר מזה של זווית נוכחות אטמוספרית מסוימת, תוצריו הפעילות הגיאוטרמיים כאן יגיעו לגבאים נוספים יותר.

## 2. ממדים

אם על הנוגה ההסביר אפשרי להיווצרות רוחות הקשור כנראה בעיקר לפעולות געשיות, הרי שעל המאדים ניתן למצוא אפיונים דומים לאלה של כדור הארץ. זווית הנטיה של המאדים דומה לזהות של כדור הארץ, 23.5° נתון שיש לו השפעה ישירה על היוצריםון של עונות שנה, מה עוד שהמהירות הצירית של המאדים מגיעה ליותר קלומטרים לשעה (ה גם שהיא נמוכה מזו של כדור הארץ). הפרש הזמן הקצר בין האיזור המואר לאיזור החשוך, כמו על כדור

עם כיוון תנוצתו הצירית של כדור הארץ והרוחות בחצי הכדור הדורמי מוסטות מערבה – נגד כיוון תנוצתו הצירית של כדור הארץ. אין הרוחות נעות בצדקה ישירה מאייזורי הלחץ הבוגה לאיזורי הלחץ הנמוך. מתרחש כאן תהליך המתקරבות לאיזורי הלחץ הנמוך מஸביב לאיזוריים אלה ומפתחות בעקבות זאת מערכות אוויר הן בלחץ גבוה והן בלחץ נמוך והrhoות בהן נעות מஸביב למרכז – תנעות אוויר מעורבולטיות. לתנעות אופקיות של האויר נודעת חשיבות רבה מஸביב למערכות ציקלוניות (לחץ נמוך) ומערכות אנטיציקלוניות (לחץ גבוה). צירוף התנעות האנכיות והאופקיות הוא שיצור משתרע איזור המכונה אוויר השקט "לאורך קו המשווה העולה מן האיזור הזה מחומם על ידי השימוש ונו לעבר הקטבים. בהגיעה לקו הרוחב 30° צפון ו-30° דרום, שוקע אוויר זה ויוצר חגורות לחץ תת טרופיות. מהגורות אלה יוצאות הרוחות (הפטטים) הנושבות בחזרה אל עבר קו המשווה והrhoות המערביות, הנושבות אל עבר קווי הרוחב הבינוניים".

כוח קוריוליס מבוטא בנוסחה:

$$C = 2\Omega \sin\phi V_r$$

כאשר C – הוא גודל הכוח לייחידת נפח אוויר.

$\Omega$  – תדריות סיבוב כדור הארץ סביב צירו.

$\phi$  – צפיפות האוויר.

$\mathrm{r}$  – צפיפות האוויר.

V – מהירות הרוח.

תא האDALI הוא תא של הובלות חום (דומה לזרמי קונג侃ציה) הנוצר בשל הפרשי טמפרטורה בין קו המשווה לאיזוריים המרוחקים ממנו על כדור הארץ, הוא פועל מקו המשווה עד לקו הרוחב 30° צפון ו-30° דרום. בקווי רוחב גבוהים יותר תא האDALI מפסיק להיות אפקטיבי בשל כוח קוריוליס המביא להסיטה חזקה של הרוחות, ככל שעולים בקווי הרוחב. טווח השפעתו של תא האDALI מבוטא בנוסחה:

$$\phi = 57\sqrt{\frac{5}{3}} R$$

כאשר  $\phi$  הוא זווית קו הרוחב שעד אליה מגיע תא האDALI הוא ביתוי לנוסחה:

$$R = \frac{g \Delta_H H}{\Omega^2 a^2}$$

כאשר  $a$  – תואצת הכוכב בכוכב הלכת.

H – גובה הטרופופאוזה.

A<sub>H</sub> – הפרש הטמפרטורה במקומות קלוון בין הקטבים למשווה מחולק בזווית קו המשווה.

$\Omega$  – תדריות הסיבוב של כוכב הלכת סביב צירו.

a – רדיוס כוכב הלכת.

## 1. נוגה

מה שידועים היום על כוכב הלכת נוגה, נראה שיש לו שני תחומיים אטמוספריים מוגדרים והם האטמוספירה התחתונה והאטמוספירה העליונה. האטמוספירה התחתונה

הרמת הברומטריות לשקעים הברומטריים כפונקציה של חילופי העונות על המאדים. באיזורי המשק תפתחנה רוחות חזקות במיוחד. דוגמה להבדלים אלה ראיינו באתר הנחיתה של ויקיניג.<sup>1</sup>

הסתה האויר החם יותר בכיוונים צפון ודרום היא פונקציה של נסיגת כיפות הקרח לעבר הקטבים. ככל שהקייז עמוק יותר בכל המיספרה בין שהיא צפונית או דרוםית, הרי שיוטר יוטר שטחים נחשפים. כיוון החשיפה הוא אכןי לקרוי הרוחב, ככלומר התהממות על פני השטח נעה צפונה או דרומה בהתאם. התוצאה היא שקו הסעת האויר החם של תא האDALI לעבר הקטבים מתארך יותר ויוטר עד שהוא מגיע לאיזוריים הקרים. הסעת החום בחצי הצדור הצפוני תהיה קלה יותר מאשר בחצי הצדור הדרומי מכיוון שהצפוני הוא מישורי יותר מהדרומי. לבנייה הטופוגרפי השפעה חזקה מאוד על כיוון הרוחות וגם על עצמותם.

על המאדים לטופוגרפיה השפעה חזקה יותר מלאה של כדור הארץ מכיוון שייחסית לגודלו של המאדים, פני התבלייט שלו גבוים יותר מאשר על כדור הארץ ובמקרים מסוימים גבוים יותר באופן מוחלט. די אם נזכיר את תבליט תרשיש שגובהו בצד המערבי 10 ק"מ ובצד המזרחי הוא מתנשא לגובה 4 ק"מ ועל הפסגה נמצאים שלושה הרי געש המתנשאים לגבהים של 15-17 ק"מ מפני השטח של התבלייט. מערכה להם נמצוא הר געש שמתנשא לגובה של 27 ק"מ (ניקס אולימפיה). תבליטים כה מסיביים וככה גדולים יכולים להשפיע על עצמן של רוחות ועל כיוון תנועתן.

התבליט על פני המאדים הוא מגוון ביותר ויש על כן לצפות שכמו על כדור הארץ קיימים גם על פני אפיוני רוחות מקומיים. אם ניקח לדוגמה את תבליט תרשיש נראה שההשתפלות מזורה היא מתונה. ברור שהיתה כאן פעילות טקטונית חזקה בצד המערבי שהביאה להרמת פני השטח, תהליך זה אילץ את הרוחות במלוך השנים לטפס מעלה יותר ויוטר כדי שתוכלנה לנوع בחופשיות. בפרט מדובר בהsusette חום לקוטב הדרומי מכיוון קו המשווה. עם סיומה של בניית התבלייט התרחשה בפסגת התבלייט סדרה של רעידות אדמה חזקות, שהביאה לדיסקית הפסגה ויצירת קניון, הוא ה-Valles Marineris (ראה תמונה) המשתרע לאורך 4000 ק"מ, רוחבו 400 ק"מ ועומקו 4 ק"מ.

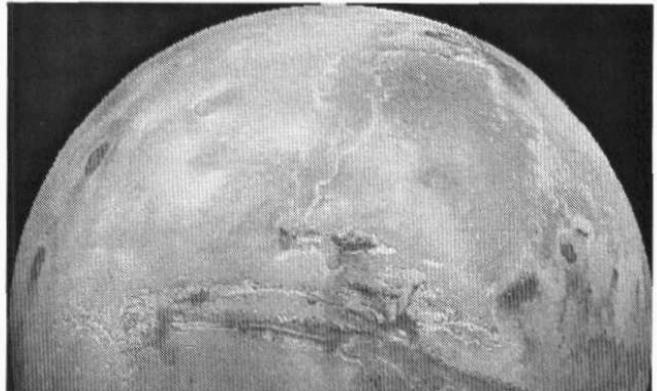
כמה זמן תהליך זה נמשך קשה לדעת. נראה שמדובר בתהליך הדרגתי שנמשך כנראה מיליוני שנים. מכל מקום קניון זה התמלא באוויר. הלוח האטמוספרי ברכפת הקניון גבוה מאשר בפסגתו, ובה במידה הלוח האטמוספרי בקצת המערבי הגבוה נמוך מזה המקביל לו בצד המזרחי. אלה תרמו את חלוקם להתקפותן של רוחות מוקומיות ועדויות לפועלות זו אפשר היה לראות בצלומי רצפת הקניון המזרחי, כאשר אפשר היה להבחן באפק ובדרדרת סלעים שהוסעו על ידי רוחות מלמעלה למטה. תופעות דומות אפשר היה לראות בקניונים אחרים.

תופעה אחרת שנפתחה על המאדים היא המצאות דיוווט בתוכם מכתשים בסדרי גודל שונים כמו מכתש פרוקטור Arabia שקוותו 160 ק"מ, מכתש בקוטר 33.5 ק"מ - Terra Isidio Planutia<sup>12</sup> ומכתש בקוטר קילומטרים ספורים ב - Isidio Planutia<sup>13</sup>. כאן מדובר במבנים מסוגרים ועגולים. מכיוון שמדובר בשקעים, הרי שהלוח האטמוספרי ברכפת המכתשים גבוה יותר מאשר בשפטם העלiona. בין שני מכתשים בעלי אותו סדר גודל, הרי זה העומק יותר הלוח האטמוספרי ברכפתו יהיה גדול יותר.

המבנה המุงלי יכול לתרום להתקפותן של תנועות אויר מערכות בתוכם המכתח וקרוב לוודאי של רוחות כאן

הארץ, מביא להעברה מהירה של חום מהאזורים החמים לאיזוריים הקרים. הצבת ערך המהירות הצירית של המאדים (Q) במשוואת קוריוליס, עיד על ערך C גובה, כך גם כאשר ניצב את ערכי A ו- Q לחישוב של R. עם זאת יש להבaya בחשבון שערך R עבור המאדים יהיה קטן מזה של כדור הארץ מכיוון שהמאדים קטן יותר מכדור הארץ וכוכב המשיכה שלו קטן יותר.

כיפת הקרח בקוטב הדרומי של המאדים היא בעירה  $\text{CO}_2$  וכאשר מגיע לכאן הקיז, חלק גדוֹל ממנה עובר בתהליך סובלימטיבי לפחות גזית (בשל הלוח האטמוספרי הנמוך לא יכול להתקיים על המאדים  $\text{CO}_2$  נוזלי והוא הופך מיידי לגז עם התהממות פני השטח), מה שמעלה את ציפוי האטמוספירה. בשתי כיפות הקרח של המאדים יש קרח של  $\text{CO}_2$ , אלא שהבדל ביןיהם הוא כמותי. בקוטב הצפוני קרח  $\text{CO}_2$  אינו יותר מאשר שכבה דקה המכסה את קרח המים ובקוטב הדרומי רובה של כיפת הקרח הוא  $\text{CO}_2$ .



המאדים, כפי שצולם על ידי טלסקופ החלל של האבל. תמונה זו מראה בכירור את פני המאדים ואת hisat Valles Marineris החוצה את מאדים בתחום התמונה. בשליה שנת 2001 כוסה מאדים כולל בסופו אבק שהסתירה את פני החלוטן.

עם כניסה הקיז לקוטב הצפוני שכבת קרח ה-  $\text{CO}_2$  מתأدנה והלוח האטמוספרי עולה מכיוון שהאטמוספירה סופגת כמות גדוֹלה יותר של  $\text{CO}_2$ . אותו הדבר קורה גם בקוטב הדרומי, אלא שכאן מדובר ברכבה של כיפת הקרח ולכך הלוח האטמוספרי יעלה בוצרה משמעותית יותר מאשרmatchCondition. התוצאה הבלתי מנענעת היא שבקיז הדרומי, במחצית הדרומית האטמוספירה צפופה יותר מאשר במחצית הצדור הצפוני כאשר בה שורר הקיז. התפזרות ה-  $\text{CO}_2$  עם ההתקפות העונתיות אינה איחידה על פני המאדים כולם. ה-  $\text{CO}_2$  מהקוטב הצפוני ינדוד למחקרים קזרים יותר לכיוון הדרום מאשר ה-  $\text{CO}_2$  מהקוטב הדרומי שננדוד צפונה. לה-  $\text{CO}_2$  הדרומי יש סיכוי גדול יותר להגיע ל쿄ו רוחב צפוניים לקו המשווה לקו המשווה. מכיוון שמדובר באטמוספירה דלילה, הרי שככל שינוי בלוח האטמוספרי יכול להיות משמעותי. כדוגמה נתיחה לוויקיניג 1.

חללית זו נחתה ב-19.5°W-34°N<sup>o</sup>, כאשר כיפת הקרח הדורמית הייתה במלוא פרישתה הגיאוגרפית (בחורף), בעוד הנחיתה נמדד לחץ אטמוספררי של 6.9 מיליבר וכאשר כיפת קרח זו הייתה בפרישה גיאוגרפית מינימלית (בקיז), הלחץ האטמוספרי היה 9 מיליבר<sup>11</sup>, עלייה בשיעור של 30%.

מדינמיקה זו מתקשת המסקנה שתוך התהשבות במבנה הטופוגרפי של פני השטח, תהיה תנואה אנקית לקו המשווה צפונה ודרומה ומקבילה ל쿄ו הרוחב של קווי המשק בין

הגיאות והשלפ בצד הפונה לשבטי תחיה מksamילית כאשר ראה ושבטי ייוו בכו אחד מכיוון שאז פועלים עליו כוחות המשיכה של שני גופים אלה. מהירות היבנותם של גלי הגיאות והשלפ תלויות בכיוונה ובעוצמתה של הרוח. אם בזמן גיאות הרוח באהה מכיוון היבשת, גלי הגיאות ייבנו מהר יותר מאשר במצב בו הרוח באהה מכיוון הים. אותו הדבר אמר לגבי השלפ. אם בזמן שלפ הרוח באהה מכיוון הים, השלפ יהיה מהיר ואם בזמן השלפ הרוח באהה מן היבשה השלפ יהיה איטי.

