

אסטרוולוגיה - מה היא?

4/1977



20

אסטרונומיה
אסטרופיסיקה
חקר החלל

כל כוכבי אור

יוצא לאור ע"י
האגודה הישראלית
לאסטרונומיה

שנת הוצאה חמישית	כרך V	שבט/אדר א' תשל"ח	ינואר-פברואר 1978
January-February 1978		Kol Kohvey Or (The Starlight) Vol. V, No. 1	

התוכן

עמוד	
1	דבר המערכת
2	חדשות מעולם האסטרונומיה (דוד גבאי)
4	ספקטרא הכוכבים (נח ברוש)
6	כוכבי שביט (המשך)
9	אסטרוולוגיה (ג'ורג' אבל)
14	מדידות בעזרת מכשירים אסטרונומיים קדומים (נ. תשבי)
17	מדידת מרחק הירח מכדור הארץ בעזרת מטוטלת (נ. תשבי)
20	קבוצת החודש (אהרון אופיר)
23	דו"ח צפיה
24	יומן השמים (ינואר-פברואר)

המערכת:

יצחק שלוסמן (עורך ראשי)
אהרון אופיר, נח ברוש, דוד גבאי, נפתלי תשבי
כחונת המערכת: מצפה הכוכבים, גבעתיים, גן עליה השניה.
מען למכתבים: מצפה הכוכבים, גבעתיים, ת.ד. 405,
טל. 730117

Editorial Board:

Isaac Shlosman (Editor)

Aharon Ophir, Noah Brosh, David Gabai, Naftali Tishbi

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

כל הזכויות שמורות

© Copyright by "Starlight"

תמונת השער: דוגמא של הורוסקופ נטלי (ראה מאמר בעמ' 9)

תמונת השער האחורי: גלכסיה ספירלית בקבוצת אנדרומדה M31
(צולם ע"י מצפה הכוכבים Palomar).

מצפה הכוכבים • עיריית גבעתיים • מחלקה לנוער • המחלקה לידיעת הארץ

לסיכום השנה שחלפה נוכל לציין בסיפוק את הופעת שלשת גליונות העתון
אותן הבטחנו. חשוב ביותר שאתם, הקוראים, לא נשאתם אדישים ושלחתם אלינו
תגובות, הערות וביקורת.

כשהחלטנו לקחת על עצמנו את אחריות הוצאת העתון בנושא אסטרונומיה,
אסטרופיסיקה וחקר החלל בטחנו בכך שנוכל למצא בארץ לפחות כמה מאות
חובבים שיהוו גרעין של מנויים קבועים לעתון.

הסתבר שהיינו אופטימיים מדי. עד עכשיו (סוף דצמבר) לא הגיעו אלינו
יותר ממאה מנויים לשנת 1977. החודשים הקרובים יקבעו את גורל העתון. אנו
מזכירים לכם שמחיר המינוי לשנת 1978 הוא - 65 ₪, אותם יש לשלוח לפי
הכתובת:

מצפה הכוכבים, גבעתיים, ת.ד. 405.

שנת 1977 היתה עשירה באירועים אסטרונומיים: נמשך חקר מערכת השמש
ע"י לויינים וחלליות שונות, התגלו הטבעות של אורנוס, מעבורת החלל טסה
טיסות ניסיוניות ראשונות, התקבלו נתונים חדשים על הקוזזרים ועוד.

בגליונות הבאים נביא לכם אחדים מתגליות אלו. ההתענינות באסטרוולוגיה
גברה בשנים האחרונות בארץ והופנו אלינו שאלות על ההבדל בינה לביין
האסטרונומיה. כדי לספק את התענינותכם התחלנו לפרסם את מאמרו של ג'ורג'
אבל.

במדור החדש - דוחות תצפית - אנו מביאים דיווחים על תצפיות מקוריות
המבוצעות על-ידיכם.

לסיכום, בגליונות הבאים נביא לכם עוד הרבה נושאים מעניינים.

כאיחולי עבודה פוריה לקראת פתיחת השנה האזרחית החדשה.

המערכת.

חדשות מעולם האסטרונומיה

התכסיות כוכבים ע"י טבעות אורנוס:

גילויים של טבעות אורנוס בחודש מרץ 1977 עקב כיסוי הכוכב SA0158687 הביא לחישובים של התכסיות צפויות נוספות. מסתבר שעד שנת 1980 צפויות 12 התכסיות. הכוכב הבהיר ביותר שיכוסה (התכסה) יהיה בעל בהירות פוטוגרפית של 12.2.

כוכב משתנה בעל מחזור 56 דקות:

הכוכבים המשתנים מסווגים לפי קריטריונים שונים - כגון השתנות פזית של הכוכב או השתנות כתוצאה מליקוי (כוכבים לוקים), מחזור ההשתנות ועקומת ההשתנות. אחת הקבוצות של כוכבים משתנים היא ננסים קפאידיים (ידועים גם בשם: כוכבי AI Velorum). הם משתנים פועמים (pulsating) עם מחזור השתנות של פחות מ-6 שעות. הם מזכירים את קבוצת המשתנים המפורסמת RR Lyrae אבל מחזורם קצר יותר ובהירותם האמיתית קטנה יותר בכמה דרגות.

הדוגמה הקיצונית לקבוצה זו הוא הכוכב GD428 בעל בהירות ניצפית 13. כוכב זה נחשד כננס לבן ובעקבות תצפיות עליו במצפה קיט פיק נתגלה שהוא כוכב משתנה בעל מחזור של 56 דקות. אם כוכב זה מצית לקשר - בהירות-זמן מחזור הרי שבהירותו האמיתית $+5.5$ ומכאן מרחקו מאיתנו 100 פרסק.

על המצפה הצפוני ביותר:

המצפה הצפוני ביותר על פני כדור הארץ מצוי בסקיפון (Shibotn) בנורווגיה בקו רוחב של $69^{\circ}22'$. במצפה זה מצוי טלסקופ 8" לצורך תצפיות פוטואלקטריות - אבל עוד השנה (1977) עומדים לצידו בטלסקופ 20" עם מד-אור משוכלל.

יתרונו של מצפה זה - בלילות החורף הארוכים שלו (כתנאי שלא מעונן כמובן) ובעובדה שמסלול הכוכבים שם כמעט מעגלי. אבל החיסרון הגדול הוא ששמיים אלה פעילים מבחינת זוהר הקטבים (aurora). כדי להתגבר על כך יש צורך להשתמש בפוטומטר מיוחד (Light chopping photometer).

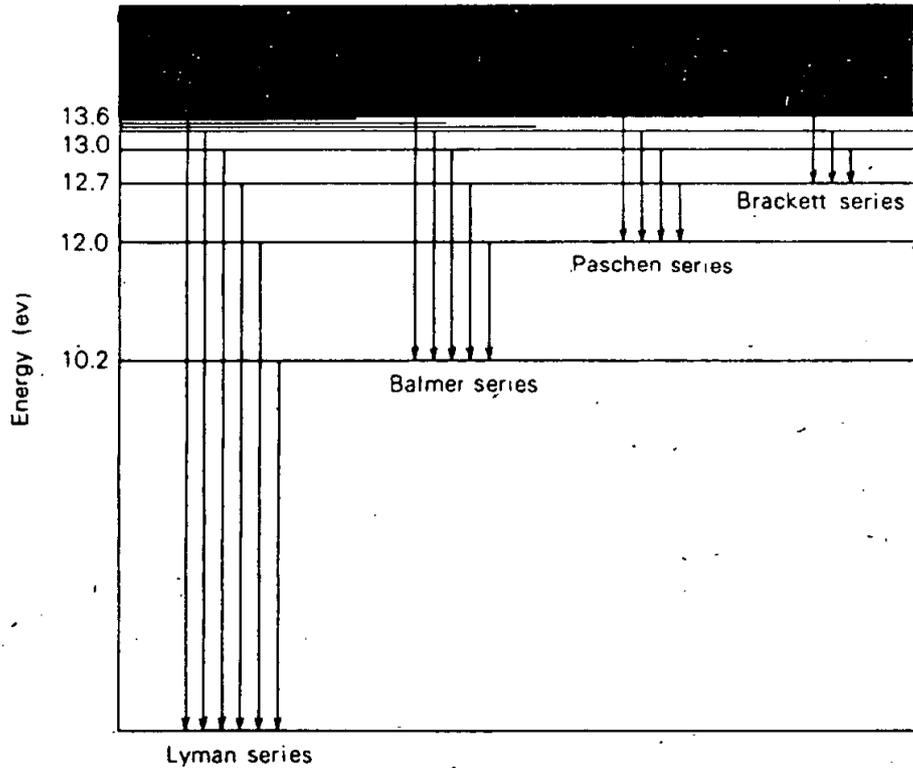
פיספוס על פני פובוס:

100 שנים לאחר שנתגלה ירחו הקרוב של מאדים פובוס ע"י אסף הל (Hall) נתקבלו תצלומים של ירח זה מהחללית ויקינג 1. תצלומים אלה נעשו מגובה של כ-300 ק"מ ועברו תהליך שיפור תמונה ע"י מחשב. מסתבר שנוסף למכתשים על פניו יש פסיסים פסים כמעט מקבילים ברוחב של כחצי ק"מ. אחת ההנחות להוצרותם של פסים אלה מתבססת על העובדה שרדיוס מסלול פובוס הולך וקטן. לפי הנחה זו מסלולו המקורי של פובוס היה ברדיוס כפול מהנוכחי (ופובוס יפול לבסוף למאדים בעוד 100 מיליון שנה), לפיכך אחת ההצעות היא שחיספופים

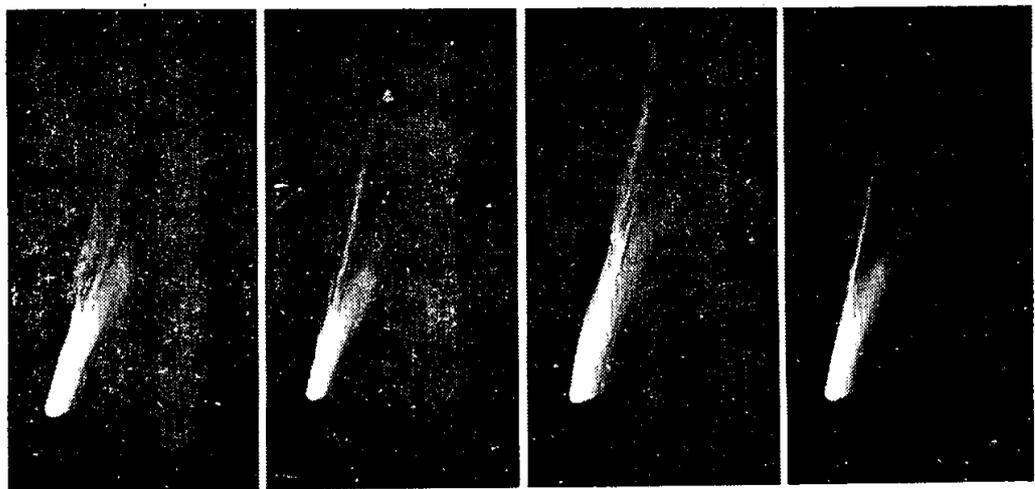
מקבילים אלה הם תוצאה של הסתגלות של פובוס לעליה במאמצי הגאות ושפל.

