

צבא השמים

כרך ח'

חוברת לימוד באסטרונומיה לבתי ספר

חלק ג'

פרקי אסטרונומיה (לכיתות י'-יא)

ד"ר נ. וידאל

לשעבר אסטרונום בכיר במצפה הכוכבים המלכותי גריניץ', אנגליה
אסטרונום במצפה הלאומי, אוסטרליה
פרופסור אורח במרכז לאסטרופיזיקה באוניברסיטת הרוורד, ארה"ב
פרופסור אורח באוניברסיטת וושינגטון, סיאטל, ארה"ב
אסטרונום במצפה הכוכבים ע"ש וייז, מצפה רמון, ישראל

צבא השמים

כרך ח'

ד"ר נ. וידאל

פרקי אסטרנומיה

ספר לימוד לכיתות י' - י"א



פרקי אסטרונומיה

ד"ר נ. וידאל

(C)

כל הזכויות שמורות לממ"ט

ממט"ן
המכון להוראת מדעים וטכנולוגיה
רח' בית וגן 81 ירושלים 96426
טל: 026424254 פקס:

פרקי אסטרונומיה

תוכן ענינים :

עמ'

3	פרק א': הסימונים של גרמי השמים.....
22	פרק ב': שנת אור.....
33	פרק ג': השמש - כוכב טיפוסי ביקום.....
54	פרק ד': מערכת השמש.....
76	פרק ה': תנועתם של כוכבי הלכת.....
97	פרק ו': הטלסקופ.....

ערך: ד"ר א. אשר

פרק א'

הסימונים של גרמי השמים



מטרות יחידת לימוד זו הן להכיר:

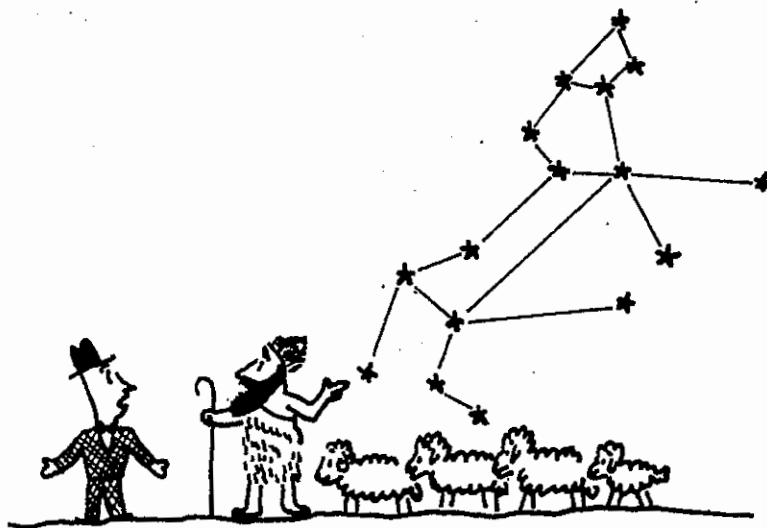
1. את הצורות של המזלות.

2. את הסימונים של גרמי השמים.



לאחר לימוד יחידה זו אתה אמור:

1. להכיר את המושג קונסטלציה או "מערך של כוכבים".
2. להכיר קונסטלציות שונות בשמים כגון: שור, אוריון, עגלה גדולה וכו'.
3. להכיר את המזלות.
4. לדעת לסמן כוכבים בכל קונסטלציה לפי דרגת בהירותם.
5. להכיר שמות שונים של כוכבים.
6. להכיר סימונים של קבוצות מכבים כגון צבירים.
7. להכיר את שנים עשר המזלות ומצבם ברקיע בעונות השנה.



מדוע, בכר, אומר אתה כי אינך מכיר את האריה?

פרקי אסטרונומיה

רשימת תיקונים

1. עמ' 7: יש להוסיף בתמונה את האותיות היוניות אלפא, ביתא, גמא, דלתא, אפסילון ליד הכוכבים המתאימים כמו בתמונה המתוקנת להלן.



2. עמ' 8: בשרטוט של "העגלה הגדולה" מצד שמאל למעלה יש לרשום אלפא במקום גמא.
3. בשקף מס' 2: להוסיף שם ALIOTH מעל לכוכב המסומן ב - E. 4. עמ' 9: במסגרת השלישית משמאל המתחילה במילים "כוכב הצפון" יש לרשום אלפא במקום גמא.
5. עמ' 44: במסגרת הסיכום במרכז הדף, סעיף 1, לתקן: שבהם (ולא שבהן).
6. עמ' 51: תרגיל 6 אינו שייך לפרק זה. יש להעבירו לעמ' 75.
7. עמ' 53: שורה שלישית מלמעלה: במקום "שוכב" לרשום "שכתם".
8. עמ' 53: שורה שמינית מלמעלה: צ"ל "עתה מדוד את קוטר המעגל הקטן כלו בתמונה (במילימטרים)".
9. עמ' 53: שורה אחת עשרה: צ"ל "אורך המעגל הקטן הוא".
10. עמ' 57: שורה אחרונה צ"ל כוכב הלכת "פלוטו".
11. עמ' 58: בתמונה 3: להוסיף טבעת סביב הכוכב השלישי בגודלו במסגרת מימין.
12. עמ' 60: שורה שלישית בסעיף 9 צ"ל: לארבעה כוכבי לכת מתוך התשעה יש טבעות המקיפות אותם (צדק, שבתאי, אוראנוס ונפטון).
13. עמ' 62: לתקן בטבלה: רדיוס שבתאי 60330 ק"מ.
- פלוטו: רדיוס 2280, מסה 0.02, צפיפות 2.1.
- צדק: מספר ירחים 16. שבתאי: 17 ירחים. נפטון: 8 ירחים.

14. עמ' 74: יש לבטל את תרגיל 4 כלו ובמקומו לרשום את התרגיל הבא:

התבונן בסדרת התמונות הצבעוניות וענה על השאלות הבאות:

א. תמונת כוכב הלכת צדק:

קח את קוטרו של כוכב הלכת צדק מן הטבלה בעמוד 62, וקבע בתחילה את קנה המידה של התמונה, דהיינו, כמה קילומטרים מייצג כל סנטימטר בתמונה.

זוהי את הכתם הגדול על פני צדק, ומדוד את אורכו בסנטימטרים. חשב את אורכו במציאות בקילומטרים. האם הוא גדול או קטן מכדור הארץ?

ב. תמונת כדור הארץ:

זהו צילום של כדור הארץ כפי שצולם ע"י חללית ממרחק של 380.000 ק"מ. רואים כי רובו הוא כחול ועליו עננים רבים בצורת מערבולות לבנות.

ניתן לראות את היבשת
וכן את ים.....

ג. תמונת נוגה:

זהו צילום של כוכב הלכת נוגה ממרחק של 66.000 ק"מ בלבד. רואים בבירור כי (יש / אין) לו אטמוספירה.

ד. כוכב הלכת שבתאי:

המאפיין ביותר בשבתאי הן..... שסביבו. רואים גם בבירור ארבעה מירחיו. זוהי אותם בתמונה.
חשב את מרחק הטבעת הרחוקה ביותר ממרכז שבתאי, באותה שיטה כמו שעשית בתרגיל א' לעיל.

15. עמ' 75: אחרי סעיף "גלויה 9" נכנס תרגיל 6 מעמ' 51.
16. עמ' 91: יש לשנות את הנוסחאות בעמוד למעלה כדלהלן:

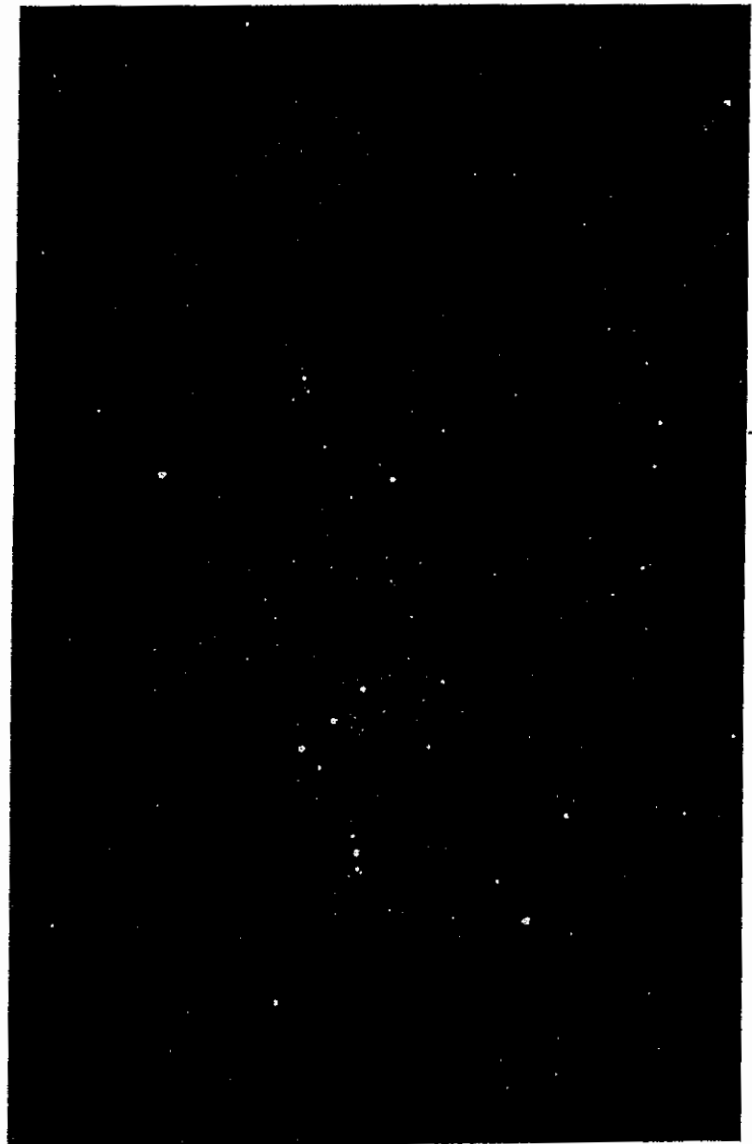
$$\begin{aligned}T &= 11.882 \\T &= 11.882 - 141.13 \\D &= 141.13 \\D &= \sqrt[3]{141.13}\end{aligned}$$

א. צורות בשמים.

1. התבונן בתמונה 1. זהו צילום ישיר של אחד האיזורים בשמים. רואים בו כוכבים רבים, מהם בהירים יותר ומהם בהירים פחות. האם אפשר לחבר את הכוכבים בתמונה זו בקווים דמיוניים ולראות צורה כל שהיא של אדם או של חיה? ממבט ראשון אין הדבר אפשרי. אולם הקדמונים סרטטו קווים בין הכוכבים וכך "הלבישו" על האיזור הזה בשמים צורת אדם בשעת ציד.

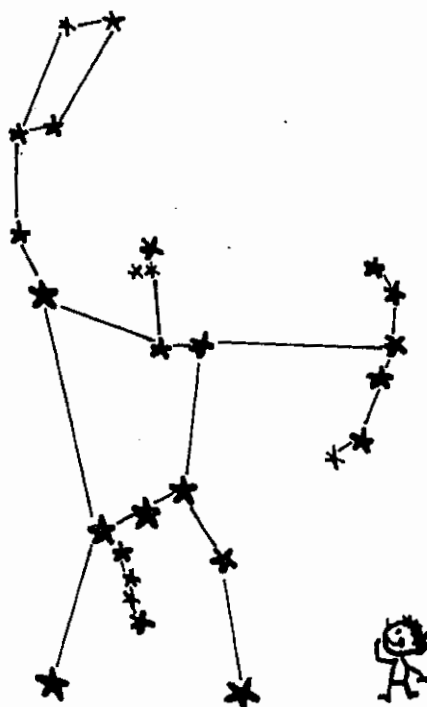


הקדמונים סרטטו דמויות בשמים.



תמונה 1: צילום ישיר של איזור השמים אוריון.

2. בכדי לראות זאת, הנח את השקף מס' 1 על תמונה מס' 1. דאג לכך שפינות השקף יפלו בדיוק על פינות התמונה, וכן שהצד העליון של התמונה ושל השקף יופנה כלפי מעלה. עכשיו ראה אתה כיצד דמות הצייד "מתלבשת" על הכוכבים באיזור זה בשמים. נתבונן בתמונת הצייד: הוא מחזיק בידו הימנית מקל, ובידו השמאלית - עור של אריה. על שתי כתפיו נמצאים שני כוכבים בהירים ושניים אחרים - על שתי ברכיו. על חגורתו נמצאים שלושה כוכבים חלשים יותר, וגם על חרבו (התלויה בחגורתו) מצויים עוד שלושה כוכבים חלשים נוספים. אכן, קשה היה לדמיין צורה זו אם לא היו מראים לנו אותה מראש.
3. לכל הכוכבים שרואים אנו בתמונה 1, הן אלה הנמצאים על גופו של הצייד והן אלה שסביבו, קוראים אנו בשם "קונסטלציה של הצייד" (או הקונסטלציה של אוריון Orion שהוא שם של אחת הדמויות מן המיתולוגיה היוונית) משמעות המילה קונסטלציה היא "מערך", דהיינו, מערך הכוכבים אוריון. גבולות הקונסטלציה של אוריון נקבעו בהסכמים בינלאומיים בין האסטרונומים. כל כוכב הנמצא בתוך הגבולות שנקבעו שייך לקונסטלציה של אוריון.
4. שמת לב בודאי כי הכוכבים המצויים על שקף מס' 1 אינם שווים בגודלם. יש ביניהם כוכבים בהירים ויש ביניהם כוכבים חלשים יותר. חלק מהכוכבים מסומנים באותיות יווניות α , β , γ וכו'. שים לב כי הכוכב הבהיר ביותר מסומן באות היוונית α , לכן הוא נקרא בשם " α אוריון". הכוכב השני בבהירותו מסומן באות היוונית β , ולכן הוא נקרא בשם " β אוריון".
5. פנה לדפי העבודה וענה על תרגיל 1.



דמות הצייד (אוריון).

ב. הקונסטלציה "שור".

6. תמונה מס' 2 מראה איזור אחר בשמים הנקרא בשם הקונסטלציה של שור.

גם כאן חברו הקדמונים קוים דמיוניים בין הכוכבים ו"הלבישו" על איזור זה דמות של שור (Taurus). שים לב כי השור "נוגח" את אוריון הנמצא לידו.

7. פנה לדפי העבודה וענה על תרגיל 2.



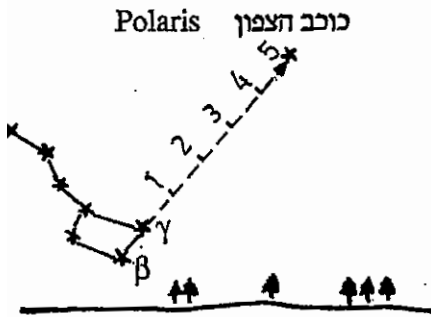
תמונה 2: איזור השמים של שור.

ג. קונסטלצית "העגלה הגדולה".

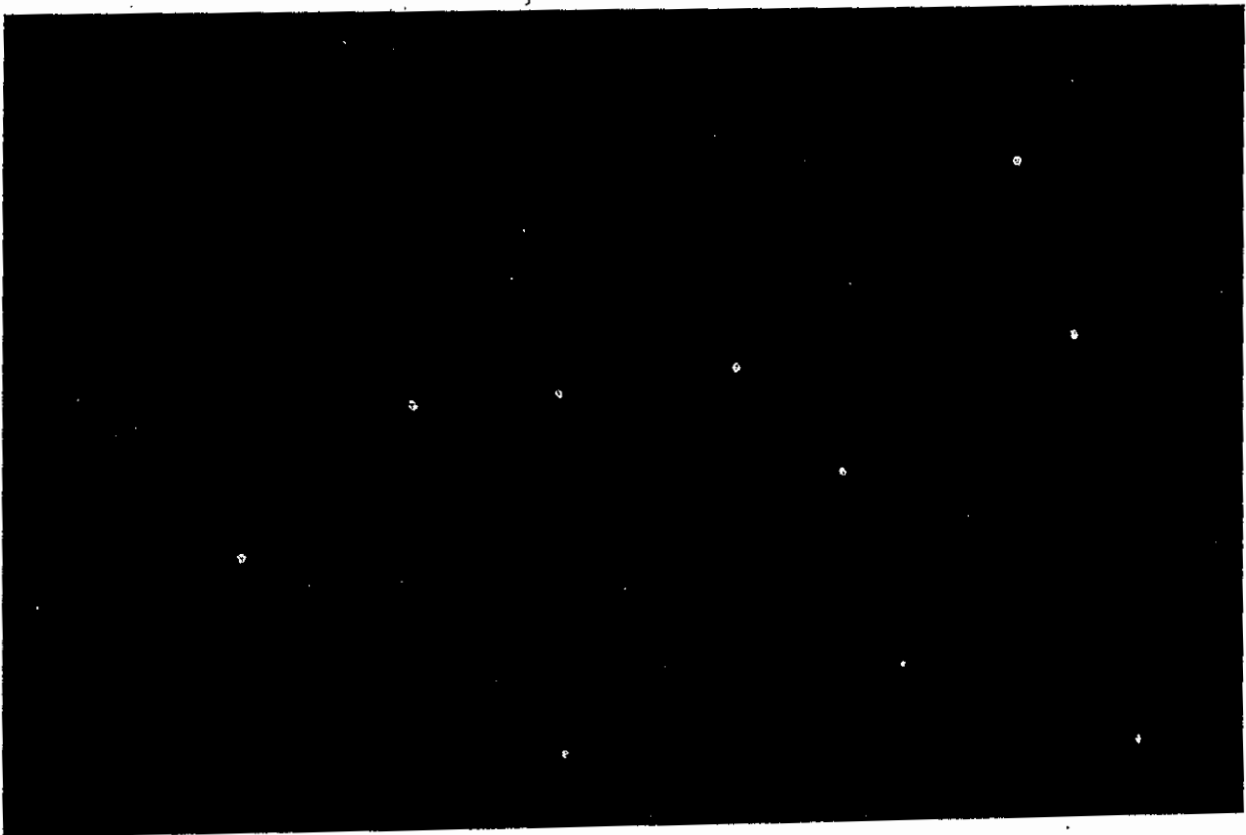
8. התבונן עתה בתמונה 3. הנח עליה את שקף 2. הפעם תוכל בקלות להבחין בצורה המתקבלת. זו היא קונסטלצית "העגלה הגדולה": (ה"עגלה הקטנה" נמצאת באיזור אחר בשמים) את העגלה הגדולה אפשר לראות בעין רגילה אם צופים לכוון צפון בתקופת הקיץ.

9. התבונן בסרטוט מפת הכוכבים של העגלה הגדולה (שקף 2). שים לב כי לכל הכוכבים בעגלה הגדולה ישנם שמות מיוחדים (פרט לסימונם באותיות היווניות כאמור לעיל). המיוחד בעגלה הגדולה הוא שבעזרתה אפשר למצוא את כוכב הצפון הנקרא גם בשם (Polaris). כל מה שעלינו לעשות הוא להעביר קו ישר דרך שני הכוכבים הקיצוניים שבעגלה α ו β (עגלה) ולמדוד חמש פעמים את מרחקם זה מזה בכיוון למעלה, ואז נגיע לכוכב הצפון.

10. פנה לדפי עבודה וענה על תרגיל 3.



"העגלה הגדולה".



תמונה 3: צילום ישיר של איזור השמים של העגלה הגדולה.

ד. קונסטלציות שונות.

11. תמונה 4 מראה מספר קונסטלציות. בתמונה רואים מספר צורות של חיות. במרכז התמונה נראית דמות של סוס, מעליו כלב קטן, וכלב גדול מתחתיו. בפינה השמאלית העליונה נראה חלק מסרטן, ואילו מעליו מימין נראים צורת רגליו של אדם. בקצה הימני, לרוחבה של התמונה, רואים חלק מגופו של אוריון שהכרנו קודם כולל ידו הימנית המניפה את מקל הציידים.

כל אחת מהצורות שבתמונה 4 היא קונסטלציה בפני עצמה. שמות הקונסטלציות הולכים אחר שמות החיות המצוירות, כגון: קונסטלצית הכלב הגדול (Canis Major) קונסטלצית הסוס (Monoceros) וכו'.

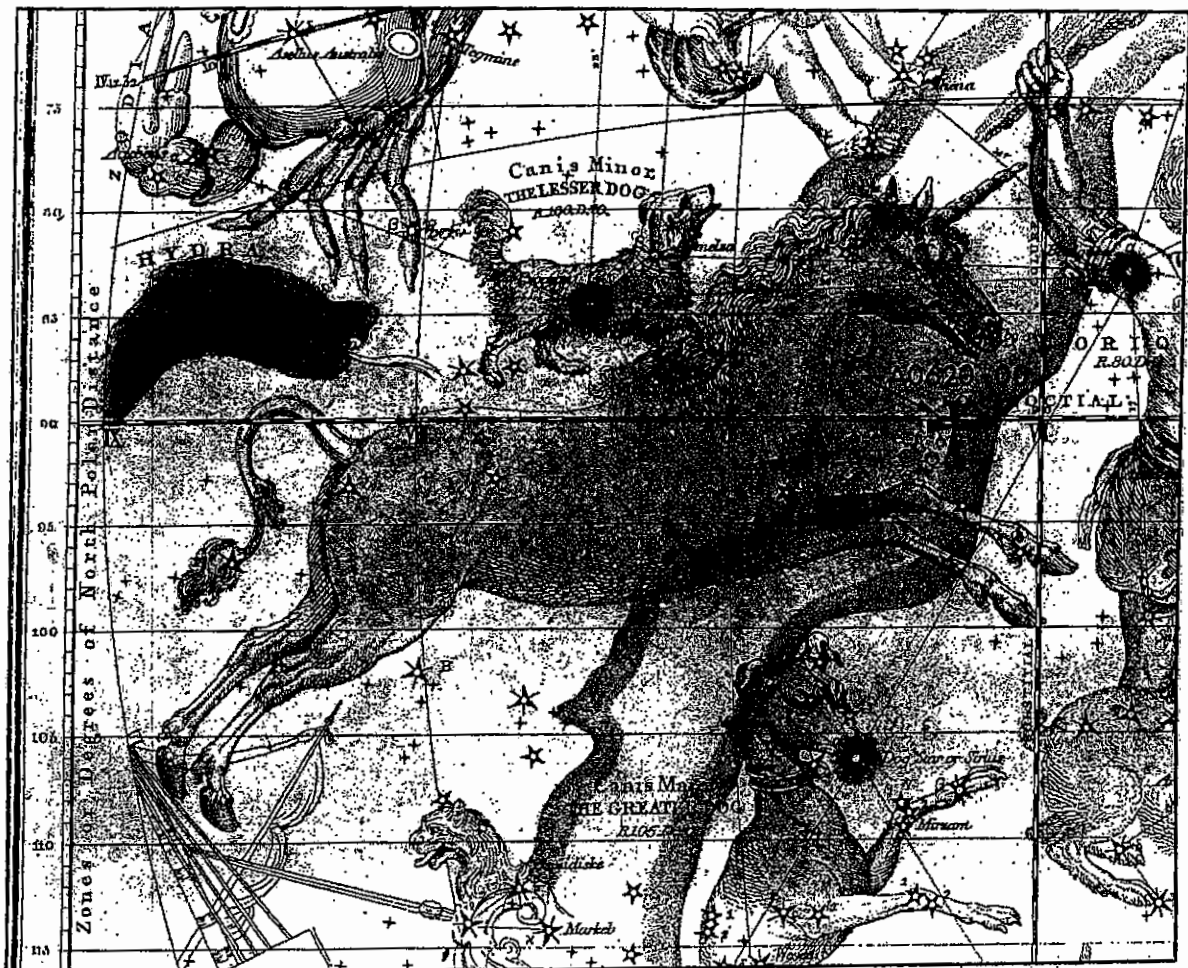
12. פנה לדפי העבודה וענה על תרגיל 4.

13. התבונן שוב בתמונה 4. הכוכבים מסומנים שם בגדלים שונים. עם זאת בכל אחת מן הקונסטלציות ישנו כוכב בהיר יותר מכל השאר שבאותה קונסטלציה. למשל, במרכז גופו של הכלב הקטן (Canis Minoris) ישנו כוכב בהיר מאד. גם בקצה פיו של הכלב הגדול ישנו כוכב בהיר יותר

קונסטלציה: מערך של כוכבים, או קבוצה שיש לה צורה של בן אדם, חיה או עצם.

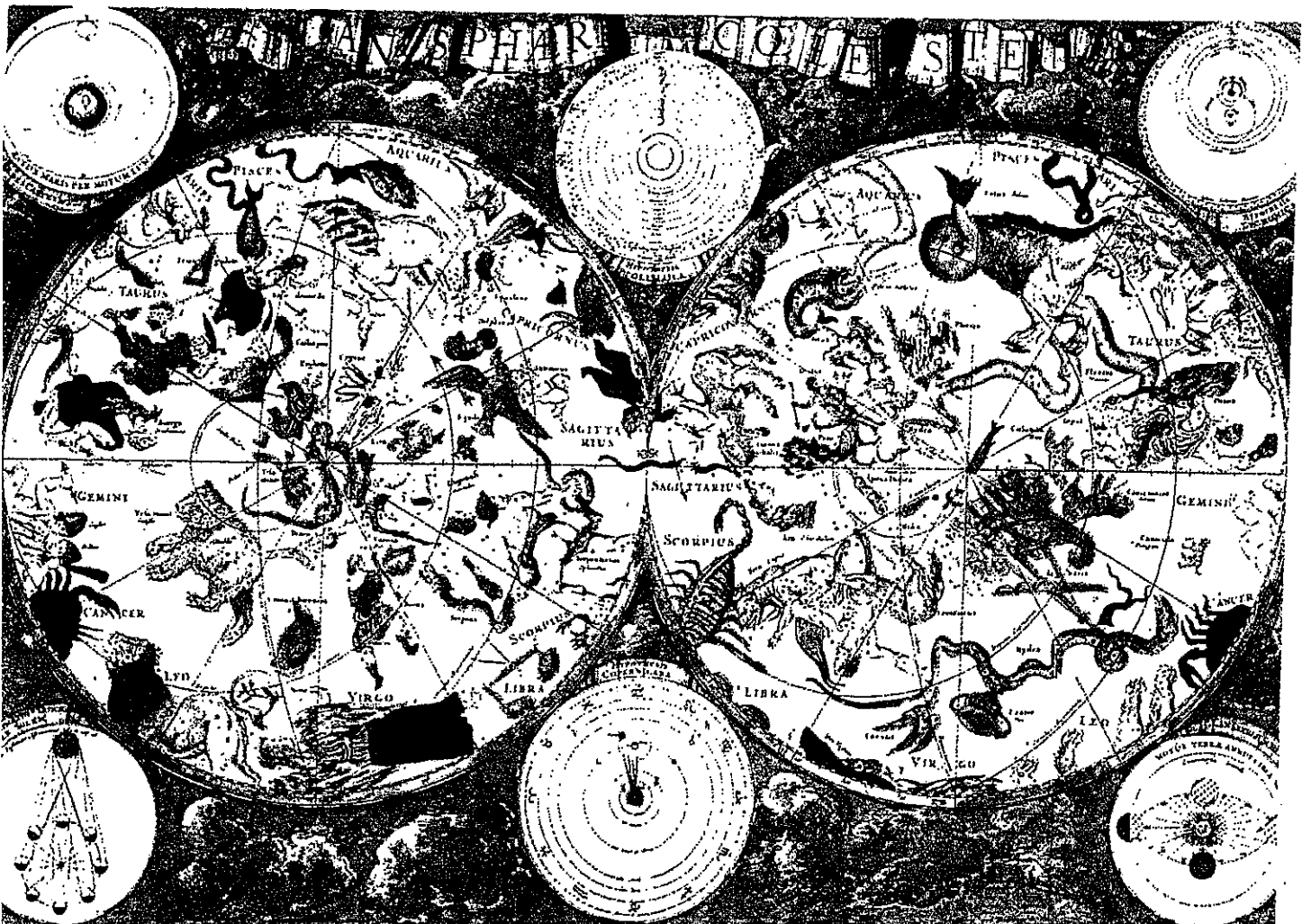
α אוריון: הוא הכוכב הבהיר ביותר בקונסטלציה אוריון יש לו גם שם אחר, Betelgeuse.