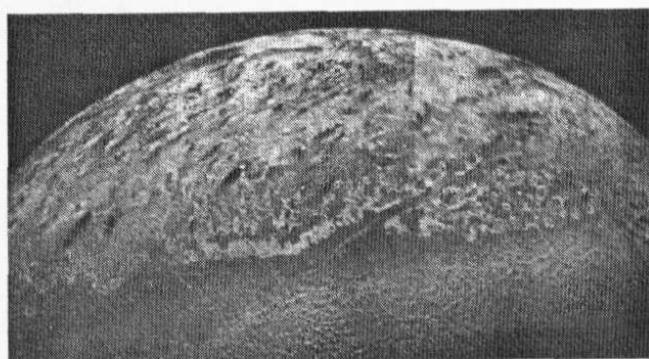
ביחס לגיאות ושלפ יש להביא גורם נוסף בחשבון והוא שטין מראה תמיד צד אחד כלפי שבטי. لكن אם נמצאים אוקיינוסים של מתאן אין הצד הפונה כלפי שבטי והן בצד השני, הרי שבכל מקרה גלי הגיאות והשלפ מצד הפונה לשבטי יהיו גבוהים יותר.

#### 4. טרייטון ופלוטו

טרייטון ופלוטו הם כוכבים בעלי סדר גודל דומה, קוטרו של טרייטון הוא 2800 ק"מ ושל פלוטו 2200 ק"מ. גם הלחץ האטמוספרי שלהם דומה. מדובר בצפיפות של מיקרוברים. וויגר 2 מצאה על טרייטון עדויות לקיום של עננים ושל גיזרים, מה שיכל לתמוך בnockות אפשרית של הפרשי טמפרטורות ורוחות. יש בכך כדי להגיד על קיום אפשרי של אלה גם על פלוטו. באשר למஹאות הצירית, גם כאן קיימם דמיון בין שני הגוף וזה עשוי לרמז על סדר הגדל של מהירויותיהם מבחינת כוח הקוריוליס.

ההשפעה על טרייטון ועל פלוטו תהיה אולי דומה לזה של טיטן, אך יש להביא בחשבון שהאטמוספירה של זה האחרון היא הרבה יותר מסיבית. ספק אם תא האדלרי רלבנטי כאן בשל מרחיקיהם הנගדים של גופים אלה מהמשש. נתונים אחרים כן ידועים, אך נסיוונות ההערכה יהיו לוקים בחסר. מכשורי התצפית הקיימים אינם בעלי רגשות כה גבוהה שיאפשרו מדידת רוחות על פני כוכבים אלה ומדידת טמפרטורות בקטבים וקווי המשווה שלהם.

גם על טרייטון וגם על פלוטו קיימת הצטמאות מוחזרית של האטמוספירה כתוצאה מהתקררות. בעונת החורף האטמוספריות הדילולות מתעבות והופכות לקרח קרקי ושני הגוף כמעט חסרי נוכחות אטמוספרית ובכך הן בננות מחדש. באם האטמוספירה נעלמת לחלוון בחורף, הרי שנוכחות רוחות אפשרית רק בקיץ. אם קיימת אטמוספירה שארית בחורף, בבואה הקיץ הלחץ האטמוספירי עולה ואז מתרחשים תהליכי דומים למה שקרה על המאדים עם התאדות קרח ה- $\text{CO}_2$ .



טרייטון – עולם קפוא, מבט על כיפת הקרח. בעת צילום התמונה ע"י וויגר 2, היה טרייטון הגוף המרוחק ביותר מהמשש, בכלל הצלبات מסלולים של פלוטו ופטון. לבן, גודם הזזה של שני הגוף – פלוטו וטרייטון, צפיפותם הדומה ומרחיקם הדומה מרחוק, מביאים למסקנה כי שני הגוף הם בעלי מאפייני פנים זמינים.

המבנה המוגלי יכול לתרום להתפתחותן של תנומות אויר מערכות מוגליות בתוך המכתח וקרוב לוודאי של רוחות כאן אפיונים ייחודיים להן, השונים מלאה הפעולות במתחים מישוריים ופתוחים. במכתחים גדולים שוכרים מאות קילומטרים ויותר אפיקו הרוחות יכול להיות דומה זהה הקיים במישורים פתוחים. מכל מקום, דינמיקת רוחות תוך מכתש תדרוש התייחסות מחריקות ייחודית ולך מושביה של ראשונה נמצאו בתוך תצורות סגורות דינומיות.

מכתש שבו תופעות אקלימיות וקרוב לוודאי גם אפיונים ייחודיים לרוחות השוניים מלאה של מכתשים אחרים הוא מכתש Hellas שקטרו 2400 ק"מ ועומקו 7 ק"מ ו затה מושביה שמדובר במכתש בעל מימדים גלובליים. קרוב לוודאי שגם על כדור הארץ במכתש כזו היו ווצרות תופעות אקלימיות ייחודיות. סביר להניח שמהרcharות כאן מערכות אויר חזקות מאוד.

#### 3. טיטן

במידת הטמפרטורות שנעוו לגבי טיטן, נצפו הפרשי של 5. באם הפרשי אלה הם בין מקומות גיאוגרפיים שונים יש בכך כדי לאש את האפשרות שקיימות עליו רוחות. מה שיכל לתמוך באפשרות זו הוא העננים שקיימים על פניו. אין למעשה שום אינדיקציות על מהירות הרוחות. העדות היחידה שיכולה לתת איזו שהיא תבנה ولو מינימלית בקשר לכך היא מהירותו הצירית על טיטן. אם נשווה מהירות זו לזו של כוכב הלכת נוגה, הרי שהמהירות הצירית הגבוהה יותר יכולה להיעיד על כך שכוכב קוריוליס שלו הרבה יותר אפקטיבים. בהתחשב בכך שמשך היממה הוא 16 יום אראציים, העברת חום מחץ הכדור המואר על ידי השימוש לחץ הכדור החשוך אמורה להיות איטית יותר מזו של כדור הארץ, אך גבורה מזו של הנוגה. מכיוון שכמות החום שהוא מקבל מהשימוש קטנה פי 90 מזו המגיעה לכדור הארץ, מבקשת השאלה עד כמה חום זה אפקטיבי דיו כדי לחתם את חצי הכדור המואר על ידי השימוש. אור היום על טיטן יהיה דומה לאור דמדומים מה עוד שיש להביא בחשבון את מעומו על ידי האובך התמידי המכסה את השכבה ואולי יש על פניו תופעה דומה לאפקט החממה הקויים על פני הנוגה אך בעוצמה פחותה יותר. במידה וקיימות עליו רוחות כפי שאנו העריכו האסטרונומיות מרמזות על כך, יהיה צורך לחפש את ההסבר לכך במקורות גשימים הממחמים את פני השטח. ספק על כן אם לתא האדלרי יש משמעות לגבי טיטן.

בחלק מההיפותזות השונות המתיחסות לפני השטח של טיטן מועלית האפשרות שקיים עליו ים או אוקיינוס של מתאן. במרקחה כזו יש לבחון את אפיקויה של רוחות הנעות מהאוקיינוס ליבשת ולהיפך על בסיס מה שמכור על כדור הארץ, תוך התאמתן לנונים המקומיים. דבר ראשון שיש להביא בחשבון הנטוות האטמוספירה. זאת של טיטן גדולה מזו של כדור הארץ פי 5 מה שיכול להביא לתנועה איטית של הרוחות. דבר שני הוא צמיגות המתאן. אם צמיגותו של מתאן גבורה יותר מזו של מים, זרמת הנוזל תהיה איטית בהשוואה למים, די דומה לתנועה של נוזל סמיך. דבר שלישי הוא כוחות גיאות ושלפ.

על פני כדור הארץ המשש והירח הם שימושיים על גיאות ושלפ בימים ובאוקיינוסים. על טיטן השפעת המשש כגורם יוצר גיאות ושלפ היא אפסית וזאת בשל מרחקה העצום ממנו. הגוף האסטרונומי הרלבנטיים לגבי טיטן הם שבטי והירחים אה ויפטוס. ראה פנימי מבחן קרבתו לשבטי ומרחקו ממנו במצב רזוננס הוא 524,821 ק"מ ויפטוס חיצוני לו כאשר במצב רזוננס נמצא במרחק 3,559,000 ק"מ ממנו. השפעתו של יפטוס על גיאות והשלפ היא חלה מזו של ראה מכיוון שהוא מרוחק יותר.

יהיו גדולים מאוד. כוח קוריוליס הגדל ביותר נמצא בצד ושבטאי.

באם ההנחה שרוחות על שבטי פועלות לפחות עד לעומק של 2000 ק"מ קיימת אפשרות שעומקי פועלה אלה קיימים גם על שאר כוכבי הלכת הגזיות. בהתחשב בעובדה שנמצאו עדויות לרוחות מהירות בסביבה של 24 בר בצדק, הרי שהוא המצב קרוב לוודאי בסבטי, אורנוס ונפטון. סביר על כן להניח שהחיצים של עשרות אטמוספריות ימצאו בעומקיהם גם על שאר הרוחות פועלות בעומקיהם גדולים בהם החלץ האטמוספרי מגיע למאות ויותר ואלפי אטמוספרות? קשה להאמין. מה שברור הוא שנדושים כוחות יוצרו חום חזקים מאוד כדי להתגבר גם על סדרי גודל גבויים מ-24- בר כדי שזה נصفה בצדק. כיפות קרח כמו על כדור הארץ והמאדים לא מתקינים וזרימת חום מקוויה המשווה לקטבים ובחרה אינה רלבנטית. הדינמיקה של הרוחות מקבלת אפויונים שאין נחירים עדין.

באם מקורות החום, הם בגרעיני הכוכבים קרוב לוודאי שהთצרים שלהם, הרוחות, צריכות לעبور מרחקים אנקויים של עשרות אלפי קילומטרים עד שהם יורשו בפסגת האטמוספריות. בשל המהלך הרב שעל הרוחות לעבור, מריורוון מואתו, בניגוד למלה שנמדד. מכאן מتابקשת המסקנה שמקורות חום אלה צריכים להיות באיזה שהוא מקום באמצעות האטמוספרות.

#### ה. סיכום

מתוך שורת ההיקשים שנעשתה בהסתמך על המידע הראשוני ששודר ארצה, בולטת לעין העובדה שמדובר בעולמות שונים ואולי גם מזרים מאוד מנקודות מבטו של הצופה האנושי. בתופעות האקלימיות שקיימות על כוכבי הלכת ימצאו יסודות מסווגים לאלה המוכרים לדורי כדור הארץ, אך בה בעת קיימות שם תופעות יהודיות הנובעות מאפויים שונות של גופים אלה. ידרשו שיגורי חלליות נספיס שתקפנה אותן, תנחתנה על פניהם ותרחפה באמצעות אטמוספרות שליהם כדי ללמידה חדשם ולהבינם.

#### מקורות:

1. Lancaster M. – “Triton: a World at the frozen edges. *Astronomy now*, 9/1996 p. 48.
2. Elliot. J.L. – “The warming wisp of Triton”, *Sky and Telescope*, 2/1999, p. 46.
3. [Http://spaceflightnow.com/new/9005/30\\_pluto\\_terip/index.html](http://spaceflightnow.com/new/9005/30_pluto_terip/index.html).
4. Kaufman, W. – “Jupiter lord of the planets” – *Mercury*, no. 6, November – December, 1984.
5. Jet Propulsion Laboratory – Voyager: Jupiter science summary, 4/27/83 DB. P. 4.
6. <http://www.spacecom/reference/brit/saturn/climate.html>.
7. NASA – Voyager Saturn science summary, 4/27/83DB, p. 2.
8. <http://www.spacecom/reference/brit/uranus/climate.html>.
9. אברנסון א. דקסון ד. (עורכים) – כדור הארץ כרך א', עמ' 68, 1976.
10. יאמב ג., ברוק ג. – מבוא למטאורולוגיה אאנברטיטה הפתוחה חידות 1-4, עמ' 234-233, 1993.
11. Carr M.H. – “The surface of Mars a post Viking view”, *Mercury*, January – February, 1983 p. 3.
12. <http://mars.jpl.nasa.gov/mgs/msss/camera/images/science-paper-f13a/index.html>.
13. [http://mars.jpl.nasa.gov/mgs/msss/camera/images/3\\_12\\_99\\_isidis13a/index.html](http://mars.jpl.nasa.gov/mgs/msss/camera/images/3_12_99_isidis13a/index.html).
14. מהי הטמפרטורה מתחתית האוקיינוס בקוט המשווה?”, מד פולני, מס' 13, מאן, 1995, עמ' 81.

המרכיבים הדומיננטיים באטמוספרות של כוכבי הלכת הגזיות הם מינון והלויום. גזים אלה משתרעים לעומקים של עשרות אלפי קילומטרים עד שהם מגעים לגרעין הכוכבים. כפי שצינו עם העמקה באטמוספרות אלה, הן נעות צפיפות יותר ומגעים וללחצים בסדרי גודל של عشرות אלפי אטמוספרות. בשל הלחיצים הגבוהים, הגז מתחילה לקבל אפויונים של נוזל, מעין אטמוספירה נוזלית. ממדידות טלסקופיות וממדידות שנעשו בסמיכות למקום במאצאות חלילות, התברר שנושבות בהן רוחות חזקות מאוד, בחלקו בסדרי גודל שלא מוכרים בכוכבי הלכת הארציים. האנגלוגיה היחידה שאפשר לעשותה גם זאת בזורה חלקית היא, עם זרמים באוקיינוסים של כדור הארץ. זרמי האוקיינוסים פועלים בגין המים העילי במקום המגע עם האטמוספירה וגובה המים התתני, לכל עומקם של האוקיינוסים. זרמים אלה מושפעים ממהירות הרוח, מחום המים ומצפיפות המים שהוא וירדת כתלות באספקה של מים לא מלחים המגיעים מהירויות, מהירות קרח וגשמי. ככל שאחزو המים הללו מלחים עולה, אחזו המלחות יורד ולהיפך.

מבחינת הטמפרטורה בקרקעית האוקיינוסים בכל העולם, החום הוא אחיד ונע בין 2°C-5°C<sup>14</sup>. תנאים אלה לא קיימים בכוכבי הלכת הגזיות. מאחר שוגפים אלה פולטים יותר אנרגיה ממה שהם מקלים מהמשש ובהתחשב בכך שקבוע השימוש נמוך ביותר, יש צורך להתבסס על רצינולים אחרים כדי להסביר את קיומו של הרוחות בהן ואת עצمتן.