עובד מתוך "Sky and Telescope"

1977, Vol. 54, No. 4



צילור מס' 1. ספקטרום רמות אנרגטיות באטום מימן (ראה הסבר בעמ' 5).



AUGUST 22

AUGUST 24

AUGUST 26

AUGUST 27

שביט ע"ש Mrkos בשנת 1957 שצולם ע"י מצפה הכוכבים Wilson (ראה הסבר בעמ' 7).

אסטרונומיה ואסטרופיזיקה

מאת נח ברוש

ספקטרא הכוכבים

ברשימות הקודמות ראינו איך מודדים את הבהירות הנראית של הכוכבים, ראינו מהי הבהירות המוחלטת, איך אפשר למדוד מרחק לכוכבים מידיעת הגודל המוחלט ומדידת הגודל הנראה, ואיך אפשר למדוד מסה של כוכבים ע"י כוכבים כפולים.

הפעם נראה תחילה איך נוכל לאפיין טוב יותר את הכוכבים על-פי תכונות אורם.

במאה ה-17 גילה ניוטון שאור השמש, הנראה לבן, מורכב מכל צבעי הקשת. הצבעים השונים ניתנים להפרדה כעזרת מנסרה ותוצאת הפעולה נקראת ספקטרום. מאוחר יותר גילו פראונהופר ואחרים שבין ובתוך הצבעים השונים ניתן לראות קווים שחורים דקים מאוד. כוכבים אחרים הראו אף הם קווים כאלו בספקטרא שלהם. במאה ה-19 זהו חלק מהקווים שהופיעו בספקטרא של כוכבים כקווים אופייניים של יסודות שעל פני כדור הארץ.

כשנאסף מספיק מידע על ספקטרא הכוכבים התברר שיש שינויים גדולים מאוד בספקטרא של כוכבים שונים. כדי שנבין את עקרון הסיווג של הכוכבים למחלקות ספקטרליות נתעמק לרגע בצורת היווצרות הספקטרום.

כעקרון, כפי שהראנו בפרק על קרינת הכוכבים, ניתן לראות את הכוכב כגוף שחור שפולט קרינה המתפלגת כקרינת הגוף השחור. על קרינה זו לעבור דרך השכבות החיצוניות של הכוכב ושם נוצרים הקווים האפלים.

כולנו יודעים שהחומר מורכב מאטומים. כל אטום מורכב מגרעין קטן וכבד וסביבו אלקטרונים. הגרעין טעון חיובית וכך הוא מושך אליו את האלקטרונים, שמטענם שלילי. מסתבר שאלקטרון הקשור לגרעין אינו יכול להמצא בכל מצב שהוא, אלא שקיימים עבורו מצבי אנרגיה מוגדרים היטב. המצב דומה למיתר של כינור שנוגעים בו. המיתר מתחיל להתנדנד, אבל כולנו יודעים שאין הוא מתנדנד בתדירות כלשהי אלא שתדירות תנודות המיתר מוגדרת היטב ע"י אורכו ומידת מתיחותו. תדירות התנודות - משמע הצליל שמפיק המיתר.

כלומר, האלקטרון שקשור לגרעין, נמצא באחד ממצבי האנרגיה שמוגדרים היטב.

נעבור עתה לדוגמה מוחשית ונתבונן כאטום המימן. זהו האטום הפשוט ביותר. לו רק אלקטרון אחד השוכן בסביבת גרעין שהינו פרוטון אחד בלבד, זאת אומרת חלקיק חיובי אחד.

כדי לאפיין גדלים הניתנים לתאור כגלים, משתמשים בגודל הנקרא אורך גל. לגבי גל מוחשי - כגל מגלי הים - אורך הגל הוא המרחק בין שני שיאים סמוכים של גובה פני המים.

גם כדי לתאר אור - שהיא תופעה של גל אלקטרומגנטי (זאת אומרת צירוף של גל חשמלי וגל מגנטי המתקדמים בחלל) - ניתן להשתמש במושג אורך הגל - שנשמנו ב- λ . קיים קשר פשוט בין אורך הגל לתדירות התנודה ν של הגל: $c = \nu \lambda$, כאשר c היא מהירות האור. מכאן שאורך הגל עומד ביחס ישר ל- $\frac{1}{\nu}$ כך שאורך גל

ארוך פירושו תדירות נמוכה וההיפך.

קיים גם קשר בין תדירות הגל לאנרגיה שבו האנרגיה נישאת ב"חבילות" גלים הנקראות פוטונים - או חלקיקי אור.

נחזור כעת לאטום המימן איתו התחלנו לטפל ברמות אנרגיה.

לאלקטרון היחיד של אטום זה מצבי אנרגיה מוגדרים. רק אחד מכל המצבים הללו הוא מצב יציב. מצב זה נקרא מצב היסוד ואלקטרון שבו הוא בעל האנרגיה הנמוכה ביותר. כל מצב אחר בו האלקטרון עדיין קשור לאטום הוא בעל אנרגיה גבוהה יותר. אלקטרון חופשי, שאינו קשור לאטום, הוא בעל אנרגיה גבוהה עוד יותר.

אלקטרון יכול לעבור ממצב למצב. כמידה והוא עובר ממצב בעל אנרגיה גבוהה יותר למצב בעל אנרגיה נמוכה יותר, עליו לפלוט את הפרש האנרגיות. בדרך כלל נעשית פליטה זו של אנרגיה ע"י יצירת פוטון. אורך הגל של הפוטון הוא כזה שהאנרגיה שלו תתאים להפרש האנרגיות שבין הרמות. להיפך, אלקטרון יכול לעבור מרמה נמוכה של אנרגיה לרמה גבוהה רק אם תועבר אליו אנרגיה, בדרך כלל בצורת פוטון. אנרגיה זו צריכה להיות שווה בדיוק להפרש האנרגיה של הרמות.

כעת ברור מדוע מופיעים הקוים האפלים בספקטרא הכוכבים. קרינת "הגוף השחור" שמקורה בליבת הכוכב, פוגשת בשכבות החיצוניות של פני הכוכבים באטומים של החומר ממנו מורכבים הכוכבים. סביב אחדים מאטומים אלו נמצאים אלקטרונים. פוטוני הקרינה נתקלים באלקטרונים אלו והפוטונים בעלי אורך גל מתאים נבלעים. בכך מקפצים הם את האלקטרונים לרמות גבוהות יותר או אפילו גורמים להם להנתק לחלוטין מגרעיניהם. במקומות המתאימים בספקטרום של הגוף השחור יופיעו אז פסים אפלים, במקומות מהם "נבלעו" הפוטונים המתאימים.

נחזור לאטום המימן. רמות האנרגיה השונות של אטום המימן ניתנים לתאור ע"י נוסחה פשוטה שתוצאתה היא אורך הגל של הפוטון המתאים למעבר בין כל שתי רמות. נוסחה זו היא:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

זו נוסחת רידברג, ו-R, הקבוע בנוסחה, נקרא על שמו, קבוע רידברג. m ו-n הם מספרים טבעיים. $m = 1, 2, 3, \dots$ ו- $n > m$. המשתנה m מגדיר משפחות של קוים בעוד ש-n מגדיר קוים במשפחה מסויימת. למעשה ניתן לייחס לכל רמה מספר מסויים, כאשר הרמה בעלת האנרגיה הנמוכה ביותר, הנקראת רמת היסוד, מספרה 1 וככל שלרמה אנרגיה גדולה יותר מספרה גדול יותר. בציור מס' 1 בעמ' 3 מופיעות הרמות השונות של המימן. כל המעברים של האלקטרון בין רמות 2 וגבוהות יותר לבין הרמה מספר 1 שייכות למשפחת קוים הנקראת סדרת לימן והמופיעה בתחום האולטראסגול. המעברים בין רמה 2 ורמות גבוהות יותר נקראים מעברי סדרת בלמר והם מעניינים אותנו כיון שמופיעים בתחום האור הנראה. למעשה יש מספר אינסופי של רמות, אלא שהן מצטופפות יחד בגבול מסויים של אנרגיה. מעבר לגבול זה אין האלקטרון קשור יותר לאטום, אלא הוא חופשי. אטום המאבד את אחד האלקטרונים שלו הנו מיונן. כיון שאיבד מטען שלילי הוא נהיה חיובי יותר, הוא נהיה יון חיובי.

כוכבי שביט

(המשך מגליון 3/1977)

במונחים של פיסיקה מודרנית "לחץ קרינה" ו-"רוח השמש" הם הכוח הדוחה שהשמש מפעילה על מולקולות הגז והאבק שמהם מורכב השביט. ידוע כיום כי קרן אור מתנהגת כמו זרם של גופים קטנים הלוחצים על מכשול כאשר הם מתנגשים בו. דבר זה מוכח בניסוי פשוט וקלאסי, אם מכוונים אלומה של אור חזק על זרם דק של אבקת ליקופוד הנשפכת בשעון חול, האבקה נראית סוטה כמעט מהכיוון האנכי כאילו ע"י רוח חלשה. לחץ הקרינה פועל על כל הגופים אך ההשפעה נעשית חזקה מכוח המשיכה הפועל עליהם כאשר גודל החלקיק נעשה מאוד קטן (מתחת לאלפית המילימטר, לדוגמא, בסביבת השמש). הסיבה לכך היא שפני החומר הניתנים להשפעת לחץ הקרינה נעשים גדולים ביחס לנפח, ולכן ביחס לכמות החומר, של החלקיק. במקרה של כוכב שביט נעים החלקיקים לכיוון המנוגד לשמש ויוצרים את הזנב. זנבות כוכבי שביט וראשיהם מורכבים לא רק מאבק דק אלא ממולקולות בודדות של גז. דבר נוסף המשפיע על היווצרות הזנב הוא זרם של גז המורכב מחלקיקים תת-אטומיים שהשמש פולטת מפעם לפעם במחזוריים של פעילות מוגברת ומגבירה את מה שנקרא "רוח השמש". רוח השמש ולחץ הקרינה משליכים את האטומים והמולקולות מראש השביט לכיוון שבו אנו רואים את הזנב. פליטה זו של גז גורמת לאובדן חומר המתפזר בחלל. דבר זה מגביל את זמן החיים של כוכבי שביט לכ-100 מעברי פריהליון. לקראת הסוף, השביט מאבד את כל הגז שיכול היה להתאדות ממנו. ע"י המפולת הנשארים ממשיכים במסלולם הרגיל, מתנגשים לפעמים עם אטמוספירה כדור הארץ ויוצרים ממטרי מטאורים. כוכב שביט יכול גם להתחלק לשני חלקים או יותר כמשך המעבר בפריהליון או תוך כדי מעבר קרוב לאחד מכוכבי הלכת הגדולים, כשהגורם לכך הוא הגאות והשפל החזקים שנוצרים בו. "גבול רושה" מציין שהשביט העובר בתחום 145 מליוני ק"מ מהשמש (שביט קוהוטק עובר במרחק 21.3 מליוני ק"מ בלבד מהשמש) או 14.5 מליוני ק"מ מכוכב הלכת צדק, או 3.2 מליוני ק"מ מכדור הארץ עלול להתפורר. שביט XIV 1947 (השביט ה-14 שנתגלה בשנת 1947) עבר במרחק 16 מליוני ק"מ מהשמש והתפצל לשני חלקים.