כוכב הצפון: אפשר למצוא בעזרת העגלה הגדולה: כאשר מותחים קו שאורכו פי 5 מן הקטע בין הכוכבים γ , β (נכוון מן הכוכב β אל הכוכב γ).



תמונה 4: מספר קונסטלציות סביב קונסטלציית הסוס.

מהשאר הנקרא בשם "ץ כלב גדול" או שם נוסף שלו הוא סיריוס.
גם באוריון נמצא כוכב בהיר יותר מהאחרים וסימונו, כאמור לעיל הוא α
אוריון או שם נוסף בטלגוז. (Betelgeuse).
תמונה 5 היא מפה של הקונסטלציות בשמים הצפוניים (עגול שמאלי)
והדרומיים (עגול ימני).
נסה לזהות מספר דמויות של בני אדם או חיות במפה זו.

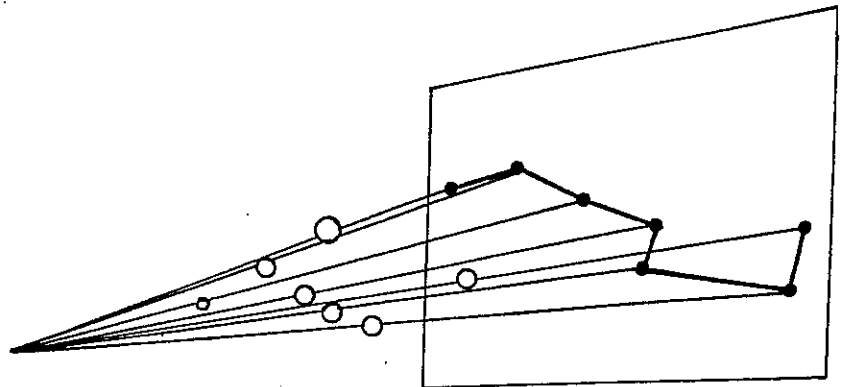


תמונה 5: מפה של הקונסטלציות בשמים הצפוניים (עגול שמאלי) והדרומיים (עגול ימני)

ה. מרחקי הכוכבים בקונסטלציה.

14. בתמונה 6 סרטוט המדגים לך כיצד נוצרת האשליה שכאילו כל הכוכבים הנצפים באיזור נתון, נמצאים באותו מישור, וכאילו כולם נמצאים באותו מרחק מאתנו. הסרטוט מראה כי למעשה כל אחד מהכוכבים שב"עגלה הגדולה" נמצאים במרחק שונה מאתנו. אולם ההשלכה שלהם על רקיע השמים נותן כאמור את האשליה שכאילו כולם נמצאים באותו מרחק באותו מישור.

בכדי להדגים זאת בצורה מוחשית, קח את הלוח השטוח עם החוטים ומתח אותם כשהם יוצאים כלם מנקודה אחת. עכשיו אתה רואה כיצד כל כוכב נמצא במרחק שונה, אולם ההשלכה שלהם על הלוח מראה כאילו כלם נמצאים במרחק אחד מאתנו. (מרחק הלוח).
הטבלה הבאה מראה עד כמה שונים זה מזה המרחקים של הכוכבים ב"אוריון" (למרות שהם נראים כאילו באותו מרחק).



תמונה 6: הכוכבים השייכים לעגלה הגדולה אינם קרובים זה לזה במציאות, אלא הם מפוזרים במרחקים שונים באותו כוון. ראיה.

שם הכוכב	מרחקו בשנות אור
η Ori	750
β Eri	91
τ Ori	425
29 Ori	190
χ Ori	168
β Ori	915
α Ori	310
$\phi 1$ Ori	1860
$\phi 2$ Ori	195
γ Ori	360
56 Ori	780
51 Ori	285
ρ Ori	280
$\pi 6$ Ori	620
ζ Ori	1110
ε Ori	1210

15. פנה לדפי העבודה וענה על תרגיל 5.

סיכום:

- האסטרונומים הקדמונים נהגו למתוח קוים דמיוניים בין כוכבים ולקבל ציור של בני-אדם או של חיות.
- קבוצת הכוכבים הנמצאת בגבולות ציור האדם או החיה שברקיע נקראת בשם "קונסטלציה" או "מערך".
- הכוכבים בכל קונסטלציה מסומנים בסדר יורד של בהירותם לפי האלפא ביתא היווני. לדוגמא α Ori, β Ori וכו'.
- בין שמות הקונסטלציות הידועות אנו מוצאים את: אוריון, העגלה הגדולה, שור, סרטן וכו'.
- הכוכבים בכל קונסטלציה נראים כאילו הם באותו מרחק מאיתנו אך לאמיתו של דבר קיים הבדל עצום בין מרחקיהם.

1. סימונים אחרים של גרמי שמים:

16. ראינו כי לסימוני כוכבים משתמשים באותיות יווניות α , β , γ וכו'. אולם לעתים קרובות משתמשים גם במספרים וכן באותיות לטיניות A, B, C.

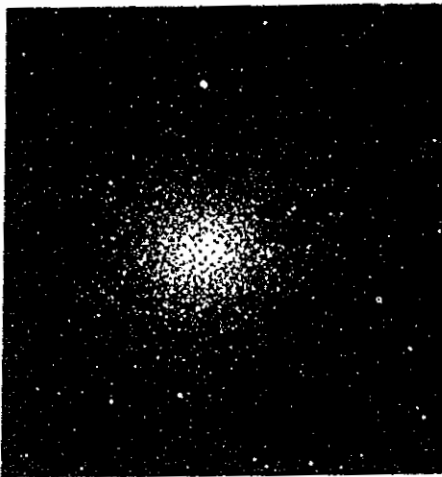
לדוגמה בקונסטלציה נבל (Lyrae) יש כוכב המסומן באותיות R R ולכן סימונו הוא R R Lyrae או R R נבל. בקונסטלצית ברבור (Cygnus) יש כוכב המסומן במספר 61 ולכן סימונו Cygnus 61 (או 61 ברבור). כיום ישנם קטלוגים של מיליוני כוכבים המסומנים באותיות ובמספרים שונים. קטלוגים אלה נמצאים בדרך כלל בזכרון של מחשבים גדולים. לפעמים מסמנים גם קבוצות כוכבים שלמה במספר או באות.

לדוגמה האסטרונם Messier חיבר קטלוג שסימונו M. כך למשל M3 הוא עצם מספר שלוש בקטלוג שלו. M3 אינו כוכב אלא צביר של כוכבים (ראה תמונה 7). האסטרונם Dreyer חבר קטלוג שהכיל הרבה יותר עצמים מאשר Messier. העצמים שפורסמו בקטלוג שלו סומנו בקידומת N G C (אלה הם ראשי התיבות של New General Catalogue).

למשל NGC 1976 הוא אותו צביר הכוכבים שהכינו M3.

17. הדרך המודרנית והמדויקת ביותר לקביעת מיקומו של כוכב היא: א) ע"י סימון הקואורדינטות שלו בשמים. ב) באמצעות מפת כוכבים המראה בפועל את מקום הכוכב. שני תנאים אלה (הקואורדינטות והמפה) מבטיחים זיהוי מוחלט ללא מקום לטעות.

סימונים אחרים של כוכבים משתמשים גם באותיות לטיניות A, B, C או אף במספרים שוטפים, כגון RR נבל, או 61 ברבור.



תמונה 7:

צביר של כוכבים אשר סימונו M3.

NGC 4496 הוא סימון של העצם במקום ה- 4496 בקטלוג של NGC. (New General Catalogue).

M5 הוא סימון של צביר כוכבים שהוא במקום החמישי בקטלוג של האסטרונם Messier.

סיכום:

- א. סימוני הכוכבים הם בדרך כלל באותיות יווניות (α , β , γ ...) או אותיות לטיניות (A, B, C...) או סתם מספרים.
- ב. קבוצות כוכבים כגון צבירים או גלקסיות מסמנים באותיות לטיניות ואחרי כן במספרים.
- ג. ישנם קטלוגים של גרמי שמים המכילים מיליוני כוכבים, ערפיליות, צבירים או גלקסיות.

ז. המזלות:

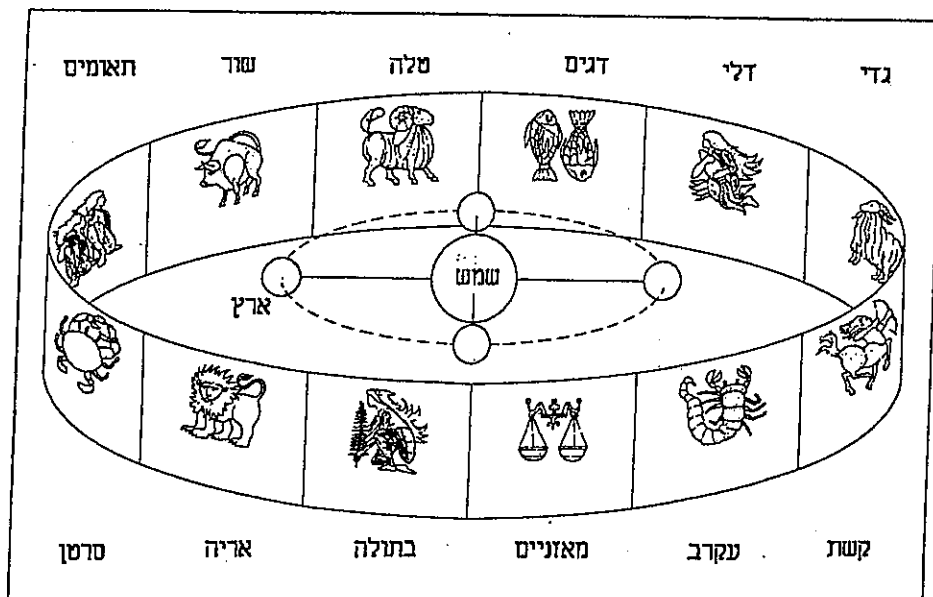
מזל הוא קונסטלציה של כוכבים שהשמש עוברת דרכה במשך השנה. ישנם שנים עשר מזלות.

הזודיאק הוא פס של רקע המזלות

18. האסטרונומים קבעו בהסכמים בינלאומיים שמונים ושמונה קונסטלציות בכל השמים כולם עם גבולות מוגדרים היטב. מתוך הקונסטלציות האלו ישנן שנים עשרה קונסטלציות שהשמש עוברת בהן במשך השנה. כמובן שאי אפשר לראותן במשך היום בגלל הבהירות הרבה של השמש. אולם אם השמש לא היתה מאירה כל כך, היינו יכולים לראות ברקע שלה קונסטלציות מסוימות אלו. לשנים עשרה הקונסטלציות האלו קוראים בשם "מזלות". מזלות אלה נמצאים על פס בשמים הנמתח ממזרח למערב. כל אחד מהם תופס כשלושים מעלות לאורך הפס הזה והוא מיוצג על ידי צורות של בני אדם או חיות. שמות המזלות הם:

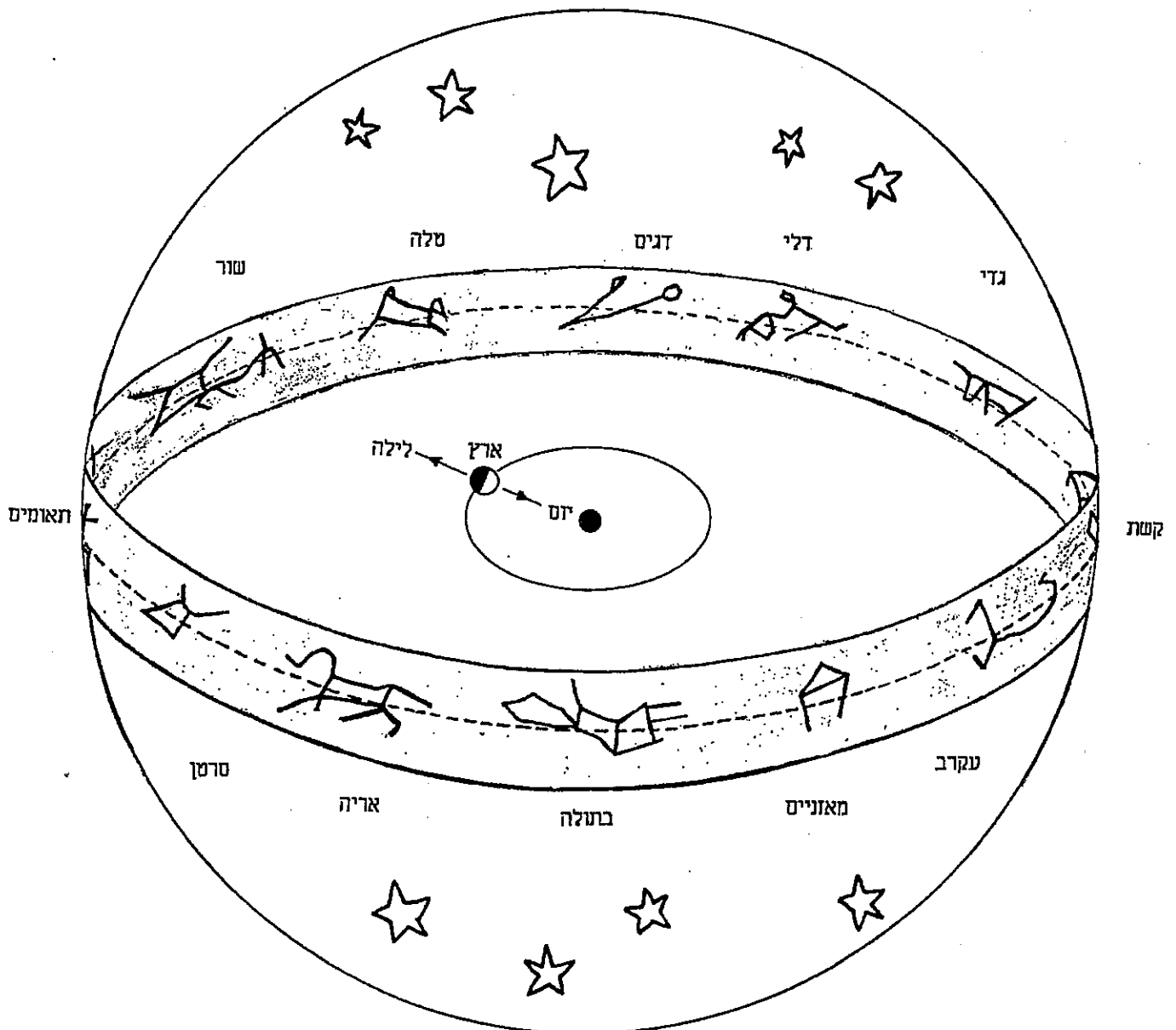
- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1. גדי (Capricorn) | 7. סרטן (Cancer) |
| 2. קשת (Sagittarius) | 8. תאומים (Gemmini) |
| 3. עקרב (Scorpius) | 9. שור (Taurus) |
| 4. מאזניים (Libra) | 10. טלה (Aries) |
| 5. בתולה (Virgo) | 11. דגים (Pisces) |
| 6. אריה (Leo) | 12. דלי (Aquarius) |

19. תמונת 8 מראה את הפס של שנים עשר המזלות מסודרים בזה אחר זה. לפס הזה קוראים באנגלית בשם פס הזודיאק (Zodiac). במרכז התמונה נמצאים השמש וכדור הארץ ומסלולו סביבה.



תמונה 8: שנים עשר המזלות וסימניהם.

כאשר מסתכלים בכוון השמש אין אנו יכולים לראות את הכוכבים הרחוקים שברקע כי השמש מאירה את כל השמים (תמונה 9). אולם כאשר מסתכלים בכוון נגדי לשמש (בלילה) נוכל אז לראות את המזל המתאים בפס הזודיאק שמעל לראשנו. מכיון שכדור הארץ מסתובב סביב השמש במשך שנה אחת, יוצא כי בכל חודש יתחלפו המזלות אשר יופיעו בפס הזודיאק. תמונה 9 מראה למשל כי בחודשים אוגוסט-ספטמבר נראה בלילה את מזל אריה מעל לראשנו.



תמונה 9: כדור הארץ, השמש והכוכבים מסביב. בכוון השמש אי אפשר לראות כוכבים בגלל הזוהר הגדול שלה. לעומת זאת, בכוון הפוך לשמש (בלילה) אפשר לראות כוכבים.

20. האסטרולוגיה טוענת כי יש קשר בין גורלם של בני אדם לבין המזלות ששלטו בשמים בשעת לידתם. בדרך כלל המדע כיום מסתייג מאוד מהקשר כזה. גם לפי האמונה היהודית אנו אומרים כי "אין מזל לישראל" ופירושו הוא כי המזלות אינם שולטים בעם ישראל.
21. פנה לדפי העבודה וענה על תרגיל 6 ועל התרגיל המסכם 7.

סיכום :

- א. האסטרונומים קבעו שמונים ושמונה קונסטלציות בכל השמים.
- ב. ישנן שתיים עשרה קונסטלציות שהשמש עוברת דרכן במשך השנה והן נקראות בשם "מזלות".
- ג. פס הזודיאק הוא הפס המחבר את שנים עשר המזלות.
- ד. האסטרולוגיה טוענת כי יש קשר בין מצב המזלות מעל לראשינו בשמים וזמן לידתו של אדם. המדע מכחיש קשר כזה.
- ה. "אין מזל לישראל", פירושו המזלות אינם שולטים בעם ישראל.



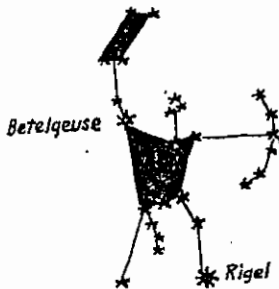
דפי עבודה

תרגיל 1.

סימון הכוכבים באוריון.

השלם את המלים החסרות בקטע שלפניך:

הכוכב הבהיר ביותר באוריון נקרא בשם..... אוריון
והוא נמצא על הכתף ה..... (ימנית/שמאלית) של הצייד.
לכוכב זה יש שם נוסף והוא Betelgeuse. זוהי מילה בשפה הערבית
שפירושה הוא "בית השחי" (של הצייד). כוכבים רבים מכונים בשמות
ערביים, כי בימי הביניים הם בעיקר עסקו ופיתחו את האסטרונומיה ואת
המדע בכלל.

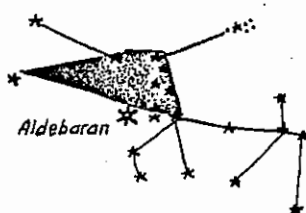


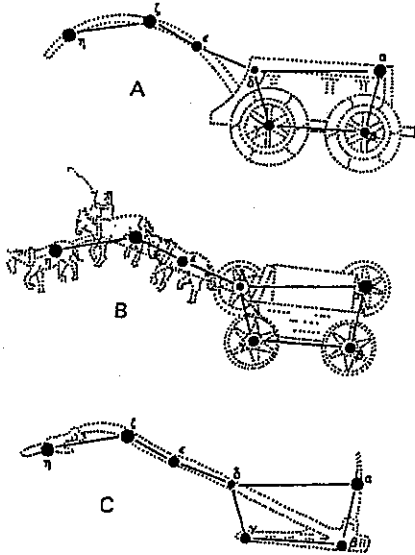
הכוכב השני הבהיר ביותר באוריון נקרא בשם.....
והוא נמצא על רגלו ה..... (ימנית/שמאלית) של
הצייד. הוא נקרא גם בשם Rigel.
הכוכב השלישי הבהיר ביותר באוריון נקרא בשם.....
והוא נמצא על הכתף ה..... (ימנית/שמאלית) של
הצייד. הוא נקרא גם בשם Bellatrix.
הכוכב הרביעי בבהירותו באוריון נקרא בשם..... והוא
נמצא על ה..... (חרב/חגורה) של צייד.

תרגיל 2.

סימון הכוכבים בקונסטלצית "שור"

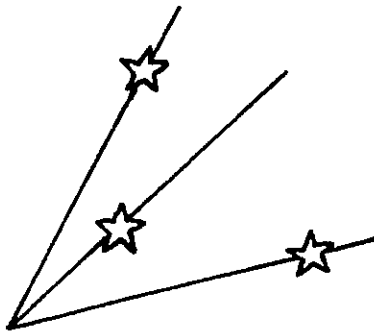
נתבונן בתמונה 2, הכוכב הבהיר ביותר בקונסטלצית שור נקרא
בשם..... שור (α Tauri) או Aldebaran. הוא
נמצא על עינו ה..... (ימנית/שמאלית) של השור.
הכוכב השני הבהיר בקונסטלצית שור נקרא בשם.....
(β Tauri) הוא נמצא על קרבו..... (העליונה/תחתונה)
של השור.
הכוכב השלישי הבהיר ביותר בשור נקרא בשם.....
והוא נמצא קרוב לפיו של השור.
הכוכב הרביעי הבהיר ביותר בשור נקרא בשם.....
מצא אותו על המפה.
הכוכב החמישי הבהיר ביותר בשור נקרא בשם.....
הוא נמצא על עינו..... (השמאלית/ימנית) של השור.





הקדמונים תיארו את העגלה הגדולה כ:

- (א) עגלה
- (ב) כרכרה
- (ג) מחרשה



תרגיל 3.

התבונן בתמונה 3 ובשקף 2 המונח עליה ורשום את הסימונים היוניים של כל אחד מהכוכבים שבעגלה הגדולה.

-Dubhe
-Merak
-Phad
-Mizar
-Alioth

תרגיל 4.

התבונן בתמונה 4 ורשום את השמות השונים של הקונסטלציות המצוירות.

- 1. קונסטלצית הכלב הגדול.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

תרגיל 5.

ענין בטבלה המופיעה בסעיף 15. השלם וענה על השאלות הבאות:
מהטבלה רואים כי הכוכב הקרוב ביותר אלינו באוריון הוא..... ומרחקו הוא..... ש.א. הכוכב הרחוק ביותר באוריון הוא..... ומרחקו הוא..... ש.א.
התבונן שוב בטבלה לעיל ורשום להלן את קבוצת הכוכבים הנמצאים בין המרחקים 180 ש.א. לבין 400 ש.א. אפשר לאמר כי כוכבים אלה הם קרובים זה לזה ומהיום קבוצה בפני עצמה.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

תרגיל 6.

1. ענה על השאלות הבאות:

ראינו כי בחדשים אוגוסט ספטמבר נראה בלילה את מזל אריה מעל

לראשו.

השלם:

שישה חדשים אחרי כן, בחדשים..... כאשר יגיע
כדור הארץ לצד הנגדי (מסביב למסלולו סביב השמש) אנו נראה את
מזל..... מעל לראשו. שלושה חודשים מאוחר יותר, נראה
מעלינו את מזל..... וזה יהיה בחודשים.....

2. בכל אחת מעונות השנה רואים את המזלות האופייניים לכל עונה.
רשום להלן את המזלות אשר יופיעו בשמי הלילה בכל אחת מן העונות
הבאות:



הקונסטלציות סביב כוכב הצפון.

קיץ	סתיו	חורף	אביב
1.	1.	1.	1.
2.	2.	2.	2.
3.	3.	3.	3.

תרגיל 7.

מלא את החסר:

1. למערך כוכבים באיזור מסוים בשמים אנו קוראים

בשם.....

2. Orion הוא שם של קונסטלציה אשר בעברית קוראים לה

בשם.....

3. הוא שם הכוכב הבהיר ביותר באוריון.

מסמנים אותו ביבית ב-.....

4. הכוכב הבהיר השני באוריון מסומן ב-.....

5. (רשום באנגלית) הוא השם היווני של שור.

6. Aldebaran הוא הכוכב הבהיר ביותר במזל.....

7. את כוכב הצפון מוצאים ע"י העברת קו ישר בין שני

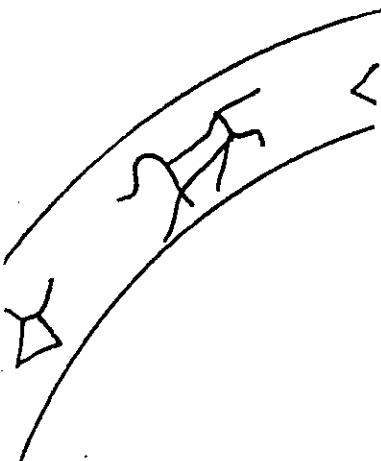
הכוכבים..... והעברת המרחק

ביניהם..... פעמים צפונה.

8. ישנם בסך הכל..... קונסטלציות בשמים.

9. אריה הוא מזל המופיע בעונת.....

10. כוון הזודיאק הוא ממזרח ל.....



תשובות בחירה:

סמן בעגול את התשובה הנכונה. תתכן יותר מתשובה אחת נכונה.

1. האסטרולוגיה טוענת כי:

- א. הכוכבים נופלים על בני האדם בהתאם למזל שלהם.
- ב. הגורל של בני האדם תלוי במזל שהיה בשמים בשעת לידתם.
- ג. אין מזל לישראל.

2. מזל הוא:

- א. קבוצת כוכבים בשמים.
- ב. אחת מ-88 הקונסטלציות בשמים.
- ג. פס כוכבים בשמים.

3. הזודיאק הוא:

- א. רקע הכוכבים מאחורי השמש.
- ב. סימון של גרם שמימי בכל מזל ומזל.
- ג. פס רקע המזלות בו עוברת השמש במשך השנה.

4. כל הכוכבים בקונסטלציה:

- א. נמצאים באותו מרחק מאתנו.
- ב. אינם נמצאים באותו מרחק מאתנו.
- ג. הם במרחק של 200 ש.א. לפחות.

5. Polaris הוא:

- א. הכוכב הבהיר ביותר בקונסטלצית העגלה.
- ב. כוכב הצפון.
- ג. שם של צוללת.

6. הכוכב Sirius הוא:

- א. כוכב לכת.
- ב. כוכב חלש יחסית.
- ג. α "הכלב הגדול".

7. α Canis Minoris הוא :

- א. קונסטלציה.
- ב. הכוכב הבהיר ביותר בקונסטלצית הכלב הקטן.
- ג. ערפילית.