למרות שפע התמנוניות שהגיעו לכדור הארץ מחלליות הוגיגר, הגלילייאו והקסיני שחלפה לאחרונה ליד צדק, סך הנתונים הcompanotius באשר לטמפרטורות באטמוספרות אלה הוא מצומצם מאוד. קשה להציג למסקנות פרטיקולריות בחש לדפוסי התנהוגות של התפלגות הטמפרטורות ביחס לכל אחד מכוכבי לכת אלה. מה שכן אפשר לומר בביטחון שיש עליהם מפל טמפרטורות בחתכים אנקויים של האטמוספירה ומכוון שנפלו רוחות אופקיות במקביל לכדור הארץ, ניתן להסיק לכך שטמפרטורות מתרחשות גם בחתכים אלה. אחת התוצאות המעניינות ואולי מן החשובות היא שבדק נמדד רוחות שנעוות במהלך שבועות שבין 684-770 קמ"ש באתו מרחב בו קיים באטמוספירה לחץ של 24 בר. ההנחה המקובלת היא שבאייזורי לחיצים גבוהים מהירות הרוחות איטית מאוד וצפיפות אטמוספירה גבוהה מאייה את מהירותן. זה מה שآنן נזכה בקרקעינו של כוכבי הלכת נוגה. קרוב לוודאי שמדוברים אלה של צדק ימצאו גם בכוכבי הלכת הגזיות האחרים במחקריהם לעתיד לבוא. הראשון משאר כוכבי לכת אלה שלגביו תוכל להיבדק השערת זו הוא שבחשתה, כאשר חללית הקסיני תעגע אליו ב-2004-. מאוחר שהשפעת המשש על התחרמותן של הבלתי מתבתקש היא חלה, עד כדי זינחה, המסקנה הבלבלית המתבתקש היא שהמקור היחידי המשפיע על התפתחותם של המפלים החומניים חייב לבוא מזמן כוכבי הלכת, עמו בتوز האטמוספריות שלהם. הבדלי העוצמה מעידים גם על הפרשי חומניות שונים באמצעות אטמוספרות וכי אין הפרשים אלה שוויים בכל נקודה ונקודה, מה שمعد על עצמות משנתנות של החום הבא מזמן האטמוספרות. המקור הוא אכן דינמי. יהיה מקומות בהם יהיה חם יותר וייהי מקומות בהם הוא יהיה חם פחות. מכל מקום, התפזרות החום היא הן אופקית והן אנכית. השימוש בתאי האדי להבנת הדינמיקה של הרוחות גם כאן רלבנטית. יכולתן של רוחות לנوع ב מהירותם גבוההות בלחותם של 24 אטמוספרות בצדק ומהירותם של 1600 קמ"ש בשבתאי ו-2520- קמ"ש בנפטון מעידה כי מדובר במקורות חום רבוי עצמה. יכול להיות שמהירותם גבוההות תמצאהנה בעתיד גם בצדק וגם באורנוס. בהתחשב בגודלם של כוכבי לכת ובמהירותם היצירת הגובה, גם כוחות קוריוליס שלהם

## כל ההתחלות קשות - נצות לצופה המתחילה

תחת כיפת השמיים או סתום במרפסת הבית. כיונתם (ニシテム ルフホト) לכוכב זהה...ואז להוא...כלום! מפעם לעפע חולפים כוכב או שניים בשדה הראייה ונעלמים בחשכת הלילה. מה עושים?!

**אפשרון גבל** – הcpuל הcpuל - קרוב לכוכב הבחירה ווגה. בהגדלה נמוכה תבחןו בשני כוכבים שוחופכים לאربעה בהגדלות חזקות.

עד כאן הכל טוב...ומה הלאה?

כאן המקום להוציא כמה מילים על טלסקופים ממוחשיים לMINIUM, דוגמת ה- Z-200 Autostar .BT-TELSTAR. בתכיפות הראשונות כדי לעזור במחשב הטלסקופ (ניתן ואך מומלץ להיעזר, גם באטול שמיים) כדי להכיר את המראת האפיני של עצם שמיים כגון ערפיליות, גלקסיות וצביריהם. לאחר שימוש להכיר כיצד נראים עצמים אלה מומלץ לעבור לכיוון ידי ולא לעבוד עם אופציית שליטה הממוחשבת של הטלסקופ. כך תלמדו להכיר את השמיים בצור טובה הרבה יותר ותדעו לאטר אובייקטים ובין תחילת הפחותים ובהדרגה קשים יותר. דעתך האישית היא שהאתגר שבעמצעiat אובייקט הוא מרכיב חשוב בהנאה שבתצפית לא פחות מהציפה עצמה כשהוא כבר בשדה הראייה.

למדו להכיר את הטלסקופ שברשותכם. אם הוא מצויד בכך מסווני רצוי להקושים דקotas בתקילת הארץ לאיפוס טוב של הציר כדי ליהנות מקלט רביה יותר של מציאות עצמים ועקביה אחרים. אם הטלסקופ מצויד במשקולות איזון אל תחשסו להשתמש בה. כך תשים פחות מאמץ בכיוון עדין לאובייקט ותמנעו נזק מצטבר לציר הטלסקופ.

תכננו את התצפית תוך התייחסות למוג האויר לסוג הטלסקופ והונות השנה. תכננו עיל של הארץ יחס מכך אכזבות רבות. אל תcalcנו מרטון גלקסיות בלבד ייחר מלא. אל תצפו למוצאו בטלסקופ קטן מה שראיתם פעם בקושי רב ב- "16' במצפה גבעתיים. עצמיים עמוקים ייראו בקושי אם בכלל ייראו מותן אזור מושב. לכן רצוי, בתצפית מחרוך העיר, להתמקד בעצמים בהירים כמו כוכביםcpuלים, כוכבי-לכת וכוכבי-ירח.

אם הטלסקופ הוא בעל יחס מוקד קצר נצלו את שדה הראייה הרחב לציפוי בענייני כוכבים בשביל החלב ובעצמים בעלי גודל זוויתי גדול כמו ערפיליות גדרות ובהירות. ואם דזוקא שובר או ריש לכם, יכולת ההפרדה הגבורה תנצל במילואה לציפוי בכוכביםcpuלים צמודים וכן בכוכבי לכת. את החיפוש אחר אובייקט מכל סוג שהוא תחילתו תמיד בהגדלה נמוכה (ושדה ראייה רחב) ולאחר מכן תשים אותו החליפו להגדלות חזקות יותר אם יש צורך. ככל, עדין להשתמש בהגדלה הנמוכה ביותר המספקת את הדרישות.

בתחלת הצפית אפשר לעין להסתגל לחושך, תהליק זה, שבו מתרחבים האישונים עד קוור של 28 מ"מ, אורך כחצי שעה.

אם אתה צופים וסביביכם מקורות או פרשו מגבת כהה או בדאטום לאור על הראש והעינית כדי לאפשר ציפוי נוחה.

והכי חשוב: אל תתנייאו! גם אם לא קלעתם "בול" בניסיון, שניים או שלושה הראשונים. כמו בכל דבר, התמדה וסלנותם הם המפתח להצלחה.

(mobust על אמרו של יהודה גפן, ז"ל, מצפה לצופה, כל ההתחלות קשות, כל כוכבי א/or, 1/89).

## אסף ברוולד, מצפה הכוכבים גבעתיים

ביקורתם במצפה הכוכבים פעם-פעמים, צפיתם בטלסקופ שהמדריך ביוון, ו"נדלקתם" על העסק. מיהוותם וקיגיטם לעצמך טלסקופ...בין אם שובר או קטן או דזוקא מוחר או 12 אינץ'. חיש קל הטלסקופ מושב, חדש ומצוחץ, דבר ראשון לא מתיאשים (בשותם שלב). דבר שני צריך לדעת שעלום לא מתחילה צפיפות אסטרונומית בשוטטות סטמיות בשמיים. להתחילה צריך ללחטיט על אובייקט בולט, בהיר ונוח ליזחיי...ומי אם לא היה לנו הוא האובייקט המועדף לצורך זה. לאחר שכיוונתם תוך שימוש בהגדלה נמוכה, לצפיה בכל פניה הירח, החליפו עינית להגדלה חזקה יותר והתמקדו בכוו האור והצל – Terminator . שבו תווי השטה בטלרים מאד. הימים שבהם הירח אינו מלא, ובעיקר הרביע הראשון והרביע האחרון, מעיקרים מראה מרהיב בכל טלסקופ שהוא. ירח מלא, נוסף על היותו דל בפרטים, הוא גם מסנוור מאד.

לאחר הירח מגיע תורם של שכניו הקרים : כוכבי-הlections:

**צדק** – בהגדלה נמוכה צפו במקומות ארבעת הירחים הגליליים. הירחים הגדולים ביותר, אשר מחליפים את מיקומים מדי לילה ואף במהלך לילה ניתן להבחין בהבדלים במרקחים מצדק עצמו. בהגדלה ביןונית וחזקה צפו בפרטיו חגורות האטמוספירה. אם יש מסני צבע בהשגת יד נסו אותן ותבנינו בהבדלי גונים בחגורות.

**שבתאי** – בהגדלה נמוכה תבחןו בירחו הגדול טיטאן ובטבעה אחת, המתחלקת לשתי טבעות בהגדלות חזקות. ניתן, בתנאים טובים גם להבחין במצב צבעה של טבעת A הפנימית וכן בצל שטמיט כוכבי-הlections עצמו על הטבעות, וכך של הטבעות על מוכבי-הlections.

**נווגה** – בהגדלה חזקה ניתן להבחין בצורתה – בין סהר דק וגдол ועד לעיגול קטנטן.

בשלב הבא נסו עצמיים עמוקים בהירים. והרי הצעות:

**M45** – הפליאדות – נראות בקהלות גם בעין אך כוכבים רבים יתגלו בכל טלסקופ, בהגדלה המינימלית האפשרית.

**M13** – צביר כדורי בהרכולס. בהיר ויפה. נסו הגדלות שונות להבנהה בכוכבים במרכז הצביר (בעיקר לבני טלסקופים של 6 אינץ' ומעלה).

**M22** – צביר כדורי ב-קשת. בהיר, גודל ומומלץ מאד.

**M42** – הערפילית הגדולה באוריון. נראית נחרה בכל טלסקופ. התחילו בהגדלות נמוכות לציפוי בכל הערפילית, ועברו להגדלות בינויות וחזקות לציפוי בפרטים פנימיים כמו הטרפזים – מערכת כוכבים קרובים במרכז הערפילית.

**M31** – הגלקסיה הגדולה באנדראומדה. חסרת פרטים אלא אם ברשותכם טלסקופ גדול במיוחד בינויה ושמיים חשובים וקיימים מאד. שימו לב לצורה המוארכת וגם לשתי המלעות משני צדי מרכזו הגלקסיה.

בנוסף ישם כוכביםcpuלים יפים כמו:

**אלביראו** – ראש הברבור, מומלץ בהגדלה נמוכה. שימו לב להבדלי הצבעים.

**מיזר/אלקורו** – ביצול הענלה הגדולה.

# הטלסקופ

ASF ברוולד, מצפה הכוכבים גבעתיים

\* ניתן לחזור מההגדלה המורכבה המומלצת במידה וצופים בעצםים בהירום כמו הירוח וכוכבי לכת בהירום וכן בכוכבים-כפולים בהירום וצמודים המחייבים הגדלה חזקה במיוחד.

## קוטר חיצוני (Outside Diameter- O.D)

עיניות זה אבזר סטנדרטי. ניתן להניב עינית טלסקופ לטלקופ ללא צורך בהתאם או שינויו כלשהו. למרות זאת קיימים שלושה גדלים סטנדרטיים של עיניות.

"0.965" – עיניות המיעודת לטלקופים קטנים, בד"כ עד 60 מ"מ.

"1.25" – קוטר נפוץ ברוב הטלקופים, החל מ-80- מ"מ ומעלה.

"2" – עיניות בקוטר זה הן בדרך כלל בעלות שדה רחב ונויות לשימוש ללא מתאם\* בטלקופים במפתח "10" ומעלה.

\*קיימים מתאים בקוטר מסוים לקוטר אחר, המאפשרים שימוש בעיניות "1.25" גם בטלקופים גדולים או, לחופין, בעיניות של "2" בטלקופים קטנים.

## מרחק העין (Eye Relief)

מרחק העין הוא המרחק בו צריכה להיות עינו של הצופה כדי לראות את כל שדה הראייה . בד"כ מרחק העין הוא 80%-80% ממרחק המוקד של העיניות. מרחק עין גדול מכך את הצפיה בעיניות לצופים חובשי משקפיים, למרות שאלה הסובלים מקוצר רוחק ראייה יכולם להסיר את משקפייהם למשך התצפית ולהשתמש בבורג המיקוד של העיניות.

## שדה הראייה הנראה (Field Of View)

שדה הראייה של הטלקופ הוא גודל פיסת השמיים שנitinן לראות בטלקופ. שדה הראייה הוא מאפיין של העיניות הנמצאת בשימוש. לכל עינית (באיכות טובה) מצוין שדה הראייה שלה לא טלקופ. הגודל (המצוין במלוחות) הנה הזווית שבה נעה העין מצד לצד של השדה הנראה בעינית לא טלקופ.

שדה הראייה הנראה קבוע ע"פ היחס בין שדה הראייה של העיניות להגדלה המתකבלת והוא מותקבן מחלוקת שדה הראייה של העיניות בהגדלה. בדרך כלל, שדה הראייה של עיניות מסופק על ידי היצרנים.

קיימות עיניות של שדה רחב מאד (74-82 מעלות), אלו עיניות יקרות מאד אך התוצאה המתתקבלת בצפיה בהן בטלקופ גדול בהחלט מצדיקה את ההשערה.

הפרק הנוכחי עוסק **בצד מקיף החיווני לטלקופ** : העינית והכו.

## ה uninית (Ocular)

ה uninית היא חדשה, או מערכ חדש, המקבל את אלומת האור שמייד הטלקופ והופכת אותה לדמות שניתן לצפות בה. לפני שנעבור לסוגי uninיות השונים צרייך להבין כמה מאפיינים בסיסיים שצרייך לשים לב אליהם כשבוחנים uninית.