לאור הבא מכוכב שביט יש מוצא כפול. כמו כוכבי הלכת הוא מואר ע"י השמש ומחזיר את האור שלה. סיבה שניה היא הלהט הנוצר בגז של השביט עקב קרינה על-סגולה מהשמש וזה מסביר מדוע בהירות השביט תלויה במרחק מהשמש ואינה גבוהה כשהשביט נמצא מחוץ למערכת השמש.

שביט מתואר בדרך כלל כאוביקט גדול, בלתי ברור עם זנב ארוך. תאור זה הוא הפשטת יתר ואמת חלקית בלבד, למרות שקיימים כוכבי שביט המתאימים לתמונה טיפוסית זו. כוכבי שביט חיוורים רבים נראים בטלסקופ לא יותר מאשר נקודה מעורפלת ללא סימן לזנב. כוכבי שביט נראים שונים זה מזה גם בגודל וגם בצורה, יש להם דבר אחד משותף - הופעה מעורפלת - דבר המראה שהם מורכבים מענני גז קלושים. לפעמים מופיע כוכב שביט עם זנב לא מפוח והאוביקט מקבל צורה של כתם ערפילי מוארך, ולפעמים מופיע שביט בעל זנב מרשים הנמתח לאורך השמים כמו קרן אור של זרקור. זנבות אלו עקומים בדרך כלל באופן קל, דבר היוצר לפעמים רושם של מניפה שמימית נהדרת. הדוגמא המפורסמת ביותר לכך היווה כוכב שביט בעל שבעה זנבות שהופיע בשנת 1744. מסוג דומה היה השביט הגדול משנת 1861, בבוקר ה-30 ביוני הגיע הזנב מעבר לכדור הארץ.

חובה להביא בחשבון, בהקשר זה, את השפעת הפרספקטיבה וזאת משום שקיימות דרכים רבות שבהן יכולים כוכבי שביט להתקרב לכדור הארץ. זנב השביט יכול להיות מכוון כלפינו ויכול להיות מאונך לקו הראיה שלנו. כאשר זנבו של שביט קרוב, יחסית, מצביע כלפי כדור הארץ; בולטת השפעת הפרספקטיבה ומופיע זנב גלילי, בדיוק באותו האופן שבו נראים קווים מקבילים של פסי-רכבת מתכנסים כלפי האופק. החלק הקרוב לכדור הארץ הוא סוף הזנב. זנבות כוכבי שביט מתעקמים במישור מסלולם, אם קו הראיה שלנו מתלכד עם מישור זה, עקמומיות הזנב לא תיראה. רק שיפוע ניכר של מישור מסלול השביט ביחס לכדור הארץ יראה את צורתו האמיתית של הזנב. אין זה אומר שלא מתרחשים בכוכב שביט שינויים ממשיים. אפשר לצפות בשינויים כגודל, בצורת האוביקט ובכהירותו במקומות שונים של מסלולו. לעתים אפשר לראות שברים היוצאים מהגוף העיקרי של השביט. התרחשויות כאלו נקלטות היטב ע"י צילומים. (ראה צילום בעמ' 3 של החוברת הזאת).

לא פחות מעורר סקרנות הוא הגודל הממוצע של כוכבי שביט. כמו בצורתם, יש מעט מאוד אחידות בגודלם. כוכבי שביט יכולים להיות גדולים ונהדרים או קטנים, יחסית, וחיוורים למרות שבמציאות הם אוביקטים גדולים. לכוכבי השביט הקטנים ביותר יש קוטר של 15,000 ק"מ - גדולים מכדור הארץ. בדרך כלל כוכבי שביט גדולים יותר והקוטר של חלק גדול מהם נע עד 240,000 ק"מ כשהממוצע הוא 140,000 ק"מ. כוכב השביט הגדול ביותר שנצפה אי-פעם היה השביט של 1811, קוטרו העצום שהגיע לשני מליון ק"מ היה גדול יותר מקוטר השמש עצמה.

זנבות של כוכבי שביט עצומים עוד יותר ולעתים קרובות מגיע אורכם למספר מליוני ק"מ. הזנב הארוך ביותר שנצפה שייך לשביט הגדול של 1843 שהגיע לאורך 322 מליוני ק"מ. זנב זה יכול היה להימתח למרחק העולה על מרחק כוכב הלכת מאדים מהשמש, זנבות אחרים קטנים יותר היו בעלי אורך השווה לרדיוס מסלול כדור הארץ סביב השמש או בעלי אורך השווה לרדיוס מסלול כוכב הלכת נוגה. יתר על כן, עובי הזנבות מגיע בסופם עד למספר מליוני ק"מ, לכן קל להבין מדוע שביט גדול העובר קרוב, יחסית, לכדור הארץ יכול ליצור מחזה מרשים בשמים. צריך להיות ברור שגם אם מחזה גדול תלוי בגודל השביט ובמרחקו מכדור הארץ, הרי לפרספקטיבה יש השפעה רבה. השביט של 1843 לדוגמא, עם 322 מליוני הק"מ שלו כיסה מרחק זויתי של 68 מעלות בשמים (שווה ל-136 ירחים המוצבים כשורה זה ליד זה) בעוד שהשביט של 1861 כיסה לא פחות מ-118 מעלות (שווה ל-236 ירחים - המוצבים זה ליד זה) למרות שהיה שלישי בגודלו.

המספר המוחלט של כוכבי שביט אינו ידוע וכנראה גם ישאר כזה, אך ברור שזהו מספר גדול. שיקולים תיאורטיים מראים שמספר כוכבי השביט הנמצאים במערכת השמש מגיע למספר אלפים. כמה מהם אנו רואים במציאות? נרשמו מעט מאוד כוכבי שביט בהירים, הממוצע הוא אחד בחיי-אדם. השביט הגדול האחרון הופיע בשנת 1882, היה ניתן לתצפית קרוב לתשעה חודשים ובלט מספר שבועות. התצפיות העתיקות ביותר הידועות כמדע התקיימו בשנת 2369 לפני הספירה. מאז התרחשו כ-1600 הופעות, כולל שביטים חיוורים שנראו דרך טלסקופ כלבד, כ-90% ממספר ההופעות. מספר זה יכול היה להיות גדול יותר משום שלפני המצאת הטלסקופ נרשמו רק אותם השביטים שנראו בעין בלתי מצוידת. עם השמוש בטלסקופ ובמצלמה גדל במהירות מספר כוכבי השביט החוורים שנתגלו, וכתריסר כוכבי שביט נוספים לרשימה כל שנה.

מסלולי כוכבי שביט נבדלים ממסלולי כוכבי לכת בכך שהם מוארכים ונטויים בזווית גדולה למישור מערכת השמש. מסלולו של כוכב שביט יכול להיות אחד מתוך שלוש עקומות שונות: אליפסה פרבולה או היפרבולה. אליפסה היא קו עקום בזמן שפרבולה והיפרבולה הן עקומות שזרועותיהן מתרחקות זו מזו יותר ויותר מבלי להיסגר שוב. אליפסה בנויה סביב שני מוקדים, כשהאכסצנטריות שלה היא המרחק

בין המוקדים המבוטא כשבר של הקוטר הגדול; ניתן לומר שהאכסצנטריות של מעגל היא אפס וזאת משום ששני המוקדים מתלכדים זה עם זה במרכז המעגל. ככל שהאכסצנטריות של אליפסה גדולה יותר כך האליפסה מוארכת יותר, כאשר האכסצנטריות משתווה ל-1 נמצא אחד המוקדים באין-סוף והצורה נקראת פרבולה. להיפרבולה שהיא בעלת אכסצנטריות הגדולה מ-1 יש זרועות הנפתחות בקצה אחד באופן רחב יותר מאשר זרועות פרבולה.

המסלול הנקבע ע"י אוביקט הנע סביב כוכב גדול יותר, המושך את הראשון ע"י גרביטציה, נקבע ע"י המהירות היחסית של האוביקט. במהירות מסוימת (גם כיוון וגם גודל) הנקראת "מהירות מעגלית" ינוע הגוף הראשון באופן אחיד במעגל סביב השני. במהירות גבוהה יותר כמעט, מסלולו יהיה אליפטי וככל שמהירות האוביקט תגבר כך תגדל האכסצנטריות של האליפסה, אם מהירות זו גדולה פי-1,4142 ($\sqrt{2}$) מ"מהירות מעגלית", מסלול האוביקט יהיה פרבולה, במהירות גדולה יותר יתקבל מסלול היפרבולי. במקרה אחד נע כוכב השביט לאורך מסלול סגור ושב באופן מחזורי, כמו כוכב לכת, לאותו מצב יחסית לשמש. במקרה אחר מופיע השביט ממעמקי החלל, עובר דרך מערכת השמש וסביב השמש ונעלם לתוך החלל בכיוון אחר. במלים אחרות, אפשר לחלק את השביטים לשתי קבוצות: מחזוריים אשר חוזרים ונראים שוב לאחר מירווח זמן נתון, ואורחים חד-פעמיים העוברים בקרבת השמש פעם בלבד. למרבה הצער מסלוליהם של כוכבי שביט רבים קשים לזיהוי. כאשר כוכב השביט קרוב לשמש עקומות שלושת המסלולים כמעט זהות ומאוד קשה להבחין ביניהם. במרחקים גדולים מהשמש כאשר המסלולים נבדלים זה מזה, השביטים חיוורים מדי לתצפית. מקובל שרוב מסלוליהם של כוכבי השביט הם או אליפטיים או פרבוליים. ישנם מסלולים שהם היפרבוליים כשהם בתוך מערכת השמש אך כאשר מתאפשר לנתח את המסלולים מחוץ למערכת השמש מתברר ששם הם פרבוליים. ההסבר לכך פשוט. ההסברים שלעיל מייחסים לשביט תנועה בהשפעת השמש בלבד. במציאות אי-אפשר להתעלם מהשפעת כוכבי הלכת וזאת משום שלמרות גודלם הקטן בהשוואה לשמש, כמות החומר בהם מספיקה כדי להשפיע; יותר מכך מסלולם של כוכבי שביט מסוימים מותאם כל כך עד שהם מצטלבים עם מסלולו של כוכב לכת זה או אחר כך שהם יכולים להימצא בקרבה רבה לאותו כוכב-לכת. קירבה זו יכולה לגרום לשינויים, בתנועת כוכב השביט, שיספיקו כדי להשפיע על צורת המסלול. מחזור ההקפה של שביט יכול להתארך או להתקצר עקב שינויים אלו. יתר על כן, ידוע שמספר שביטים מחזוריים לא שהו תמיד במסלולם הנוכחי, מסלול זה נוצר כתוצאה מ"תפיסה" במעבר קודם דרך מערכת השמש: השביט נע לאורך מסלול פרבולי ועובר בקרבת כוכב לכת אשר מפעיל עליו את כח המשיכה שלו וזה מספיק כדי לשנות את מסלולו לאליפטי.