8. M15 הוא:

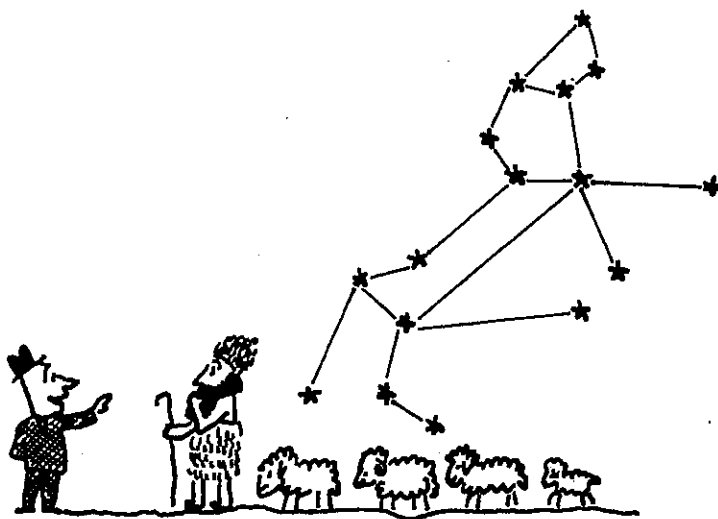
- א. מזל שור.
- ב. העצם החמישה עשר בקונסטלצית Monoceros.
- ג. העצם החמישה עשר בקטלוג של האסטרונום Messier.

9. NGC 5702.

- א. הוא סוג של קטלוג כוכבים.
- ב. עצם שמימי גדול בקונסטלציה NGC.
- ג. העצם השמימי ה-5702 בקטלוג NGC.

10. שנים עשר המזלות:

- א. קבועים בשמים במשך כל השנה.
- ב. שישה מהם מופיעים בכל חודש.
- ג. מתחלפים בהתאם לעונות השנה.



ואני אומר לך כי הארץ היא כדורית ולא שטוחה.

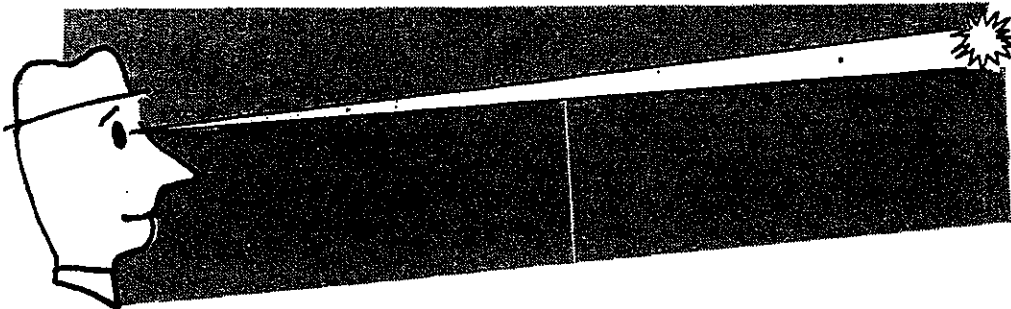
פרק ב'

שנת אור

מטרות לימוד יחידה זו הן לדעת :

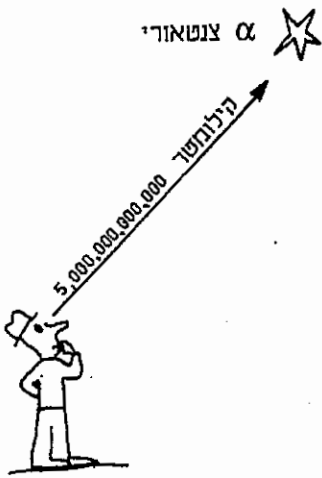
1. מהו המרחק הנקרא בשם "שנת אור".
2. כיצד לרשום מספרים גדולים ("אסטרונומיים") בעזרת חזקות של 10 (10^2 , 10^3 , 10^4 וכיו').

העומטר 9,600,000,000,000 = 1 שנת אור



לאחר לימוד יחידה זו אתה תדע:

1. אפשר למדוד מרחקים גם בעזרת זמן ("המרחק בין ת"א ללונדון הוא חמש שעות טיסה").
2. ע"י שימוש ביחידות אורך גדולות אנו מצמצמים את המספרים של המרחקים.
3. המרחק אל השמש הוא "רק" כשמונה דקות אור.
4. המרחק אל הכוכב הקרוב ביותר אלינו α צנטאורי הוא 500 אלף מיליארד קילומטר, או, פשוט יותר, 4.3 שנות אור.
5. שנת אור היא המרחק שהאור עובר במשך שנה אחת בחלל הריק, והיא שווה 9,600,000,000,000 ק"מ.
6. מספרים גדולים מאד נוח יותר לכתוב בצורה של חזקות של 10 ($10^2, 10^3, 10^4$ וכו').



א. מדידת מרחק:

1. מרחבי היקום הם גדולים מאוד. כך למשל, מרחקו של הכוכב ששמו α צנטאורי (α Centauri) שהוא הקרוב ביותר לכדור הארץ, הוא כחמש מאות אלף מיליארד קילומטר. כלומר 5 ואחריו ארבעה עשר אפסים. אכן זהו מספר גדול מאוד, מספר "אסטרונומי". גרמי שמים אחרים נמצאים הרבה הרבה יותר רחוק מאתנו.

כדי לרשום את המרחק אליהם, נצטרך למקום רב על הנייר, וזמן רב בכדי לרשום את כל האפסים האלה.

2. כדי להתגבר על בעיית רישום המרחקים הבינ-כוכביים נשתמש בשתי שיטות:

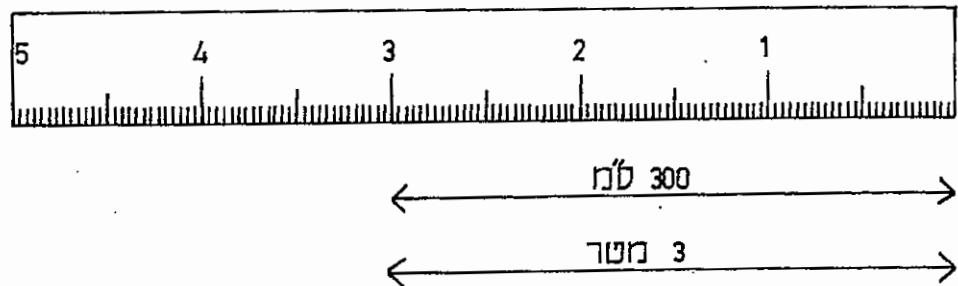
א. נכיר יחידה חדשה באסטרונומיה ש"תקטין" את מספר הספרות שנשתמש לרישום המרחק. כמובן שמספר זה יבטא את אותו מרחק אשר בוטא קודם במספר רב של ספרות.

ב. נכיר את שיטת הכתיבה של מספרים בעזרת חזקות של עשר (כגון: 10^2 , 10^3 , 10^4 ...).

3. נסביר תחילה כיצד בחירת יחידת אורך מתאימה אכן "מקטינה" את מספר הספרות שיש להשתמש לרישום המרחקים (כמובן שהמרחק נשאר אותו מרחק).

נניח שמדדנו את אורך החדר ומצאנו שהוא בדיוק 300 ס"מ (ציור מסי' 1). המספר 300 הוא "קצת" גדול מדי. נוכל להקטינו אם נבחר ביחידת אורך גדולה יותר - המטר.

כיון שיש 100 ס"מ בכל מטר, לכן ברור ש-300 ס"מ הם 3 מ'. כלומר, על ידי בחירת יחידת האורך "מטר" הקטנו את המספר מ-300 ל-3. (אם כי האורך במציאות נשאר זהה, רק המספר נעשה קטן יותר).



4. כללית נוכל לומר כי אם משתמשים ביחידת אורך גדולה יותר, המספר המבטא את המרחק נעשה קטן יותר.

5. נביא דוגמה נוספת:

המרחק בין שתי ערים הוא 48 קילומטר. המספר המבטא מרחק זה אמנם אינו גדול במיוחד, אך גם אותו נוכל לצמצם על ידי בחירת יחידת אורך גדולה יותר מהקילומטר. נוכל למשל, לבחור ביחידה - מייל (Mile). מייל שווה ל-1.6 קילומטר.

לכן המרחק המבטא במיילים בין שתי הערים הוא:

$$30 \text{ מייל} = 48 / 1.6 = \text{מרחק (מייל)}$$

ואכן, המספר נעשה קטן יותר מ-48 ל-30, אם כי זה אותו מרחק במציאות.

בחירה נכונה של יחידת האורך

מצמצמת את המספר המבטא את המרחק.

ב. הזמן כיחידת מרחק:

6. כאשר מדובר על מרחקים גדולים יותר, למשל מרחקים בין שתי ערים הנמצאות בשתי יבשות שונות, משתמשים ביחידות מרחק אחרות לחלוטין.

כיצד? האם שמעת פעם שהמרחק בין תל-אביב ללונדון הוא כ"חמש שעות טיסה"?

או שהמרחק בין תל-אביב לניו-יורק הוא "עשר שעות טיסה"?

שים לב! בשתי הדוגמאות הללו משתמשים בזמן כיחידת מרחק! המשמעות של המרחק בין הערים המבטא בעזרת הזמן הוא כדלהלן: אמרנו כי המרחק בין תל-אביב ללונדון הוא המרחק שעושה מטוס במשך חמש שעות.

מהו מרחק זה בקילומטרים?

ידוע כי המהירות הממוצעת של מטוס היא כ-800 ק"מ/שעה.

ואז ב-5 שעות טיסה יעבור המטוס 4000 ק"מ, כי

$$4000 \text{ ק"מ} = 800 \text{ ק"מ/שעה} \times 5 \text{ שעות} = \text{מרחק (תל אביב - לונדון)}$$

כלומר, המרחק בין לונדון לתל-אביב הוא חמש שעות טיסה השווה ל-4000 ק"מ.

7. פנה לדפי העבודה ופתור את תרגיל 1.

8. בתרגיל חשבת כי הזמן הדרוש לטייל לנוע מיבשת אחת לשניה הוא שעות.

נוכל אם כן לומר כי "המרחק בין שתי היבשות הוא שעות". זאת, כמובן

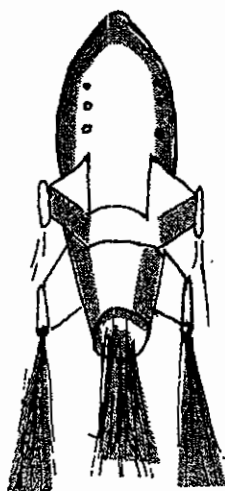
בתנאי שנציין שהמעבר בין היבשות נעשה בעזרת טיל בליסטי דוקא.

אם נכנה את המרחק שעושה הטיל במשך שעה כ"שעת שיט", הרי ניתן

לומר כי המרחק בין היבשות הוא "שתי שעות שיט".



שעת מטוס: 800 קילומטר



שעת טיל: 1500 קילומטר



שעת רגלי: ארבעה קילומטר

9. בכל פעם שהזמן מציין לנו מרחק בין שני מקומות, יש לציין במפורש מהו כלי התחבורה אשר בו משתמשים להגיע ממקום האחד למשנהו. כיום, ברור שטיסות מתבצעות בעיקר במטוסי נוסעים. למטוסים אלו פחות או יותר אותה מהירות. לכן כאשר מציינים מרחק בשעות טיסה הכוונה היא ידועה (כי המטוס נע במהירות של כ-800 ק"מ/שניה).

ג. הזמן כיחידת אורך למידת מרחקים אסטרונומיים:

10. ומה לגבי מרחקים אסטרונומיים?

נדון תחלה במרחק אסטרונומי "קטן", דהיינו מרחק השמש מכדור הארץ. מרחק זה הוא כ-150.000.000 ק"מ (מאה וחמישים מיליון ק"מ). כדי לתאר את המרחק הזה באמצעות הזמן, ברור שנבחר כלי תחבורה מהיר ככל שניתן.

במקרה זה נבחר בטייל שיוט העושה את דרכו בחלל במהירות ממוצעת של 1500 ק"מ/שעה ואז

$$100.000 \text{ שעות} = \frac{150.000.000}{1500 \text{ ק"מ/שעה}} = \frac{\text{מרחק}}{\text{מהירות}} = \text{זמן}$$

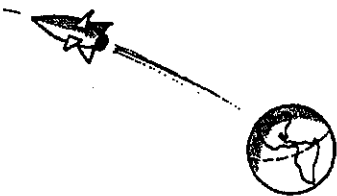
נוכל איפוא לומר, כי המרחק בין כדור הארץ והשמש הוא 100.000 שעות שיוט, כאשר מדובר בטייל המשייט במהירות 1500 ק"מ/שעה. גם התוצאה הזאת היא גדולה מאוד. נוכל כמובן "להקטין" את המספר על-ידי הפיכתו משעות לימים. נחלק את התוצאה דלעיל ב-24 נקבל:

$$16 \text{ שעות} + 4166 \text{ ימים} = 4166.7 \text{ ימים} = \frac{100.000}{24} = \text{זמן}$$

אם המספר הזה עדין גדול עבורנו נוכל להפוך אותו מימים לשנים. נחלק אותו ב-365 ונקבל:

$$11.4 \text{ שנה} = \frac{4166.7}{365} = \text{זמן}$$

זמן השיוט אל השמש (בעזרת טיל שמהירות 1500 ק"מ/שעה) הוא 11.4 שנות שיוט.



שעת טיסה - המרחק שמטוס עושה במשך שעה (לרוב במהירות 800 ק"מ).
שנת שיוט - המרחק שטיל עושה במשך שנה
במהירות 2000 - 1500 ק"מ/שעה).

ד. שנת אור:

11. כיצד נבטא את המרחקים הענקיים שבין הכוכבים, שהם למעשה המרחקים המעניינים אותנו באסטרונומיה? גם אם נשתמש במהירות של כלי התחבורה המהיר ביותר, הטיל בעל המהירות הגדולה ביותר, עדיין יהיו המרחקים המבוטאים באמצעות שנת השייט שלו מספרים גדולים מדי. כמובן, עלינו, לחפש "משהו" שנע במהירות גדולה יותר מהטיל המהיר ביותר.

הפיסיקה מלמדת כי המהירות הגדולה ביותר בטבע היא מהירות האור, כלומר 300.000 ק"מ/שניה.

עתה אם במקום הטיל היינו פשוט שולחים קרן אור, למשל בעזרת מכשיר לייזר, תוך כמה זמן היתה קרן האור מגיעה אל השמש? (השאלה כמובן תהיה מציאותית יותר אם נשאל כמה זמן לוקח לאור להגיע מהשמש אלינו).

מהירות האור היא כאמור 300.000 ק"מ/שניה. כלומר בכל שניה עוברת קרן אור מרחק של 300.000 ק"מ.

בשתי שניות תעבור קרן האור 600.000 ק"מ.

12. אם נבצע אותו חשבון כפי שעשינו בסעיף 7 לגבי הטיל נקבל כי קרן האור תגיע אל השמש לאחר:

$$500 \text{ שניות} = \frac{\text{מרחק}}{\text{מהירות}} = \frac{150.000.000}{300.000}$$

או בדקות

$$\frac{1}{3} \text{ דקות} = \frac{1500}{60} = \text{זמן}$$

נוכל לומר, איפוא, כי המרחק אל השמש הוא רק $1\frac{1}{3}$ דקות אור. דהיינו האור עובר במשך $1\frac{1}{3}$ דקות את המרחק של 150.000.000 ק"מ. במקום מהירויות של מטוס או טיל, השתמשנו במהירות האור. הזמן שהאור עובר בתנועתו אל השמש הוא המרחק אל השמש.

נסכם: המרחק בין כדור הארץ לשמש $1\frac{1}{3}$ דקות אור.

13. באותו אופן נוכל לדבר על מרחק של "שעת אור אחת". הכונה, כמובן, המרחק שיעבור האור במשך שעה אחת.

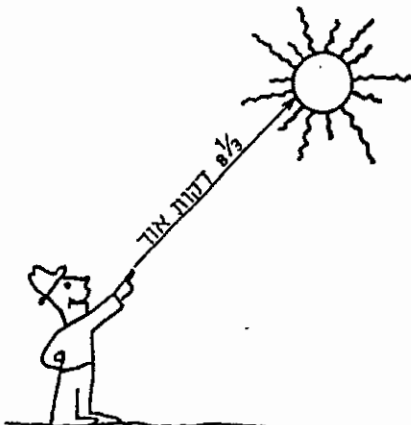
מרחק כזה הוא גדול יותר ממרחק כדור הארץ אל השמש. זהו למעשה המרחק מאתנו אל כוכב הלכת שבתאי. נוכל, איפוא, לומר כי "המרחק אל כוכב הלכת שבתאי הוא שעת אור אחת".

לעומתו כוכב הלכת פלוטו שהוא הרחוק ביותר במערכת השמש נמצא במרחק ארבע שעות אור מאתנו.

מהירות האור היא 300.000 קילומטר בשניה

מהירות האור היא המהירות הגדולה ביותר בטבע.

מרחק השמש מכדור הארץ הוא $1\frac{1}{3}$ דקות אור.
(או 150 מיליון קילומטר)



14. נוכל גם לדבר על "שבוע אור". זה המרחק שתעשה קרן אור במשך שבוע ימים (שבע יממות ובכל יום 24 שעות).

מרחק זה הוא מעבר למערכת השמש כולה.

15. למדידת מרחקים שהם הרחק ממערכת השמש שלנו זקוקים אנו ליחידת המרחק "שנת אור", כלומר זהו המרחק שעוברת קרן אור במשך שנה אחת בחלל הריק. כמה קילומטרים יש בשנת אור אחת?

במשך שנה אחת יש כ-32 מליון שניות. ולכן במשך שנה תעבור קרן אור מרחק של:

$$32.000.000 \times 300.000 = 9.600.000.000.000 \text{ ק"מ}$$

כלומר, 9.6 אלף מיליארדי ק"מ!

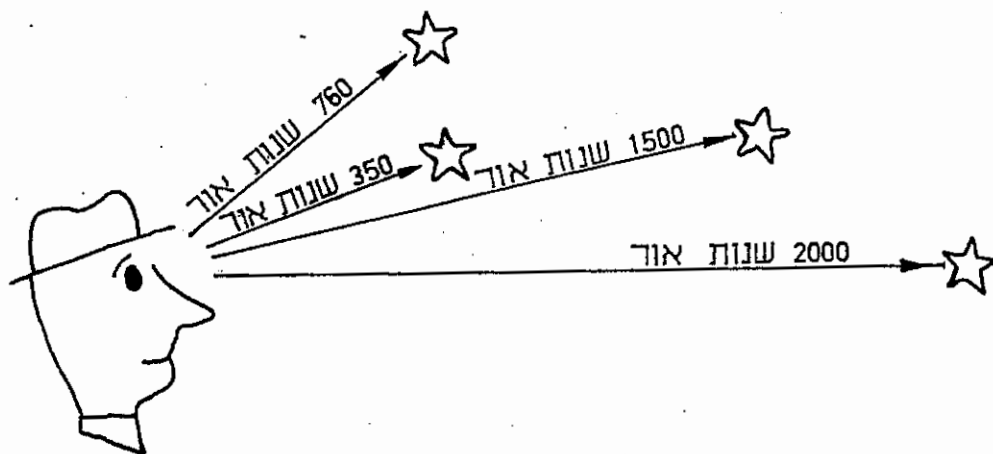
16. פנה לדפי העבודה ופתור את תרגיל 2.

שנת אור:

המרחק שעוברת קרן אור בחלל הריק.
זהו מרחק של 9600 מיליארד קילומטר.

יחידת המרחק באסטרונומיה היא שנת אור.

שנת אור הוא המרחק שעושה קרן אור במשך שנה.



ה. חזקות של עשר:

17. בתרגיל 2. מצאת את מרחקו של הכוכב הקרוב ביותר אלינו: α , צנטאורי בשנות אור.

רוב גרמי השמים האחרים הם הרבה הרבה יותר רחוקים. ישנם כוכבים הנמצאים במרחק של עשרות, אלפי, מיליוני שנות אור ואפילו מיליארדי שנות אור.

מתברר כי אף יחידת מרחק של "שנת אור" גם היא קטנה יחסית בכדי לבטא מרחקים במרחבי היקום.

עד עתה לא התחדשה יחידה אסטרונומית גדולה יותר מ"שנת אור", ולכן גם כיום משתמשים אנו ביחידה זו ואפילו אם מדובר על מרחקים של מיליארדי שנות אור.

בכדי להקל את הכתיבה של מיליארדי שנות אור אנו מצמצמים את אורך כתיבתם של מספרים אלו על ידי כתיבתם בחזקות של עשר ($10^2, 10^3, 10^4$ וכו').

ביצע עושים זאת?

18. אם מדובר על מרחק של 100 שנות אור, (ש.א.) רושמים 10^2 ש.א.

אם המרחק הוא 1000 ש.א. רושמים 10^3 ש.א.

אם המרחק הוא 1.000.000.000 (מיליארד) רושמים 10^9 ש.א. מעריך החזקה הוא במקרה זה 9.

מספר האפסים קובע את המעריך של חזקת העשר.

19. כאשר המרחק הוא 1.5×10^3 ש.א., המשמעות היא שלאחר שנכתוב בפירוט 1000 = 10^3 התוצאה תהיה: 1500 ש.א. משמע, שיש להזיז את הנקודה העשרונית בשלושה מקומות ימינה.

דוגמה נוספת: מרחק של 8.3×10^2 ש.א. = 830 ש.א.

כלומר מזיזים את העשרונית בשני מקומות ימינה.

20. כיצד נכתוב למשל את המספר 541000 בצורת חזקת עשר?

במספר שלם (כזה) נמצאת הנקודה העשרונית בסוף המספר כלומר 541000.0

נשמיט עתה את האפס העומד לאחר הנקודה נקבל: 541000.

נזיז את הנקודה בחמש ספרות שמאלה עד שנגיע למספר 5.41000.

או 5.41. בזה הקטנו את ערכו המספרי של המספר שלנו ב- 10^5 לכן עלינו עתה לכפלו בחזרה ב- 10^5 כדי לחזור למספר המקורי 541000

דהיינו $5.41 \times 10^5 = 541000$

או למשל 3080000 שנות אור יהיו 3.08×10^6 שנות אור.

21. פנה לדפי העבודה כדי לפתור את תרגיל 4 ואת התרגיל המסכם.

מספרים גדולים רושמים בעזרת חזקות של

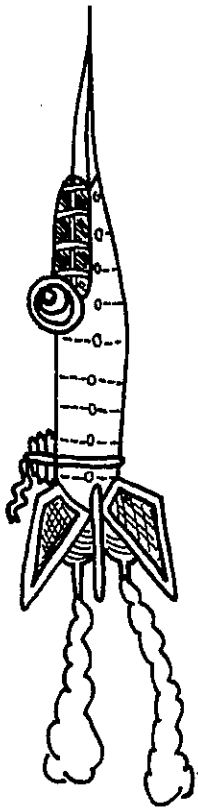
10.



1. אנו מקצרים את כתיבתם של מרחקים בעזרת חזקות עשר.
2. את המעריך של חזקת העשר של מספר נקבל על ידי חזות הנקודה העשרונית (המדומה) העומדת בסוף המספר עד ספרה אחת שלפני הספרה הראשונה של המספר.



דפי עבודה



תרגיל 1:

1. חשב את המרחק בין תל-אביב לניו-יורק.
קח את הזמן מתוך הטקסט. (מהירות מטוס הוא 800 ק"מ/שעה).
2. המרחק בין תל-אביב לרומא הוא כ-2400 ק"מ. מהו המרחק ב"שעות טיסה" בין שתי הערים אם מהירות הטיסה היא 800 ק"מ/שעה?
3. טיל בליסטי נשלח מיבשת אחת לשנייה במהירות ממוצעת של 2000 ק"מ/שעה.
תוך כמה זמן יגיע הטיל ליבשת השנייה הנמצאת במרחק של 4000 ק"מ.

תרגיל 2:

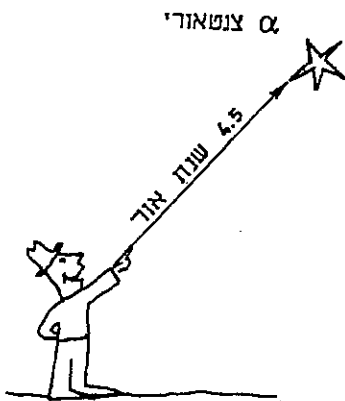
1. חשב במדויק כמה ק"מ יש בדקת אור, בשעת אור, ביממת אור, בשבוע אור ובשנת אור.

סכם את התוצאות בטבלה הבאה:

מרחק בק"מ

זמן

דקת אור	
שעת אור	
יממת אור	
שבוע אור	
שנת אור	

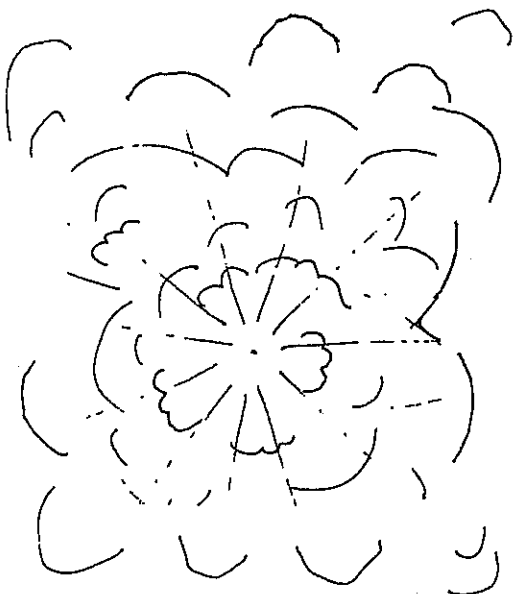


2. עיין בסעיף 15 שבטקסט ורשום את המרחק אל כוכב הלכת שבתאי ואל כוכב הלכת פלוטו בק"מ.

3. בתחלת הפרק סעיף 1 רשמנו את המרחק של α צנטאורי מכדור הארץ בק"מ. חשב את המרחק בשנות אור.

4. כנ"ל לגבי צביר הכוכבים M5 הנמצא במרחק 270000 ש.א. מאיתנו.

5. בחודש פברואר 1987 התפוצץ כוכב השייך לגלקסיה המכונה בשם "העננים המגאלניים". מרחק הכוכב מאתנו הוא כ-500 מיליון ש.א. לפני כמה זמן התפוצץ כוכב זה?



תרגיל 3.

1. רשום את המספרים הבאים בצורת חזקת עשר

$$67200 = \times 10$$

$$32000 = \times 10$$

$$8427.27 = \times 10$$

$$578000000 = \times 10$$

2. המרחק אל צביר הכוכבים המכונה M 13 הוא כ-22500 ש.א. רשום מרחק זה בעזרת חזקת עשר.

3. המרחק אל קצה היקום הידוע כיום הוא כ-1.5 מיליארד ש.א. רשום מרחק זה בחזקה של עשר.

תרגיל מסכם

סמן בעיגול את המשפטים הנכונים שלפניך:

1. שנת אור היא:

א. זמן

ב. מהירות

ג. מרחק

2. מהירות האור בחלל הריק היא:

א. אינסופית

ב. אי אפשר למדוד אותה.

ג. 300,000 ק"מ/שנייה.

מלא את החסר במשפטים הבאים:

א. המרחק אל הכוכב הקרוב ביותר אלינו הוא.....

שם הכוכב הוא.....

ב. שנת אור היא המרחק.....

ג. קרן אור היוצאת מהשמש מגיעה אלינו לאחר..... דקות.