## אורך מוקד (Focal length)

אורך המוקד של uninית הוא הקובע את ההגדלה שתיתן uninית בטלקופ מסוים (ראה "הגדלה" במאמר הראשו בסדרה). על כל uninית מוטבע אורך מוקד במוקד שלמה במלימטרים. רוב uninיות כיוום הם באורך מוקד של 4- ועד 60- מ"מ.

## אלומת האישון (Exit pupil)

קוטר אלומת האישון הוא קוטרה של אלומת הקרנינים היוצאת מה uninית. בלילה חשוך, קוטר האישון (חלק העין דרכו נכנס אור אל העצב האופטי) של אדם מבוגר הוא כ-7- מ"מ. אם קוטר אלומת האישון גדול מזה, חלק מהאור שericzo הטלקופ יפגע מ��ביבו לאישון וילך לאיבוד. את קוטר אלומת האישון נמצא לפי היחס בין קוטר הטלקופ (במלימטרים) להגדלה המתකבלת באותה uninית.

לדוגמה, בטלקופ שקוותו 200 מ"מ והגדלה 50, קוטר אלומת האישון הוא  $200 / 50 = 4$  מ"מ.

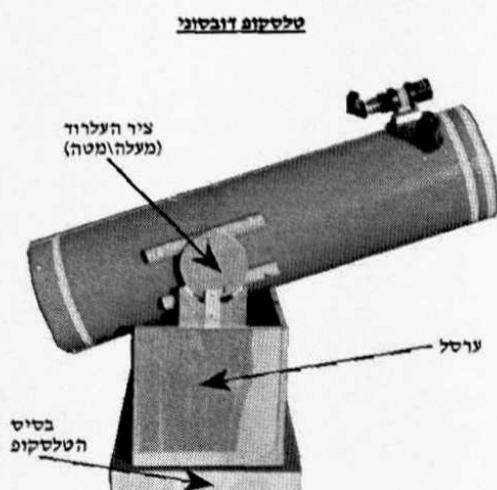
כל שאломת האישון גדולה יותר אך עדין לא מגיעה ל- 7- מ"מ, כך הדמות שתתקבל בהירה יותר. لكن רצוי למצוא את ההגדלה המינימלית שמאפשר הטלקופ שברשותכם (אם יש כזו...) כדי להימנע מרכישת uninית שאינה מתאימה. לשם כך נחלק את מפתח הטלקופ (שוב, במלימטרים) לקוטר האישון – 7.

בטבלה הבאה מרכזות ההגדלות המומלצות (מצערית ומורבית) לטלקופים במפתחים המקובלים בקרוב חובבי אסטרונומיה.

טלסקופ מפתח	הגדלה מזערית מרבית	הגדלה מזערית * מומלצת
60 מ"מ	9	144
80 מ"מ	12	186
4.5"	16	270
6"	22	360
8"	29	480
10"	36	600
12"	44	720
13"	47	780

בשעות נוחה מוד משום שאפשר לבטא את זמן זריחתו של הכוכב (כל שעתה العلي"ש גובהה יותר הוא זורח מואחד יותר).

וחזרה לכנים...  
הן האופקי הוא הסוג פשוט ביותר ביותר. יש בו ציר אונכי המאפשר סיבוב לצדדים (צדדי) וציר אופקי המאפשר סיבוב למעלה ולמטה (הגבחה). אין זה נפוץ במיוחד למצלמות, בטולסקופים קטנים וזולים וכן בטולסקופים Dobsonians: אלו הם טולסקופים ניוטוניים בעלי יחס מוקד קצר המורכבים על ציר אופקי פשוט המורכב מ"ערסל" המחזק את הטולסקופ משני צדדיו ומאפשר את התנועה בכיוונים מעלה ומטה. העREL מרכיב על "מגש" מסתובב המאפשר א כיון הטולסקופ ימינה ושמאליה.



בתמונה נראה טלסקופ Dobsonian בקוטר 10" ויחס מוקד f4.5 אשר נבנה ע"י מל בארטלס, ארה"ב.

לכן האופקי מגערת אחור בסיסית הנעוצה באופן תנועתם של העצים השמיימיים.

בגלל סייבו העצמי של כדור הארץ נעים העצים השמיימיים ממזרח למערב. התנועה הנה קשתית ולא ישירה (עוצם הזורה בנקודה כלשהי על האופק המזרחי לא תמיד עבר בזווית מלאה מצפון או מדרום לנקודה זו. הזורה בה נטוות הקשתות שמתוויות הכוכבים בתנועתם תלויות במיקומו של הצופה על פניו כדור הארץ. אם הצופה נמצא בדיק על קו המשווה, כוכב הזורה בדיק באופק המזרחי יזרח במאונך לאופק, עבר דרך הזוני, וישקע במערב, במאונך לאופק.

לעומתו, צופה הנמצא על אחד הקטבים – הצפוני או הדרומי – יראה את הכוכבים נuis בגובה קבוע מעל האופק ומקיפים את הזוני.

צופה שיימצא בכל נקודה אחרת יראה את הכוכבים זורחים בזווית השווה לקו הרוחב שבו נמצא הצופה. אם הצופה נמצא בקו רוחב  $32^{\circ}$  (דוגמא לצופה בישראל) אז הוא יראה כוכב הזורה בדיק בזרחה זורה בזווית של  $32^{\circ}$  מעלה, ובשיא גובהו מעל האופק (במצה"ר) יהיה במרחב של  $32^{\circ}$  מעלה דרומה מהזוני.

לטיכום, ניתן בהחלט להשוו את תפקיד העינית בטולסקופ לתפקידם של הרמקולים במערכת סטריאו:

כשם שהמקולים אינטליים לא יוכל לשפר את אינטליות השמע של מערכת סטריאו גורעה, עינית טוביה לא תועיל כלל אם מדובר בטולסקופ מאיכות יקרה. ואולם, ממש כמו שמקולים אינטליים יאפשרו לנצל את מלא יכולותיה של מערכת סטריאו יקורתית, עינית אינטליית תאפשר להוציא את המרב בטולסקופ באיכות טוביה

## הן (Mount)

כדי שאפשר יהיה לכוון את הטולסקופ לעצמים שונים יש צורך במתקן שיחזק את הטולסקופ באופן יציב ככל האפשר אך יאפשר את סיבוב הטולסקופ לכל נקודה בשמיים.

מתקן זה הוא hen. באופן כללי hen מיוצב מצד אחד אל הקרכע (או כל משטח עליו מונח הטולסקופ) ומכל מערכת של שני ציריים ניצבים זה לזה המאפשרים את כיון הטולסקופ המורכב בחלקו השני.

קיים שני סוגים נסימני, הנבדלים זה מזה ע"פ מערכת הציריים שלהם:

### הן האופקי (Altazimutal mount)

### הן המשווני (Equatorial mount)

תහילה, נסביר מספר מונחים חשובים להבנת תנועת הכוכבים בשמיים:

### זיט (Zenith)

נקודה דמיונית בשמיים, הנמצאת בדיק  $90^{\circ}$  מעל האופק (תמיד מעל ראשו של הצופה).

**מצה"ר (Meridian)** – קו דמיוני העובר בין הקטבים השמיימיים דרך הזוני. עצם שמיימי הנמצא במרדיין נמצא במרכז הגדור ביחסו מראופק שלו והוא עשוי להגעה, ולכן זהו האזור הטוב ביותר לצפייה בשמיים (минימום של הפרעות אטמוספריות). לפני המעבר במצה"ר העצם זורח, ומרגע המעבר במצה"ר הוא מתחלף לשquo.

### נטיה (Declination(Dec))

המקבילה לקו הרוחב על גLOBוס כדור הארץ. זווית הנטייה היא הזווית בה מרוחק כוכב כלשהו מקו המשווה השמיימי. הנטיה נמדדת במלות, דקות ושניות מהמשווה השמיימי (נטיה 0) ועד הקטבים השמיימיים (הקטב הצפוני  $90^{\circ}$  והדרומי  $-90^{\circ}$ ).

### עליה-ישרה(על"ש) (Right Ascension :RA)

המקבילה השמיימית לקו האורך בכדור הארץ. העל"ש נמדד בשרות, דקות ושניות. על"ש 0 נבחרה כקו האורך של נקודת השוויון של האביב וממנה אנו סופרים מזרחה (מאחר שישנן 24 שעות או כל שעיה של על"ש שווה ל 15 מעלות  $360^{\circ} = 24$  : 15) ). שיטה זו של ביטוי מיקומו של כוכב

מתאימים מיוחדים לצורך זה. בין הסוגים המובילים ניתן למצוא את Losmandy ו-Paramount.

במצפה הכוכבים בגבעתיים פועל עד אמצע שנות התשעים טלסקופ שובר אוור שהורכב על כן גרמני. כיום ניתן לראות את טלסקופ זה יחד עם טלסקופים אחרים בעלי כן מסוג דומה במוזיאון מצפה הכוכבים.

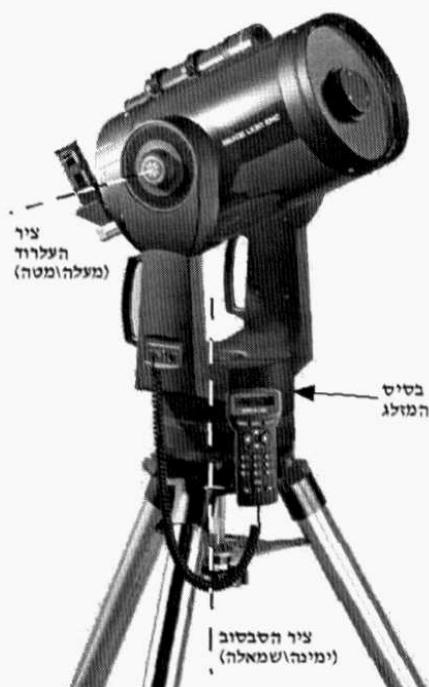
## כן המזלג (Fork mount)

כן המזלג מורכב, כמוון ממשמו, מ"مزלג" בעל שתי זרועות האוחזות את צינור הטלסקופ משני צדדיו, ומאפשרות את סיבובו סביב ציר הנטיה. בסיס המזלג מחובר לציר העלי"ש.

יתרונו הגדול של כן זה הוא בביטול הצורך במשקלת אייזון היוט שבמצבו ה"טבעי" המכונה מאוזן (סימטרי). הצורך במשקלות מתעורר רק אם טלסקופ מוצמד צמוד כבד כמו עינית גודלה, טלסקופ מקביל או מצלמה.

יתרונו נוסף הוא פשטות ההרכבה של כן כזה. גם אם מדובר בטלסקופ גדול למדי (עד 12") אין צורך לפרק את הטלסקופ מהמזלג. החיבור היחיד הוא בין בסיס המזלג לחצובה. העבודה שהטלסקופ איינו מפורק מהקן חשובה מאוד שכן פירוק מהחיבר איפוס מחדש של הצירים בכך כדי לאפשר פעולה תקינה של הטלסקופ. (איפוס זה חשוב במיוחד לצורך צילום אסטרונומי, תחום בו כל חוסר דיוק במבנה הקן פוגם בתגונעת הטלסקופ ולכנן גם באיכות התמונות המתקבלות).

## כן מזלג אופקי



בתמונה – כן מזלג משוני וטלסקופ שמידט-קסיגריין "8. המגווע מצוי בבסיס המזלג.

מאחר והטלסקופ "ሞוקף" על-ידי הנקן משני צדדיו וכן גם מצד התחתון (בסיס ה"מזלג")ਐ צינור הטלסקופ איינו יכול להיות בעל אורך פיזי גדול שכן הוא עלול לפגוע בכך עצמו תוך כדי תנועה. שימוש ב"זרועות" ארוכות יותר בעיתות

אם נכוון טלסקופ בעל כן אופקי לכוכב הנמצא ב仄ירה וננסה לעקוב אחר אותו כוכב במשך זמן מה במהלך הלילה (לצורך העניין אנו נמצאים בישראל...). אז לאחר שנכוון את הטלסקופ לכוכב ניאלץ להזיזו בשני הциירים: האנכי כשנסובב את הטלסקופ מעט דרום ("ימינה") והאופקי (כשנסובב את הטלסקופ כלפי "מעלה"). היחס בין התנועות אינו קבוע ומשתנה, בעצם, ככל געגע במהלך הנטה. כך שאם ברצונו לעקוב אחר כוכב לזמן ארוך המשימה קשה מאד, בפרט כאשר מדובר בהגדלות חזקה בהן שדה הראייה קטן במיוחד.

עזרתנו בא הנקן המשוני. סוג זה הוא כן המותאם בדיק לזרורי הטלסקופ האסטרונומי. הציר האופקי נשאר ניצב לציר האנכי, אך הציר האנכי עצמו מותה בזווית השווה בדיק לזוויות בה נמצא הצופה (בדוגמה שלנו 32 מעלות) ומקביל למצהה. במקרים אחרים ציר הטלסקופ מקיים בדיק לציר הסיבוב של כדור הארץ.

שינוי זה מקל מאד על מלאכת העקבה מאחר שלאחר שמצאו את הכוכב, די בסיבוב הציר המשוני (הנקרא ציר העלייה הישירה) בקצב הזהה לקצב הסיבוב של כדור הארץ אך בכיוון מנוגד כדי שנוכל לעקוב אחרי הכוכב בשיטתה הראייה.

קיימות מספר צורות עיקריות של כנים שונים, אני אציג את הנפוצות ביותר ביותר בטלסקופים לחובבים.

## הנקן הגרמני (German mount)

בכן זה הטלסקופ נמצא מצד אחד של ציר העלי"ש וממולו משקלות אייזון המאזנת את משקלו של הטלסקופ.

ניתן בדרך כלל למקם את הטלסקופ כך שייהי מעל או מתחת לציר העלי"ש ע"פ החלטת הצופה.

יתרונו הגדול של הנקן הגרמני הוא ביכולתו לשאת טלסקופ בעל גוף ארוך כמו שובר או גודל או טלסקופ קסגרין בעל חיש מוקד ארוך. כמו כן ניתן לכוון את גובה העוניה של הטלסקופ מאחר וברוב המקרים הטלסקופ מוחזק ע"י טבאות אחיזה.