נקודת האפהליון של מסלול כוכב שביט כזה ממוקמת ליד המקום בו ארעה התפיסה (אפהליון - הנקודה הרחוקה ביותר מהשמש, במסלולו של גוף המקיף אותה). ברור שתהליך כזה יכול להתרחש בכיוון הפוך עם שביט מחזורי הנשלף מתוך מסלול אליפטי או אל מסלול פרבולי או היפרבולי ועוזב את מערכת השמש. בשנת 1886 עבר שביט ברוקס במרחק 90,000 ק"מ מפני כוכב הלכת צדק ושינה את זמן המחזור ממעל ל-29 שנה עד ל-7 שנים בקירוב. המסלולים של מעל למאה כוכבי שביט הידועים כבעלי מסלולים אליפטיים נמצאים בתוך מערכת השמש. ליותר מחמישים כוכבי שביט יש אפהליון קרוב למסלול כוכב הלכת צדק, כוכבי שביט אלו ידועים כ"משפחת השביטים של צדק". לאחרים יש אפהליון בקרבת כוכבי הלכת שבתאי, אורנוס ונפטון והם ידועים כ"משפחה" של כוכבי הלכת המתאימים. שביט האלי חבר במשפחת השביטים של נפטון.

(המשך יבוא בגליון הבא)

אסטרוֹלוֹגְיָה

(עקרונותיה, הקשר ואי-הקשר שלה למדע)

המחקר המודרני מראה כי כל החומר ביקום מורכב מאטומים, יתר על כן - מאותם הסוגים של אטומים. חלליות המחקר שנשלחו לכוון המאדים (מארינר 4, 6, 7 ו-9) וכמו-כן הספקטרא של אור הפולסרים הרחוקים שהתקבלו בטלסקופ: שניהם מצביעים על העובדה שהמאדים כמו הפולסרים מורכבים מאותו סוג חומר כגופנו אנו. יהיה חוסר הידע וההכנה שלנו על אובייקטים אלה אשר יהיה, ברורה לפחות העובדה הנ"ל. גלוי זה כשלעצמו הוא גדול וחשוב מאוד מפני שהוא מציע כי האוניברס (היקום) הוא באמת אוניברס כשמו, כלומר הוא אחיד ואיננו "פוליברס".

למרות זאת, אל לנו להאשים את הקדמונים על שהניחו כי הגלגלים הזוהרים שבשמיים, כוכבי הלכת והשבת עשויים מחומר "שמימי", ולא מהיסודות "הארציים" המצויים בביתנו. ההכרה בעובדה שהעולמות השמימיים הם עולמות ממשיים ולא חומר אוירי-רוחני היא מאוחרת יחסית בתולדות המדע. לא מפליא, איפוא, שהקדמונים החשיבו את כוכבי הלכת (בתוספת השמש והירח), הנעים לכד בין הכוכבים על הגלגל השמימי, כבעלי משמעות מיוחדת. כוכבי הלכת נחשבו כקשורים עם האלים של המיתולוגיות העתיקות. יתר על כן - במקרים מסויימים הם נחשבו כאלים עצמם. אפילו כתרבות המתוחכמת יחסית של יוון העתיקה נקראו כוכבי הלכת בשם האלים ויוחסו להם הכוחות וההשפעות של האלים שעל שמם נקראו. מרעיונות כאלה צמחה הדת הפרימיטיבית של האסטרוֹלוֹגְיָה.

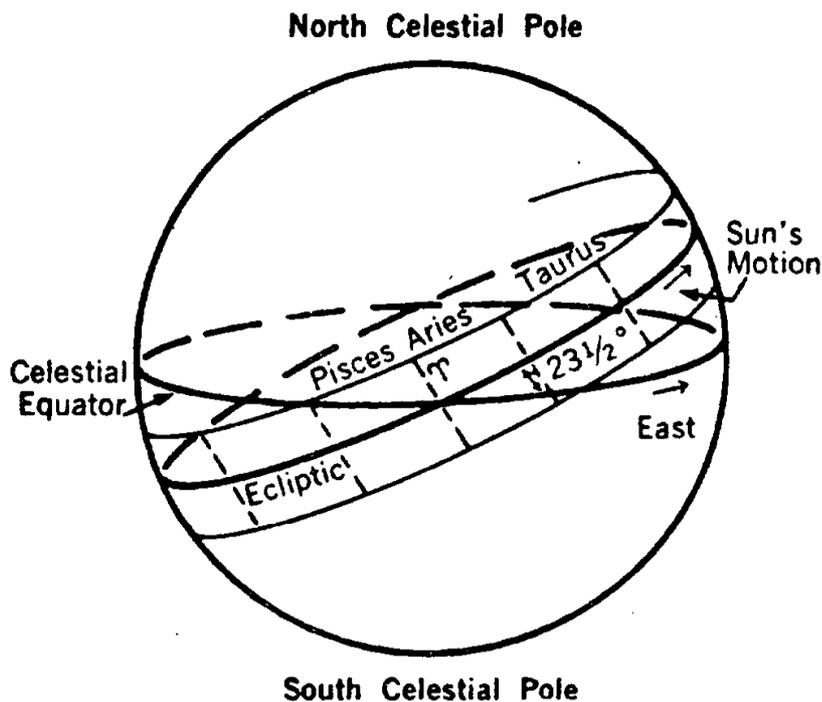
האסטרוֹלוֹגְיָה החלה, כך אנו חושבים, בעמק הפרת והחידקל - בארם נהריים, כאלף שנה לפני הספירה. בני מסופוטמיה ובבל האמינו שכוכבי הלכת ותנועותיהם השפיעו באופן זה או אחר על גורל מלכים ואומות שלמות. לאסטרוֹלוֹגְיָה זו של בני ארם-נהריים הקדמונים אנו קוראים אסטרוֹלוֹגְיָה מונדנית (mundane). כאשר נבלעה תרבות בבל על ידי היוונים, זכתה האסטרוֹלוֹגְיָה הבבלית להשפעה בכל העולם המערבי ובאופן הדרגתי התפשטה גם מזרחה. במאה השלישית והשנייה לפני הספירה עברה האסטרוֹלוֹגְיָה "דמוקרטית" בידל היוונים על-ידי פיתוח המסורת שהשפעת כוכבי הלכת פועלת על כל אדם. במיוחד האמינו היוונים שהערכות כוכבי הלכת ברגע לידתו של אדם משפיעה על אופיו וגורלו. צורה זו של אסטרוֹלוֹגְיָה, הידועה בשם אסטרוֹלוֹגְיָה נטלית (natal), הגיעה לשיאה בזמן תלמי במאה השנייה לספירה. תלמי, הידוע גם כקלאודיוס פטולומיאוס הוא מפורסם כאסטרוֹלוֹג לא פחות מאשר כאסטרוֹנוֹם. מחקרו הגדול באסטרוֹלוֹגְיָה - "טטראביבלוס" (Tetrabiblos) נשאר "התנ"ך" של הנושא עד היום הזה.

(א) ההורוסקופ:

המפתח לאסטרוֹלוֹגְיָה הנטלית הוא ההורוסקופ, מפה המראה את מיקום כוכבי הלכת בשמים ברגע לידתו של אדם מסויים. מיפוי ההורוסקופ, כמו של כל מפה, מצריך שימוש בקואורדינטות. הקואורדינטות השמימיות בהם השתמשו באסטרוֹלוֹגְיָה, בזמן הקדום כמו בימינו, הן אנלוגיות ובעלות מקור משותף עם אלה שבשמוש האסטרוֹנוֹמיים. ראשית, כוכבי הלכת (כולל שמש וירח שנחשבו לכוכבי לכת ע"י אסטרוֹלוֹגים ואסטרוֹנוֹמים עתיקים) חייבים להיות ממוקמים בשמים ביחס לכוכבי השבת הקבועים על הכדור השמימי. שנית, הכדור השמימי הסובב כל הזמן עם הכוכבים וכוכבי-הלכת שעליו, חייב להיות בעל כוון מוגדר ביחס לכדור הארץ בזמן ובמקום לידתו של בעל ההורוסקופ.

מקום כוכבי הלכת על הכדור השמימי נקבע ע"י קביעתם בתוך הזודיאק (zodiac) - החגורה סביב האקליפטיקה (ecliptic) - מסלולה המדומה של השמש במשך השנה) - אשר מכיל את כוכבי הלכת תמיד. הזודיאק מכונה גם גלגל המזלות.

למטרות האסטרונומיה נחלק הזודיאק ל-12 חלקים הקרויים מזלות או סימנים (signs), כל אחד של 30° . ראשית המזלות הוא במקום על האקליפטיקה שבו השמש, במסעה השנתי בשמים, חוצה אותה מהחצי הדרומי לחצי הצפוני - בראשית האביב - 21 במרץ. החצאים הצפוני והדרומי מופרדים ע"י קו המשווה השמימי, בחצי הדרך בין הקטבים השמימיים הצפוני והדרומי. המקום שבו חוצה השמש את קו המשווה השמימי ביום הראשון של האביב נקרא נקודת האביב (vernal equinox). סימן הזודיאק הראשון הוא קטע של 30° , על האקליפטיקה, מזרחית החל מנקודת האביב. מזל ראשון זה נקרא טלה (Aries). נקודת האביב נקראת גם הנקודה הראשונה של טלה וגם היום היא מסומנת ב- γ - סימבול לקרני הטלה. 11 המזלות הבאים בכוון מזרחה (כוון תנועתה השנתית של השמש) הם: שור (Taurus), תאומים (Gemini), סרטן (Cancer), אריה (Leo), בתולה (Virgo), מאזניים (Libre), עקרב (Scorpio), קשת (Sagittarius), גדי (Capricorn), דלי (Aquarius) ודגים (Pisces). הזודיאק - גלגל המזלות נקרא גם בשם "איזור החיות" (the zone of the animals). הורוסקופ מראה את מיקום כל כוכבי הלכת בשמים ע"י ציון מיקומם במזל המתאים (ציור 1).



ציור מס' 1.

עם סיבובו של הגלגל השמימי (בגלל סיבוב כדור הארץ על צירו) נעה נקודת האביב בשמיים איתו וכן כל גלגל המזלות לכוון מערב בהשלים סיבוב שלם כל יממה. אי לכך מיקומם של כוכבי הלכת בגלגל המזלות אינו מספיק לקביעת מקומם ביחס לאופן במקום וזמן מסויימים. כדי להשיג זאת חייבים לדעת נתון נוסף המכונה זמן סידרלי (כוכבי) (Sidereal time), המודד בכמה זזה נקודת האביב מהרגע שעברה את נקודת המרכז בין מזרח המערב של השמיים. אם ידוע הזמן הסידרלי או מיקום נקודת האביב בשמים, ידועים מקומות כל המזלות ולכן כוכבי הלכת.

כדי לציין את מיקום כוכבי-הלכת, מגדירים האסטרונומים מערכת של "בתים" (houses) הקבועים ביחס לזניט ולאופק, בכל נקודה על כדור הארץ. (המושג המקביל באסטרונומיה המודרנית היא זווית השעה - hour angle). 12 הבתים מחלקים את השמים ל-12 חלקים החל מהאופק המזרחי. הבית הראשון הוא החלק שמתחת לאופן המזרחי; עצמים שבתוך הבית הראשון יזרחו במשך השעתיים הקרובות. הבית השני הוא הבא אחריו מתחת לראשון; השלישי עד השישי כולם מתחת לאופן כאשר השישי הוא זה המכיל את האובייקטים ששקעו במשך השעתיים האחרונות. הבתים השביעי עד השנים-עשר נמתחים על פני השמים ממערב למזרח. תאור זה, למרות היותו נכון באופן בסיסי, הוא מעורפל למדי מאחר שמספר הגדרות מדויקות אך שונות היו בשימוש האסטרונומים במשך השנים.