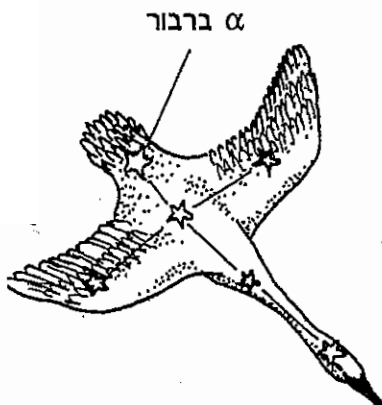
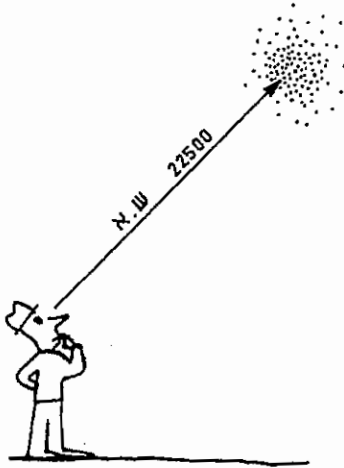
ד. מרחק כוכב הלכת פלוטו מכדור הארץ הוא.....

ה. שנת אור היא..... ק"מ.

3. פתור את התרגילים הבאים:

1. המרחק אל כוכב הנקרא בשם α ברבור הוא 1600 ש.א.

רשום מרחק זה בחזקת 10.

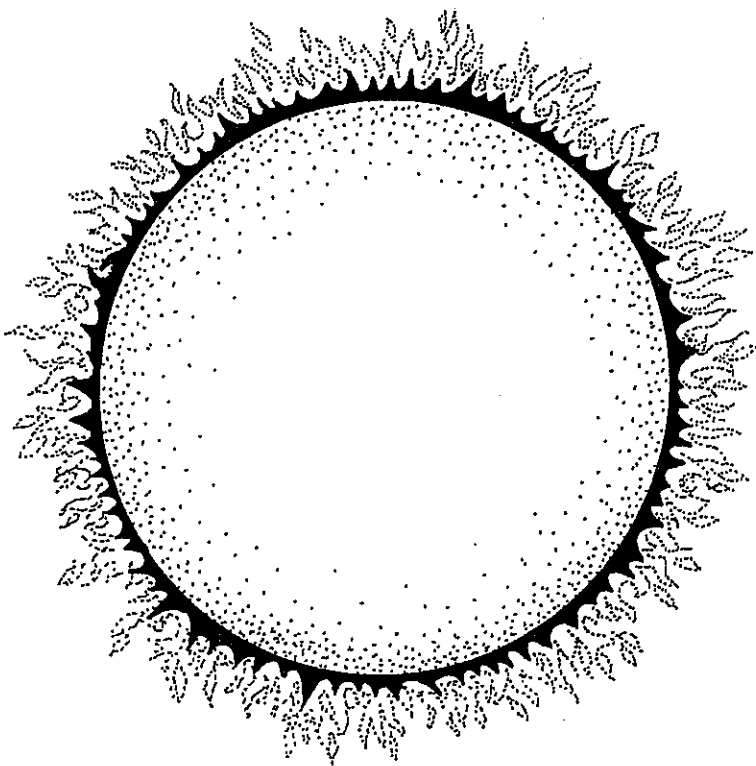


פרק ג'

השמש - כוכב טיפוסי ביקום

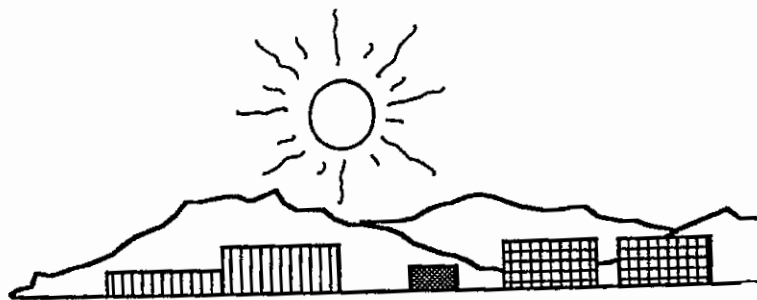
מטרת יחידת לימוד זו היא:

1. להכיר את תכונותיה של השמש ואת הרכבה הכימי והפיזיקלי.
2. השפעתה של השמש על כל כוכבי הלכת סביבה.



לאחר לימוד יחידה זו אתה אמור:

1. להכיר את השפעת גורם המרחק של השמש מכדור הארץ.
2. לדעת מה הן הטמפרטורות בשמש.
3. להכיר את הצבעים של אור השמש.
4. לדעת את הרכבה הכימי של השמש.
5. להכיר את מצב הצבירה הרביעי - פלסמה.
6. לדעת מהו מקור האנרגיה של השמש.
7. להכיר את העטרה של השמש ותכונותיה.
8. לדעת מה היא רוח השמש.
9. להכיר מה הם כתמי שמש.
10. להכיר את היקבוע השמשי.
11. לדעת מהי מסת השמש ומהו הגורם לסבוב כוכבי הלכת סביבה.



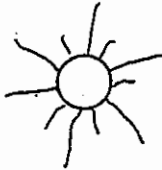
א. השמש היא כוכב בינוני ביקום

1. השמש נראית לנו ככוכב אדיר מימדים. כאשר מתבוננים בה, למשל, בשעות הזריחה או השקיעה, נראים מימדיה מרשימים בגודלם. החום והאור שהיא מקרינה מהווה מקור אנרגיה לכל החיים על פני כדור הארץ.

ברם, בעקבות מחקרים אסטרונומיים נתגלה שאין השמש נחשבת לכוכב גדול במיוחד. בהשוואה לכוכבים אחרים, באופן יחסי היא ממוצעת בגודלה.

החום שהשמש מפיקה יחסית לשאר הכוכבים אף הוא ממוצע. הטעות בהערכתנו את השמש נובע מקרבתה היתירה אלינו. היא נמצאת "רק" במרחק מאה וחמישים מיליון קילומטר. זהו אמנם מרחק עצום בקנה מידה ארצי, אולם לא בקנה מידה אסטרונומי.

2. מרחקה של השמש מאתנו הוא מאוד חשוב. אם כדור הארץ היה, ולו במעט, קרוב יותר לשמש הרי הטמפרטורה על פניו הייתה גבוהה ללא נשוא, והחיים על פני כדור הארץ לא היו יכולים להתקיים בצורה המוכרת לנו. מאידך, אם כדור הארץ היה קצת יותר רחוק הוא היה קר מדי ויתכן שלא היו מתקיימים עליו חיים כלל. המרחק העכשוי של השמש מכדור הארץ גורם לטמפרטורה ממוצעת של 20 מעלות צלסיוס, והאקלים הוא נוח לקיום החיים על פניו.



מרחק השמש מאתנו הוא 150 מיליון קילומטר.

סיכום:

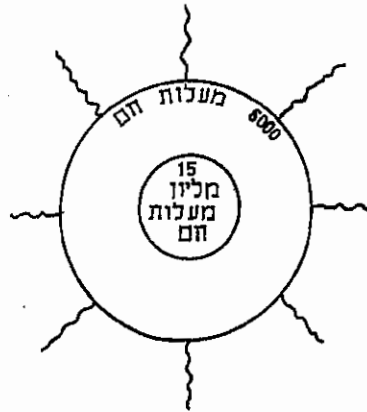
1. גודלה של השמש במימדים אסטרונומיים הוא ממוצע בין הכוכבים.
2. השמש נראית לנו ככוכב ענק בגלל קרבתה היחסית לכדור הארץ.
3. מרחקה של השמש גורם לאקלים ממוזג על פני כדור הארץ המאפשר חיים כפי שאנו מכירים אותם.

ב. חומה של השמש

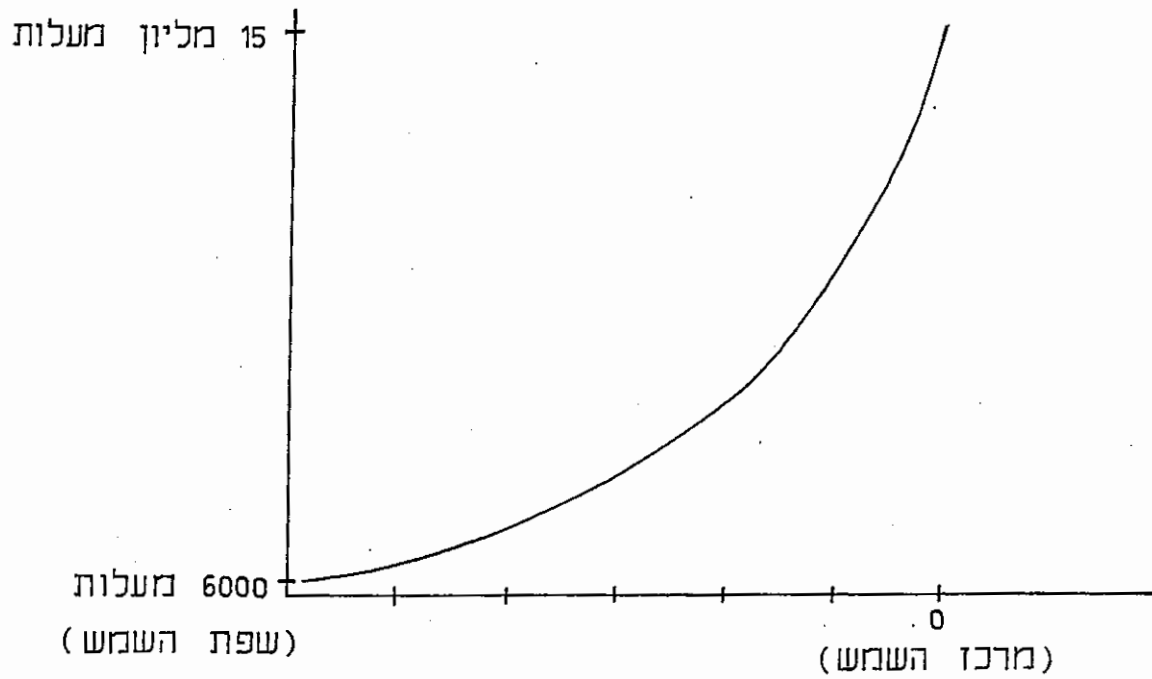
3. כיום משערים שהטמפרטורה במרכז השמש מגיעה עד 15 מיליון מעלות צלסיוס! הטמפרטורה העצומה הזאת מקורה כנראה בכך גרעיני אדיר הפועל בצורה שקטה במרכז של השמש.

ההנחה היא שהחום הנוצר במרכז השמש מתפשט אט אט החוצה תוך כדי ירידת הטמפרטורה. מדידות אסטרונומיות מראות שהטמפרטורה בשפת השמש יורדת עד ל-6000 מעלות צלסיוס. ראה תמונה 1.

בתמונה 2 מופיע גרף המתאר את הטמפרטורה בעומקים השונים של השמש. התאור הגרפי מתחיל בשפה ברדיוס 600,000 ק"מ, שבה הטמפרטורה כאמור 6000 מעלות צלסיוס וכלה במרכז השמש שבו הטמפרטורה מגיעה עד ל-15 מיליון מעלות.



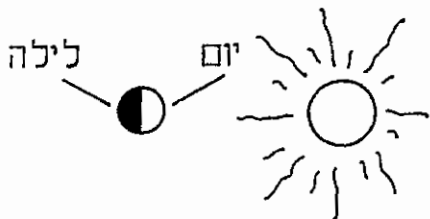
תמונה 1: הטמפרטורה של שפת השמש היא 6000 מעלות חם ובמרכז 15 מיליון מעלות חם



תמונה 2: שינוי הטמפרטורה בעומקים שונים בשמש.

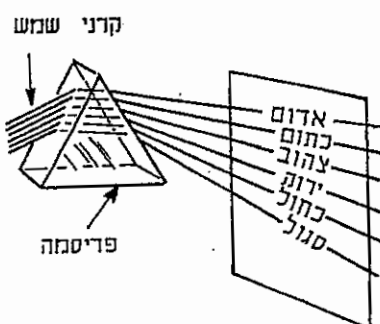


הכוכבים הם "שמשות" כמו השמש שלנו, אלא שהם רחוקים מאד מאתנו.



כוכבי הלכת אינם מפיקים אור מעצמם אלא מאירים מהחזרת האור הנופל עליהם מכיוון השמש.

פריסמה היא מבנה משולשי של זכוכית. תפקידה לפצל את האור לצבעיו.



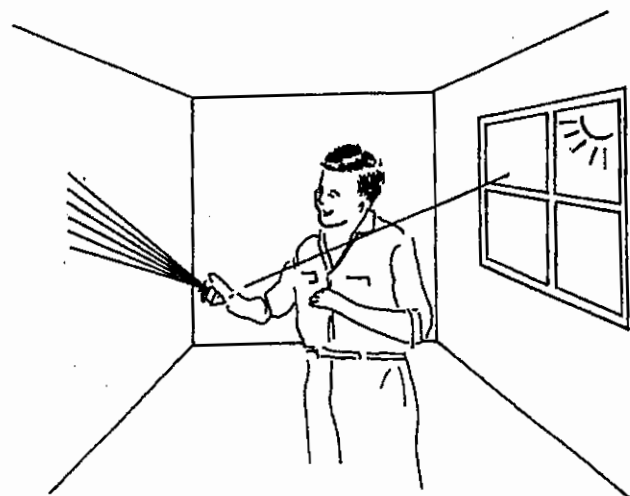
4. מתברר כי השמש מורכבת כולה מגזים לוהטים. גזים אלה בוערים ומפיקים את קרינת האור המגיעה אף אלינו לכדור הארץ. קרינה זאת היא בעלת עוצמה גבוהה ולא ניתן להסתכל בה בעינינו. כיום ידוע לנו כי כל הכוכבים בשמיים הם גם "שמשות" כמו השמש שלנו. גם הם מורכבים מגזים בוערים המפיקים אור. כוכבים אלה כל כך רחוקים מאתנו עד שאנו רואים אותם רק כנקודות זעירות וזוהרות בשמיים. נראה בהמשך כי בניגוד לכוכבים אלה, כוכבי הלכת, כמו כדור הארץ שלנו, אינם כוכבים ממש. הם אינם מפיקים אור בעצמם, אלא מקבלים ומחזירים את אור השמש הנופל עליהם.

סיכום:

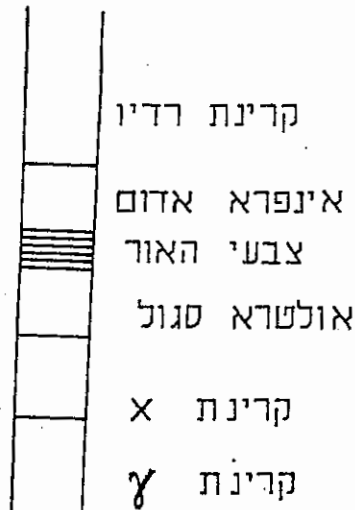
1. הטמפרטורה במרכז השמש היא כ-15 מיליון מעלות צלסיוס.
2. הטמפרטורה יורדת ככל שמתקרבים לשפת השמש.
3. הטמפרטורה בשפת השמש היא 6000 מעלות צלסיוס.
4. השמש מורכבת מגזים לוהטים.
5. רוב הכוכבים הזוהרים בשמיים הם "שמשות" רחוקות מאד.

ג. הצבעים של השמש.

5. האור המגיע מהשמש נדמה לנו כאור לבן, אך האמת היא שהשמש מקרינה בצבעים שונים, כאשר הצבע הצהוב הוא הבולט ביותר. תוכל לבדוק זאת בעזרת מנסרת (פריסמה) זכוכית באופן הבא: הפנה את המנסרה לכיוון השמש, תוכל לראות את פיצול אור השמש לכל צבעיו (כמו צבעי הקשת בענן) על הקיר או על הרצפה שמעברה השני של המנסרה, תופעה זאת נקראת בשם "נפיצת האור לצבעיו", ראה תמונה 3.



תמונה 3: נפיצת אור השמש לצבעיו ע"י פריסמה.



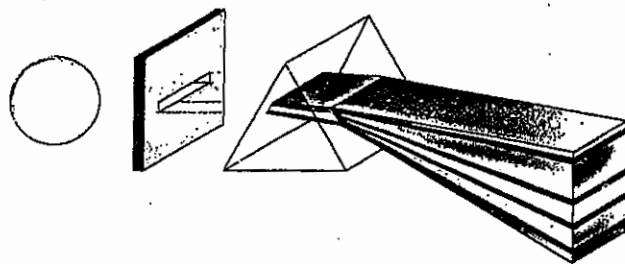
השמש מקרינה לא רק בצבעי האור
הרגילים אלא גם בסוגי קרינה אחרים
בלתי נראים לעינינו כמו קרינת רדיו
או קרינת X.

6. לאוסף כל הצבעים הנוצרים מנפיצת אור השמש קוראים בשם "ספקטרום" האור הנראה של השמש. כלומר, ספקטרום השמש הוא "קרינת הצבעים" של אור השמש.

בעצם, ספקטרום הקרינה המגיעה מהשמש הוא עשיר יותר מזה שראינו באמצעות המנסרה. כיום יודעים שהשמש מקרינה גם קרינת רדיו, קרינה אינפרא אדומה, קרינה אולטרה סגולית וכן קרינת X (קרינת רנטגן). קרינות אלו אין אנו מסוגלים לראות בעינינו אלא בעזרת מכשירים מיוחדים. כל הקרינות הללו (כולל קרינת האור הנראה) נקראות בשם כללי "קרינה אלקטרומגנטית".

7. פנה לתרגיל 1 בדפי העבודה.

8. ספקטרום האור הנראה של השמש נראה כרצף של צבעים. דהיינו אין רווחים בין הצבעים אלא כל צבע משתנה ברציפות, כך שהסגול הולך ונהיה יותר כחול וכן הלאה. לכן ספקטרום זה נקרא "הספקטרום הרציף של האור". אם בודקים בדקדוק בעזרת זכוכית מגדלת, ניתן להבחין בתוך רצף הצבעים בקווים שחורים דקים מאוד. (ראה תמונה 4). כל צבע שחור כזה הוא העדר צבע. באותם הפסים כאילו הצבעים נבלעים. קיים אלה נקראים בשם "קוי בליעה" של ספקטרום אור השמש או "קוי פרנהופר", על שם החוקר שגלה אותם לראשונה.



תמונה 4: קוי בליעה בספקטרום של השמש.

קרינה אלקטרומגנטית
הוא שם כללי לכל הקרינות כגון קרינת
האור הנראה לנו, קרינה אולטרה סגולה,
קרינת X קרינת רדיו
או קרינה אינפרא אדומה.

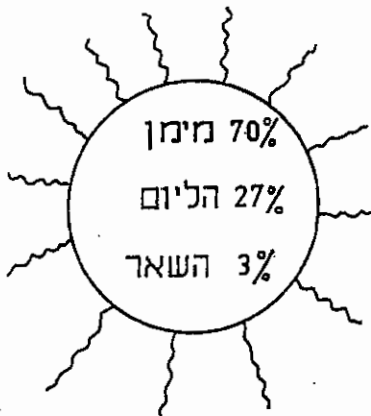
ד. ההרכב הכימי של השמש.

9. קוי הבליעה של ספקטרום השמש מסודרים בסדרות. ראה למשל את הסדרה המוצגת בתמונה 5. שים לב כי הרווחים שבין הקווים הולכים וגדלים. נסויים בפיסיקה של תורת האור מראים כי לכל יסוד ויסוד בטבע יש סדרה של פסי בליעה קבועים. כך למשל גז לוחט של מימן יתן תמיד את אותו מספר של קוים שחורים ובאותם המרווחים. כך לגבי שאר היסודות פחמן, הליום, ברזל וכו'. לכל יסוד יש סדרה טיפוסית אחת ורק אחת. אם פסי הבליעה של אחד היסודות יופיע בספקטרום של השמש, משמע שהשמש מכילה את היסוד הזה.

סדרת פסי הבליעה של אור השמש (המופיעה בתמונה 5) היא של גז המימן, מכאן ברור בתכלית, כי גז המימן מצוי בשמש.

10. ניתוח מדויק ביותר של קוי הבליעה של ספקטרום השמש מראה כי השמש מורכבת משבעים אחוז מימן ומעשרים ושבעה אחוזים הליום. שאר שלשת האחוזים הם יסודות אחרים כגון חמצן פחמן ברזל סידן וכו'. נראה בהמשך כי כל הכוכבים ביקום הם בעלי הרכב כימי דומה מאוד לזה של השמש, דהיינו הרכבם העיקרי הוא מימן והליום.

הרכב כימי הוא איזה חומרים יש בגוף



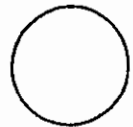
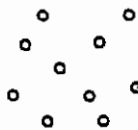
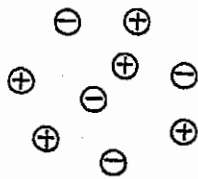
תמונה 5: סדרת קוי בליעה אופייניים של גז מימן. שים לב לרווחים ההולכים וגדלים בין הקווים.

סיכום:

1. הפריסמה "מפצת" את האור לצבעיו.
2. ספקטרום הוא יריעת הצבעים המתקבלת מנפיצת האור ע"י פריסמה.
3. קוי הבליעה של פרנהופר הם פסים שחורים המופיעים בסדרות בתוך הספקטרום הרציף של אור השמש.
4. לכל חומר בטבע סדרה קבועה של פסי בליעה - אותו מספר קוים ובאותם המרווחים.
5. ההרכב הכימי של השמש הוא 70 אחוז מימן, 27 אחוז הליום, ו-3 אחוז של שאר היסודות כגון: חמצן, מימן, ברזל, סידן וכו'.

ה. כור גרעיני בתוך השמש.

11. כל היסודות הכימיים שהזכרנו נמצאים על פניה של השמש במצב של בעירה. בגלל הטמפרטורה הגבוהה נמצאים כולם במצב של גז (גם ברזל). עמוק יותר בתוך השמש עצמה הטמפרטורה כאמור עוד יותר גבוהה. בטמפרטורה כזאת אטומי היסודות השונים אינם יכולים להמצא במצב צבירה המוכר לנו, אלא הם מפורקים למרכיביהם. המרכיבים הם דלחלן: אלקטרונים, יונים (אטומים הטעונים במטען חשמלי) ואפילו גרעינים ממש. (אטומים ללא כל אלקטרונים סביבם). כך נוצר "מצב צבירה" חדש הנקרא בשם "פלסמה" דהיינו גז של אלקטרונים, יונים וגרעינים של אטומים. ראה תמונה 6.

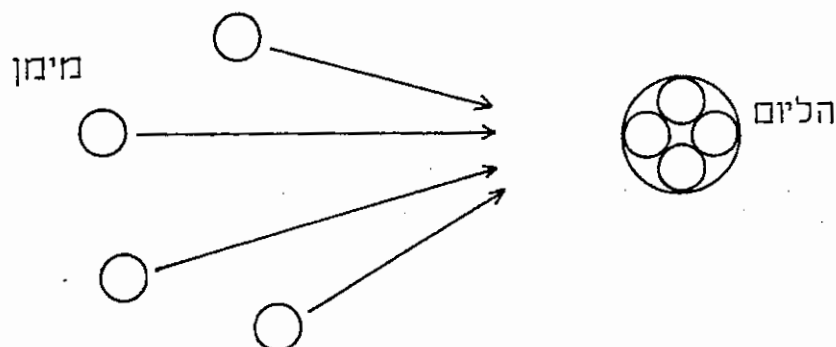


תמונה 6: ארבעת מצבי הצבירה: מוצק, נוזל, גז, פלסמה.

מקור האנרגיה של השמש

הוא כור גרעיני שקט הפועל במרכז

12. לא רק הטמפרטורה אלא גם הלחץ והצפיפות של חומר הפלסמה במרכז השמש הולכים וגדלים מאוד. בתנאים כאלו גרעיני אטום המימן שבפלסמה מרבים להתנגש זה בזה ולעתים הם נצמדים זה לזה. לפעמים קורה שארבעה גרעיני מימן מתחברים יחדיו בתהליך אחד ואז נוצר מהם חלקיק חדש המורכב מארבעתם. חלקיק זה הוא גרעין הליום (ההליום כבד פי ארבע לערך מגרעין המימן) ראה תמונה 7.



תמונה 7: במרכז השמש, יכולים ארבעה גרעיני אטום מימן להתחבר וליצור גרעין אחד של אטום הליום.

13. ארבעת המימנים המתחברים לגרעין הליום אחד פולטים קרינה גרעינית חזקה.

אנו אומרים כי בתוך השמש פועל כור גרעיני איטי (לא כמו פצצה) שהופך ארבעה מימנים להליום ותוך כדי כך משתחררת אנרגיה. תהליך גרעיני איטי זה הוא מקור האנרגיה של השמש.

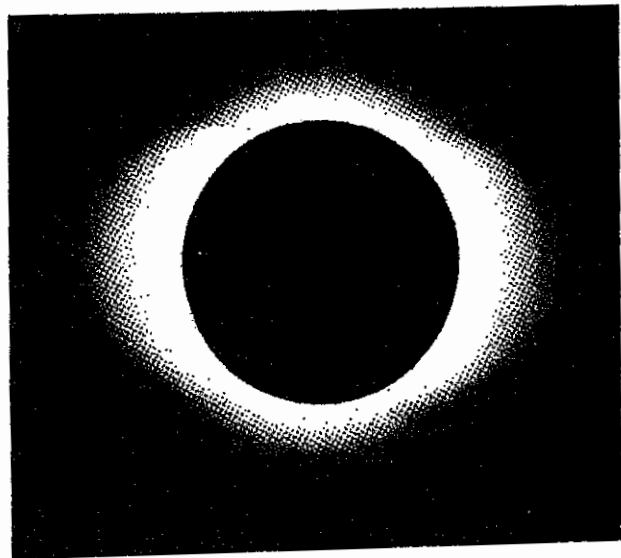
סיכום:

1. פלסמה היא מצב צבירה רביעי. זהו גז חם מאוד הכולל אלקטרונים יונים וגרעינים, השמש מורכבת מפלסמה.
2. מרכז השמש היא כור גרעיני שקט.
3. ארבעה גרעיני מימן מתלכדים בכור לגרעין הליום אחד ופולטים קרינה גרעינית תוך כדי התחברותם.
4. הכור הגרעיני שבשמש פועל בתנאי טמפרטורה לחץ וצפיפות גבוהים מאוד.

14. פנה לדפי העבודה וענה על שאלות החזרה המופיעות בתרגיל 2.

1. העטרה של השמש.

15: תמונה 8 מראה תצלום סביבותיה של השמש כאשר גלגל השמש עצמו מוסתר. צילומה של תמונה זאת התאפשר על ידי חסימת חלק מעדשת



תמונה 8: צילום של עטרת השמש.

תהליך הגרעיני במרכז השמש הוא צרוף ארבעה גרעיני מימן לגרעין הליום אחד. כך גם משתחררת אנרגיה תוך כדי ההתחברות.

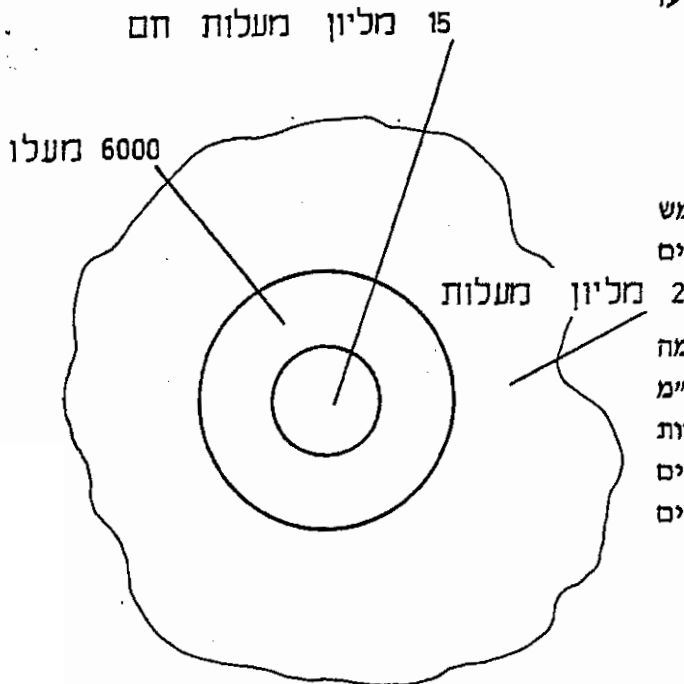
שמש

עטרת השמש

עטרת השמש היא גז דליל וחם מאד
מסביב לשמש המגיע עד כדי
שני מיליון מעלות חם.