כאשר מדובר הוא בטלסקופ גודל (10" ומעלה) הרכבתו על כן גרמני מאפשר הובלה נוחה מאחר והנקן והטלסקופ מותפרקים למספר יחידות קטנות וקלות יחסית.

חשרונו של הנקן הגרמני הוא בכך שגם הנקן אינו מיוצר באיכות גבוהה ונוצר לחץ רב על מיסבי הциירים עקב המשקל הכספי (טלסקופ ומשקלת אייזון) לחץ זה גורם לתנועה לא חלקה של הנקן וכן להחלקה של הנקן (תופעה הנקראת "שפיל") ובחללה מפריעה בתצפית בהגדלות חזקות, בהן שדה הראייה צר וקשה למרכז את האובייקט בגל חוסר היציבות של הנקן).

בעיה נוספת היא בעיות האיזון: כל כיון חדש של הטלסקופ משנה את מרכז הכביד של המערכת ולכנן יש צורך בכיוון חדש של המשקלות. במידה ולא מבוצע אייזון כזה, הגוזל זמן תצפית לא מבוטל, עשוי להיגרם נזק מצטבר לכך עקב עומס גודל המופעל עליו.

קיימים ניון במסוקה בשוק הטלסקופים לחובבים מבחן לא קטן של כנים גרמניים המיוצרים באיכות גבוהה מאד ומוסוגים לשאת כמעט כל טלסקופ המוצר חיים לחובבים באמצעות כל אובייקט במערכות

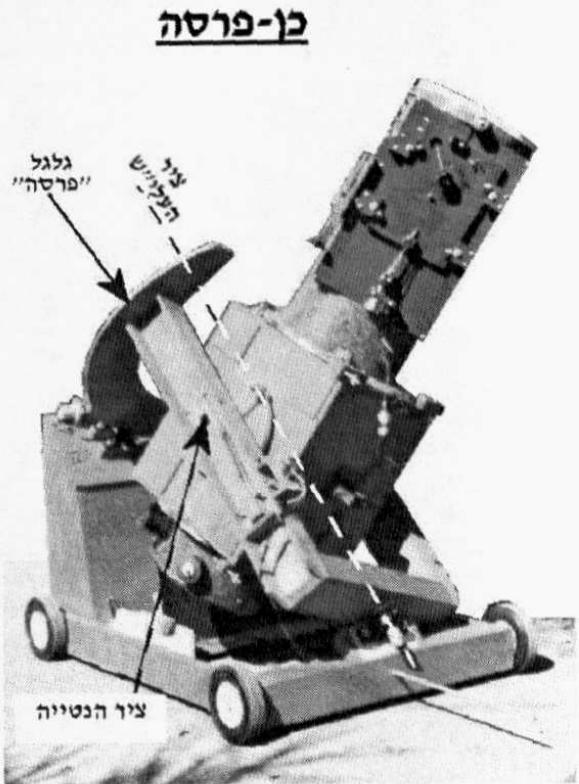
חלק זה הוא בעצם גלגל גדול התומך את הטלסקופ מושני קצוץ ציר הנטיה ומאפשר לטלסקופ לנוע במרעתה בתוך הגלגל.

כאן זה הנו יציב ביוטר מיותר והעומס מציר העלי"ש בכך המזולג ה"מסורתי" אינו קיים הודות לתמיכת שנונת הפרסה, ולכן תנועת הטלסקופ בציר זה חלקה ואחתידה יותר.

ניתן להשתמש בחלקו החיצוני של הגלגל המכיל את הפרסה לצורך הנעת הטלסקופ עיי' מנו. גודלו היחסי הגודל של הגלגל מאפשר תנועה אחידה יותר ממה שנדרש להשיג בכינוס "קלאסים" (לדוגמא: בטלסקופ "8" המורכב על כן מזולג קוטר גלגל ההנעה של ציר העלי"ש הוא כ- 4.5" , ואילו בכך פרסה לטלסקופ דומה קוטר גלגל ההנעה עשוי להגיע לכ-30-45").

מайдך, גודלו של הגלגל מהוות בעיה בניידות הטלסקופ ומחייב בסיס גודל מואוד עבור טלסקופ שאם היה מורכב על כן מסוג אחר היה קומפקטי הרבה יותר. לעומת זו מחמייה מאד אם מדובר בטלסקופ בעל מפתח גודל, אז קוטר הפרסה הוא גדול מאוד.

בנוסף לטלסקופים שנבנו על-ידי חובבים ניתן למצוא וכי-פרסה גם במספר מצפים גדולים בעולם כמו במצפה האנגלו-אוסטרלי (AT) בטלסקופ בקוטר 4.6 מטרים.



בתמונה נראה טלסקופ ניוטוני בקוטר 16" המותקן על כו-פרסה. הטלסקופ נבנה עיי' מל בארטלס. חובב אסטרונומיה ובונה טלסקופים מאורה"ב.

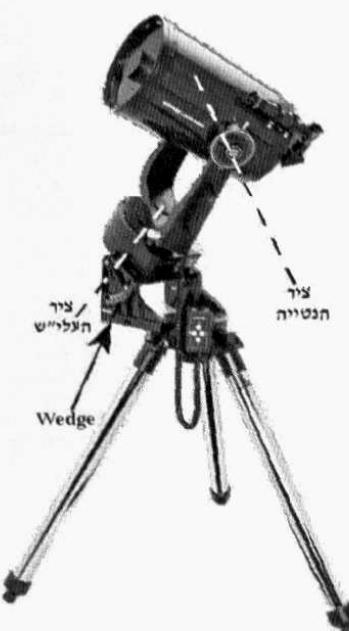
ברצוני להודות ל-מל בארטלס (Mel Bartels) ארחה"ב, שסייע בכתיבת המאמר ובמסירת התמונות המוצגות כאן.

חומרות של חוסר יציבות ואלסטיות של הcken. מסיבה זו משתמשים בcken המזולג בעיקר לטלסקופים "קצרים" כגון "שמידט-קסגריין ומקסוטוב-קסגריין".

טלסקופים רבים מדגמי שמידט ומקסוטוב קסגריין משוקרים עם כן מזולג שניין להרכבה הון בcken אופקי -בסיס המזולג מורכב ישירות על החצובה- והון בcken משוני, שבו בסיס המזולג מורכב על חלק הנקרא Wedge המוחבר בתورو לחצובה ומאפשר להטות את בסיס המזולג לזוויות המתאימה כדי להפכו בKEN משוני.

העובדת שהטלסקופ משתמש בתוך המזולג (על ציר הנטיה)عشוויה לגנים אי נוחות רבה כאשר הטלסקופ מכובן לנטייה גבוהה (קרוב לקוquet השמיימי) כיון שהעינית נמצאת בין זרועות המזולג.

## בן מזולג משוני (Wedge)



בתמונה – בן מזולג משוני וטלסקופ שמידט-קסגריין "8". המנוון מצוי בבסיס המזולג

הטלסקופ הרומי במצפה הכוכבים בגבעתיים הוא מסווג שמידט-קסגריין בקוטר 40 ס"מ המורכב על כן מזולג.

טלסקופ זה מצויד גם במשקולות איזון כדי לאוזן ציוד עזר המורכב עליו כמו כוון טלסקופ מקביל לשדה רחב ומצלמת CCD . כמו כן ישנים במצפה טלסקופים נוספים המורכבים אף הם על כן מזולג.

## בן פרסה (Horseshoe Mount)

את סוג זה ניתן למצוא בעיקר בטלסקופים מותוצרת עצמית אך פחות בטלסקופים מייצור מסחרי.

בן זה דומה لكن המזולג אך התוספת המשמעותית ביותר היא ה"פרסה".

בניגוד למהירותו האיטית סביב השמש, שבתאי נע במהירות רואיה לציוון סביב צирו: הוא משלים סיבוב סביב צירו אחד ל- 10.23 שעות בלבד. כתזאה מכך, בדומה לצדק, גם העננים על פני שבתאי נמתחים לרציפות ארכוכות. (מהירות הרוח על פני שבתאי אף היא מהירה מאוד ונאמנת מכמה מאות ק"מ לשעה באורי קו המשווה). גם ההפרש בין הקוטר של שבתאי באורקו המשווה לקוטרו בין שני הקטבים, הוא כ- 11%, ולפיכך שבתאי, בדומה לצדק, נראה פחות.

על פני שבתאי אין תצורות עננים קבועות או בולטות בדמותם של חתם הגדול האדום על פני צדק, או הכתם הכהה, הגדלן, הנראה על פניו של נפטון. לעומת זו מעידה שבתאי הוא כוכב לכת, שתוכו קר יותר מאשר צדק וכי אין זרימת חום מפני שבתאי החוצה, ברמה שנפתחה בכוכב הלכת צדק. למרות זאת, נפתחה דרוםית לקו המשווה של שבתאי סערה, שנראית ככתם מואר ובהיר. הסערה נפתחה בספטמבר 1990 ותווך שבועות ספורים נודלה הגעה לכדי קווטר שלם של שבתאי, תוך שהיא נצפית, בклות יחסית, גם בטלסקופים קטנים עד הימים. מאוחר שישן עדויות המעידות על תופעה דומה שנפתחה במחוזיות של 30 שנה קודם לכן, החל משנת 1876 (ולאחר מכן בשנים 1903, 1933 ו- 1960, יתכן והמדובר בתופעה הקשורה לסיבוב שבתאי סביב השמש, המתארחת בעת שבחלקו הצפוני של שבתאי קיז.

## טבאות שבתאי

התופעה הבולטים ביותר בירטור שבתאי היא, כמובן, הטבעות. מערכת הטבעות נפתחה מאז הומצא הטלסקופ, אך עד לפני ערב של שתי חלליות הויאג'ר, וויאג'ר 1 וויאג'ר 2, ליד שבתאי בשנים 1980 ו- 1981, חשבו שהטבעות מורכבות מ- 5 טבאות גדולות, האחת בתוק רעתה. מערכת הטבעות של שבתאי נטויה בזווית של 26.73°, יחסית למשור הרקפה של שבתאי סביב השמש. כתזאה מכך, אחת ל- 15 שנים בקירוב (פעמים בכל מחזור הקפה של שבתאי סביב השמש), כאשר כדור הארץ חולף במישור הטבעות, מפותת הטבעות את צדן הצר אל כדור הארץ (הפעם האחרון הייתה בחודש פברואר 1996 והפעם הבאה בשנת 2009). אז, הטעות נעלמתות תהיה ב- 4 לסתמבר 2009. אז, הטעות נעלמתות להלטיין, עובדה המUIDה שעבויין קטן מאוד. אכן, מדידות שנעשו על ידי חלליות הויאג'ר, נמצא שעבויין של הטבעות הוא 1 ק"מ לכל היורט, והן מכילות נושי קרח קטנים, שוגדים נעל מבנים קטנות עד לכמה מאות מטרים לכל היורט. עובדה מעניינת נוספת שנתגלתה על ידי חלליות הויאג'ר היא, שהטבעות מורכבות מאלפי טבאות ולא מ- 5 בלבד. אפילו הרוחות בין הטבעות נגמרים כתוצאה מהפרעות של ירי חיליאו ובראשם ירחו מימס.

הטבעות משתערות עד למרחק של 140,200 ק"מ (2.33 רדיוסי שבתאי) ממרכזו שבתאי, להוציא את טבעת G הדרקה, המצויה למרחק של 170,00 ק"מ ממרכזו, ואזור הטעות הקלוש, טבעת E, המצויה למרחק 330,000 ק"מ ממרכזו שבתאי (אייר 6-10). החלק הפנימי בירטור, אזור הטעות D, מצוי למרחק 67,000 ק"מ ממרכזו שבתאי (7,000 ק"מ בלבד מפני שבתאי). עוביו של אזור D הוא 6,200 ק"מ ומטרע לו מצוי אזור C. שני האזורים, C ו-D, הם הרים יותר בין אורי הטעות ואינם נראים בקהלות טלסקופים ארציים. החלק השלישי, אזור B, משתרע

במשך חורף שנת 2001 ואביב 2002, כוכב הלאה שבתאי יראה בשמי החורף, כשהוא חולף צפונית לכוכב אלדרון, הכוכב הבכיר ביותר בקבוצת הכוכבים שור. אגב, צבעו הבהיר של אלדרון ובהירותו הופכים את הצמד, הזמני, שבתאי אלדרון, לשני כוכבים כמעט זהים, מעין כפילים כתומים – צהובים לשני התאומים כסטור ופולקס המזוהים מזרחית להם ומארכיים בקבוצתם, תאומים, את כוכב הלאה צדק.

שבתאי מצוי בתנועה אחורית (נע מזרח ממערב ביחס לכוכבי השבת) החל מ- 29 בספטמבר. ב- 3 בדצמבר, ימויים לאחר שהוא יתכסה על ידי הירח, שבתאי ימצא במרקח הקروب בירטור השנה לכדור הארץ – 8.08059. ייחידות אסטרונומיות השותה ל- 1209 מיליון ק"מ. באותו היום שבתאי גם ימצא בניגוד – כדור הארץ יימצא בין לבין המשמש. פירושו של דבר – שבתאי יהיה בשיא זהרו השנה (בהירות 0.3 – , וגודלו הזרחי, ללא טבאות, יעמוד של 20.62. ראה הגולל, והחטסות של שבתאי תהיה סמוך בירטור לניגוד, כך שעובדה זו תוסיף על מימד היזמי שבתופה).

שבתאי הוא כוכב הלאה היפה ביותר במערכת השמש ואחד מגשמי השמים הפופולריים ביותר. טבאותיו, שנראות היטב גם בטלסקופ חובבים הקטן ביותר, נתגלו כבר על ידי הווינס, במאה ה- 17. יתכן וגם גלילאו גלאי צפה בטהות, אך הוא לא הבין את פשרן וחשב לתומו שמדובר בשמי ירחים של שבתאי.