הורוסקופ שלם מיוצג בדרך כלל ע"י מעגל המציין את האקליפטיקה עם שנים עשר הבתים מסומנים בשפת העיגול. המזלות וגבולותיהם מסומנים גם כן על ההורוסקופ וכן מיקומם של שבעת כוכבי הלכת. לפעמים מסומנים גם המקומות של כוכבי שבת בולטים על הזודיאק.

אילו שמו ציר כדור הארץ על כוון קבוע במדויק במרחב, נקודת האביב היתה קבועה בין הכוכבים על הכדור השמימי. אולם תופעת הפרצסיה (precession), שהתגלתה ע"י היפרכוס במאה ה-2 לפנה"ס, גורמת לשנוי איטי בכוון אליו פונה ציר כדור הארץ. דבר זה הוא מקור "ההחלקה" של נקודת האביב מערכה על האקליפטיקה. במקור, סימני הזודיאק - המזלות, היה להם שם זהה למערכות הכוכבים (הקונסטלציות) איתם התלכדו. אולם בגלל הפרצסיה, המזלות אינם עוד בקו אחד עם הקונסטלציות בעלות אותו שם; למשל מזל טלה הוא בכוון הקונסטלציה דגים.

(ב) פרוש ההורוסקופ:

קיימים כללים סטנדרטיים פחות או יותר לשם פרוש ההורוסקופ. רובם של כללים אלה (לפחות באסכולות המערביות) מקורם "בטראביבלוס" של תלמי. כל מזל, כל בית, כל כוכב לכת בהיותו מקור של "כוח"; כולם קשורים עם נושא מסויים. על כן, אם נולדת בין 21 במרץ ל-19 באפריל, השמש היתה במזל טלה ואתה ידוע בחברה כטלה (Aries), למרות שלמעשה בזמן הולדתך השמש היתה בכוון הקונסטלציה דגים. אנשים מצפים שאתה שתלטן, בעל כושר המצאה, חסר סבלנות. חשוב במיוחד הוא גם מה היה במקום ובזמן שבו נולדת) בבית הראשון - מה עמד לזרוח אז. אם היה זה הירח, למשל, אתה בעל מצבי רוח משתנים וקודרים ונוטה לדחות החלטות. אם באותו הזמן, למשל, המאדים היה במזל כתולה אזי אתה גם ערום ואימפולסיבי. דבר חשוב נוסף הוא היחס בין כוכבי לכת בינם לבין עצמם - האספקטים שלהם (aspects). האם הם 0° , 60° , 90° , 120° או 180° זה מזה על גלגל המזלות. אם כוכב החמה הוא באותו קו כמו צדק בהורוסקופ הנטלי שלך זהו סימן טוב, לעומת זאת אם נוגה היא ב-90 לשבתאי מצבך עגום. חשוב גם איפה נמצא כל כוכב לכת בתוך הבתים האם הוא נכנס לתוך בית מסויים, יוצא ממנה או נמצא קרוב לגבול בין שני בתים.

במילים אחרות, האינטרפרטציה של הורוסקופ היא עסק מאוד מורכב ולמרות שהכללים הם סטנדרטיים, איך לשקלל כל כלל ואיך ליישמו הוא ענין הנתון לשיפוט סובייקטיבי - ול"אמנות". פרוש הדבר הוא שקשה מאוד לחייב את האסטרונומיה לחזוי ספציפי.

האינטרפרטציה של ההורוסקופ של מישהו, שהוכן בהתאם למקום וזמן לידתו היא האסטרולוגיה הנטלית. אופיו של האדם וגורלו תלוי, כפי שמניחים האסטרולוגים בהורוסקופ הנטלי. ענף אחר של האסטרולוגיה הוא האסטרולוגיה ההוררית (horary) המתימרת לענות על שאלות ישירות וספציפיות ע"י הכנת ההורוסקופ בהתאם למקום ולזמן בו נשאלה השאלה. אסטרולוגיה הוררית יכולה לשמש, למשל, כאמצעי לגלוי עסקי אהבים של בן זוג או לנבוי אם יום השני הקרוב הוא זמן טוב לכריתת חוזה עסקי מסויים.

האסטרולוגים, לפחות אלה העתיקים שהבינו היטב את האסטרונומיה הקשורה בדבר, יודעים שהמזלות זזים ביחס למערכות הכוכבים עם הזמן - בגלל הפרצסיה. אולם למרות זאת מבוססת האסטרולוגיה המסורתית על המזלות ולא על הקונסטלציות והיא נקראת אסטרולוגיה טרופית (tropical). יש לכן אולי בסיס הגיוני - עונות עונות השנה תלויות אך ורק במיקום השמש ביחס לנקודת האביב.

אסכולה אחרת של אסטרולוגיה מבוססת על מיקום כוכבי הלכת ביחס לקונסטלציות ולא על המזלות; היא נקראת אסטרולוגיה כוכבית, סידרלית (Sideral). היום הנקודה הראשונה של טלה - נקודת האביב היא בקונסטלציה של דגים; היא החליקה מערבה כמעט רוחב שלם של מזל במשך כאלפיים השנים מאז שנקבעו שמות המזלות. בקרוב היא תחלוף לחלוטין על דגים ותגיע לקונסטלציה של דלי. ברגע זה יחל מה שמכונה "עידן הדלי" (Age of Aquarius). הזמן המדוייק מתי שהדבר יקרה תלוי במקום שבו עובר קו הגבול בין דגים לדלי; מפות כוכבים ישנות לא נותנות לכך תשובה מחייבת ואחידה. קשה להאמין שהאסטרולוגים יקבלו את הגבולות שנקבעו באופן שרירותי ע"י ההתאחדות הבינלאומית לאסטרונומיה ב-1928!

(ג) ערך האסטרולוגיה:

היום, עם ידיעתנו הרבות על מבנה כוכבי הלכת כגופים פיסיקליים, המורכבים המורכבים מסלעים וגאזים, קשה לדמיין כי כוונם של אלה בשמיים בזמן ובמקום לידתו של מישהו יש להם קשר כלשהו עם אופיו ועתידו. השפעת כוח המשיכה הגרויטציוני של השמש והירח על גאות ושפל היא ברורה היום מעל לכל ספק, אולם השפעת כוכבי הלכת היא תמיד פחותה מהשפעת הרופא המילד. אור וחום השמש הם בודאי בעלי חשיבות עצומה אולם שנוי זעיר שבזעירים באלה גדול מליוני פעמים מכל האור והחום שבא מכוכבי הלכת. יתר על כן, מרחקי כוכבי הלכת מכדור הארץ הם רבים ושונים וההשפעה הגרויטציונית שלהם ועצמת האור מהם משתנים עם ריבוע המרחק - דבר שהאסטרולוגיה מתעלמת ממנו.

האסטרולוגיה חייבת להניח שלכוכבי הלכת יש כוחות בלתי ידועים התלויים במיקומם היחסי וביחס למערכת קואורדינטות שרירותית שנבחרה ע"י האדם - כוחות שאין לקיומם אפילו פיסה של הוכחה מוצקת. האם האסטרונאוטים על הירח מושפעים באופן דומה ע"י כוחות אלה או שכדור הארץ לבדו אינו מקיים את חוקי הטבע הבלתי ידועים?

באסטרולוגיה האורתודוכסית, כל חייו של אדם ומותו הם רשומים מראש בהורוסקופ הנטלי שלו. אם נהרג אדם בתאונת דרכים בגיל 63 מאחר שמישהו אחר עבר באור אדום ברמזור, האם עלינו להניח שכל שרשרת המאורעות המסובכת שהוליכה לנסיבות התאונה היתה משורטטת מראש ע"י כוכבי הלכת בזמן לידתו? ואם היה נולד שעתיים מאוחר יותר הכל היה אחרת? רובנו נמצא את ההנחה הזו כה בלתי מתקבלת על הדעת עד שנזדקק להוכחה רצינית וברורה כדי לקחתה

כרצינות. באלפי השנים של קיומה לא ספקה האסטרולוגיה שום הוכחה כזאת.

אפשר להניח, לעומת זאת, שאסטרולוגיה עובדת רק באופן סטטיסטי; שדברים אחרים - תורשה וסביבה, למשל - הם חשובים גם כן. במקרה זה השפעות אסטרולוגיות הן חשובות רק כמגמות כאשר כל השאר שווה. במקרה זה אמיתות האפקטים האסטרולוגיים ניתנת לבחינה סטטיסטית. מדי פעם הביאו האסטרולוגים "הוכחות" סטטיסטיות לאמיתות האסטרולוגיה, אולם ללא יוצא מן הכלל כאשר נבדקו "הוכחות" אלה על ידי מתמטיקאים הן נמצאו חסרות בסיס.

קיימים שני סוגים עקריים של שגיאות סטטיסטיות אשר מבוצעות לעיתים קרובות ע"י אסטרולוגים (ולמרבית הצער גם על ידי רבים אחרים). הראשון הוא המבחן שלאחר מעשה (a posteriori test). אין אפשרות לבחון באופן משמעותי את ההסתברות של מאורע אשר ידוע עליו כי כבר קרה. נניח, למשל, שמישהו כותב את המספרים מ-1 עד 10000 על פתקי נייר, ומערבבם בתוך קופסה. לאחר מכן הוא מוציא באופן מקרי את אחד הפתקים, ומספרו 2316. יש רק פתק נייר אחד בין 10000 שמספרו 2316, על כן אנו מתפתים להאמין שההסתברות היא 1 ל-10000 להוציא מספר זה כמו גם כל מספר אחר. למעשה ההסתברות ש-2316 הוצא היא 1. אם מישהו היה מנבא מספר זה מראש ואז מושך פתק זה באופן מקרי היה זה דבר אחר; - אז זה היה קורה פעם ב-10000 נסיונות.

שגיאה עקרונית אחרת היא זו של הוצאת מסקנות מתוך מדגם המכיל מספר מועט של מקרים. נניח שאתה זורק מטבע 10 פעמים. מספר הפעמים, המתקבל על הדעת ביותר, שהמטבע תיפול על "עץ" הוא 5; אולם, 8 פעמים "עץ" יתקבלו פעם אחת ל-30 מקרים. על כן תוצאה של 8 פעמים "עץ" לא תהיה מפתיעה מאוד למרות שזה ב-60% יותר פעמים "עץ" ממה שצפוי. אולם אם המטבע יזרק 10000 פעם - 5200 פעמים "עץ" יהיה בלתי מתקבל על הדעת לחלוטין וכל מומחה יחשוד שהמטבע איננו "ישר", למרות שמספר זה הוא רק ב-4% גדול מהמספר המתקבל על הדעת ביותר (5000). בקיצור, סטטיסטיקה, למרות שאיננה מקצוע קשה במיוחד חייבת להיות מוכנת היטב ומיושמת בצורה נכונה; כמיוחד אפשר להסיק מסקנות מאוד בלתי נכונות ממספר מועט מדי של נחונים.