המצלמה במסך עגול מיוחד. כך מסתירים את השמש עצמה כדי שנוכל לראות בתצלום את המתחולל סביבה. מהצילום ניתן לראות כי הגזים המצויים בשמש מתפרצים לכל הכוונים שבסביבתה. המבנה הנוצר מהגזים בסביבות השמש נקרא בשם "עטרה". העטרה מורכבת גם היא מגזים דלילים לוחטים שהטמפרטורה שלהם מגיעה עד כדי שני מיליון מעלות צלסיוס.

16. פנה לדפי העבודה ופתור תרגיל 3.

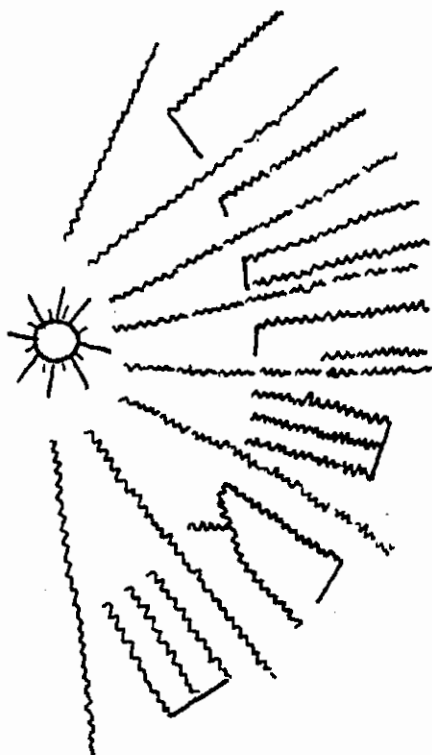


17. התוצאה שקבלת בתרגיל מראה כי מרחק קצה העטרה משפת השמש הוא גדול מאוד. כל הנפח האדיר של העטרה בוער וגועש, כלומר הגזים הלוחטים שבסביבות השמש יוצרים עטרה פעילה ביותר.

18. מדי פעם מתחוללות התפרצויות של סילוני גזים לוחטים של פלסמה מתוך השמש לעטרה שלה. גזים אלה יכולים להגיע לגובה של 40.000 ק"מ ויותר מפני השמש. התפרצויות אלו הודפות את הגזים של העטרה ויוצרות בה גלי הדף של גזים. גלים אלו מכים בחוזקה ומחממים את הגזים בעטרה עד לטמפרטורה של מיליוני מעלות. תמונה 9 מראה כי הגזים המתפרצים עולים מעל פני השמש ונופלים עליה חזרה.



תמונה 9: צילום התפרצויות גזים על פני השמש.



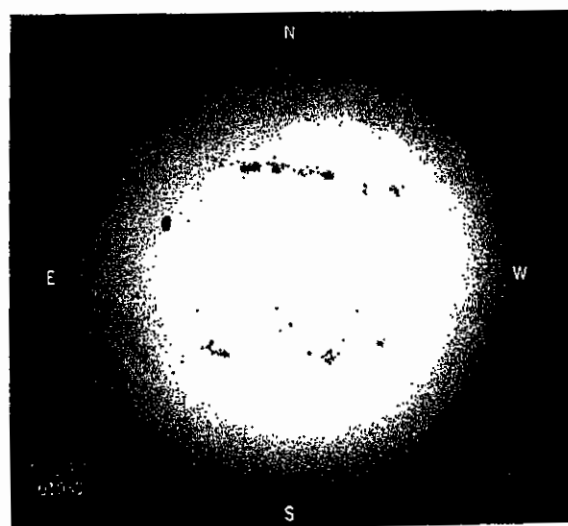
19. חלק קטן מאוד מהגזים המתפרצים נמלטים מפני השמש. הם עוזבים את השמש בצורת אלקטרונים, פרוטונים וקריונה מסוכנת. חלקיקים אלו נעים מרחקים גדולים ביקום ומגיעים אפילו עד כוכבי הלכת הרחוקים. החומר הדליל הזה נקרא בשם "רוח השמש" והוא נע במערכת השמש כולה.

סיכום:

1. העטרה של השמש היא המבנה הגוי בסביבות שפת השמש.
2. התפרצות הגזים מתוך השמש אל העטרה יוצרים בה גלי הדף המחממים את העטרה לטמפרטורה של מיליוני מעלות צלסיוס.
3. רוח השמש היא פלסמה דלילה מאד היוצאת מן השמש אל החלל החיצון. היא נעה במערכת השמש ומגיעה עד לכוכבי הלכת הרחוקים שלה.

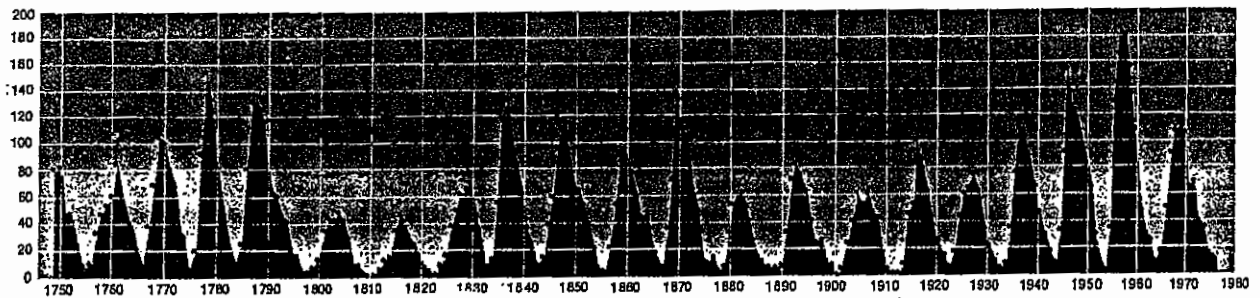
ז. כתמים בשמש.

20. אם מתבוננים היטב בצילומים של השמש (תמונה 10) רואים "כתמים" שחורים על פניה, כאילו השמש כבויה באותם מקומות. (כתמי שמש כבר נראו על ידי האסטרונומים הקדמונים). מתברר כי אזורים אלה קרים ב- 500 מעלות צליוס בלבד משאר פני השמש. באזורים אלה נצפתה גם תנועה מהירה של עליה ונפילה של גזים. כיום ידוע כי יצירת כתמים אלה מלווה תמיד בתהליכים מגנטיים חזקים באותו אזור. קטרם יכול להגיע עד עשרות אלפי קילומטר.



תמונה 10: צילום של כתמי שמש.

21. מספר הכתמים על פני השמש משתנה עם הזמן. תמונה מספר 11 מראה את מספר הכתמים בכל שנה החל משנת 1750 ועד שנת 1980. מהסרטוט ניכר כי מספר הכתמים עולה ויורד באופן מחזורי.



תמונה 11: מספר הכתמים אשר הופיעו על פני השמש בכל אחת מן השנים בין 1750 לבין 1980.

(הציר המאונך הוא המספר הממוצע של כתמי השמש בשנה).

22. פנה לדפי העבודה וענה על תרגיל 4.

התרגיל שבצעת מראה כי מחזור הופעת הכתמים על פני השמש הוא כל 11 שנים.

סיכום:

1. "כתמי שמש" הם אזורים "שחורים" בשמש שבהן הטמפרטורה נמוכה בכ-500 מעלות יחסית לטמפרטורה של פני השמש.
2. מספר הכתמים המופיעים משתנה לסרוגין אחת ל-11 שנים.

ח. קרינת השמש על כדור הארץ.

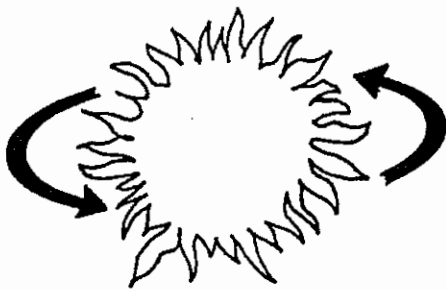
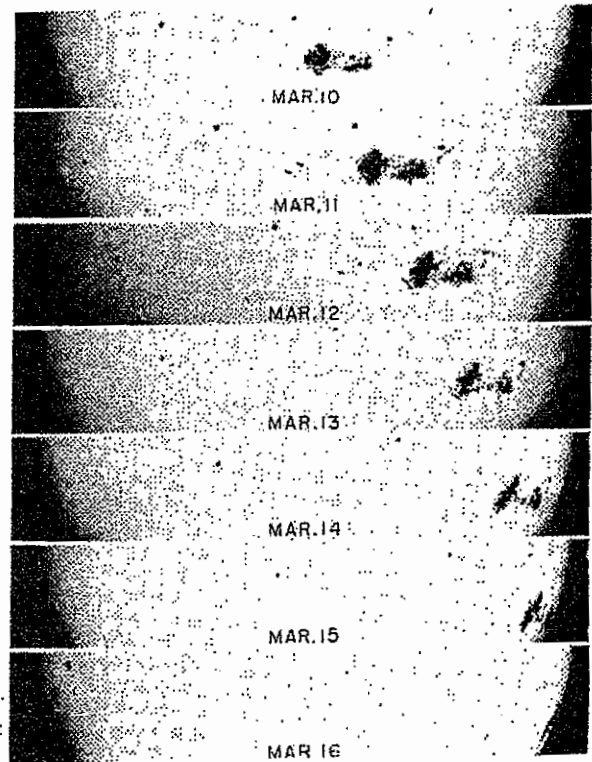
23. קרינת השמש היא אדירה, אולם, היא הולכת ונחלשת עם המרחק מפני השמש. בהגיע הקרינה לפני כדור הארץ היא נחלשת מאוד. כך יכולים החיים להתקיים כאן.
- הקרינה הנופלת על כל שטח של מטר רבוע על פני כדור הארץ היא 1000 ואט על מטר רבוע.
- קרינה זאת היא כמו קרינה של 10 נורות של 100 ואט כל אחת, על פני שטח של מטר רבוע.
- כמות זאת של קרינת 1000 ואט המגיעה לשטח של מטר רבוע על כדור הארץ (מעל לעננים!) נקרא בשם "הקבוע השמש".



כמות זאת של קרינה נמדדת גם ביחידת אנרגיה או כמות חום - קלוריה.
(קלוריה - כמות החום הדרושה להעלאת הטמפרטורה של גרם מים במעלת צלסיוס אחת).
לפי זה מקבל כדור הארץ חום של שתי קלוריות על פני סנטימטר רבוע בכל שניה.

ט. סיבוב השמש סביב צירה.

24. כמו כדור הארץ, גם השמש מסתובבת סביב צירה, אלא שהיא משלימה סיבוב אחד אחת ל-25 ימים. (כידוע כדור הארץ מסתובב סביב צירו אחת ל-24 שעות). סיבובה של השמש סביב צירה אינו אחיד, ב-25 ימים משלים קו המשווה של השמש סבוב אחד, באיזורים אחרים מעל ומתחת לקו המשווה, זמן המחזור הוא ארוך יותר. (ראה תמונה 12).



תמונה 12: צילומים של השמש בזמנים רצופים זה אחר זה מראים את שינוי מקומם של כתמי השמש בצורה הדרגתית. זוהי אחת ההוכחות לסיבוב השמש סביב צירה.

25. מסת השמש היא כ- 2×10^{30} ק"ג. כוח המשיכה שיוצרת מסה ענקית זו מונע מכוכבי הלכת לברוח ממנה וגורמת לכוכבים אלו שישתובבו סביבה. גם כדור הארץ לכוד בסיבובו בתוך שדה המשיכה של השמש ואין לו אפשרות לעזוב את שדה המשיכה הזה.

בהמשך נכיר את אופיו של כוח המשיכה של השמש ושל גורמי השמים בכלל.

סיכום:

1. "הקבוע השמשי" היא מידת הקרינה של השמש הנופלת על פני כדור הארץ במשך שניה אחת על יחידה אחת של שטח.
2. קבוע השמשי הוא קרינה של שתי קלוריות לסנטימטר רבוע בכל שניה.
3. קו המשווה של השמש סובב סבוב מלא סביב ציר העובר דרך מרכז השמש במשך כ-25 ימים.
4. מסת השמש היא 2×10^{30} ק"ג, מסה זו יוצרת כוח משיכה הגורם לכוכבי הלכת להסתובב סביבה.

26. פנה לדפי העבודה לחזרה כללית על הנושאים שנוסחו לפרק זה. תרגיל 4.

דפי עבודה

תרגיל 1

רשום את הצבעים של ספקטרום האור הנראה של השמש.

תרגיל 2

א. השלם את המשפטים הבאים:

1. מרחק השמש מכדור הארץ הוא ק"מ.
2. הטמפרטורה של פני השמש היא כ..... מעלות מתוך חישובים מגיעים למסקנה כי הטמפרטורה במרכז השמש מגיעה ל..... מעלות צלסיוס.
3. את אור השמש ניתן לפצל לצבעיו על ידי גוש זכוכית בצורת פירמידה הנקרא בשם.....
4. ניתוח קווי הבליעה בספקטרום השמש מאפשר לקבוע כי השמש מורכבת מ..... אחוזים מימן,..... אחוזים הליום, ו..... אחוזים כל שאר היסודות.
5. פרט למימן, נמצאים בשמש יסודות כימיים שונים, כמו למשל :

6. ארבעת מצבי הצבירה השונים של החומר הם: א..... ב..... ג..... ד.....

ב. סמן את התשובות הנכונות בשאלות הבאות:

1. השמש הוא כוכב:
 - א. שצבעו כחול.
 - ב. בינוני ביקום.
 - ג. שבת.

2. ספקטרום אור השמש הוא:

- א. העוצמה של האור המגיע מהשמש.
- ב. גלי רדיו המתקבלים מהשמש.
- ג. ריעת הצבעים המתקבלת בפריסמה מאור השמש.

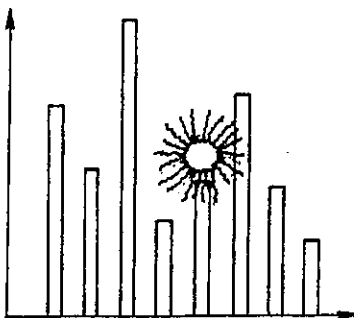
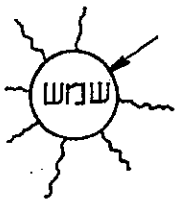
3. אם מסתכלים בזכוכית מגדלת בספקטרום של השמש רואים:

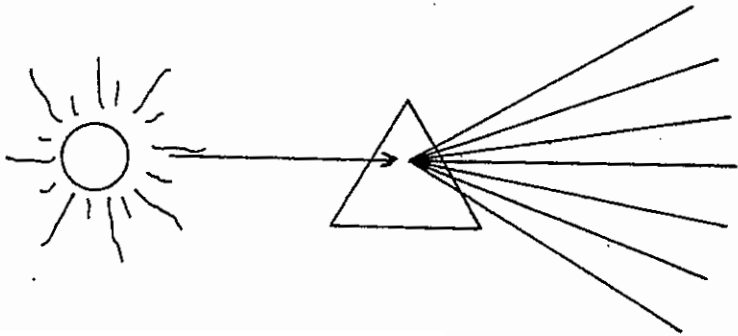
- א. את הצבעים השונים של השמש.
- ב. קווי בליעה דקים בתוך הצבעים.
- ג. את הטמפרטורה הגבוהה של השמש.

כדור הארץ



?





4. קווי פרנהאופר הם:

- א. קווי בליעה דקים בספקטרום של השמש.
- ב. קווים עגולים מסביב לשמש.
- ג. קווים מרוסקים טיפוסיים לשמש.

5. כל גז הנמצא על פני השמש:

- א. נותן את הצבע הצהוב של השמש.
- ב. גורם להתחממות השמש.
- ג. יוצר סדרה של קווי בליעה טיפוסיים לגז הזה בספקטרום של השמש.

6. הפלסמה בשמש היא:

- א. אוסף של אלקטרונים.
- ב. אוסף של פרוטונים.
- ג. אוסף של אלקטרונים, יונים וגרעינים בטמפרטורה גבוהה מאוד.

7. במרכז השמש הטמפרטורה, הצפיפות והלחץ כה גבוהים עד ש:

- א. כל החומרים הופכים להיות בחזרה למוצק.
- ב. גרעיני אטום מימן מתנגשים זה בזה בעוצמה רבה.
- ג. המימן ניתק.

8. כאשר ארבעה גרעיני מימן מתחברים זה לזה במרכז השמש אז:

- א. הם מתפרקים מיד בחזרה.
- ב. הם יכולים ליצור גרעין חדש של אטום הליום.
- ג. הם דוחים זה את זה.

9. כאשר ארבעה גרעיני מימן מתחברים ויוצרים גרעין של אטום הליום

במרכז השמש.

- א. נבלעת בתוכם אנרגיה והשמש מתקררת.
- ב. משתחררת אנרגיה וזהו מקור חומה של השמש.
- ג. לא נוצר כל חום או קור במרכז השמש.

10. מרכז השמש פועל כמו:

- א. תנור נפט בוער.
- ב. כור גרעיני אטום.
- ג. מנוע הפועל בעזרת טורבינת גזים.

תרגיל 3.

פתור את הבעיה הבאה:

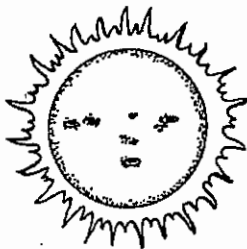
ננסה להעריך עד היכן מגיע מרחק קצה העטרה של השמש מפני השמש. נמדוד תחלה את אורך קוטר השמש בתצלום. לשם כך, קח סרגל מילימטרי ומדוד את הקוטר של העגול השחור המופיע בתמונה 8. הנח את הסרגל כך שיעבור דרך המרכז המשוער של העיגול.

הקוטר בתמונה 8 הוא סנטימטרים. ממדידות אחרות מתברר כי קוטר זה במציאות הוא כ-1,400,000 ק"מ (מליון וארבע מאות אלף ק"מ) לכן כל ס"מ בתמונה 8 מייצג מרחק של ק"מ או קנה המידה הוא 1 ס"מ = ק"מ. מדוד עתה בתצלום (בס"מ) את המרחק הגדול ביותר של קצה העטרה של השמש מפניה. מרחק זה הוא ס"מ. כיון שראינו שכל ס"מ בתצלום זה הוא ק"מ במציאות הרי גודלה של העטרה = אורך (בס"מ) $\times$ קנה המידה או $\times$ לכן גודל העטרה הוא ק"מ

תרגיל 4.

התבונן בתמונה 11. לפניך גרף המתאר את מספר הכתמים בשמש משנת 1750 ועד שנת 1980.

1. התבונן בגרף ותן הערכה למספר הכתמים שהיו בשנת 1928.
2. מלא את הטבלה הבאה ורשום בעמודה השלישית אם מספר הכתמים היה מקסימום או מינימום בשנים המסומנות.



שנה	מספר כתמים	מספר מקסימלי או מינימלי
1928		
1934		
1938		
1944		
1948		
1954		

השלם: מספר מקסימלי של כתמים גראו בשנים.....
מכאן, מספר הכתמים נעשה מקסימלי בהפרש של..... שנים.
או המחזוריות של הוצרות הכתמים על פני השמש היא..... שנה.

תרגיל 5.

בחר את התשובה הנכונה בסדרת השאלות הבאה:

1. עטרת השמש מגיעה עד למרחק של:

- א. שנת אור אחת מן השמש.
- ב. 600,000 ק"מ מפני השמש.
- ג. עד לכדור הארץ.

2. התפרצויות הגזים על פני השמש:

- א. מגיעות עד לכוכבים הרחוקים.
- ב. מקררות את העטרה של השמש.
- ג. יוצרות גלי גזים המחממים את העטרה של השמש.

3. כתמי השמש הם:

- א. איזורים קטנים וקרים יחסית על פני השמש.
- ב. חורים שחורים בתוך השמש.
- ג. ליקויים בצילומי השמש.

4. מספר כתמי השמש משתנה באופן מחזורי במשך:

- א. 50 שנה.
- ב. כל 11 שנה.
- ג. אינו מחזורי כלל.

5. הקבוע השימשי הוא:

- א. כמות הקרינה הנופלת על כדור הארץ בכל שניה על כל סנטימטר רבוע.

- ב. כמות הקרינה המוחזרת מכדור הארץ אל החלל החיצון.
- ג. כמות הקרינה שהשמש מפיקה בכלל אל תוך החלל החיצון.

6. השלם: השמש מסתובבת סביב צירה אחת ל..... יום בקו המשווה.

7. מסת השמש היא..... גרם.

כתם השמש

תרגיל 6.

להלן נבצע תרגיל סרטוט אשר ידגים באופן מעשי א) את המרחקים היחסיים של כוכבי הלכת במערכת השמש. ב) את הגדלים היחסיים ביניהם.

א. הסתכל בעמודת המרחקים של כוכבי הלכת מהשמש (בטבלה). קח לך גליון נייר אשר אורכו לפחות 40 ס"מ (הדבק שני גליונות רגילים ביחד) קבע לך קנה מידה של 1 ס"מ = 1 יחידה אסטרונומית, וכך יהיה המרחק הגדול ביותר (של פלוטו) 39.5 ס"מ. שרטט מעגלים זה בתוך זה ברדיוסים של הטבלה הנ"ל. עבור המעגלים הקטנים השתמש במחוגה, אולם עבור הגדולים שבהם השתמש בחוט, עפרון ומסמר. רשום על כל מעגל את שם כוכב הלכת השייך אליו. ציין במיוחד מהי יחידה אסטרונומית אחת בסרטוט שלך.

כך תקבל את המרחקים היחסיים של כוכבי הלכת במערכת השמש.

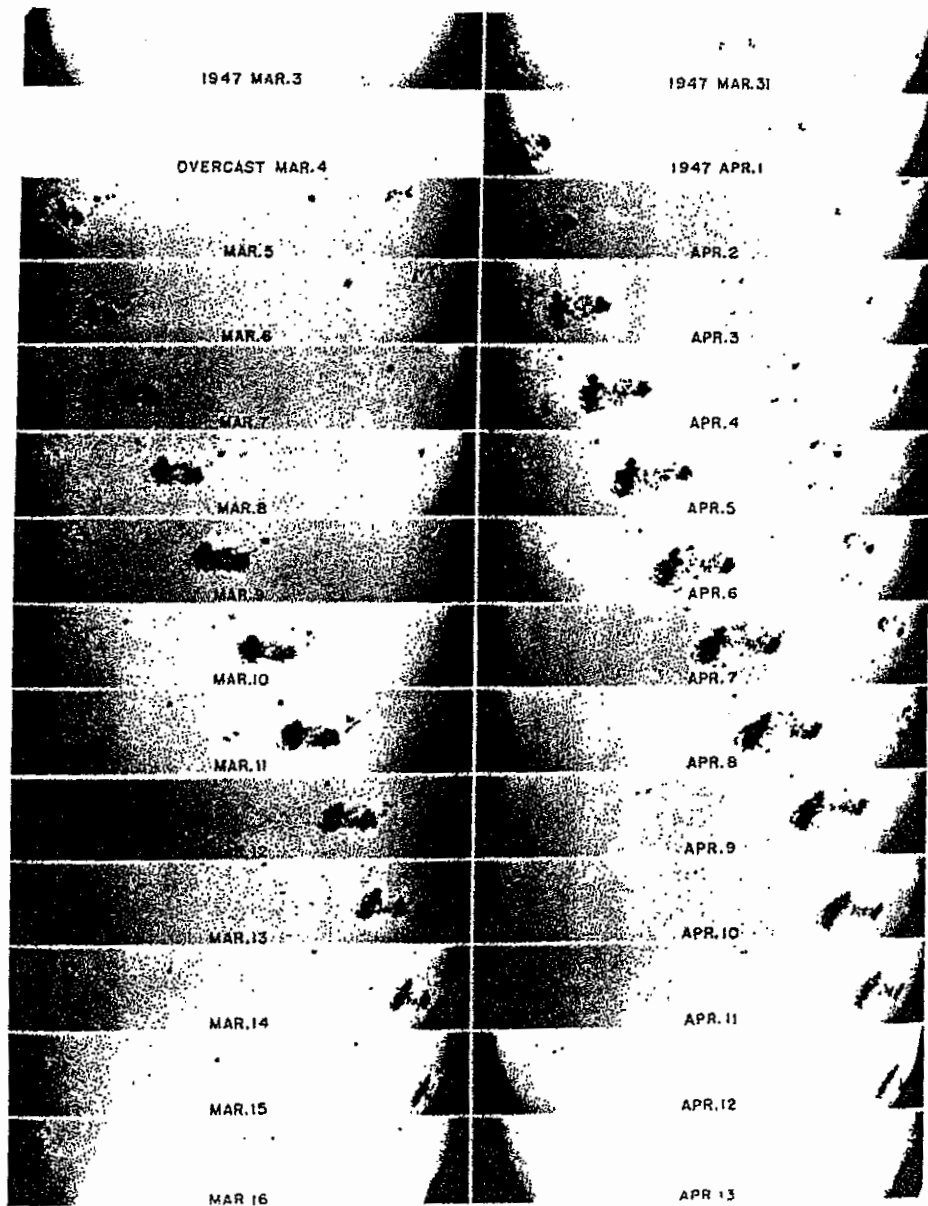
ב. הסתכל בעמודת הרדיוסים של כוכבי הלכת. קבע לך את רדיוס כדור הארץ בתור 1.0. חשב פי כמה גדול כל אחד מכוכבי הלכת ביחס לכדור הארץ וערוך טבלה של התוצאות:

שבתאי	כוכב חמה
אוראנוס	נוגה
נפטון	ארץ 1.0
פלוטו	מאדים
	צדק

שרטט מעגלים זה אחר זה ברדיוסים הנ"ל, כאשר קנה המידה שלך הוא $1.0 = 1$ ס"מ. רשום על כל מעגל את שם כוכב הלכת המתאים לו.

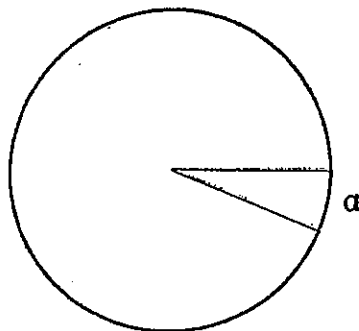
תרגיל 7

לפניך סדרת תמונות של השמש המראות יום יום בבירור כיצד כתמי השמש נעים על פניה (משמאל לימין). זוהי אחת ההוכחות שהשמש



מסתובבת סביב צירה.

ננסה להעריך תוך כמה ימים משלימה השמש סיבוב אחד.
בתחילה בחר לך זוג תמונות סמוכות אשר בהן רואים בבירור כתם אחד
מוגדר היטב (נקודתי) הנע משמאל לימין.
מדוד את המרחק במילימטרים
שכוכב זה עבר ביום אחד.