שבתאי, בדומה לצדק, הוא כוכב לכט ענק, שרבוו ככל מרכיב ממינן וחלומות. במרקחו של שבתאי יש, כאמור, ליבה של ברזל וסלע, שטסהה נאמדת בכ- 10 מסות כדור הארץ לפחות, ובמספרים מסוימים אפילו אзор של מילון מוכתבי. האזור של המילון המוכתבי, לolibה מוצי עקב הלחץ הרב, משתרע עד למתחית הרדיוס של שבתאי. מעבר לו מתחילה האטמוספירה של כוכב הלאה, שקצתה העליון מאופיין בצבעה הכתום, על רציפות העננים האופקיות שלה, שבניגוד למערכות העננים על פני צדק, קשה להבחין בהן.

קווטרו של שבתאי גדול פי 9.5 מוקוטר כדור הארץ – 120,500 ק"מ. למרות ההבדל הנatorial באנפוף בין שבתאי לכדור הארץ, מסתו של שבתאי גודלה רק פי 95 מסתו של כדור הארץ. הסיבה – צפיפות הממוכעת הנמוכה של שבתאי השווה לא- 0.69 גרם לסמ"ק, פחות מצפיפות המים! פירושו של דבר, שאם היינו מוצאים אוקיינוס גדול דיז, שבתאי היה צף על פניו. מරחקו של שבתאי מהשמש הוא 9.54 יחידות אסטרונומיות והוא משלים הקפה סבינה אחת ל- 29.46 שנים, תוך שהוא נע במשהו. לפיכך, תנעטו של שבתאי יחסית לכוכבים איתית למדי – שבתאי שווה בממוצע בכל מילון כהנתיים. פרק הזמן החולף בין שני מינגדים של שבתאי הוא 378 יום.

אחת ל- 4.518 ימים. ראה הוא הירח השלישי בגודלו אחר טיטאן וקוטרו 1530 ק"מ.

**יפטוס** – זהו אחד המוזרים בירחים במערכת השמש. יפטוס הוא הירח הרחוק ביותר משבタאי, כמעט הירח פובה (Phoebe). מרחקו הממוצע של יפטוס משבタאי הוא 3,561,000 ק"מ והוא משלים הקפה סבב שבתאי אחת ל- 79.331°. יפטוס שונה משאר ירחיו שבתאי גם בתוניות של מסלולו סבב שבתאי: בגיןו למסלולים הקרים הקרים מוגלים של מרבית ירחיו שבתאי, יפטוס סבב שבתאי מסויל יפטוס היא 0.10°. לעומת, מסלולו של האקסנטריות של מסלול יפטוס הוא נטי בזווית יפטוס שבתאי אליפטי מאוד ובנוסף, הוא נטי בזווית של 14°.72°. יסתה למשור המשווה של שבתאי. קוטרו של יפטוס הוא 1740 ק"מ ומשקלו הסגול 1.21 גראם לסמי"ק, דומה להשה של יתר הירחים של שבתאי.

קאסיני, שגילה את יפטוס בשנת 1671, הבחן כי צדו האחד, זה הפונה אל כיוון תנעותו סבב שבתאי, כהה פי 10 מצדו الآخر. קאסיני הבחן כי יפטוס נראה רק כשהוא מצוי מצד אחד של שבתאי, המערבי, ולא מצד האחר, המזרחי. החללית ויאיגר 2, שחלה ב- 22 לאוגוסט מרחק של 1.1 מיליון ק"מ מיפטוס, והוכחה כי מסקנתו של קאסיני נכונה: האזור הפונה אל כיוון התנועה של יפטוס כהה, נראה עקב נוכחות של חומר כהה מאוד, שנוצר על ידי התונשות של יפטוס בגוף כלשהו או שמקורו בתוככי יפטוס. הצד האחרי בהיר פי 10 ומלא מכתשים.

## התכשות שבתאי על ידי הירח

התכשות של שבתאי על ידי הירח תיראה היטב בישראל בוקרו של ה- 1 בדצמבר. תחילת ההתקשות תהיה (בממוזען) בשעה 5:21 לפנות בוקר והיא תסתיים בשעה 6:01. כיוון שהזומנים מחושבים עבור אופק גבעתיים ובעור המרחק הקטן ביותר בין שני הגופים, כדי להתחילה לצפות בהתכשות קודם לכך. למעשה, ממש שעתים לפני ואחרי ההתכשות, המרחק בין שני הגופים יהיה קטן מאוד ורכוי לצפות עוד בתחילת הערב ולראות את שני הגופים היפנים ביותר לתצפית במערכת השמש, מתקרבים זה לזה.

שבתאי אמן יהיה קרוב ביותר למועד הניגוד, בה בהירותו תהיה בערכה המירבי השנה, אך לנו זה גם מלמד כי הירח יהיה בניגוד ופירשו של דבר שהירח יהיה מלא. אמן, החלק המואר של הירח יהיה 99.3% מילא, ועובדת זו מקשה מאוד על הצפייה באירוע, אם כי היא עדין אפשרית גם במקרה שדה הבדות להבירתו של שבתאי. נתנו נספּה המקשה מאוד על התצפית הוא המרחק הקטן שבין הירח לאופק בעת ההתכשות.

התכשות תהיה, כאמור, בשעה 5:21 לפנות בוקר, כאשר שבתאי ייעלם מאחוריו שפטו הדורים מזרחת של הירח, בזווית מכב של 131 מעלות (גודלה של שולי הירח מהცפון מזרחה). בשעה זו, סמוך לזרחת השימוש, אנו נהיי עדין בדיםו האסטרונומיים והשימים עדין יהיו כהים ולכן אוור של הירח עדין מאפיל ומפריע לתצפית (כלל שהশמים בחירים יותר, וזהו של הירח משפייע חחות וקל להבחין בכוכב המתכסה גם סמוך מאוד לפני הירח ביותר קלות מאשר בשימים חסוכים). בתחילת ההתכשות שבתאי והירח יהיו בגובה של כ- 14.5 מעלות מעל האופק, נמוך מאוד יחסית, עובדה המקשה מאוד על התצפית ולמעשה מגדילה את תלות הצלחתה בתנאי מזג האוויר.

טיטאן, יrhoו הגודל של שבתאי מוכסה בשעה 5:26, אך להבחן בטיטאן סמוך לשפת הירח המלא היא משינה כמעט

בין 92,000 ק"מ - 117,500 ק"מ ממרכז שבתאי (1.52° - 1.95° רדיוסי שבתאי).

מעבר לאזור B מצויא אזור A, המשתרע עד למרחק של 136,800 ק"מ ממרכז שבתאי (2.31° רדיוסי שבתאי). בין האזוריים B ו-A מצוי רוח קאסיני (Cassini division) הנראה בклות בטולסקופים קטנים. באזור A, למרחק 133,570 ק"מ ממרכז שבתאי, מצוי גם רוח אנקה (Encke division), הנראה בטולסקופים ביוניים. אזור F, התוחם את תחום הטבעות הנראה, מצוי כ- 3000 ק"מ מעבר לשולי אזור A ורוחבו 500 ק"מ בלבד.

## התצפית שבתאי

כאמור, הטבעות הנראות נראות היטב בטולסקופים קטנים. אולם, שימוש בהגדלות ביוניות עשוי להניב מראהיפה של שבתאי וטבעתיו – הטבעות, המוחולות על ידי רוח קאסיני ולוויותם שניתן להבחן גם ברוח אנקה, הן מראהיפה, אך ניתן להבחין גם בהטלות הדיזיות של צללים בין שבתאי וטבעתיו: מישור הטבעות מTEL צל על שבתאי; מרחק הצל מהתכשות ועוביו, תלוי במרחק של שבתאי מימי' המילקה: ככל שבתאי רוחק יותר מימי' המילקה, הצל יהיה עבה יותר, רוחק יותר מהתכשות, וכל לתצפית. לפני ואחרי הניגוד, ניתן לראות גם את הצל שטיפל שבתאי על אזור הטבעות מגע לערך מאוורי. רוחב הצל המוטל על מישור הטבעות מגע לערך מרבי שלושה וחודשים לפני או אחרי הניגוד של שבתאי, אז רואים את הטבעות 'מושדרות' משולי שבתאי.

שבתאי מספר רב של ירחים, כאשר ניתן לראות חלק מהם גם בטולסקופים קטנים. הגודל ביניהם, טיטאן, נראה היטב גם במקפת שדה, כאשר בהירותו עמדת סבב בהירות 8. טיטאן הוא הירח השני בגודלו במערכת השמש (אחר גאנימד) והיחיד להוציא את טיטון, יrhoו של נפטון, שהוא בעל אטמוספירה.plist. טיטאן משלים הקפה אחת סבב שבתאי אחת ל- 15.96 ימים.

כאמור, ניתן לראות עוד מספר ירחים (עד 6 ירחים סך הכל) בטולסקופים עד 8 או 10 אינטש. ירחים אלה הם:

**מיימס**, שהוא הקרוב ביותר לשבתאי מבין הירחים הניטנים להתצפית בטולסקופ ביוני. מיימס משלים הקפה סבב שבתאי אחת ל- 22 שעות ו- 1.48 דקות.

**אנסלדו** – יrhoז זה קטו מאווד אך הודות למרחקו משבתאי, הגודל ממרחקו של מיימס, קל לצפות בו בטולסקופ קטן. קוטרו של אנסלדו - 500 ק"מ והוא מצוי במרחק של 238,020 ק"מ משבתאי. אנסלדו משלים הקפה אחת סבב שבתאי אחת ל- 32 שעות ו- 52.8 דקות.

**טטיס** – קוטרו 1050 ק"מ והוא נמנה על הגודלים שבין יrhoי שבתאי. טטיס מצוי במרחק ממוצע של 294,660 ק"מ משבתאי ומשלים הקפה סבבו אחת ל- 1.88 ימים. קל, יחסית, לראות את טטיס בטולסקופ קטן.

**דיון** – קוטרו 1120 ק"מ, הוא מצוי במרחק סבבו אחד ל- 377,400 ק"מ משבתאי ומשלים הקפה סבבו אחת ל- 2.737 ימים. גם את דיון קל, יחסית, לראות בטולסקופ קטן.

**ריאה** – למרות שירח זה הוא אחד הבHIRIM בין יrhoי שבתאי, הוא נתגלה על ידי קאסיני באחור מה לאחר נתגלו יתר הירחים על ידו: ריאה נתגלה בשנת 1672 והוא הירח הבולט ביותר, בין יrhoי שבתאי, לאחר טיטאן. מרחקו הממוצע של ריאה משבתאי הוא 527,040 ק"מ והוא משלים הקפה סבבו

הירח; ב�ל בהירות השטח הקטנה יותר של שבתאי, המצלמה "שraphה" את פni הירח כדי להבחן שבתאי והتوزאה – קיבלנו את שבתאי ללא אפשרות לסייע בפתרונות על פni הירח. מאידך, האפשרות לבצע מיקוד "אוון ליין" על מסך המחשב והאפשרות לצלם את האירוע בסרט רציף, מיטים את הCEF לטובת צילום באמצעות זהה.

צילום באמצעות מצלמת CCD סטנדרטית קשה יותר בשל זמו ההורדה וזמן הדיגיטיזציה של המידע האורכי כמה עשרות שניות ואינו מאפשר צילום רציף. יתרה מכך, קשה מאוד לקבל תמונה חדה של כוכבי לכת באמצעות מצלמת CCD ותמונה כזו מתתקבלת רק בטכניקות מיוחדות המשלבות "הדבקת" עשרות דקות זו לזו.

אפשרות שלישיית היא צילום שמוני באמצעות מצלמה רגילה וסרט צילום. לשם כך, רצוי לבצע צילומי ניסוי על שבתאי כמו ימים קודם התכשוט כדי לדעת מהו זמן החשיפה המתאים באמצעות הטלסקופ בו הינכם משתמשים. אין ספק, כי צילום באמצעות סרט צילום עשוי להיות פרטנוnoch גם לבני טלסקופים בקוטר קטן המצוידים במנוע עקיבה.

האתגר בצלום התופעה גדול מאוד והוא נושא לקבל מהחברים תמונות של התכשוט ולפרנסן בחוברת הבאה.

**בהצלחה ובברכת שמיים צלולים בעת התצפית !**

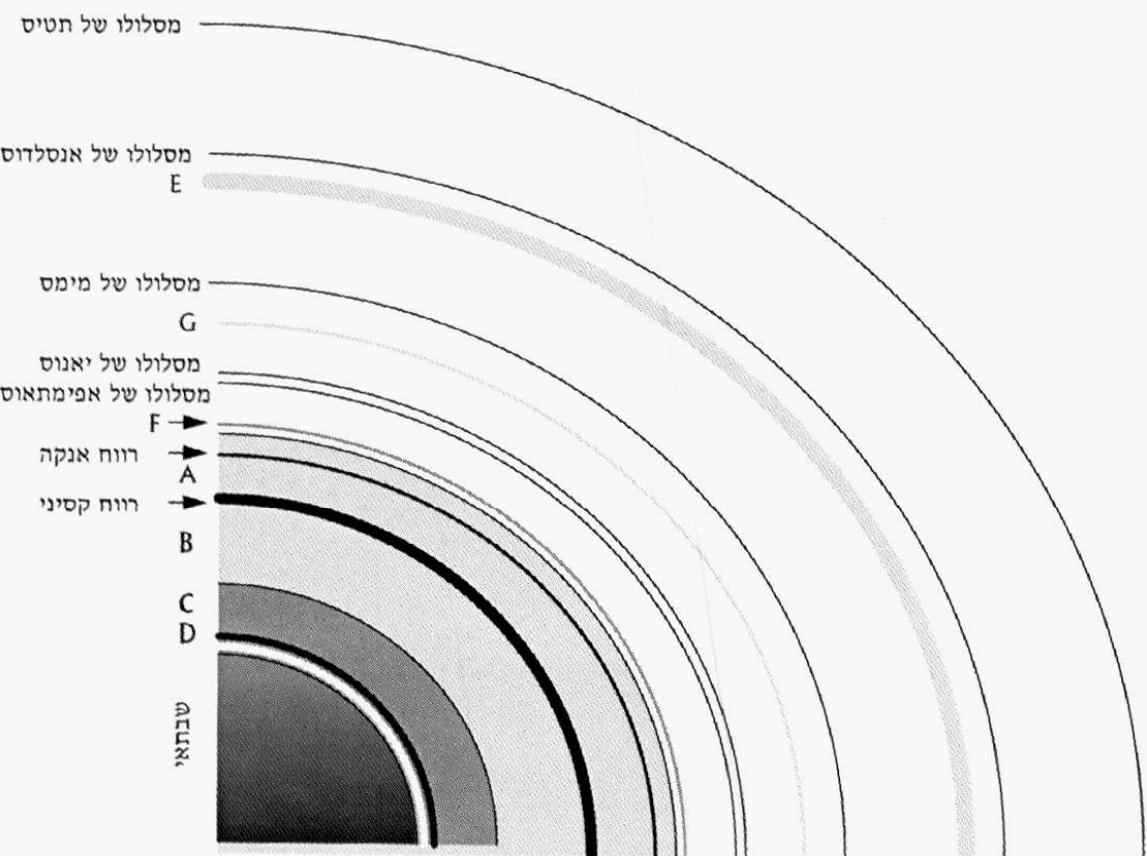
בליי אפשרית, אלא אם משתמשים בטלסקופ גדול ומוציאים את הירח המואר משדה הראייה.