במבט לאחור אפשר להבין את אמונתם של בני-הקדם באסטרולוגיה. הם חשבו שהכוכבים כנויים מחומר שמימי, השונה מהיסודות המרכיבים את כדור הארץ, והם הושמו בשמים ע"י האלים על מנת לגמול חסד לאנושות. לאור הידע העכשווי, היומרות האסטרולוגיות נראות דחוקות ומגוחכות. היינו רוצים לראות הוכחות מוצקות וחזוי שיתגשם. מדענים בתחום הפיסיקה ותחומים אחרים אשר חקרו את הנושא בתקופה למצוא איזשהו גרעין של תקף בו, מצאו תוצאות שליליות. בעצם כל המדענים דוחים את האסטרולוגיה כדעה קדומה בלתי מבוססת, למרות זאת ממשיכה היא לקסום לכוח הדמיון העממי. התקופה לחזות את העתיד באמצעים מיסטיים או מאגיים, ואולי העברת האחריות וההאשמות בכשלוך ומצוקה לכוח כל יכול ממשיכות להיות משיכה חזקה. יתר על כן, יתכן שהחקרנות על הבלתי נודע והבלתי ניתן להוכחה מהווה שעשוע ללא תלות בכמה מעט היא מבוססת. אסטרולוגים רבים מודים היום שהאסטרולוגיה איננה ניתנת להוכחה סטטיסטית או נסיונית אלא חייבת להיות חלק מה"ידע" על האמת. בהקשר זה, האסטרולוגיה נמצאת מעבר לתכולת המדע ושום טיעון רציונאלי המבוסס על כללי המדע איננו תקף. לרבים, האסטרולוגיה היא דת, ולכן היא מחוץ להיקף דיוננו כאן.

עובדה אחת נשאר: העיסוק באסטרולוגיה בימים קדומים דרש ידע על תנועות כוכבי הלכת לצורך הכנת הורוסקופים עבור מאורעות העתיד והעבר. החיפוש אחר שיטה למפות את כוכבי הלכת, ביחד עם סקרנות טבעית על הטבע, הובילו למאות שנים של תצפיות וחישובים, ובמידה רבה הביאו לפיתוח הטכנולוגיה המודרנית שלנו.

פינת החובב

בעריכת נפתלי תשבי

מדידת זוויות בשמיים בעזרת מכשירים אסטרונומיים קדומים

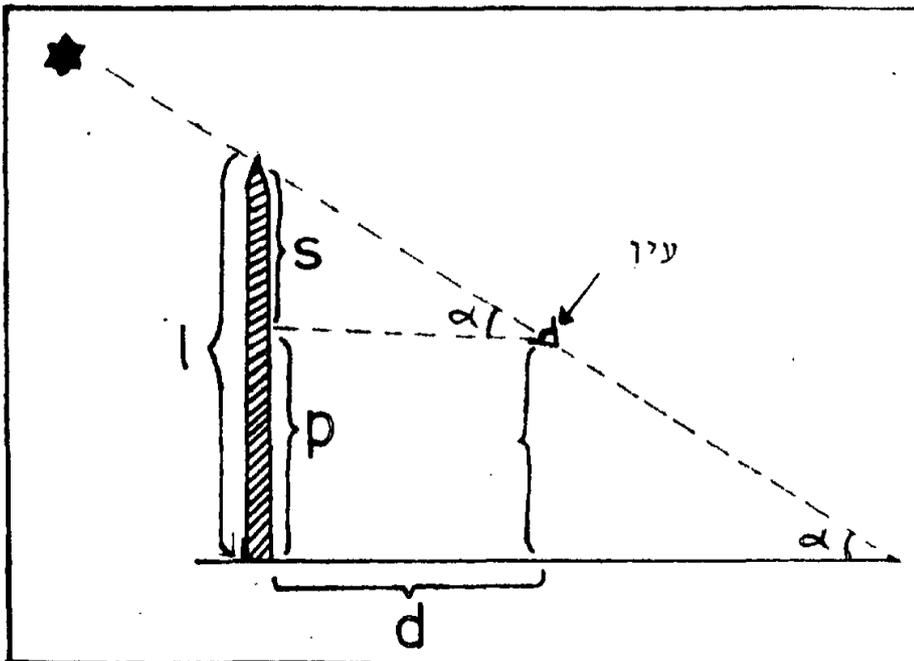
ברשימה הקודמת תיארנו כיצד נוכל לצפות בתנועת הכוכבים בשמיים וראינו שמכשיר אסטרונומי ראשון וחיוני לתצפיות פשוטות הוא התיאודוליט - המאפשר לנו לציין את מיקומם של נקודות בשמיים באמצעות הגובה הזוויתי של הכוכב מעל האופק, והאזימוט - המרחק הזוויתי לאורך האופק מהצפון.

מעניין לציין שכבר בראשיתה של האסטרונומיה עמדו על החשיבות הרבה של מדידת זוויות בשמיים ויצרו לשם כך שורה ארוכה של מכשירי מדידה פשוטים, הדומים ביסודו של דבר לתיאודוליט שבנינו. נעשה הכרה עם כמה מכשירים כאלה, שאת כולם יכול כל אחד לבנות במו-ידידו.

(א) מגבל התצפית הבבלי - ה"Zichurrats":

הבבלים הקדמונים מדדו את הגובה של כוכב מעל האופק בעזרת עמוד אבן מחודד, בגובה מטרים אחדים, שעמד במרכז רחבה גדולה. הכהן-אסטרוולוג הבבלי השתמש בתצפית בעינו, כך שעמד במקום בו נראה הכוכב בדיוק בקצה העמוד. (ראה ציור 1).

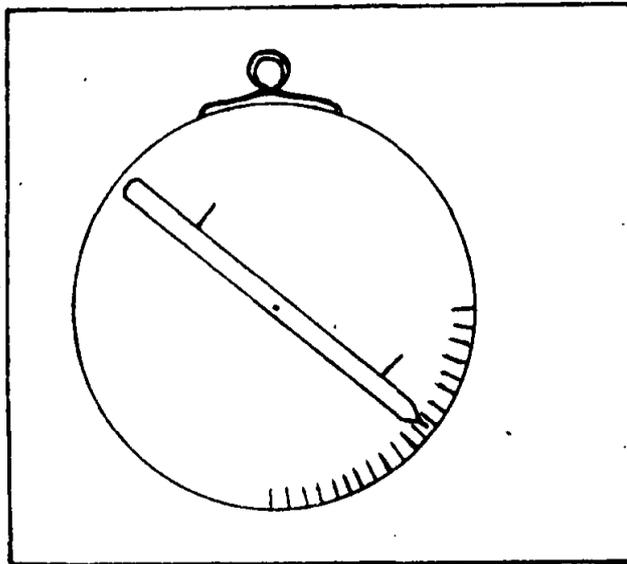
מאחר וידע את גובה העמוד ואת גובהו שלו, וכן את מרחקו מן העמוד, יכול היה לקבוע את הגובה הזוויתי של הכוכב. מיקומו ברחבה שסביב העמוד, קבע גם את האזימוט של הכוכב.



(ב) האסטרולב (Astrolabium):

מכשיר זה, בו השתמשו רבות האסטרולוגים של ימי הביניים, דומה במידה רבה לתיאודוליט שלנו. זהו מעגל מתכת ובו זרוע-מצביעה, מסתובבת, בעלת שתי כוונות, שאפשר לצפות דרכן בכוכב.

את המכשיר היו תולים או מחזיקים באצבע, כך שיהיה באמת מאונך. כאשר כווננו הכוונות אל הכוכב, הראתה הזרוע את הגובה הזויתי על פני שנתות המצוירות במעגל. כדרך כלל היה גם לוח אסטרולוגי מצוייר על מכשיר זה. דגמים מתקדמים יותר של המכשיר היו מקושטים ומעוטרים עד כדי יצירת אומנות ממש.

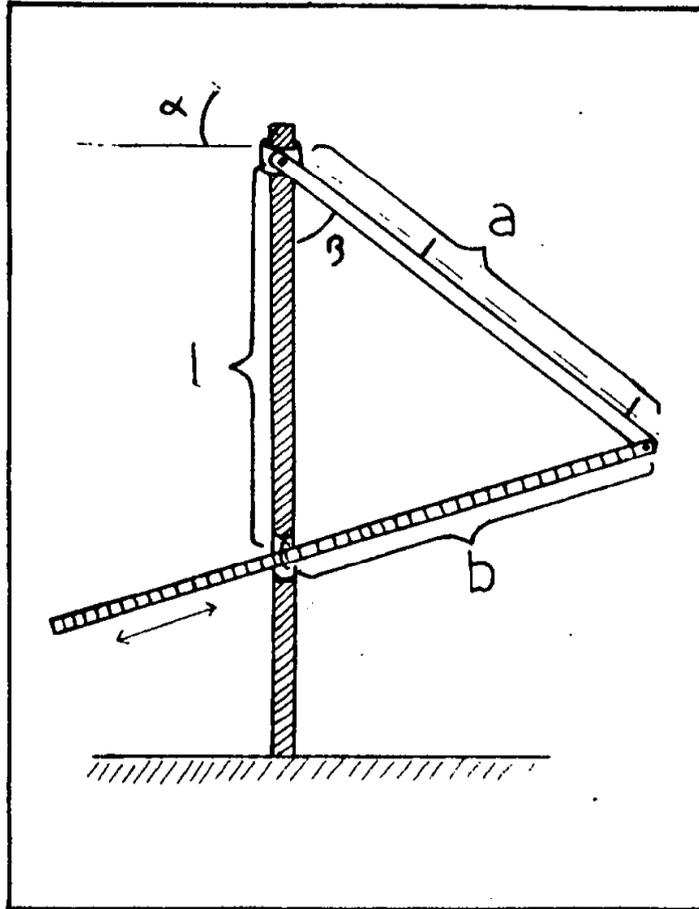


אסטרולב

ציור 2

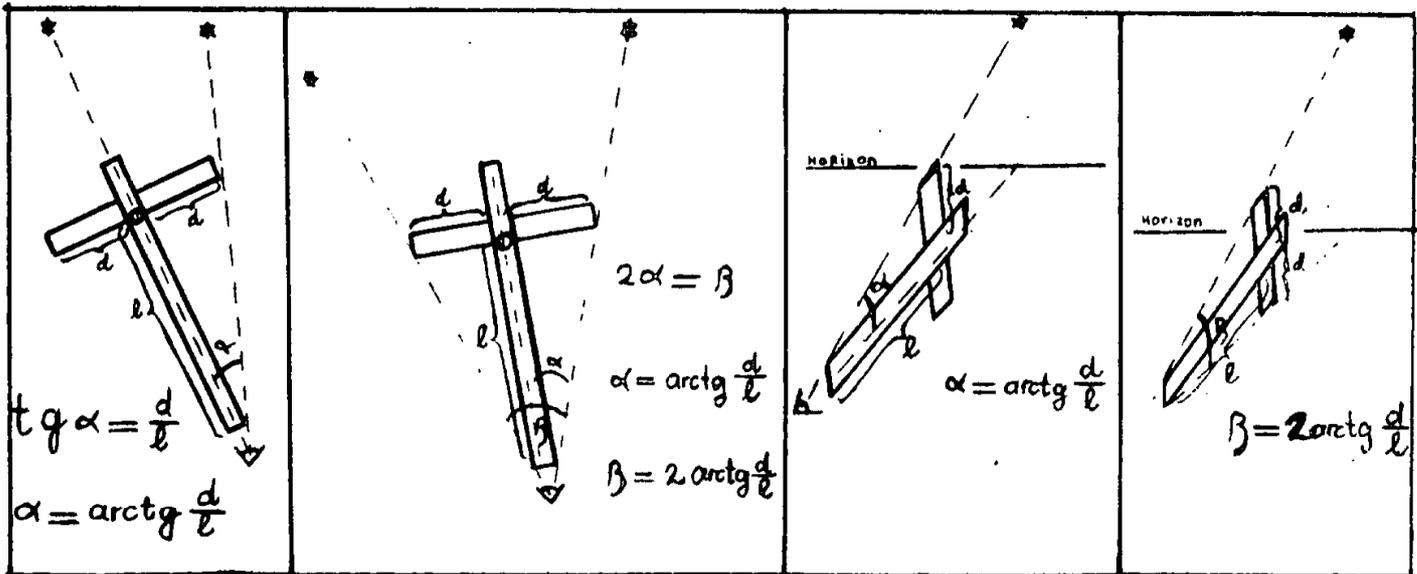
(ג) המשולש (Triquetrum):

מכשיר נוסף ששימש לאותה מטרה היה ה-"Triquetrum" - המשולש. המכשיר נבנה כאשר היה חשוב הדיוק הרב במדידת הזויות. הוא בנוי ממוט עגול גבוה ועליו מערכת מסתובבת של שני מוטות נעים, האחד בעל אורך קבוע, והשני ניתן להזזה בנקודת החיבור התחתונה. על המוט התחתון היו מצויירות שנתות, בעזרתן נקבע הזוית של הכוכב לפי נוסחת הקוסינוס הידועה. כאשר מימדי המוטות גדולים, ניתן להגיע לדיוק גבוה במדידה. הקדמונים השתמשו במוטות באורך 3 מטרים ויותר.