מילימטר $\alpha =$ _____

עתה, מדוד את קוטר השמש
כלו בתמונה (במילימטרים)

מילימטר $D =$ _____

ואורך המעגל כולו הוא:

מילימטר $\pi D = 3.14 \times$ _____ $=$ _____

ולכן, הזמן שיקח לכוכב לסיים מרחק של סיבוב אחד הוא

ימים $\frac{\pi D}{\alpha} =$ _____

וזוהו זמן הסיבוב (בערך) של השמש סביב צירה. ערך מדויק יותר נוכל
לקבל ע"י חישוב של כתמים רבים ולחשב את הממוצע.

תרגיל 8

התבונן בתמונה של השמש אשר צולמה דרך "זכוכית צבעונית"
מיוחדת (תמונה כזו מראה בעיקר את תכולת היסוד הכימי הליום בשמש)
רואים כי פני השמש גועשים בכתמים בהירים ואפלים.
רואים גם בבירור התפרצות גזים ענקית על פני השמש. ננסה להעריך
את גובהה וקוטרה של התפרצות זו.
בתחילה, קבע מהו קנה המידה של התמונה, דהיינו, כמה קילומטרים
מייצג כל מילימטר על התמונה:
קוטר השמש הוא 1.392,000 ק"מ.

מדוד את קוטר השמש בתמונה במילימטרים.

הקוטר הוא _____ מ"מ.

ולכן, קנה המידה של התמונה הוא $\frac{\text{ק"מ}}{\text{מ"מ}}$ _____
עתה מדוד את גובה ורוחב ההתפרצות במילימטרים.

הגובה הוא _____ מילימטר.

הרוחב הוא _____ מילימטר.

ולכן, בעזרת קנה המידה נקבל כי:

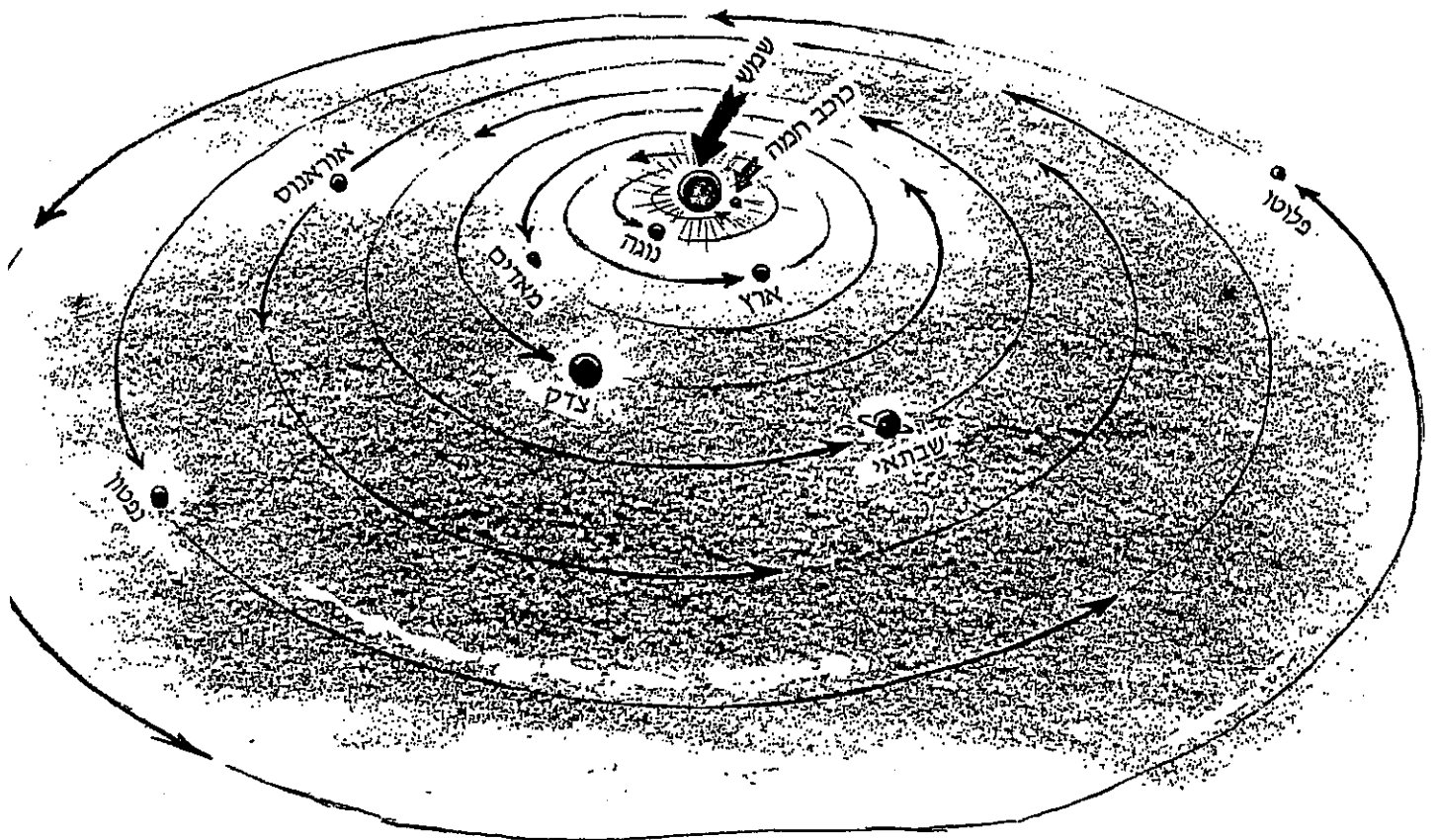
גובה ההתפרצות הוא _____ ק"מ.

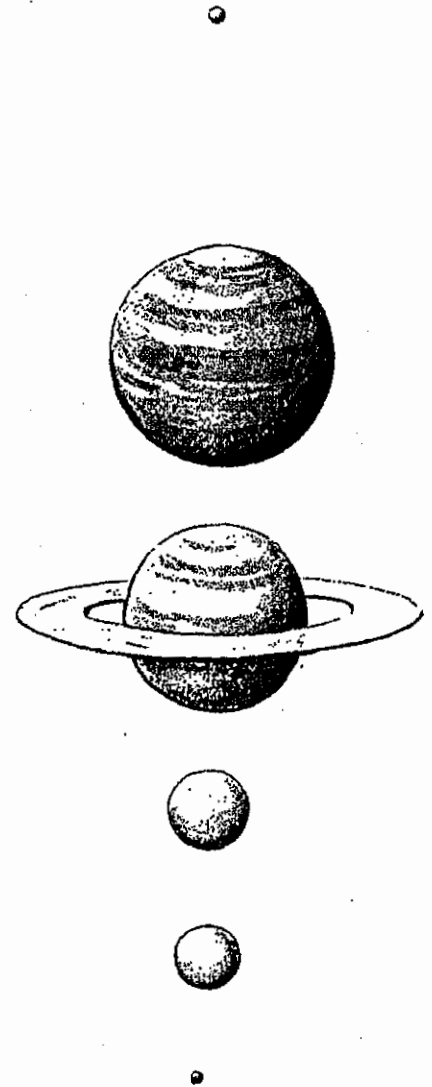
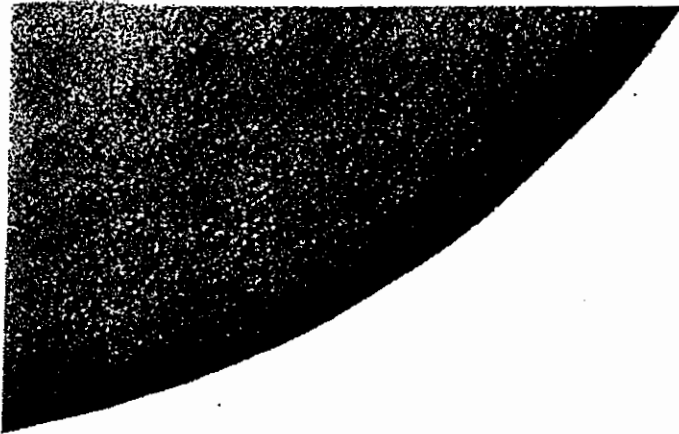
רוחב ההתפרצות הוא _____ ק"מ.

פרק ד'

מערכת השמש

מטרתה של יחידת לימוד זו להכיר
את התכונות העיקריות של גרמי השמים במערכת השמש.



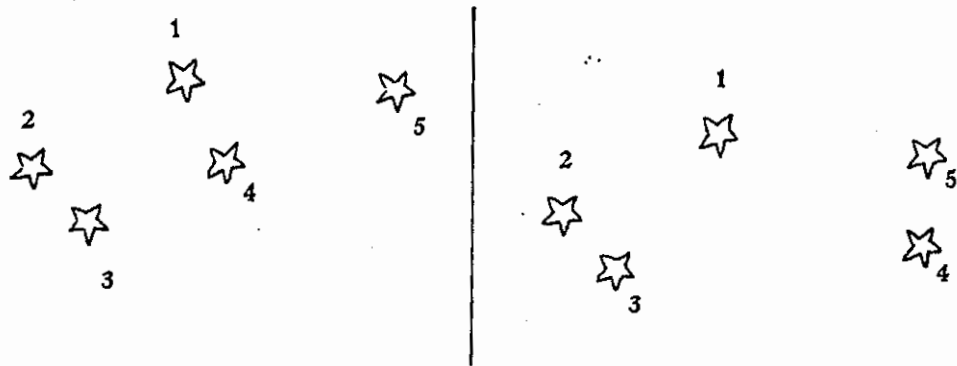


לאחר סיום לימוד יחידה זו אתה אמור:

1. לדעת להבחין בין כוכב לכת לכוכב שבת.
2. לדעת כי במערכת השמש תשעה כוכבי לכת המקיפים את השמש במסלולים קבועים בזמן מחזור קבוע. השמש נמצאת במרכז המסלולים.
3. לדעת כי כוכבי הלכת סובבים גם סביב צירם בזמן מחזור קבוע.
4. להכיר את המושגים זמן מחזור, צפיפות, יחידה אסטרונומית ועוד.
5. להכיר את תכונותיהם השונות של כוכבי הלכת.
6. לדעת כי במערכת השמש יש גרמי שמים נוספים כגון אסטרואידים כוכבי שביט מטאורים וכו'.

א. כוכבי לכת וכוכבי שבת:

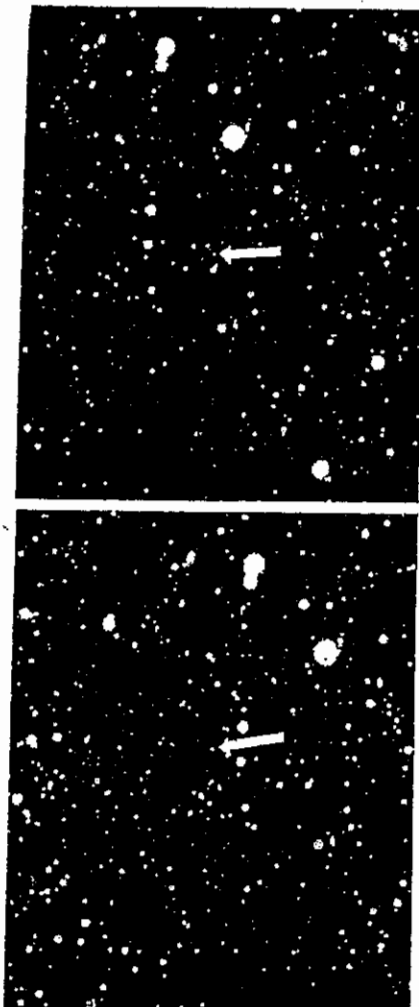
1. כאשר צופים בשעות הלילה בשמים, נראה כי כל הכוכבים עומדים במקומם ואינם נעים זה ביחס לזה. אולם, צפיה ממושכת ומדוקדקת במשך מספר ימים מגלה כי ישנם בעצם כוכבים (בודדים) ש"נדדו" ממקומם מקבוצת כוכבים אחת לשניה.
2. בתמונה 1 ישנם שני סרטוטים המסבירים את משמעות "נדדתו" של כוכב ממקום אחד למשנהו. בתמונה א' רואים חמשה כוכבים הנתונים במצב מסוים זה ביחס לזה. בתמונה ב' רואים כי כוכב מספר 4 "הלך" והתקרב אל כוכב 5 והתרחק



תמונה 1: במצב א' (משמאל) נמצא כוכב מס' 4 ליד הכוכבים 3, 2, 1. במצב ב' "נדד" הכוכב מס' 4 והגיע עד לסביבת הכוכב מס' 5.

מקבוצת הכוכבים 3, 2, 1. כוכב, המשנה את מקומו היחסי באופן ברור מידי יום או שבוע או אפילו הוא משנה את מקומו בפרק זמן ארוך יותר של כמה חדשים, נקרא בשם "כוכב לכת". הוא נקרא כך משום שהוא "הולך" ונווד בין הכוכבים.

3. כיצד נתגלה פלוטו כוכב הלכת המרוחק ביותר מאיתנו?
איזור הכוכב פלוטו צולם בפרקי זמן שונים ובכל פעם נראה הכוכב פלוטו
בנקודה אחרת בשמים. הוא נדד ממקומו מקבוצה אחת של כוכבים
לקבוצה אחרת ולכן הוא נקרא "כוכב לכת". ואכן, שני הצילומים
שבתמונה 2 צולמו בהפרש של ששה ימים בלבד זה מזה ובכל זאת רואים
בברור כי הכוכב החלש, המסומן בחץ, העתיק את מקומו מאיזור כוכבים
אחד לאיזור אחר. לכן הוא נקרא "כוכב לכת". כך נתגלה כוכב הלכת פלוטו
לפני כחמישים שנה.



תמונה 2: שני צילומים בהפרש של ששה ימים של אותו איזור בשמים.
החץ (הלבן) מראה את תזוזת כוכב הלכת "נפטון" ביחס לשאר הכוכבים סביבו.

4. עד כה נתגלו שמונה כוכבי לכת.

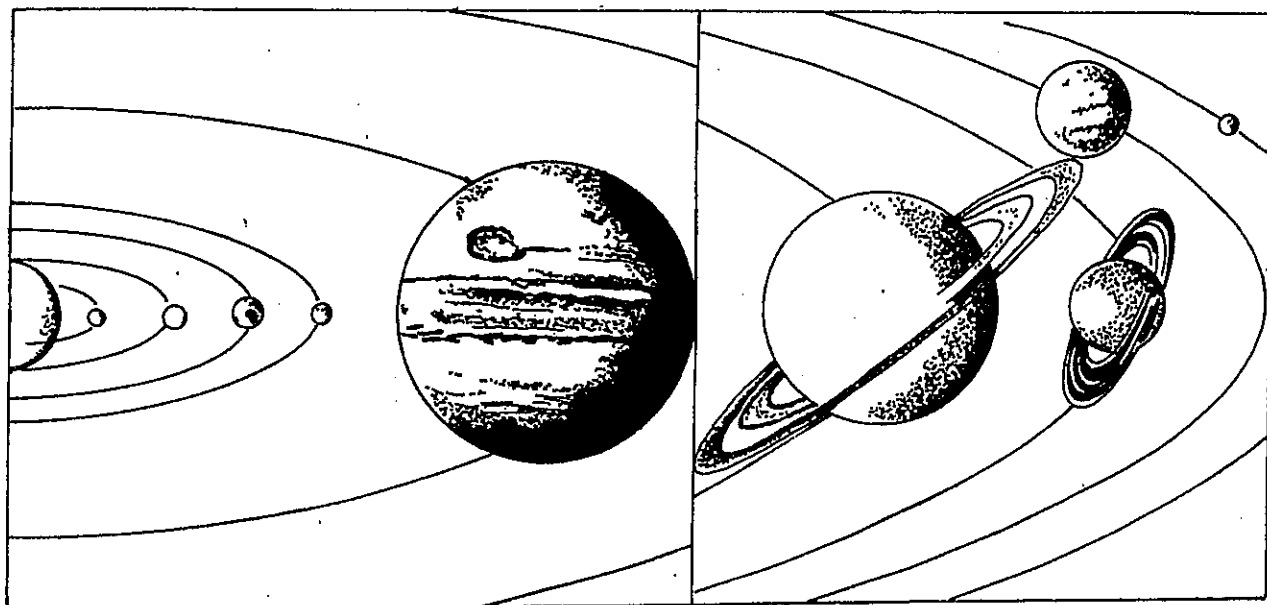
לשאר הכוכבים אנו קוראים בשם "כוכבי שבת" כי הם "יושבים" במקומם, ואינם זזים זה ביחס לזה (אם כי באמצעות מיכשור מתוחכם ביותר ניתן בכל זאת להבחין בתנועה יחסית קטנה ביותר גם בין כוכבי השבת).

כוכבי הלכת נודדים ממקום למקום בשמים.

כוכבי השבת נשארים תמיד במקומם ("כמעט")

ב. מערכת השמש:

5. לאחר מחקרים רבים, הגיעו האסטרונומים למסקנה כי שמונת כוכבי הלכת שנתגלו, מהווים מערכת אחת של גרמי שמים, וגם כדור הארץ שייך למערכת זו. מערכת הכוללת את תשעת כוכבי הלכת (כולל כדור הארץ) והשמש הנמצאת במרכז, קוראים בשם "מערכת השמש".
 6. אם היינו יוצאים מחוץ למערכת השמש כולה, היינו רואים כי כל כוכבי הלכת מקיפים את השמש במסלולים גדולים מאוד כאשר השמש נמצאת במרכז. ראה תמונה מספר 3.
- מובן שמכדור הארץ אין כוכבי הלכת נראים כמקיפים את השמש במסלולים בשמים.
- תנועתם מכדור הארץ נראית מסובכת יותר. זאת, היות וכדור הארץ שממנו אנו צופים, מקיף בעצמו את השמש במסלול.

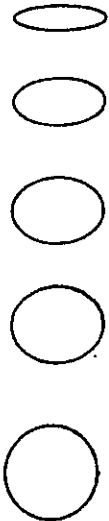
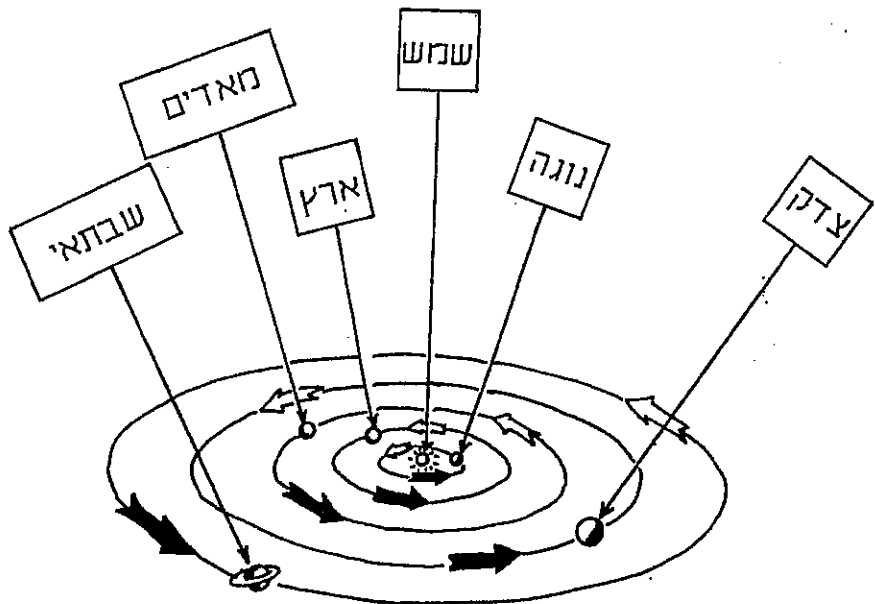


תמונה 3: מערכת השמש במבט "מלמעלה".

תשעת כוכבי הלכת נעים סביב השמש
באליפסות

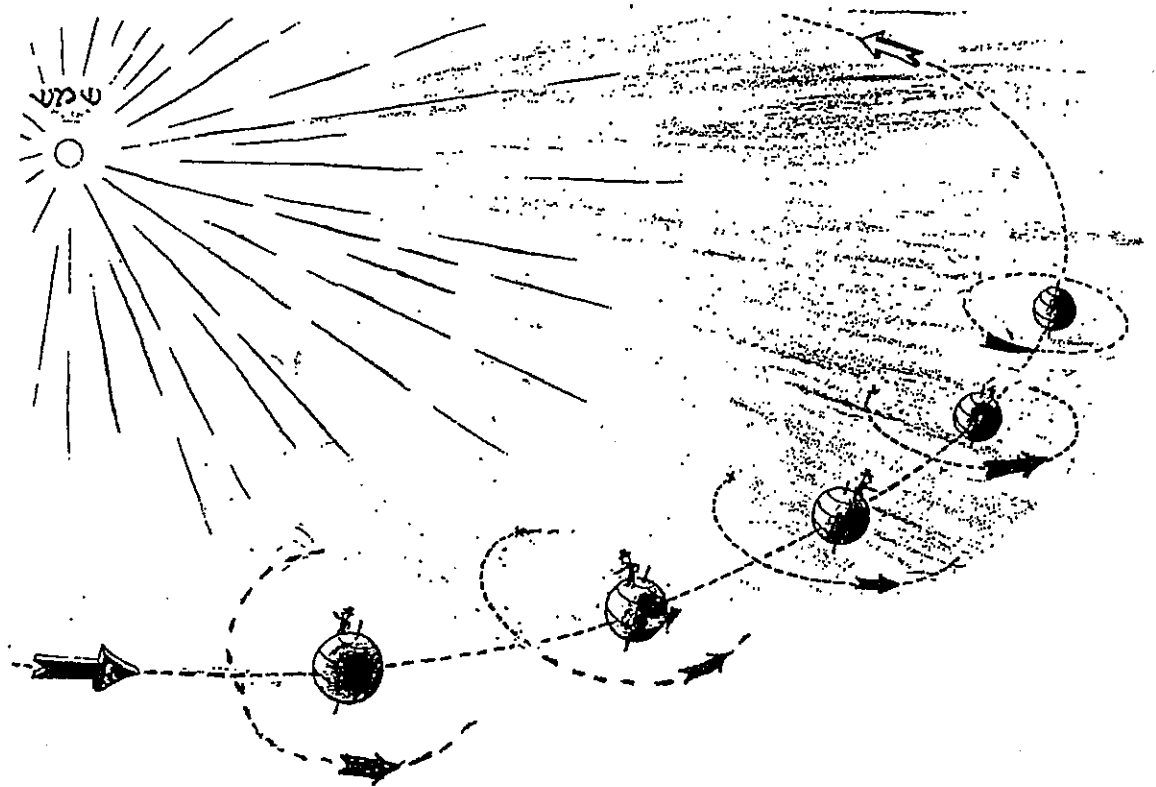
כדור הארץ הוא אחד מתשעת כוכבי
הלכת.

7. מסלולי כוכבי הלכת סביב השמש הם אליפסות הקרובות ביותר למסלולים מעגליים כאשר השמש נמצאת במרכזם של המעגלים, במרכז המערכת כולה. במסלול הקרוב ביותר לשמש סובב לו כוכב הלכת "כוכב חמה", אחריו, מקיפים לפי הסדר במסלולים בעלי רדיוסים הולכים וגדלים הכוכבים הבאים: נוגה, ארץ, מאדים, צדק, שבתאי, אורנוס, נפטון ופלוטו.



אליפסות בעלות
פחיסות שונה

8. הקפה סביב השמש אינה התנועה היחידה שעושים כוכבי הלכת. הם מסתובבים בו זמנית סביב צירם כמו סביבונים. כדור הארץ, לדוגמה, מקיף את השמש במשך שנה אחת ובו זמנית סובב סביב עצמו, כלומר סביב ציר דמיוני העובר מקוטב אחד לשני. ראה תמונה מספר 4. זמן הסובב הוא עשרים וארבע שעות. סבוב זה יוצר על כדור הארץ את היום והלילה.



תמונה 4: כדור הארץ משלים הקפה אחת סביב השמש אחת לשנה.

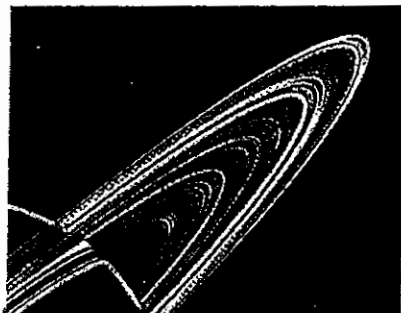
תוך כדי כך הוא מסתובב סביב צירו אחת ליום.

9. לחלק מכוכבי הלכת יש ירחים המקיפים אותם כשם שהירח שלנו מקיף את כדור הארץ.

לשלשה כוכבי לכת מתוך התשעה יש טבעות המקיפות אותם. טבעות אלו עשויות משלג ומחצץ. ראה תמונה 3.

בתמונה 5 רואים טבעות כאלו סביב כוכב הלכת שבתאי כפי שצולמו על ידי החללית Voyager 2

10. לכוכבי הלכת אין מקור אור עצמי והם מקבלים את אורם מהשמש. השמש הנמצאת במרכז המערכת ומאירה את כל סביבתה, בפרט היא מאירה את כדור הארץ ושאר כוכבי הלכת. אור השמש שנופל על כוכבי הלכת מוחזר מהם. כל אחד מהם מחזיר בצבע אחר לפי הצבע האופייני לו.



תמונה 5: הסבועות סביב שבתאי.

סיכום:

כוכב לכת הוא כוכב המשנה את מקומו יחסית לכוכבים אחרים, ועובר מקבוצת כוכבים אחת לשניה.
כוכב שבת הוא כוכב שנשאר במקומו יחסית לכוכבים אחרים.
מערכת השמש היא תשעת כוכבי לכת המקיפים במסלולים אליפטיים כל אחד בזמן קבוע שלו סביב השמש הנמצאת במרכז כל האליפסות.
כוכבי הלכת סובבים גם סביב צירם בזמן מחזור האופיני לכל כוכב.
לחלק מכוכבי הלכת ירחים המקיפים אותם ולחלקם גם טבעות המורכבות משלג וקרח.
כוכבי הלכת מחזירים את אור השמש בצבע אופיני לכל אחד מהם.

11. פנה לדפי העבודה וענה שאלות של תרגיל 1.

ג. כוכבי הלכת:

12. נכיר עתה בפרוטרוט את התכונות האופייניות של כל אחד מכוכבי הלכת שבמערכת השמש.

לפניך טבלה המסכמת את התכונות העיקריות של כוכבי הלכת.

כוכב לכת	שם לועזי	רדיוס (ק"מ)	מסה (יחסית למסת הארץ)	צפיפות	כוח המשיכה יחסית לכדור הארץ
כוכב חמה	Mercury	2,439	0.06	5.44	0.4
נוגה	Venus	6,052	0.82	5.24	0.9
ארץ	Earth	6,378	1.0	5.5	1.0
מאדים	Mars	3,397	0.1	3.9	0.4
צדק	Jupiter	71,398	318	1.3	2.5
שבתאי	Saturn	60,000	95	0.7	1.1
אוראנוס	Uranus	27,900	15	1.0	0.8
נפטון	Neptune	24,300	17	1.7	1.2
פלוטו	Pluto	2500	0.1	(?)	(?)