שבתאי יתגלה מספר שניות לאחר השעה 00:00, מאחריו שפטו הדרום – מעורבית של הירח, בזווית מצב של 220 מעלות. יrhoו הביריה של שבתאי, טיטאן, מתגלה כמעט בו ומונית יחד עם שבתאי. בעת ההתגלות, שבתאי הירח יהיו במרחק הקטן מ- 7 מעלות מעל האופק המערבי, ולכן ישנה אפשרות לראות את שבתאי והחפתייה תהיה תלולה, עד מאד, בראות מעל האופק המערבי. בשעה זו, דימוזמי הבוקר האורחים, בהם בהירות השמים כמעט זהה להירוחות להירחות כשהמשמש מעל האופק, כבר החלו (בשעה 5:56) ולאחר מכן השמים מונטרת מעט את השפעת זההו של הירח המלא.

מצפה הכוכבים בגבעתיים יהיה פנוח לחברי האגודה ולקהל הרחב במשך התצפית וההתקנות תצלום בצלמת וידאו ותוקן על גבי מסך מחשב.

## צילום התופעה

בניסוי שנעשה ב- 3 בנובמבר, כאשר שבתאי חלף מסך דקota קשת דרוםית לירח, צולמה התופעה באמצעות טלסקופ Meade LX200 16". השתמשנו בצלמה צבעונית CCDTV בעלת כושר הפרדה של 628 קוווי טלוויזיה וגודל ציף של 1/3 אינטש. הבחנו בקלות ברוח קאסיני בטבעות שבתאי וכן בסופה הבהירה על פni. אולם, בשל המנגנון האוטומטי של וויסות כניסה האור על ידי המצלמה, היה קושי בקבלת פרטים על פni



מערכת הטבעות והירחים הקרובים של שבתאי (מתוך – אסטרונומיה, מדריך להכרת השמים, יגאל פט-אל).

# אינדוקציה וabolוציה פיזיקלית

(מחשבת על נוסחת הגרביטציה של ניוטון)

סבדרמיש יהודה, האגודה הישראלית לאסטרונומיה

## נוסחת הגרביטציה של ניוטון

## הקדמה: דודקציה ואינדוקציה

רבים אולי לא יודעים זאת אבל נוסחת הגרביטציה של ניוטון היא נוסחה אינדוקטיבית. היא פותחה ע"י ניוטון כהיסק מושגתו אינטואיטיבי מחשבתי לתנועת כוכבי הלכת הידועים בזמןו החל בכוכב חמה המרחק 0.3871 ייחיות אסטרונומיות מהמשמש, וכלה בכוכב הלכת האחרון שהוא ידוע בזמןו – שבתאי, המרחק 9.5388 ייחיות אסטרונומיות מהמשמש. על סמך נתונים אלה, זמן המחזור של כוכבי הלכת, וחוקי קפלר שהוא ידועים בתקופתו, הגיע ניוטון לוסחותו הידועה:

$$F = \frac{M * m}{r^2} * G$$

כאשר  $F$  שווה לכוח הפועל בין  $M$  מסת המשמש,  $m$  מסת כוכב הלכת, כאשר  $r$  המרחק ביניהם,  $G$  קבוע הגרביטציה.

**אבל שוב, אסור לנו לשכוח שתי עובדות חשובות:**

א. נוסחה זו שהתקבלה אינדוקטיבית לגבי מרחקים בין 1.0-0.3871 ייחיות אסטרונומיות, מוכחת רק לגבי המרחקים האלה. אי אפשר היה לומר באותו שלב דבר מוחלט לגבי הנוסחה במרחקים גדולים או קטנים יותר.

ב. מטבעה של נוסחה אינדוקטיבית שהיא נכון רקס במשמעותה הנמדדת כך שיתנו מושגתה שונה, היא יכולה להיות עדין-סוף נוסחאות (דומות), לדוגמא:

$$F = \frac{(M - n_1) * (m - n_2)}{r^2} * G$$

$$F = \frac{M * m}{r^2} * G * \ell^{-\frac{r}{\lambda}}$$

כאשר  $\ell$  גודל מאד יחסית ל- $r$  או חטן מאד יחסית ל- $M$  ול-m.

ניוטון, באופן טבעי, בחר בנוסחה הפשטוטה ביותר (למי שמכיר, הרי זה לפוי עקרון "התער של אוקאם"), אבל אין זו בהכרח הנוסחה נכוןה!

בינהيات חלו שינויים בגבולות המוכחים של הנוסחה. במרחקים הגדולים נתגלו כוכבי הלכת אורנוס, נפטון ופלוטו, והנוסחה הוכחה עד למրחק 50 ייחיות אסטרונומיות, (אם-כז אצל פלוטו ישנה סטייה קטנה בליי מוסברת). מנגד, ניסויו של קוונדייש קבע את הגבול התיכון בגודל של כ- 3"מ אחד.

נשאלת השאלה: האם כתה לאחר שהגבולות המוכחים של הנוסחה גדוֹלוּ כל כך האט זה לא מוכיח שנוסחת ניוטון נכונה נוכנה תמיד? התשובה היא חד משמעית: לא! הגדלים האסטרונומיים הם הרבה יותר גדולים. המרחק לכוכב הקרוב ביותר לשמש הוא פי חמישת אלפים. כרבע מיליון ייחיות

קיימות שתי דרכי בהם אנו מקבלים גדים ומשוואות מדיעים:

- א. דודקציה.  
ב. אינדוקציה.

הדודקציה או היסק הדודקטיבי הוא מסקנה מן הכלל אל הפרט. מבוסס על הלוגיקה והמתמטיקה, ומכוון שבגלות הלוגיקה והמתמטיקה מושכלות על הכל, הרי כלל דודקטיבי יהיה מוסק על כל פרט ופרט. לעומת זאת, האינדוקציה הפיזיקלית היא תהליך של הסקת מסקנה כללית ממספר ניסויים סופי, ניסיון להשליך מהפרט אל הכלל.

במאמרנו זה נטפל בבעיות שמעלה בפנינו האינדוקציה וניסיק מסקנות מסוימות לגבי גדים אינדוקטיביים.

היסק האינדוקטיבי מעלה בעיה פילוסופית כיבודת משקל בה טיפל כבר הפילוסוף דיוויד יום. הבעיה ידועה כ"בעיית האינדוקציה": איך אפשר, אם בכלל, להסיק תוקף כללי ממספר סופי של ניסויים?

לדוגמא: מהה פערם ראייתי שנייר נישרף ע"י גפרור, האם מזה נובע שתמיד נייר יישרף?

**דוגמה נוספת:** בדקנו אלף ספרים וראינו שהם עשויים נייר, האם מזה נובע בספרים עשויים?

**דוגמה נוספת:** (חביבה על מחזירים בתשובה): ניקח אלף דוגמאות של דברים שיוצרו ע"י מישחו (כסא, שולחן, בית, עיר וכו'), האם מזה נובע שגם העולם נברא ע"י בורא?

כלומר, הנוכנות היא רק לגבי מה שנבדק (הספרים שנבדקו, הניריות שנשrapו וכ"יו) מעבר לכך הנוכנות היא רק משוערת!

מכאן, אם אנו רוצים להרחבת גבולות ענף פיזיקלי הבניי על בסיס של עריכים אינדוקטיביים, מחייב הדבר הימצאותו של מנגנון שיבודק את ההרחבה ויחשפ' פגמים במשוואות/חוקים/גדלים, וישאיר על כן את השורדים, המתואמים, או אפילו ייצור חדשים שיתאיםו לגבולות החדשניים, ממש abolוציה!

רעיון למנגנון abolוציוני כזה כבר הועלה ע"י קרל פופר, دونלד קמבל, ד"ר אהרון גנטוביץ' ואחרים, והרחב על כך פרופסור יובל נאמן בספרו "סדרן מן האקרואי".

נראה אם-כן כיצד אנו יכולים להפעיל מנגנון abolוציוני מעין זה לבדיקת אחת הנוסחות האינדוקטיביות האסטרונומיות הידועות ביותר:

$$M_1 + N_1 = \frac{a_1^3}{T_1^2} \quad \text{לגביה כוכב כפול A:}$$

$$M_2 + N_2 = \frac{a_2^3}{T_2^2} \quad \text{לגביה כוכב כפול B:}$$

וכמו-כך לגבי המערכת המשותפת:

$$(M_1 + N_1) + (M_2 + N_2) = \frac{a^3}{T^2} \quad \text{הде}$$

כעת אם נסחית ניוטון נכונה נקבל שוויון של המסתות כולם:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{a_1^3}{T_1^2} + \frac{a_2^3}{T_2^2}$$

ואז נוכל לומר שנסחית הגרביטציית של ניוטון נכונה גם במרקח  $A$  שעשוי להיות מאות יחידות אסטרונומיות, ועוד.

אבל מה אם (חלילו!) יהיה לנו אי שוויון הנדול מטעות המדידה האפשרית, או נסחית ניוטון תיפול עם כל הפרדיגמה שבנחתה על כוננותה במרקחים גדולים (חרורים, מטה חסירה ועוד, ועוד!).

שלב החישוב אחר מערכת כוכבים כפולים-כפולים שתתאים למחקר היה קשה וימשך ללא הצלחה כחודשים. תמיד היו חסרים מספר נתונים. בסופו דבר הצלחנו למצוא נתונים כמעט מושלמים.

המערכת היא מהידעות והיפות ביותר, ADS 11635 המוכרת יותר בשם **Epsilon Lyra**. מරחek המערכת מכדור הארץ הוא: 5.9+162.3 שנות אור שהם 10263852 שנים ויחידות אסטרונומיות. המרחק בין כוכבי הזוג הראשון - 2.78 ו- 2.95, ובין שני הזוגות 208 שנים קשת. מכיוון שככל שניית קשת במרקח כוה מכדור הארץ היא 49.76 יחידות אסטרונומיות, קל לחשב את המרחקים בין אברי המערכת. הנתון היחידי שהוא חסר הוא זמן המחזור של המערכת המשותפת לשתי הזוגות. אף על פי כן ניתן להגעה למסקנות מעניינות.

להלן הנתונים:

$$a_1 = 138.3 \text{ au} \quad T_1 = 1165.6 \text{ y}$$

$$a_2 = 146.8 \text{ au} \quad T_2 = 585 \text{ y}$$

$$a = 10350 \text{ au} \quad T = ?$$

נחשב את המסתות של כל זוג בנפרד לפי הנוסחה:

$$M_1 + N_1 = \frac{a_1^3}{T_1^2}$$

ונקבל:

$$\begin{aligned} \text{מסת הזוג הראשון: } & 1.95 \text{ מסות שמש,} \\ \text{מסת הזוג השני: } & 9.24 \text{ מסות שמש.} \end{aligned}$$

מכאן, לפי אותה נוסחה, נוכל לקבל את זמן המחזור של המערכת המשותפת:

$$1.95 + 9.24 = \frac{10350^3}{T^2}$$

$$T = 314772 \text{ y}$$

ומכאן:

(זאת בהנחה שנסחית ניוטון נכונה).

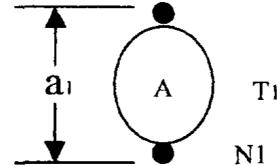
אסטרונומיות, ואילו לגלקסיה הקורובה ביותר. פ' כמו מיליארד. למזה הדבר דומה? תארו לכם שאთ תכונות הכבש מTEL-AVIV. אביב שארכו כמה ק' מ' הינו קובע על סמך 1 סמ' ר' של כביש אי שם במטר הראשון שליד התהנתה המרכזית בתל-אביב. כל אדם בר-דעת היה אומר שהمسקנות הן חסרות כל בסיס, וכל מה שהוא יודעים על אותן סמ' ר' "מסכן" אין זה בהכרח תכונות הכביש כלו.

אף-על-פי-כן, במדוע היקום לוגיה, לא כל מעוצרים, מודברים על כוחות משיכה בין-גלקטיים, אפילו שזה מוביל למסקנות "חוודהות" כגון - מסה חסירה בכמות אדירה בגלקסיות, חרורים וחורים מוזרים ועוד.

כדי להמתיק במקצת את הגלולה, כותב המאמר יציג רעיון, בערטתו ניתן יהיה להרחב את הגבולות המוכחים של נסחית הגרביטציה של ניוטון למרחקים גדולים פי כמה מהידוע כיוום. השיטה שפותחה ע"י כותב המאמר, תעשה זאת בעזרת **כוכבים כפולים-כפולים**.

להלן הדוד:

קדום כל מספר מילים על מסות של כוכבים כפולים. נתונה מערכת של כוכב כפול A המכילה שני כוכבים שמסתם במסות שמש היא  $M_1$  ו-  $N_1$ ,  $T_1$  הוא זמן המחזור שלהם בשנים, ו-  $a$  הוא המרחק ביןיהם ביחידות אסטרונומיות.

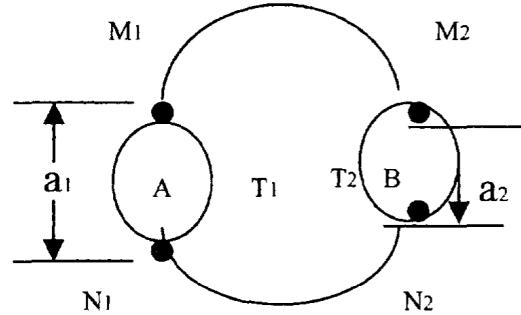


המשווה שמקשר בין הערכים הנ"ל היא:

$$M_1 + N_1 = \frac{a_1^3}{T_1^2}$$

(את דרך ההוכחה, כפתו מתחזק משוואות הגרביטציה של ניוטון). ניתן למצאו בספרים בראשמה הביבליוגרפיה בסוף).