(ד) "מקל יעקב" (Jacobsstaf):

מכשיר פשוט לבניה ונוח יותר הוא ה-"Jacobsstaf" או "מקל יעקב".
 הוא מכשיר שמקורו באנגליה ובנוי למעשה מצלב-עץ, כשהמוט הקצר יותר חופשי
 לנוע לאורך המוט הארוך יותר.
 מדידת הזוויות נעשתה על-ידי הזזת המוט הקצר כך שהנקודות שאת הזווית
 ביניהם רוצים למדוד, נראות בקצות המוט הקצר כשמתכווננים מקצה המוט הארוך.



הקוראים מוזמנים לנסות ולבנות מכשירים כאלה בכוחות עצמם ולבחון את
 יעילותם בשטח.

בעריכת נפתלי תשבי

מדידת מרחק הירח מכדור-הארץ בעזרת מטוטלת

ברשימות קודמות הראינו כיצד נוכל למדוד את רדיוסו של כדור-הארץ בעזרת תצפית פשוטה בשקיעת השמש. ההנחות הפיסיקליות שדרשנו לצורך המדידה היו יסודיות ביותר שכן המדידה היתה בעיקרה גאומטרית.

ננסה להמשיך להשתכנע בנכונות המרחקים האסטרונומיים היסודיים, ובהתבסס על רדיוס כדור-הארץ ננסה לקבל את מרחקו של שכנינו הקרוב - הירח.

מדידת מרחק הירח יכולה כמוכך להעשות בצורה ישירה, הן על ידי פרלכסה משתי נקודות שונות על פני הארץ (כיצד בדיוק?) או על ידי שידור גל רדאר או קרן לייזר אל הירח וחזרה.

אולם נודה שאין שיטות אלה מעשיות ביותר לגבי החובב המצוי, וננסה לקבל את המרחק בעזרת מדידות מקומיות על פני - הארץ באופן המאפשר לכל אחד מאיתנו להשתכנע.

לשם כך עלינו להעזר בפיסיקה בצורה חזקה יותר. עלינו להשתמש בשני חוקים פיסיקליים ידועים, שאין בכוונתינו להוכיח כאן:

החוק השני של ניוטון

$$F = ma \quad (1)$$

כאשר F הוא הכוח הפועל על מסה m הנמצאת בתאוצה a ;

וחוק המשיכה העולמי של ניוטון:

$$F = G \frac{mM}{d^2} \quad (2)$$

הנותן את הכוח F בין שתי המסות m ו- M במרחק d . G הוא קבוע מספרי הקרוי קבוע המשיכה העולמי.

די לנו להאמין בנכונותם של החוקים האלה למערכת כדור-הארץ - ירח כדי לקבל הערכה טובה למרחק הירח. נראה גם שאין לנו צורך להעזר בשום קבוע מספרי שאין אנו יכולים למדוד בעצמינו.

נניח שהירח סובב במסלול מעגלי סביב הארץ, (הנחה שהיא קרוב טוב למדי במקרה זה. כיצד יודעים זאת?) נדרוש שהכוח המחזיק את הירח במסלול מעגלי זה יהיה כוח המשיכה של הארץ בלבד.

בהנחות אלה נקבל מ-(1) ו-(2):

$$m\omega^2 d = G \frac{mM\oplus}{d^2} \quad (3)$$

כאשר $M\oplus$ = מסת הארץ
 d = מרחק ארץ-ירח
 m = מסת הירח
 $\omega^2 d$ = התאוצה הצנטריפטלית בתנועה המעגלית

כש:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (4)$$

T - זמן המחזור של סיבוב הירח.

למרבית הפלא מצטמצמת מסת הירח, m , בשני אגפי המשוואה ואנו מקבלים את הקשר החשוב:

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{GM_{\oplus}}{d^3} \quad (5)$$

קשר זה מכיל בתוכו את העובדה הידועה כחוק השלישי של קפלר, הטוען כי

$$\frac{T^2}{d^3} = \text{Const.}$$

עבור גופים הסובבים אותה מסה.

הגודל היחיד הניתן למדידה ישירה במשוואה זו הוא זמן ההקפה של הירח T .

עלינו להיות זהירים מאד במדידת גודל זה. איזה T למדוד, וכיצד נעשה זאת?

כדי למדוד את d , נבצע מדידה נוספת. עבור מסה m על פני כדור-הארץ מתקיים חוק המשיכה העולמי בצורה:

$$mg = G \frac{mM_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} \quad (6)$$

כאשר g היא התאוצה החופשית על פני הארץ,

ומכאן:

$$gR_{\oplus}^2 = GM_{\oplus} \quad (7)$$

מאחר ואת רדיוס הארץ R_{\oplus} כבר מדדנו, נוכל לקבל את GM_{\oplus} המופיע ב-(5) על-ידי מדידה ישירה של g - התאוצה החופשית על פני הארץ.

זאת נעשה על ידי השימוש המוכר במטוטלת מתמטית פשוטה, המקיימת כידוע:

$$\left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 = \frac{g}{\ell} \quad (8)$$

או

$$g = \ell \left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 \quad (9)$$

כאשר: T_1 = זמן המחזור של המטוטלת

ℓ = אורך המטוטלת.

על-ידי שילוב המשוואות (5) (7) ו-(9) נקבל:

$$\begin{aligned} d^3 &= \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \cdot GM_{\oplus} \\ &= \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \cdot gR_{\oplus}^2 \\ &= \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \cdot R_{\oplus}^2 \cdot \ell \cdot \left(\frac{2}{T_1}\right)^2 \end{aligned}$$

$$2_T = 3_d^3 = T^2 R_{\oplus}^2 \cdot \frac{\ell}{T_1^2} \quad (10)$$

וזו תהיה נוסחת העבודה שלנו. ביטוי זה מכיל רק גדלים הניתנים למדידה ישירה:

$$\ell = \text{אורך המטוטלת}$$

$$T_1 = \text{מחזור המטוטלת}$$

$$T = \text{מחזור הקפת הירח}$$

נשים לב שלא קיבלנו במהלך המדידה את מסת הארץ אלא רק את GM_{\oplus} . כדי לקבל את מסת הארץ עלינו לדעת את קבוע המשיכה G ולהיפך. אולם את מרחקו המדויק של הירח אנו מקבלים בלי לדעת את מסת הארץ או את קבוע המשיכה העולמי.

קיבלנו קשר שיכול לשמשנו עבור כל גוף הסובב את כדור הארץ, בלי תלות במסתו. אנו נשתמש בו בעתיד עבור לוינים מלאכותיים בהם אפשר, כפי שנראה, לצפות בקלות רבה.

לפנינו דוגמא נוספת כיצד מומרת מדידת המרחק למדידת הזמנים T_1 ו- T , תהליך החוזר שוב ושוב במדידת מרחקים אסטרונומיים.

סיכום מהלך המדידה:

(א) נמדוד את היחס $\frac{1}{T_1^2}$ במטוטלת מתמטית פשוטה, כך נקבל גם את התאוצה החופשית g .

(ב) נמדוד את זמן ההקפה האמיתי של הירח סביב כדור הארץ (כיצד? !)

(ג) נציב גדלים אלה ב-10 ונקבל את מרחק הירח d .

כשלבנים הבאים נמשיך בהערכות המרחקים במערכת השמש. אגב, כיצד אפשר בעזרת ההנחות שהוספנו, למדוד את רדיוס כדור-הארץ, ללא תצפית אסטרונומית החוצה?

קבוצת החודש

מאת: א. אופיר

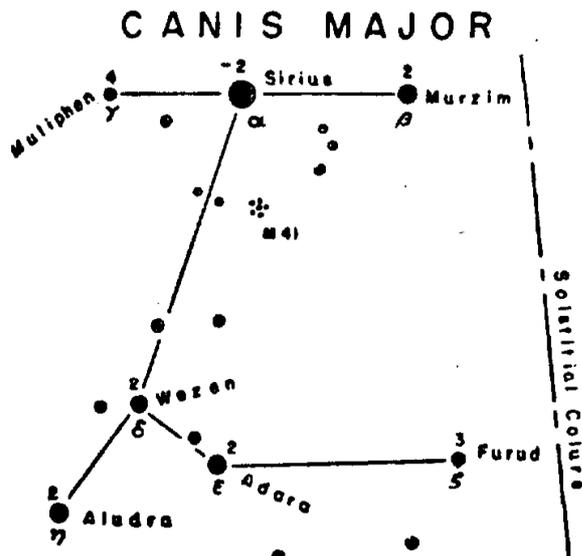
ינואר

כלב גדול

שלושת הכוכבים המרכזיים את החגורה של אוריון הציד מצביעים בכיוון דרום-מזרח לעבר כוכב כחלחל-לכן הנקרא סיריוס והנמצא בקבוצת כלב גדול. כוכב זה הוא בעל הבהירות הנראית הגבוהה ביותר בשמיים. הכוכבים בית אגוזה באוריון, פרוקיון בכלב קטן וסיריוס יוצרים יחד משולש שווה צלעות בקירוב.

כבר בזמנים הקדומים סיריוס היה ידוע בשם "הכלב של אוריון", כוכב זה היה מפורסם משחר ההסטוריה. המצרים עבדו לכוכב זה ובנו מקדשים רבים לכבודו. יחס זה נבע מהשירות הרב שסיריוס "העניק" להם ושהתבטא בכך שהופעתו במזרח הזהירה את המצרים מהגאות בנילוס כל שנה כך שיכלו להתכונן להצפה. סיריוס היה ידוע תמיד בשם "כוכב הכלב". מקור השם הוא כפי הנראה מכך שהופעת הכוכב שימשה כאזהרה כמו נביחתו של כלב המזהירה את בעליו מסכנה.