כוכב לכת	זמן הקפה סביב השמש (יממות)	זמן סיבוב סביב צירו (יממות)	בעל אטמוספירה (כן/לא)	מרחק מתשמש (יחידה אסטרונומית)	מספר ירחים
כוכב חמה	88	59 יום	לא	0.4	אין
נוגה	225	244 יום	כן	0.7	אין
ארץ	365	24 שעות	כן	1.0	1
מאדים	687	24 שעות	מעט	1.5	2
צדק	4,337	10 שעות	כן	5.2	16-כ
שבתאי	10,760	10 שעות	כן	9.5	20-כ
אוראנוס	30,700	12 שעות	כן	19.2	5
נפטון	60,200	15 שעות	כן	30.1	2
פלוטו	90,780	6 ימים	כן	40.0	אין

13. נסביר את נתוני הטבלה דלעיל:

א. רדיוס:

צורתם של כוכבי הלכת היא כדורית. אמנם יש עליהם גם הרים וגיאיות עמוקים, אך הצורה הכללית היא כאמור. כדורית. הרדיוס הרשום בטבלה הוא רדיוס הכדור.

פלוטו
רדיוס 2,500
קילומטר

נפטון
רדיוס 24,300
קילומטר

אוראנוס
רדיוס 27,900
קילומטר

שבתאי
רדיוס 60,000
קילומטר

צדק
רדיוס 71,398
קילומטר

מאדים
רדיוס 3,397
קילומטר

ארץ
רדיוס 6,378
קילומטר

נוגה
רדיוס 6,052
קילומטר

מרכב חמה
רדיוס 2,439
קילומטר

שמש
רדיוס 1,384,000
קילומטר

ב. גודל המסה יחסית לכדור הארץ:

מסתו של כדור הארץ היא 6×10^{21} טון, את המסה הזאת רשמנו בטבלה כיחידה אחת 1.0. המסות של כוכבי הלכת האחרים הרשומות בטבלה הן ביחס למסת כדור הארץ. למשל, המסה של כוכב הלכת אוראנוס הרשומה בטבלה היא 15 המשמעות היא שמסתו היא פי 15 גדולה יותר מזו של כדור הארץ.

ג. צפיפות

בטבלה רשום כי צפיפות כדור הארץ היא 5.5. כלומר המסה (הממוצעת) של נפח מסוים שנלקח מכדור הארץ היא פי 5.5 גדולה יותר מאשר אותו נפח של מים. למשל אם ניקח כוס ונמלא אותה באדמת כדור הארץ, נראה כי כוס זו תשקול פי 5.5 מאשר אותה כוס מלאה במים.

ד. כוח המשיכה ביחס לזה של כדור הארץ.

כל אחד מכוכבי הלכת מושך גופים שעל פניו בכוח מסוים לכוון מרכזו.

המספרים הרשומים בעמודה של "כוח המשיכה", מבטאים פי כמה גדול (או קטן) כוח המשיכה הפועל על פני כוכב הלכת ביחס לכוח המשיכה הפועל על פני כדור הארץ. משום כך רשום עמודה כדור הארץ המספר 1.0 כי היא היחידה אשר מודדים ביחס אליה.

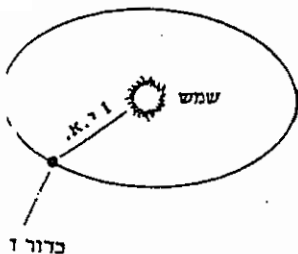
אבל לכוכב הלכת צדק למשל, נרשם המספר 2.5, כלומר, כוח המשיכה הפועל על גוף על פני צדק, גדול פי 2.5 מאשר כוח המשיכה הפועל על אותו גוף על פני כדור הארץ.

ה. זמן ההקפה סביב השמש:

זמן ההקפה או זמן המחזור, הוא הזמן הדרוש לכוכב הלכת להקיף פעם אחת את השמש. למשל זמן המחזור של כדור הארץ הוא 365 יממות, או שנה שלמה.

ו. יחידה אסטרונומית: (י.א.)

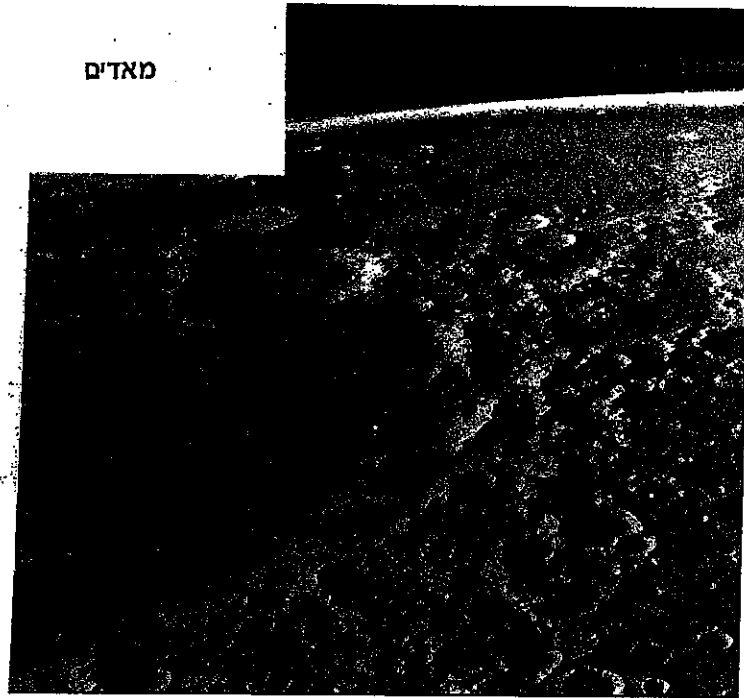
"יחידה אסטרונומית אחת" היא יחידת מרחק יסודית במערכת השמש. מרחק זה הוא רדיוס הסבוב הממוצע של כדור הארץ סביב השמש, כלומר 1.5×10^8 ק"מ (מאה וחמישים מיליון ק"מ) למשל כוכב הלכת המרוחק ביותר במערכת השמש, פלוטו, נמצא במרחק 40 יחידות אסטרונומיות מהשמש.



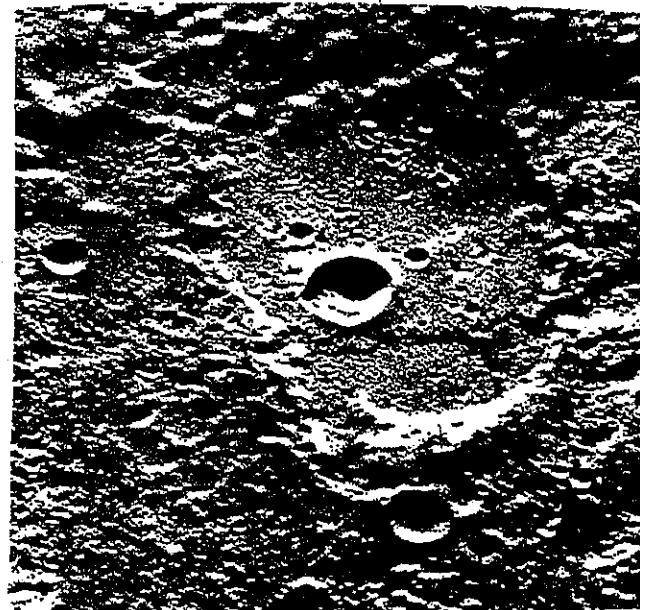
יחידה אסטרונומית היא מאה וחמישים מיליון קילומטר. משתמשים ביחידה זו בדרך כלל למרחקים במערכת השמש בלבד. במרחבי היקום משתמשים ביחידת "שנת אור".

14. לארבעת כוכבי הלכת הקרובים ביותר לשמש דהיינו כוכב חמה, נוגה, ארץ ומאדים יש קרקע מוצקה. צילומי לוויין מראים כי הנופים על פני הכוכבים חמה ונוגה ומאדים דומים מאוד לאלו שעל פני כדור הארץ. ניתן למצוא בכל אחד מהכוכבים הני"ל כמו בכדור הארץ הרים גבוהים גאיות עמוקים מישורים ומכתשים, ראה סדרת הצילומים של תמונה מספר 6.

מאדים



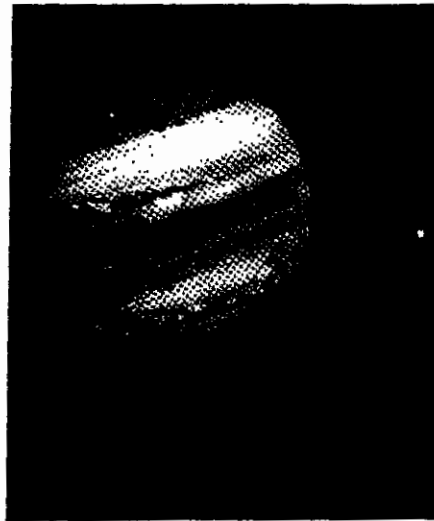
כוכב חמה



נוגה

תמונה 6: נופים על פני כוכבי הלכת: כוכב חמה, נוגה ומאדים.

15. עד היום, לא ברור, אם לשלושת כוכבי הלכת הענקיים צדק שבתאי ואוראנוס, יש קרקע מוצקה מתחת לאטמוספירה שלהם, שרוב רובו של כל אחד מהכוכבים הנייל מורכב מגזים. תמונה 7 מראה כי האטמוספירה שלהם פעילה מאוד והיא מכילה מערבולות גדולות מאוד.



תמונה 7: על פני כוכב הלכת צדק קיימים זרמים ומערבולות של גזים.

ידיעותנו על שני הכוכבים המרוחקים ביותר במערכת השמש נפטון ופלוטו, הן קלושות ואינן מבוססות עדיין.

סיכום:

לכל אחד מכוכבי הלכת תכונה משלו, בדרך כלל אנו מודדים את התכונות האלו ביחס לכדור הארץ. יחידה אסטרונומית: המרחק הממוצע מכדור הארץ לשמש, מרחק זה הוא 1.5×10^8 ק"מ (מאה וחמישים מיליון ק"מ). לכוכבים: כוכב חמה, נוגה, מאדים וארץ - קרקע מוצקה צדק שבתאי ואוראנוס, הם בעיקרם גזים.

16. פנה לדפי העבודה וענה על השאלות של תרגיל 2.

ז. מה עוד מכילה מערכת השמש?

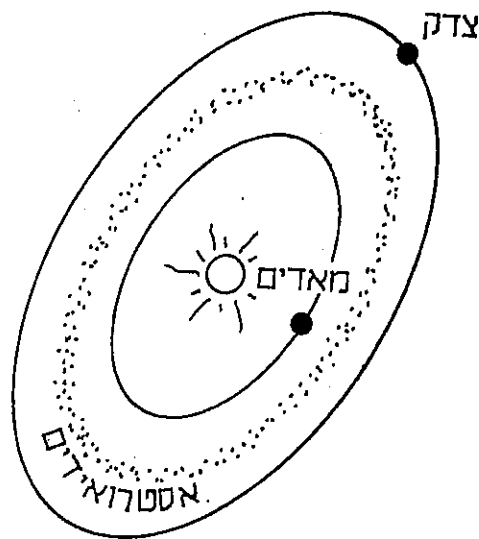
17. אסטרואידים:

בתוך מערכת השמש קיימים אלפי כוכבים קטנים, ה"מטיילים" להם במרחבי המערכת.

גדלם של כוכבים אלו החל מקוטר של כמה מאות קילומטרים וכלה בגרורים קטנים ביותר.

בין העצמים האלה אנו מוצאים אלפי "אסטרואידים". אלה סלעים בגדלים שונים המקיפים את השמש בטבעת ענקית. הם נמצאים במסלול בין כוכב הלכת מאדים לבין צדק.

בין האסטרואידים יש כאלה שהם בגודל הירח שלנו, אולם רבים מהם סלעים קטנים שגודלם כגודל הסלעים המצויים על פני כדור הארץ. (ראה תמונה 8).



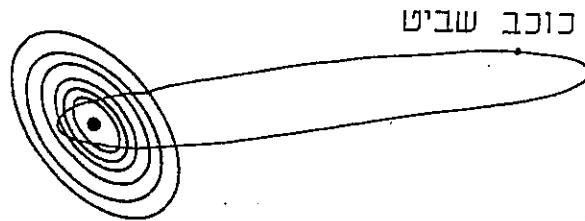
תמונה 8: טבעת האסטרואידים מקיפה את השמש במסלול בין כוכבי הלכת מאדים וצדק.

18. כוכבי שביט:

כוכבי השביט הם גושי קרח שגדלם כעשרה ק"מ בלבד. גם הם מקיפים את השמש, אולם מסלולם אינו מעגלי, אלא צורתו אליפטית מאורכת

מאוד. ראה תמונה 9.

פרט לכוכבי הלכת, מכילה מערכת השמש גם: כוכבי שביט, אסטרואידים וכן גרורים בגדלים שונים המקיפים גם הם את השמש.



תמונה 9: כוכבי שביט נעים באלפסות מאורכות מאד סביב השמש.

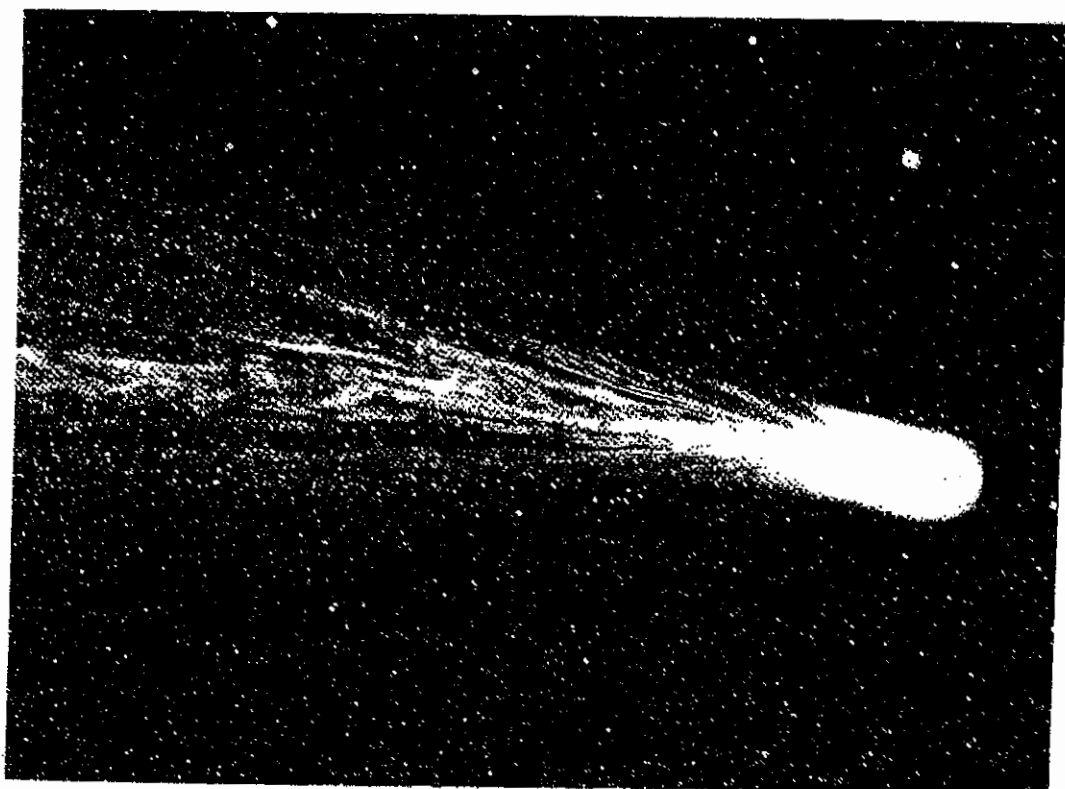
כאשר השביט נמצא בצידה הרחוק של האליפסה מהשמש, הרי הוא קר מאוד והוא כגוש קרח לכל דבר. אולם, ככל שהוא מתקרב אל השמש הוא מתחמם (מקרינת השמש) הקרח הופך למים, והמים ונוזלים אחרים על פניו מתאדים. האדים יוצרים בשמים שובל ענקי של חומר זוהר בצבעים שונים. ארך השובל עשוי להגיע עד לגודל של מיליוני קילומטרים.

19. שביט האלי

זמני המחזור של השביטים השונים המקיפים את השמש משתנה החל מכמה שנים וכלה במאות שנים. השביט המפורסם ביותר נקרא "שביט הלי", על שם אסטרונום אנגלי אשר חשב לראשונה את זמן מחזורו (כשבעים שנה). (ראה תמונה 10). ראוי לציין כי שביט הלי היה כבר מוכר לחכמי התלמוד. בגמרא מוזכר (הוריות דף יז) כי רבי יהושע בן חנניה ידע על קיום שביט זה והוא אף ציין שהוא חוזר ומבקר אותנו אחת לשבעים שנה.

20. מטיאורים

מערכת השמש מכילה סלעים קטנים, גרגירים, וכדורי שלג הנעים במסלולים שונים סביב השמש. מדי פעם נופלים גופים כאלה על פני כדור הארץ. אלה הם "המטאורים". תמונה 11 מראה גוף סלע כזה ש"נפל מן השמים". ראה גם תמונה 12.



תמונה 10: שביט הלי בביקורו האחרון בשנת 1986.



תמונה 11: המיטיאורים הם סלעים (קטנים או גדולים) הנופלים מן השמים.

21. מוכבים נופלים.

לפעמים רואים בשמי הלילה באופן פתאומי מסלול ארוך ודק של אור במשך שניה אחת או שניים, תופעה הנקראת בלשון העם "הכוכבים הנופלים". אלו הם גרגירי סלעים קטנים מאוד החודרים מהחלל לאטמוספירה שלנו. מסתם אינה עולה על גרמים בודדים. בעוברים דרך האטמוספירה במהירות גבוהה מאוד הם נשרפים תוך כדי חיכוך עם אוויר האטמוספירה ויוצרים את התופעה של "הכוכבים הנופלים".



סיכום:

אסטרואידים - סלעים המקיפים את השמש בתחום שבין מסלול כוכב הלכת מאדים וכוכב הלכת צדק.
 כוכבי שביט - גושי קרח המקיפים את השמש במסלול אליפטי מאורך מאוד.
 מטיאורים - גושי סלע שניתקים ממסלולם סביב השמש ונופלים על פני כדור הארץ.
 כוכבים נופלים - גרגירי סלע קטנים מאד החודרים מהחלל לאטמוספירה. הם נשרפים תוך כדי חיכוך איתה.

22. פנה לדפי העבודה וענה על התרגיל המסכם 3.



תמונה 12: מכתש שמצר ע"י מיטיאור ענק במדינת אריזונה בארה"ב, רוחבו כקילומטר וחצי.

דפי עבודה



צדק

תרגיל 1:

בתמונה 3 רואים כי כוכבי הלכת אינם שווים בגודלם.
רשום את ארבעת הכוכבים הגדולים ביותר.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

תרגיל 2:

1. העזר בטבלה והשלם את המשפטים הבאים הנוגעים לכדור הארץ:
א. שמו הלועזי של כדור הארץ הוא: _____
ב. רדיוסו _____
ג. צבעו _____
ד. צפיפותו _____
ה. זמן הקפתו סביב השמש _____ יממות וזמן סבובו סביב צירו _____ הוא _____
ו. לכדור הארץ _____ (יש/אין) אטמוספירה.

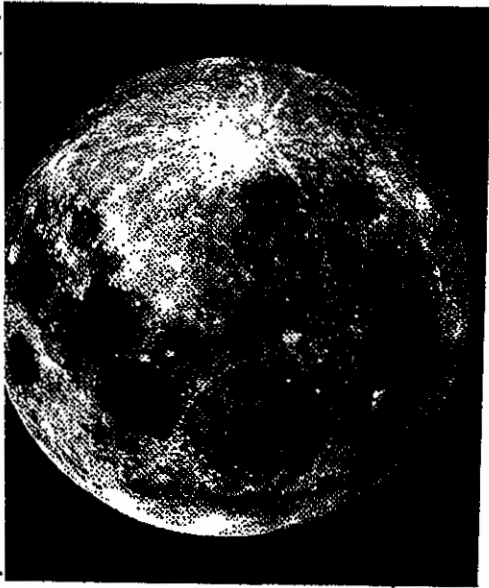
2. העזר בטבלה ורשום את צפיפותם של כוכבי הלכת בסדר עולה:

שם הכוכב	צפיפות	שם הכוכב	צפיפותו
א. שבתאי	0.7	א. שבתאי	_____
ב. אוראנוס	1.3	ב. אוראנוס	_____
ג. _____	_____	ג. _____	_____
ד. _____	_____	ד. _____	_____
ה. _____	_____	ה. _____	_____

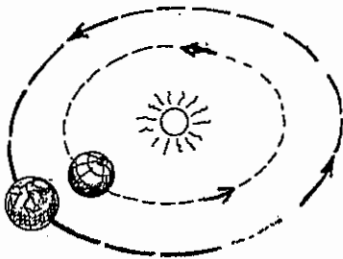
3. א. כוכב הלכת שלו הנפח הגדול ביותר הוא _____ רדיוסו _____ שווה ל _____ ק"מ.
ב. כוכב הלכת בעל הנפח הקטן ביותר הוא _____ רדיוסו שווה ל _____
ג. כוכב הלכת בעל המסה הגדולה ביותר הוא _____ מסתו גדולה פי _____ מזו של כדור הארץ.



שבתאי



הירח שלנו.



ד. הצפיפות הקטנה ביותר היא של כוכב הלכת _____ לכן
משערים כי אין לו קרקע מוצקה וכלו מורכב מגזים.
ה. כוח המשיכה הגדול ביותר שייך לכוכב הלכת _____
כוח משיכה זה גדול פי _____ מאשר כוח המשיכה הפועל
על אותו גוף על כדור הארץ.
ו. זמן הסבוב הגדול ביותר סביב צירו שייך לכוכב _____
הזמן הוא _____ יממות.
ז. כוכב הלכת הקרוב ביותר לשמש הוא _____
מרחקו מהשמש _____ יחידות אסטרונומיות,
או _____ ק"מ.
ח. לכוכב שרשמת בשאלה ז',
זמן הקפתו סביב השמש הוא _____
ט. בדוק וראה ככל שכוכב הלכת רחוק יותר מהשמש זמן המחזור
שלו סביב השמש הולך _____ (גדל/קטן).

י. לכוכבים הבאים:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

אין ירחים, ולכוכב _____ יש מספר ירחים הגדול ביותר.

תרגיל 3:

1. סמן בעיגול את התשובה הנכונה:

א. כוכב לכת הוא:

1. כוכב המשנה את מקומו ביחס לכוכבים אחרים.
2. כוכב המשנה את צבעו באופן מחזורי.
3. כוכב היוצא מנקודת מוצא "הולך" לכוון השמש וחוזר אחר כך למקומו.

ב. כוכב שבת הוא:

1. כוכב ה"יושב" במערכת השמש.
2. כוכב שאינו משנה את מקומו ביחס לכוכבים אחרים.
3. כוכב ה"שב" תמיד למקומו בצורה מחזורית.

ג. כוכבי הלכת מקיפים את השמש:

1. במעגלים.
2. באליפסות הקרובות לצורה מעגלית.
3. בקוים ישרים סגורים.

ד. כוכבי שביט:

1. הם כוכבי שבת.
2. מקיפים את השמש באליפסות גדולות ומוארכות מאוד.
3. קרובים מאוד לשמש.

ה. כוכבי שביט מורכבים בעיקר:

1. מקרח.
2. מאדמה.
3. מגזים.

ו. אסטרואידים הם:

1. כוכבי שביט.
2. גושי סלעים וקרח המקיפים את השמש במסלול שבין מסלולי צדק ומאדים.
3. כוכבים הקובעים את מזלו של האדם.

ז. מטיאורים הם:

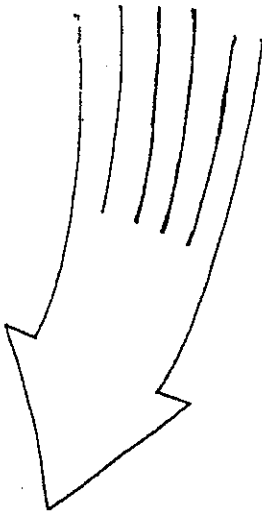
1. כוכבי לכת.
2. ניצוצות בשמים.
3. גושי סלעים הנופלים מהחלל על פני כדור הארץ.

ח. כוכבים נופלים הם:

1. כוכבי שביט.
2. גרגירי סלע קטנים מאוד החודרים לאטמוספירה שלנו ונשרפים בה.
3. כוכבים הנופלים על כדור הארץ ומתנגשים בו בעצמה רבה.

השלם את המשפטים הבאים:

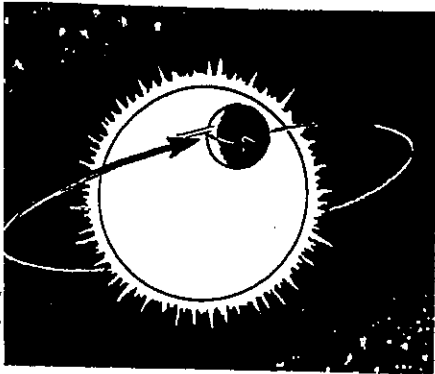
1. במערכת השמש יש _____ כוכבי לכת.
2. כוכבי הלכת מקיפים את השמש ומסתובבים סביב צירם בזמן מחזור _____ (משתנה/קבוע).
3. כדור הארץ מקיף את השמש במשך _____ יממות. בו זמנית, הוא סובב סביב צירו במשך _____ שעות.



4. כוכב הלכת צדק מקיף את השמש במשך _____ יממות. בו זמנית, הוא סובב סביב צירו במשך _____ שעות.
5. ב"יחידה אסטרונומית" יש _____ ק"מ. זה המרחק בין הארץ ות. _____.
6. שביט הלי מבקר אותנו אחת ל _____ שנה.

תרגיל 4:

לפניך סדרת תמונות צבעוניות של כוכבי הלכת אשר צולמו מחלליות.



כדור הארץ סביב השמש.

גלויה 1.

זהו כדור הארץ כפי שצולם ממרחק של כ-380,000 ק"מ. רואים כי רובו הוא כחול ועליו עננים רבים בצורת מערבולות. ניתן לראות את היבשת _____ וכן את ים _____ וכן האי _____.

גלויה 2.

זהו צילום של הירח שלנו ממרחק של כ-18,000 ק"מ. רואים על פניו מכתשים וכן "ימות" גדולות (החלקים האפלים הגדולים). הראיה הברורה הזו שעל פניו מעידה על כך ש _____ (יש/אין) לירח אטמוספירה.

גלויה 3.

מראה את אסטרונוט ניל ארמסטרונג על פני הירח.

גלויה 4.

זהו צילום של כוכב הלכת נוגה ממרחק של כ-66,000 ק"מ. רואים בבירור כי _____ (יש/אין) לו אטמוספירה. עם זרמים _____ (חזקים/חלשים) של גזים.

גלויה 5.

נוף על פני מאדים.

גלויה 6.

כוכב הלכת מאדים.

גלויה 7.

כוכב הלכת צדק (וכדור הארץ על ידו). מצא את הקוטר של כוכב הלכת צדק בטבלה וחשב בעזרתו מהו הגודל של הכתם הגדול של המערבולת שעל פניו (בצורת עין).

גלויה 8.

צדק וארבעה מירחיו.

גלויה 9.

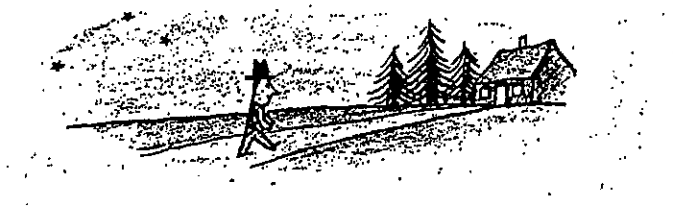
כוכב הלכת שבתאי וירחיו.