כעת, הרעיון הוא לקח את מערכת של **כוכבים כפולים-כפולים**. ככלומר:



מכאן  $M_1 + N_1$  כוכב כפול  $A$ ,  $B$  כוכב כפול  $M_2 + N_2$ , וכמו-כך מערכת  $A$  ומערכת  $B$  מסתובבות סביב למרכו כובד משותף.

מכאן קיבל את שלושת המשוואות הבאות:

כמו-כן, כמובן, כותב המאמר מצפה לתגובהו, וישמש  
לחשיב על כל תגובה:

כתובתי:  
סבדרמיש יהודה  
רחוב אליל כהן 3, דירה 8  
הרצליה 46480  
טלפון: 570989-052  
דואר אלקטרוני:  
[sevdermish@surffree.net.il](mailto:sevdermish@surffree.net.il)

### ביבליוגרפיה:

השנים

פת-אל נגאל: אסטרונומיה, מדריך להפנות  
הווצאת קוסמוס (1998):

עמ' 78-79 מדידות פרלקטיות  
עמ' 117 כוכבים כפולים  
עמ' 126-129 גלקסיות  
עמ' 130 נספחים, כוכבי לכת.

עמ' 135-125

מאיר מידבר, נ. ברוש, ח. נזר :  
היקום, יסודות האסטרויזיקה,  
האוניברסיטה הפתוחה, (2000)  
כוכבים כפולים  
עמ' 237-224 מסה ובהירות של  
galaxiot.

טימוטי פריס,  
밀דיות לבגורות בשבייל החלב  
ספרית מדע (1991), פרק 7.

יקיר שושני, מחשבות על המזיאות

המשודרת (1999),  
פרק ב, חקר המזיאות הפיזיקלית בעיקר עמ' 24-25  
אינדוקציה  
ונדוקציה.

יובל נאמן, סדרמן האקרואי,

מכון ון ליר בירושלים/הווצאת הקבוץ המאוחד (1999),  
חלק שלישי ובעיקר עמ' 79-82.

אינטרנט,  
צבי ינאי, יצירתות עיוורת, מאמר מאת פרופסור אהרון  
קנטרוביץ.

הערת המערכת – סדרת המאמרים פרי עטו של יהודה  
סבדרמיש מובאת כתבה, ללא עריכה ולמעשה מוצגת  
לשיפוט הקוראים. עד כה נתקבלו תגובות – רובן פורסמו  
בחוברת הקודמת, גליון 2.

תגובות נוספות למאמר זה ולמאמרים הקודמים יתקבלו  
בברכה – (מערכת - י.פ.)

כעת, כדי להוכיח את נכונות נוסחת הכבידה של ניוטון למרחק  
זה (10350 יחידות אסטרונומיות) נותר רק לבדוק האם האם זה באמת  
זמן המחוור של המערכת המאוחודה.

אבל, האם ניתן לבדוק זמן מהוחר כה גדול?  
התשובה היא: כנראה שכן!

כל להוכיח שמהירות הhippokrat של כל זוג במערכת המשותפת  
הניל הוא בסדר גודל של מאות מטרים לשניה (היקף חלקי זמן  
מוחזר). עם התנומות האלה, ולאחר התיעցות עם גאל פט-אל,  
טלפוני לחבר האגודה, שי צוקר.

שי הוא סטודנט באוניברסיטת תל-אביב, העוסק יחד עם פרופסור  
צב מואה וקובצת חוקרים משוויז, בחישוב ומחקר של מערכות  
שמש בכוכבים ורחוקים.

שי קיבל את נתוני המהירות הhippokrat המשותפת של זוגות  
הכוכבים בLYRA EPSILON וקבע שסדר גודל של תנועה כזו  
ניתן למיחודה בדרך כלל.

ובכן: אם זמן המחוור שימודד יהיה 314772 שנים (בכפוף למבחן  
לשגיאה אפשרית) אזו נוסחת הגרביטציה של ניוטון תוכל גם לגבוי  
מרחב של 10350 יחידות אסטרונומיות שזה יותר מפי מאותים  
מהמוחה כיוס!.

אולס אט תהיה סטייה רצינית בזמן המחוור  
אווי נוכל לומר בוודאות שנוסחת הגרביטציה  
של ניוטון וכל מה שמסתמך עליה אינו נכון  
במרחקים גדולים!

סיכום:

מערכת אינדוקטיבית, מעצם טבעה, יכולה להיות נכונה רק  
במסגרת הגבולות הנמדדים וטעות המדידה. מעבר לכך, קביעה  
נוסחה שתפעול על הכלל יכולה להתבצע רק באופן משוער, שאם לא  
כו, עלולה להבנות פרדיגמה לא מבוססת. כל ניסיון להתחמק  
מהמגבלות הניל עלול לגרום לתוצאות בלתי קבילות. זה יקרה ע"י  
שפוך אמצעי המדידה והגדלת הגבולות הנמדדים שיפעלו כמערכת  
אبولוציונית וימוטטו את הפרדיגמה שנבנתה על הבסיס המשוער.  
עשוויה להיות לנו כאן "תגלית שאולית", (שאלול המלך שփש  
בתמיומו אתוות ומצא מלוכה) והמסקנות עלולות להיות  
מרחיקות לכת בעולם המדע, לדברי פרופסור יובל נאמן בספר  
"סדרמן האקרואי" חלק שלישי, עמ' 79:

תפיסת התפתחות המדע כהליך אבולוציוני חושפת את  
המנגנון הפנימי של המחקר ופותוח. ממדע הרגיל מתקדם  
החוקר בדרך שיטתיות ועל סמך פרדיגמה קיימת, לפחות כל  
עד אין במציאות עצמה ממשום חריגה מובהקת. מדי פעם  
מתרחשת מוטציה בתהיליך. למשל, המשכת אותה תכנית  
מעבר בתחום התovel של הפרדיגמה הקיימת, בין בידיעה  
בין באקרואי, לרוב תאה התוצאה טריויאלית, אך לפחות פעמים  
ייחס בכך תחום תופעות חדש, שלא נתקלו בו עד אז.  
מתפתחת אז "רימה יציבה" חדשה בפעולות המדעית.  
(ההדגשות, ע"י כותב המאמר)

לסומים:

קודם כל תודה ליגאל פט-אל יויר האגודה הישראלית  
לאסטרונומיה שמסכים לפרסם מאמר זה. בסופו של דבר  
הוא לוקח על גבו את כל משא המאורים הפרופוקטיביים  
שכתבתי לחוברת האגודה (תזכורת: "תיאורית היקום  
הפשוט"), ואליי הדבר קל בעיניכם.

שנייה, כותב המאמר ישמח לקבל תגובות של כוכבים כפולים-  
כפולים, כנדרש כדי שוכל לבדוק את נסחת ניוטון. רצוי  
שהmorphak בין שני הזוגות יהיה מאות יחידות אסטרונומיות  
לפחות וכל המרבה הרי זה מושבע!

# מפת השמים המקראית

עופר אוור

הערפילית הגדולה, הנינתנה להבחנה גם ללא טלסקופ. אפשר והשם "כסייל" הוא כינוי לכוכבים גדולים וכוכבים במיוחד.

כימה - הפליאדות, "שבעת הכוכבים", שם של צביר כוכבים צעיר ופתוח. בעין בלתי מזוינה אפשר להבחין ב- 6-7 כוכבים, אך בצפיה בטلسקופ גלילים מאות כוכבים. הכוכבים הבהירים בcliffeה מכילה מוקפים בערפלילית.

חדר תימן - הכוונה לקבוצות הכוכבים הנראות רק לתושבי המחוות הדורומיים של צדור הארץ, ולישבי הצפון הון עלמות כאלו היו סגורות בחרדים.

נהר דינו - בארמית: נהר של אש, מופיע בספר דניאל (ז' י), כשדנא רואה את השביל הנמשך לפני כסא הקבוד. הכוונה בשם זה היא לשובל הלב, הגלקסיה שלנו, הנראית בלילה ללא ירח כרצעת אור אורכה.

כוכבי הלכת - במקרא מוזכרים כמה מכוכבי הלכת. בישעיו (ס' ב' א') נזכרים נוגה וצדקה: "למען ציון לא אחש ולםען ירושלים לא אש��ות, עד יaea נגנה צדקה". כאן יש רמז לשני כוכבי הלכת החובקים ביותר - נוגה וצדקה. הכוכב הבוהק ביותר בשמיים לאחר השימוש, מכונה גם בשם "מלכת השמיים", ואפשר גם "החל בן שהר" הוא כינוי לנוגה, כשהוא מופיע לפניו בוקר במורה. "איילת השחר" גם הוא כינוי פיטוי לנוגה.

שבתאי - השם "שבתאי" נזכר בספר עזרא (ז' ט' י) אחד מאנשי הלויים. יתכן והוא נקרא כך על שם הכוכב שבתאי. אפשר ומקור השם "שבתאי" בכך שתהנוותו של הכוכב נראית איטית מאוד, ונראה כאלו הוא שוכן מלכת. שבתאי מכונה גם "ציון" אותו עבדו האשרים (עמוס ה' כ' י).

## מקורות:

מאמר של עמוס חכם ואשר וייזר, מחנימים, קכ' ה, בהוצאת הרבעות הצבאית הראשית, 1972.

DİYÜH MELPENI 400 שנה על תופעה אסטרונומית בא"י!

תיאור מדחים ומפורט של שביט שלף בשם ארץ ישראל לפני מעלה מ- 400 שנה, מצאו בספרו של הרוב חייט ויטאל - "ספר החזונות".

הרב חיים ויטאל, שנולד בצפת בתקילת המאה ה-16-, מתאר מראה של כוכב שביט מעל צפת: "שנת השליה, ראש חודש כסלו (נובמבר 1577). אחר שקיעת החמה נראה ברקיע לצד מערב נתה מעט לצד דרום, כוכב אחד גדול ובו זנב ארוך מאד נתה למעלה והוא נטה קצת הזנב כלפי המזרח, והיה שווה שם שיעור ג' שעות ממש. ואח"כ היה שוקע במערב אחריו החר ההור ההוא שבעצת וنمץ זה יותר מחמשים לילות".

ובכן, בידינו תאורה של כוכב שביט שהופיע בשמי ישראל לעללה מ- 50 לילות רצופים לאחר שקיעת החמה, בכיוון דרום מערב והוא בעל זנב אחרון.

מה שמו של אותו כוכב שביט? הצעות יתקבלו בברכה.

כיפת השמים, כפי שנגלה לאברהם אבינו, במחצית הראשונה של האלן השני לפני הספירה (לפני 4000- שנה), אינה שונה בהרבה ממה שנגלה לנוינו בתחלת המאה ה- 21. כאשר אלוהים מצווה על אברהם "הבט נא השמיימה וספר הכוכבים, אם תוכל לספר אותן" (בראשית ט' י), מתגלאים לאברהם כוכבים רבים, כל צבא השמים שברא אלהים.

לכוכבים, או לאותות, כפי שכונו בסיפור הבריאה, ישנו כמה תפניות חשובים, על-פי המסופר בתנ"ך. להבדיל בין הימים ללילה, להאריך על הארץ ולהיות לאותות ולמועדים לימים ולשנים - הכוכבים משמשים כדי עוז לחישוב העוננות והשנים.

את הציוני האלוהי: "ספר את הכוכבים" אפשר להבין, מלבד במשמעות של ספרה, גם כחובה לחקור, לדרש ולנסות להבין את הרקיע ומאורתו.

ואנו, בספר התנ"ך השונים שזורים רמזים רבים אוזות היידע האסטרטוני ומפת כיפת השמים כפי שהיא ידועה באותם זמנים. כך למשל, נition רמזו לכוח המשיכה ולمسلسلים הקבושים של הכוכבים, בתשובה ה' לאיוב: "התקשר מעדות כימה או מושבות כסליל תפחת. התוציא מזרות בעיתו ויעש על בניה תנחים. הידעת חוקות שמים אם תשיס משטו בארץ" (איוב ל"ח ל"א-ל"ג).

בדרכ-כלל מובאים הכוכבים וקבוצות הכוכבים הנכרים בספרוי המקרה כהמ Aussicht נגידתו, כוחו ובורתו של אלוהים, השולט בגרמי השמים. כך במלחמות ישראל בヰסירה נלחמו גם הכוכבים. "מן שמים נלחמו הכוכבים, ממסטילותם נלחמו עם סיירה" (שירת דברה, שופטים ה' כ'). הכוכבים הרבים מובאים גם כדי להמחיש או לצייר מספק גודל מואז: "זרעו של אברהם אבינו יהיה רב כמו הכוכבים (בראשית ט' י)."

האר אוthon מגיהים הכוכבים מסמל את האור הגודל והטהרה - הצדיקים יצילו ויארו ככוכבים, והמשיכיים יזהרו כוחר הרקיע (דניאל י' ג'). אחד התיאורים שמתאר ישיעו הנביא את יום ה' הוא החשכת כוכבי השמים, השימוש והירח (ישעיהו י' ג').

## గשמי שמים הנזכרים במקרא.

בספר איוב, פרק ט' פסוק ט' מוזכרים כמה שמות כוכבים וקבוצות כוכבים: "עשה עש כסיל וכימה וחדר תימן".

עש, או עיש - ארכטור, כוכב ענק אדום, בקבוצת הכוכבים רועה (בוטס), והבהיר. בכוכבי החלק הצפוני של השמיים. מරחקו מatanנו 36 שנות אור. רועה נמצא בסמוך לדובה הגדולה.

כסיל - אוריון, הנה קבוצת כוכבים בולטות מאוד באזורי קו המשווה השמיימי. שני הכוכבים הבולטים בקבוצה זו הם ריגל, כוכב ענק כחול, במרקח 800 שנות אור, ובית אגוזה - ענק אדום משתנה, במרקח 500 שנות אור מatanנו. אוריון במיתולוגיה היוונית היה גיבור ציד. אופיינית לאוריון היא