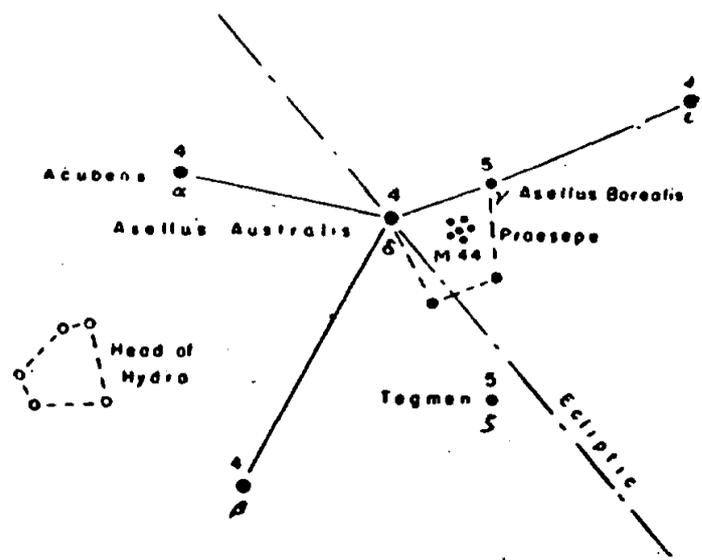
סיריוס הוא בעל בהירות 1.48- והוא בהיר פי-300 בקירוב מכוכב ממוצע בעל בהירות 6. בהירותו גדולה פי 27 מזו של השמש וקוטר הכוכב גדול פי-שנים מקוטר השמש. סיריוס מרוחק מאיתנו 8.7 שנות אור בלבד והוא שייך לקבוצה ספקטרלית A1. מהירותו הרדיאלית (רכיב המהירות הנמצא על קו הראיה) היא 8 ק"מ לשניה כלפינו. שמו העברי של סיריוס הוא 'אברק'! כוכב בעל עניין רב לאסטרונומים הוא הכוכב השותף של סיריוס. בשנת 1834 התברר שישנן סטיות במסלולו של סיריוס ובשנת 1844 הודיע בסל שחישובים מתמטיים הובילו אותו למסקנה שלסיריוס יש שותף המקיף אותו. בשנת 1862 נבדק טלסקופ בקוטר 18 אינטש ע"י כיוונו לסיריוס ואז נצפה בפעם הראשונה אותו שותף. בהירותו של השותף קטנה פי 10,000 מזו של סיריוס ושניהם מסתובבים סביב מרכז כובד אחת ל-50 שנה. המרחק הממוצע בין שני הכוכבים גדול פי 20 מהמרחק הממוצע בינינו ובין השמש. מסלול התנועה מאוד אכסצנטרי והמרחק בין שני הכוכבים משתנה מאוד. בשנת 1894 היו שני הכוכבים כל כך קרובים זה לזה עד שלא ניתן היה להפריד ביניהם אפילו בטלסקופ הגדול ביותר שהיה אז. הדחיסות על פני סיריוס ב' גדולה פי-90,000 מהדחיסות של החומר על פני השמש. סיריוס ב' הוא ננס לבן, המסה שלו היא 0.9 מזו של השמש. קוטרו של כוכב זה גדול פי-3 בקירוב מקוטר כדור הארץ אך מסתו גדולה פי-250,000 מזו של כדור הארץ.



כוכבים אחרים הבולטים בקבוצה זו הם:

- β כלב גדול, מירזם - מרוחק מאיתנו 650 שנות אור ובהירותו 1.99. במרחק 10 פרסק היה בהיר פי כמה מסיריוס.
 - γ כלב גדול, מוליפיון - מקור השם ערבי כפי הנראה. בהירות הכוכב 4.07 ומרחקו מאיתנו 325-שנות אור. בהירותו המוחלטת -0.9. כוכב זה שייך לקבוצה ספקטרלית B8.
 - δ כלב גדול, יזן - מרוחק מאיתנו 1100 שנות אור ושייך לקבוצה ספקטרלית G3, בהירותו הנראית 1.98 והמוחלטת -5.9.
 - ε כלב גדול, אדרה - זהו על-ענק השייך לקבוצה ספקטרלית B1, לקבוצת כוכבי ההליום. מרחקו מאיתנו 470 שנות אור. בהירותו הנראית 1.63 והמוחלטת -4.4.
 - ζ כלב גדול, פורוד - מרוחק מאיתנו 250 שנות אור והוא שייך לקבוצה ספקטרלית B5. בהירותו הנראית 3.1 והמוחלטת -1.3.
 - η כלב גדול, אלודרה - מרחקו של כוכב זה מאיתנו הוא 1300 שנות אור והוא על ענק השייך לקבוצה ספקטרלית B5. בהירותו הנראית 2.43 והמוחלטת -6.0.
- M41 צביר פתוח. ניתן לתצפית בעין בלתי מצוידת.

CANCER



סרטן

קבוצת הכוכבים 'סרטן' השייכת לחגורת המזלות נמצאת בין 'תאומים' ובין 'אריה'! קו הנמשך מ- β שור אל פולוקס בתאומים וממשיך הלאה כ-15 מעלות מגיע אל צביר כוכבים בקבוצת סרטן מ-44(M44).

יש הגורסים שמקור השם 'סרטן' הוא בכך שסרטן הוא בעל חיים ההולך אחורנית וזהו טיפוסו לשמש כשהיא נכנסת לאזור זה של השמים נפסקת תנועתה צפונה והיא מתחילה לסגת לכיוון דרום.

השם "חוג הסרטן" ניתן למעגל על פני כדור הארץ המציין את הנקודות שבהם השמש בצהרים נמצאת בזניט בתחילת הקיץ האסטרונומי. משום כך מציין מעגל זה את הגבול הצפוני על הארץ של כל הנקודות שבהן השמש יכולה להיות בזניט.

לצביר הכוכבים שבקבוצה זו יש הסטוריה מעניינת. בזמנים קדומים התייחסו לצביר זה כאל סוג של ברומטר או מדריך למזג אוויר. פליני התייחס לצביר זה בדרך הבאה: "אם צביר הכוכבים שבסרטן אינו נראה בשמיים בהירים סימן שמתקרבת סערה עזה".

שני הכוכבים γ ו- δ אחד בכל צד של צביר הכוכבים נושאים את השמות "אסלוס בורליס" ו-"אסלוס אוסטרליס" בהתאם, שמות יווניים שמשמעותם החמור הצפוני והחמור הדרומי. היוונים והערבים דמיינו שני כוכבים אלו כמיצגים שני חמורים האוכלים מהאבוס המיוצג על ידי הצביר.

הכוכבים הבולטים בקבוצה זו הם:

α סרטן, אכובנס - זהו כוכב כפול המרוחק מאיתנו 99 שנות אור. הכולט שכיניהם הוא בעל בהירות נראית 4.27 ולמרכיב השני בהירות נראית 11. המרחק הזויתי ביניהם 11 שניות קשת. המרכיב הבהיר של הזוג שייך לקבוצה ספקטרלית FO.

γ סרטן, אסלוס בורליס - כוכב זה הוא בעל בהירות נראית 4.73 והוא מרוחק מאיתנו 230 שנות אור.

δ סרטן, אסלוס אוסטרליס - בהירותו הנראית של כוכב זה היא 4.17 והמוחלטת 0.0. זהו ענק השליך לקבוצה ספקטרלית KO. מרחקו מאיתנו הוא 200 שנות אור.

ζ סרטן - זהו כוכב כפול. למרכיב הבהיר יותר יש בהירות 5.1 ולשני 6.0. המרחק הזויתי בין שני הכוכבים 5.9 שניות קשת. ב-21 בנובמבר 1789 נתגלה מרכיב שלישי ע"י ויליאם הרשל. שלישיה זו מרוחקת מאיתנו 78 שנות אור.

דוחות תצפית

דו"ח צפיה בשביט קוהלר 1977m

הצופה - עמיר כהן.
התאריך - 3.12.1977.
השעה - 4^{10} לפי U.T.
מקום התצפית - גבעתיים.
הטלסקופ - 6 אינץ', דגם ניוטון, בעל אורך מוקד f8.
מיקום השביט כפי שנצפה:

$$\begin{aligned} \text{RA} &= 21^{\text{h}} 21^{\text{m}} \\ \text{D} &= -27^{\circ} 02' \end{aligned}$$

הערות לתצפית:

התצפית נעשתה בעיר. אורות העיר, האבק שכאופק והעננים שכיסו את השמים הפריעו מאוד לתצפית.

השביט לא מרשים במיוחד, בעל בהירות נמוכה יחסית. האורך הנצפה של השביט הוא בסביבות 5'.6. קשה להבחין בזנב והשביט כולו נראה ככתם ערפילי.



הדבר היחיד, שנראה, היה הראש שנראה ככיצה (ניתן לראות בציור).

יומן השמים

ינואר-פברואר

ינואר 1978

<u>תופעה</u>	<u>שעה</u>	<u>תאריך</u>
כדור הארץ בפריהליון.	21	1
אורנוס $3^{\circ}S$ דר' לירח.	20	4
נפטון $3^{\circ}S$ דר' לירח.	00	7
הירח בפריגאון.	10	8
מולד	02	9
כוכב חמה בהתרחקות מערבית מכסימליית ($23^{\circ}W$).	07	11
מאדים קרוב ביותר לכדור הארץ.	01	19
אלדבראן $1^{\circ}S$ דר' לירח.	17	19
הירח באפוגאון.	00	21
צדק $5^{\circ}N$ צפ' לירח.	05	21
מאדים בניגוד.	22	21
נגה בהתקבצות עליונה.	03	22
מאדים $9^{\circ}N$ צפ' לירח.	04	24
ירח מלא.	06	24

פברואר 1978

אורנוס $3^{\circ}S$ דר' לירח.	04	1
הירח בפריגאון.	19	5
מולד.	13	7
אלדבראן $0^{\circ}.9S$ דר' לירח.	00	16
שבתאי בניגוד.	02	16
מאדים $3^{\circ}S$ דר' לפולוכס	04	17
הירח באפוגאון.	16	17
מאדים $9^{\circ}N$ צפ' לירח.	18	19
צדק מפסיק את תנועתו האחורית וחוזר לתנועה ישירה.	00	20
ירח מלא.	23	22
כוכב חמה בהתקבצות עליונה.	03	27

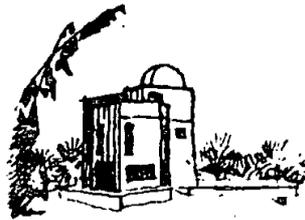
הודעות:

עומד להחפרסם לוח שנה אסטרונומי (Ephemeris) בשם

"מגיד הרקיע 1978"

שחושב ע"י ע. גרינגורד.

ניתן להשיג את הפרטים בפניה לפלנטריום ע"ש לסקי, מוזיאון הארץ, רמת-אביב
(טל' 03-415244).



נוצפה הכוכבים

של וועיד

Givatayim Observatory

גבעתיים

ימי ביקור לקהל - כל יום שלישי בשעות 20.00-21.30.

ההזמנות לביקורים קבוצתיים לפי טל' 730117.

ביום שלישי 31/1/78 הרצאתו של מר צבי מאז"ה (אוניברסיטת ח"א)
על הנושא:

קרני-x בכוכבים כפולים.

ההרצאה מתחילה בשעה 20.00.