המאפיין ביותר את שבתאי הן _____ שסביבו.

רואים בבירור את המכתשים על פני אחד מירחיו (הקרוב אלינו).

קח את קוטר שבתאי מן הטבלה והערך מהו מרחק הטבעות שלו

מפניו.



פרק ה'

תנועתם של כוכבי הלכת

מטרתה של יחידת לימוד זו היא:

א. להכיר את הכוח הפועל בין כל הגופים ביקום.

ב. להכיר מה הם חוקי התנועה של כוכבי הלכת סביב השמש (חוקי קפלר).



ISAAC NEWTON

אייזיק ניוטון (1642-1727)
מגלה חוק הגרויטציה

לאחר לימוד יחידה זו אתה אמור:

1. לדעת כי קיים כוח הפועל בין כל שתי מסות בתבל והמכונה בשם "כוח הגרויטציה".
2. להכיר את שלשת החוקים הבסיסיים הקובעים את תנועת כוכבי הלכת סביב השמש.



**יוהאנס קפלר (1571-1630)
מגלה חוקי תנועתם של כוכבי הלכת**

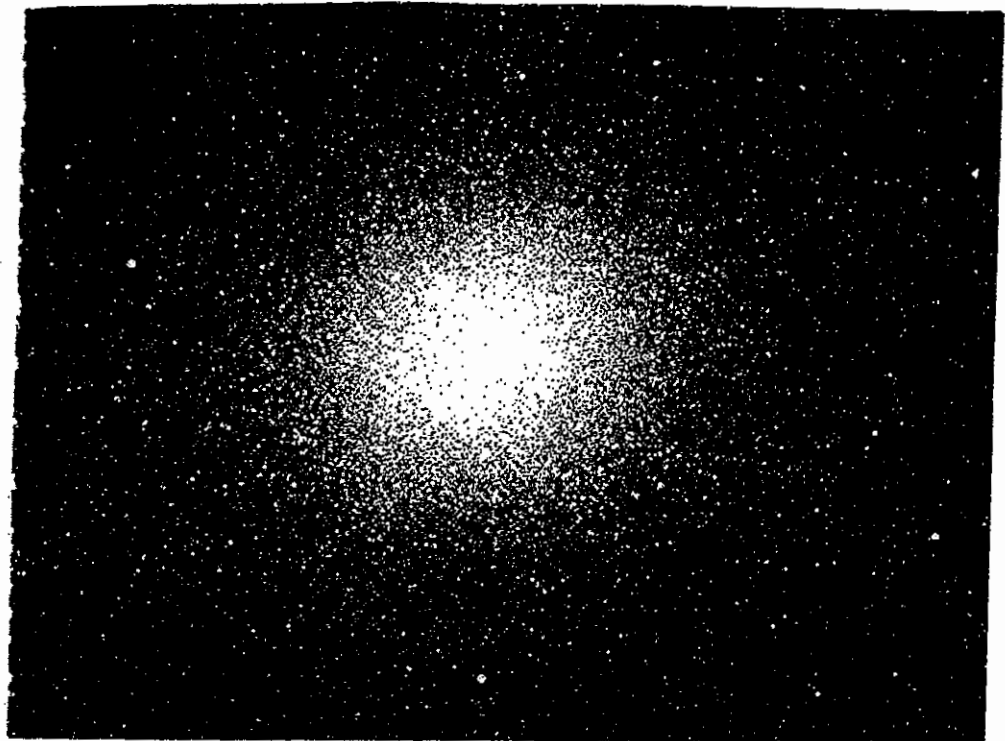
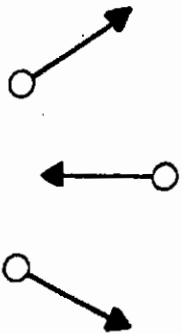


א. כוח הגרויטציה:

בתחילה נתאר שלוש תופעות מעניינות:

תופעה ראשונה:

1. נתבונן בתמונה מסי' 1. לפניך אוסף עצום של כמאה אלף כוכבים. למערכת כזו קוראים בשם "צביר של כוכבים". ממדידות טלסקופיות מתברר שכל אחד מהכוכבים בצביר נע במהירות עצמית משלו. תנועתו היא אקראית לחלוטין ולכל הכיוונים. (תמונה 2). במצב כזה ניתן היה לצפות שכל כוכבי הצביר יתפזרו לכל עבר. דבר זה אינו קורה: אם כי מקומו של כל כוכב בודד משתנה ללא הרף, הצביר



תמונה 1: צביר כוכבים כדורי ω (omega) Centauri,

נשאר, בכל זאת, כיחידה אחת במרחב. מדוע? קיימת מסקנה המתבקשת מהאמור לעיל, מצב זה לא יכול היה להתקיים, אלא אם כן קיים כוח משיכה בין כל אחד מהכוכבים בצביר השומר על המבנה המיוחד שלו.

תמונה 2: לכל כוכב מכוכבי הצביר יש תנועה אקראית משל עצמו.

תופעה שניה:

2. התנועה המאפינת במיוחד את מערכת השמש היא תנועה מעגלית. הנה למדנו ביחידת הלימוד על מערכת השמש כי כוכבי הלכת נעים סביב השמש במסלולים (כמעט) מעגליים.

ניסוי פיסיקלי פשוט ביותר, כמו אדם המסובב אבן הקשורה אליו בחבל, יבהיר לך שכאשר גוף מבצע תנועה מעגלית חייב לפעול עליו תמידית כוח שימשוך אותו למרכז המעגל.

ברגע שתפסק פעולתו של הכוח, ינוע הגוף בקו ישר במהירות קבועה. מכאן ברור שלא תתכן תנועה מעגלית במערכת השמש אלא אם כן מפעילה השמש (למשל) כל הזמן כוח על כוכב הלכת המקיף אותה. שאם לא כך, עלולים היו כוכבי הלכת להנתק ממסלולם ולהמשיך לנוע בקו ישר בכיוון המשיק למעגל תנועתם. ברור שכוח המשיכה שעליו אנו מדברים הוא כוח הפועל ממרחק, גם במרחקים עצומים של היקום. איזה סוג של כוח הוא זה? האם הוא חשמלי, מגנטי, או אולי כוח מסוג אחר?

תופעה שלישית:

3. ומה לגבי כדור הארץ, האם לא נוכל לשאול את אותן השאלות? מדוע לא ניתקים הגופים שעל פניו ונעים לכל עבר בצורה חפזית? מהו, איפא, הכוח המרתק אותם לכדור הארץ?



הפתרון:

4. לפני כשלוש מאות שנה הציע ניוטון (1642-1727) פתרון לכל השאלות האלו. הוא טען כי ישנו כוח (מסוג) אחד ויחיד הפועל בין כל גרמי השמים ללא יוצא מן הכלל ובכל היקום כולו. טענתו היתה כי כל שני גופים ביקום מפעילים תמיד, זה על זה, כוח משיכה. הוא אמר כי טבעו של חומר במרחב למשוך אליו חומר אחר. יהיו אלו שני גרגירי חול, תהיה זאת השמש המפעילה כוח על כוכב לכת, יהיו אלו כל צמד כוכבים של צביר שלם המושכים אחד את השני. לכוח הזה קרא ניוטון בשם "כוח גרביטציה" (תמונה 3).



תמונה 3: כח המשיכה הגרביטציוני פועל בין כל שני גופים ביקום.

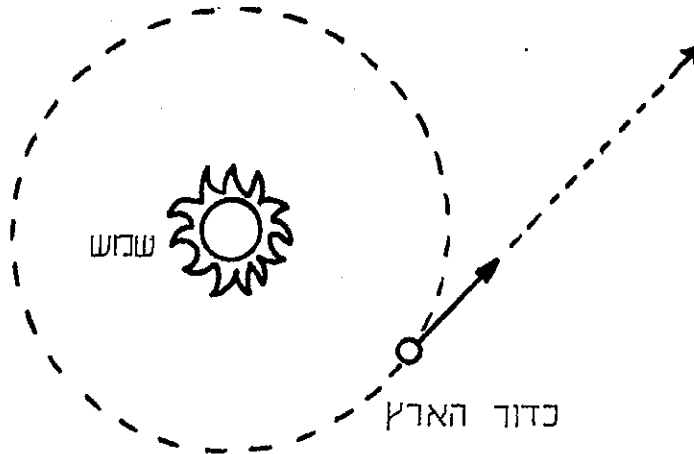
5. לפי ניוטון, הגופים שעל פני כדור הארץ נמשכים אליו בגלל כוח המשיכה הגרביטציוני. משקלו של גוף אינו אלא כוח המשיכה שכדור הארץ מפעיל עליו. אותנו כוח פועל כאמור בין הכוכבים השונים. בצביר שראינו לעיל מפעילים הכוכבים כוח משיכה על כל אחד מהכוכבים שבסביבה. כולם יחדיו מונעים מחבריהם מלנוע באופן חופשי ולהנתק מהצביר.

6. תמונה מס' 4 מסבירה את מהות כוח המשיכה הפועל בין השמש לכדור הארץ. (אותם שיקולים קיימים לגבי כוח המשיכה של כל כוכב לכת אחר). אם השמש לא היתה קיימת היה כדור הארץ נע באותה מהירות בקו ישר אינסופי במרחב. נוכחותה של השמש "מאלצת" את כדור הארץ לחסותובב סביבה. כוח המשיכה שהיא מפעילה, גורמת לו לנוע בתנועה מעגלית

כח הגרביטציה הוא כח משיכה בין כל שני גופים ביקום.

כוכבי הלכת נמשכים אל השמש. בגלל סיבובם סביבה הם אינם נופלים עליה.

0.0 ק"ג ●



0.2 ק"ג ●

תמונה 4: אם השמש לא היתה, היה כדור הארץ נע בקו ישר במרחב האינסופי.

7. פנה לדפי העבודה וענה על השאלות של תרגיל 1.

סיכום:

1. בין כל שני גופים ביקום קיים כוח משיכה גרויטציוני הנובע מעצם היותם חומר.
2. כוח המשיכה הגרויטציוני הוא הגורם לכוכבי הלכת להקיף את השמש במסלולים קבועים.
3. משקל הוא כוח המשיכה הגורם לגופים שעל פני כדור הארץ להמשך אליו, לכוון מרכז כדור הארץ.

0.5 ק"ג ●

ב. עוצמת כח הגרויטציה:

8. ראינו כי משקלו של גוף אינו אלא כוח המשיכה שמופעל ע"י כדור הארץ. ככל שיתרחק אותו גוף מכדור הארץ ילך משקלו ויקטן, במרחק עצום מכדור הארץ וכן במרחק עצום מכל כוכב אחר. (בשפה הפיסיקלית באי-סוף) לא ישקול הגוף כלל (כי אין כוכב שימשוך אותו). משקלו של הגוף "נעלם" אך הגוף עצמו כחומר ודאי קיים ולא התבטל. (תמונה 5).
- לכמות החומר בגוף אנו קוראים בשם "מסה". המסה סימנה m , יחידותיה ק"ג.

0.9 ק"ג ●

1 ק"ג ●



תמונה 5: משקלו של 1 ק"ג על פני כדור הארץ ילך ויקטן ככל שיתרחק מכדור הארץ. באין סוף יהיה משקלו פשוט אפס, אם כי החומר שבו

המסה היא הגורמת להתהוות כוח המשיכה בינה ובין מסה אחרת.
שני כוכבים מושכים זה את זה כי המסות שלהם גורמות לכך.
גופים מרותקים לאדמה כי מסתם נמשכת למסה של כדור הארץ.
כוכבי הלכת מסתובבים סביב השמש כי מסת השמש מפעילה כוח על
מסת הכוכב בכוח אל מרכז השמש.

9. טענתו של ניוטון היתה כי ככל שהגוף בעל מסה גדולה יותר הרי כוח
המשיכה הגרויטציוני שהוא מפעיל יהיה גדול יותר. (תמונה 6).



מסה קטנה

מושכת חלש!



מסה גדולה

מושכת חזק!

תמונה 6: מסה גדולה מושכת (ונמשכת) בכח חזק יותר.

מסה נתונה תמשוך אליה מסה של 1 ק"ג בכוח נתון.

אם המסה תגדל פי שנים הרי הכוח שיפעל יהיה כפול.

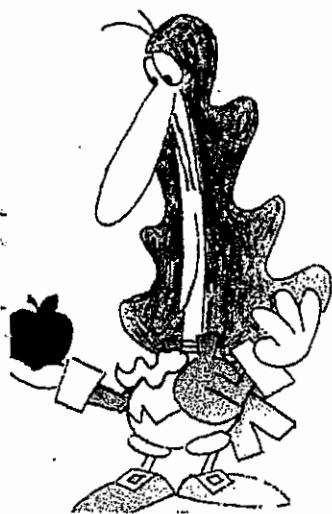
מאידך אם מסת הגוף "הנמשך" תגדל פי 8 והגוף "המושך" ישאר באותו
גודל הרי שוב יגדל כוח המשיכה הגרויטציוני פי אותו ערך 8. יחס כזה
נקרא בשם "יחס ישר", דהיינו, ככל שהמסה גדולה יותר, כך גם יגדל כח
המשיכה שלה.

בדרך כלל, כח המשיכה הגרויטציוני הוא חלש מאד (למשל ביחס לכח
המגנטי או החשמלי) כלומר, שני גופים אכן מושכים זה את זה, אולם נוכל
להרגיש בכח משיכה זה רק אם המסה של אחד מהם היא גדולה מאד,
למשל אנו מרגישים היטב כיצד כדור הארץ מושך אליו גופים, כי מסתו
גדולה מאד. אולם, כשאושלחן לא ימשכו זה את זה בצורה נכרת כי
מסתם היא קטנה מאד יחסית.

מכאן שתשיבותו של כח המשיכה הגרויטציוני היא בעיקר בין גופים
גדולים מאד, כגון כדור הארץ, השמש או הכוכבים.

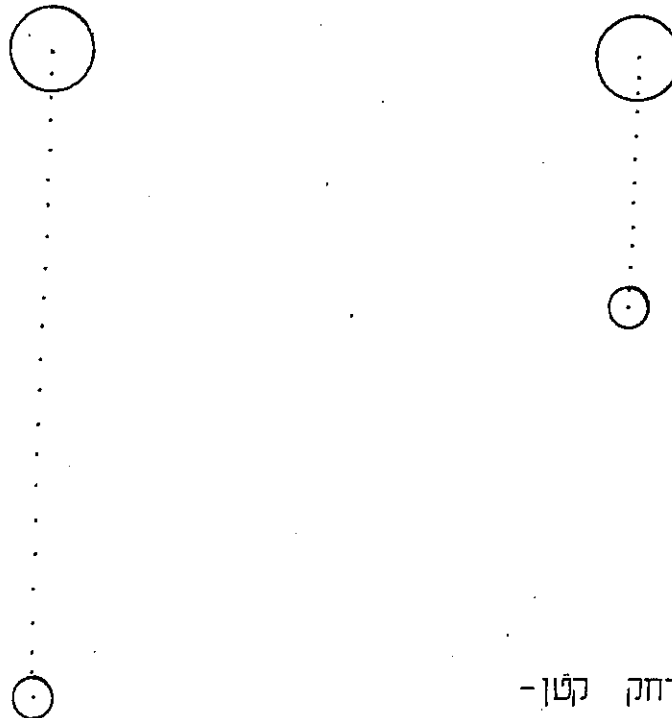
גוף "כבד" פירושו שמסתו היא גדולה ולכן
נמשכת חזק יותר אל כדור הארץ.

משקלו של גוף על פני כדור הארץ הוא כח
המשיכה הגרויטציוני שהארץ מפעילה עליו.



כח הגרויטציוני אינו
כח חשמלי ולא מגנטי

10. כוח המשיכה הגרויטציוני תלוי במרחק ההדדי בין המסות.
מתצפיות בגרמי שמים, ניוטון שם לב כי כוח המשיכה ביניהם הולך וקטן
עם המרחק. כלומר ככל שהמרחק בין שתי מסות הולך וגדל, קטן כוח
המשיכה ביניהם. אנו אומרים כי היתס הוא הפוך, ככל שהמרחק גדל, כך
יקטן כוח המשיכה. (תמונה 7). יתר על כן, התברר לו שכוח המשיכה
הגרויטציוני הולך וקטן עם ה"מרחק ברבוע". כלומר אם המרחק בין שתי
מסות יגדל פי 2 הרי הכוח הגרויטציוני יקטן פי 4 (שהוא $2^2=4$). אם
המרחק ביניהם יגדל פי 3 הרי הכוח יקטן פי 9 (3^2) וכן הלאה. (תמונה 8).



מרחק קטן -

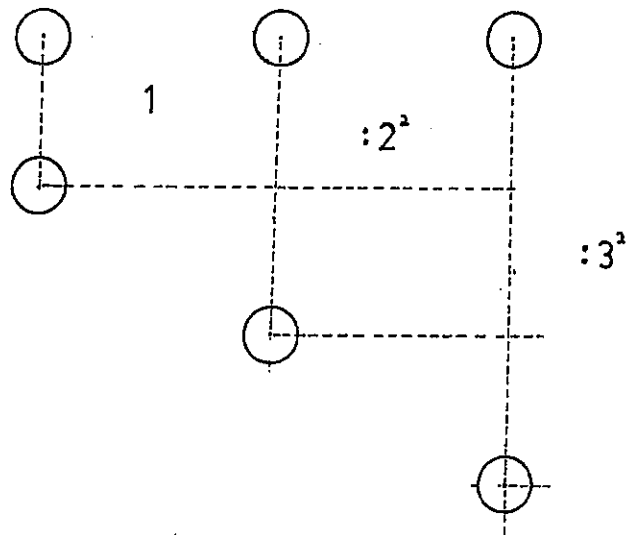
כוח משיכה חזק.

מרחק גדול -

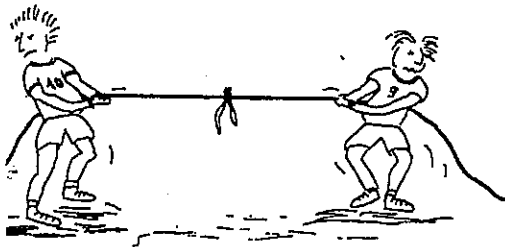
כוח משיכה חלש.

תמונה 7: ככל שהמרחק בין המסות גדול יותר, כך הולך ונחלש כח
המשיכה הגרויטציוני ביניהם.

2
3
2
2



תמונה 8: כח המשיכה הגרויטציוני בין שני גופים קטן בהתאם לריבוע המרחק ביניהם.

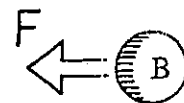
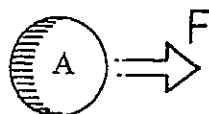


11. כוח המשיכה הפועל בין שתי מסות הוא הדדי. כלומר, אם מסה אחת מפעילה על השנייה כוח, הרי המסה השנייה מפעילה אותו כוח בדיוק על המסה הראשונה.

ניוטון התייחס בשעתו להדדיות הזאת שבין הכוח שמפעילות המסה אחת על השנייה בחוק פיסיקלי שנקרא על שמו: חוק הפעולה והתגובה, או החוק השלישי של ניוטון.

על כל כוח שמפעיל גוף (A) על (B) יפעיל (B) על (A) אותו כוח ובכוון נגדי. כאשר מדובר בכוח הגרויטציה, למשל, השמש (A), מושכת את כדור הארץ (B) בכוח מסוים. הארץ B מושכת אליה את השמש A באותו כוח. אלא כיון שמסת השמש גדולה בהרבה ממסת כדור הארץ היא נשארת (כמעט) במקומה וכדור הארץ הוא המושפע העיקרי.

כנ"ל לגבי מסה (B) המונחת על כדור הארץ (A). כדור הארץ מושך את המסה B אליו. אך בו זמנית המסה B מושכת אליה את כדור הארץ. שוב מסת כדור הארץ גדולה פי כמה מאשר מסות הגופים המונחים עליה לכן השפעתה על הגופים היא הניכרת.



12. פנה לדפי העבודה וענה על השאלות של תרגיל 2.

1. מסתו של גוף מודדת את כמות החומר שבו.
2. כוח המשיכה הגרויטציוני נמצא ביחס ישר למסות הגופים שיוצרים את הכוח.
3. כוח המשיכה הגרויטציוני בין שתי מסות הולך וקטן עם המרחק בריבוע ביניהן.
4. כוח המשיכה הגרויטציוני מקיים את חוק הפעולה והתגובה של ניוטון כלומר שכל אחת מהמסות מפעילה על השניה את אותו כוח.

ג. חוקי קפלר

13. כוח הגרויטציה השולט בכל היקום כולו הוא גם המוביל והמכתיב את תנועת גרמי השמים במרחב.

לדוגמה, ללא כוח המשיכה של השמש היו כוכבי הלכת נעים בקוים ישרים עד אינסוף, אלא שכוח המשיכה של השמש מאלץ אותם לנוע בתנועה מעגלית סביבה.

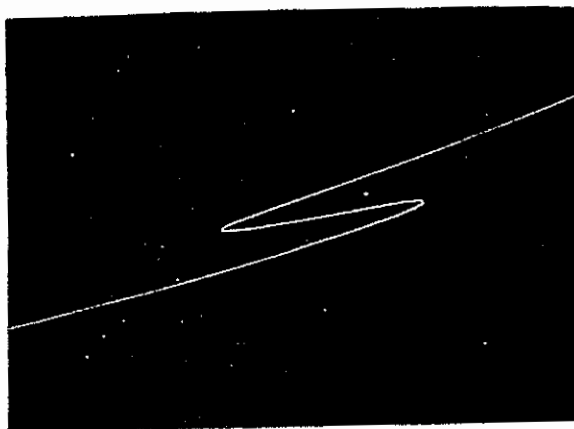
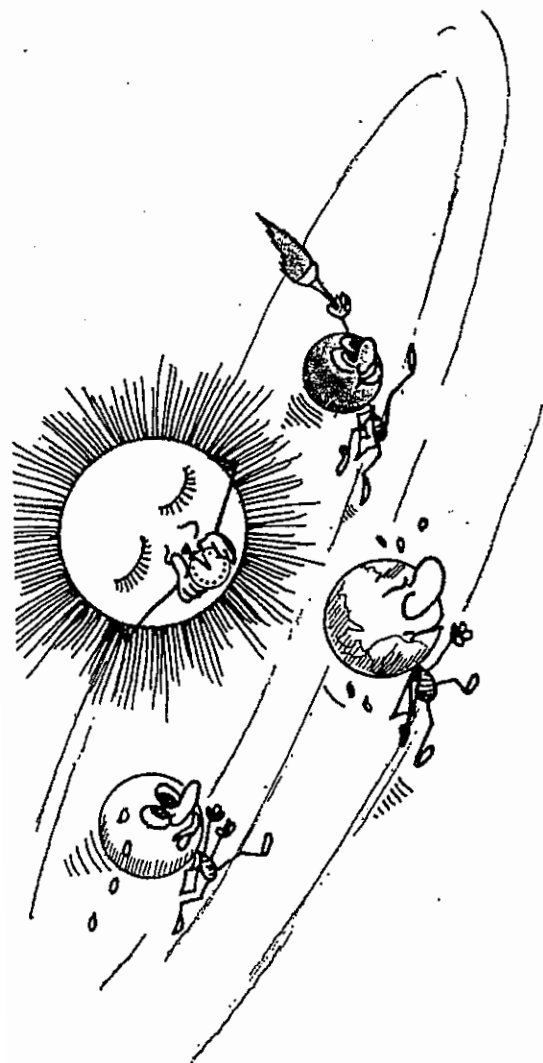
מה הם החוקים הקובעים את צורת תנועתם, את מהירותם או זמן החקפה של כוכבי הלכת סביב השמש?

14. לפני כארבע מאות שנה ניסח האסטרונום קפלר (1630 - 1571) שלשה חוקי יסוד הנוגעים לתנועתם של כוכבי הלכת סביב השמש.

בגלל תנועת כדור הארץ בחלל וכן בגלל תנועת כוכבי הלכת עצמם, אנו רואים כי כוכבי הלכת נעים במסלולים בעלי צורה מורכבת בשמים. הנה, למשל, כוכב הלכת מאדים נראה לנו מבצע "לולאות" במסלולו בין הכוכבים. מתוך הסתכלות מדויקת במסלולו של מאדים, ותוך כדי חישוב מקומו של כדור הארץ בחלל הגיע קפלר לשלושת חוקיו אשר נתאר להלן.

החוק הראשון של קפלר:

15. החוק הראשון אומר: "כל גרמי השמים המקיפים את השמש (כוכבי לכת, כוכבי שביט ואסטרואידים), מקיפים אותה באליפטות (לא מעגלים) כאשר השמש נמצאת תמיד באחד ממוקדי האליפטות".



מאדים מבצע "לולאות" בין הכוכבים בשמים.

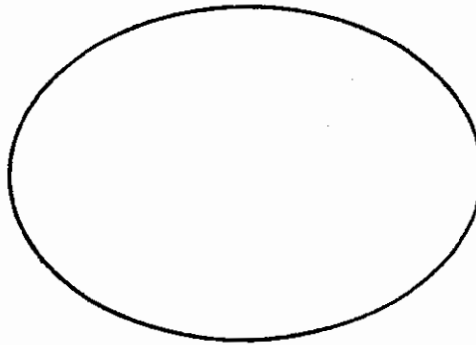


16. מהי אליפסה? ומהי הכוונה למוקד האליפסה?

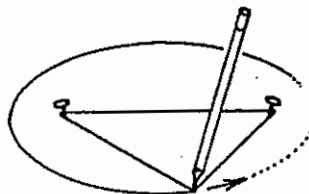
תמונה 9 מראה כי אליפסה דומה קצת לביצה (סימטרית). כיצד מסרטטים אליפסה בצורה מדויקת?

קח חוט תפירה באורך של 7 ס"מ לערך. הדק את קצות החוט באמצעות שתי סיכות לדף נייר כאשר המרחק ביניהן כ-4 ס"מ. קח עפרון ומתח את החוט לצורה של משולש. ראה סרטוט 10. סרטט קו עקום סגור באמצעות העפרון כאשר החוט יהיה מתוח כהלכה במשך כל זמן תהליך הסרטוט. שתי הסיכות עם החוט יהיו תמיד 3 קדקדים של משולש. (חוץ מאשר שני מקרים כלומר כששתי הסיכות והעפרון יהיו על קו ישר אחד). הקו העקום שקבלת נקרא "אליפסה". המקומות שבהם נעוצות הסיכות נקראים בשם "מוקדים".

(שים לב כי אורך החוט נשאר קבוע אם כי שתי הצלעות של המשולש משנות את אורכן. סכומן נשאר תמיד קבוע כי זהו אורך החוט עצמו).



תמונה 9: צורת אליפסה.

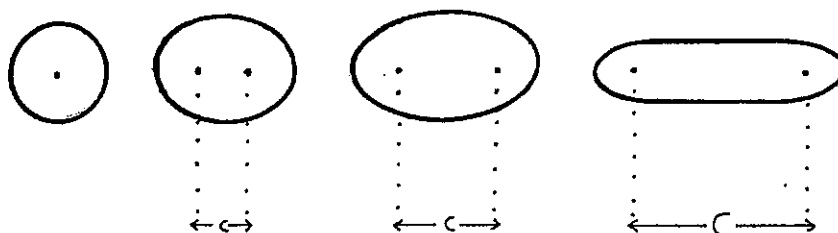


תמונה 10: שיטה לסרטוט אליפסה בעזרת שתי סיכות, חוט ועפרון.

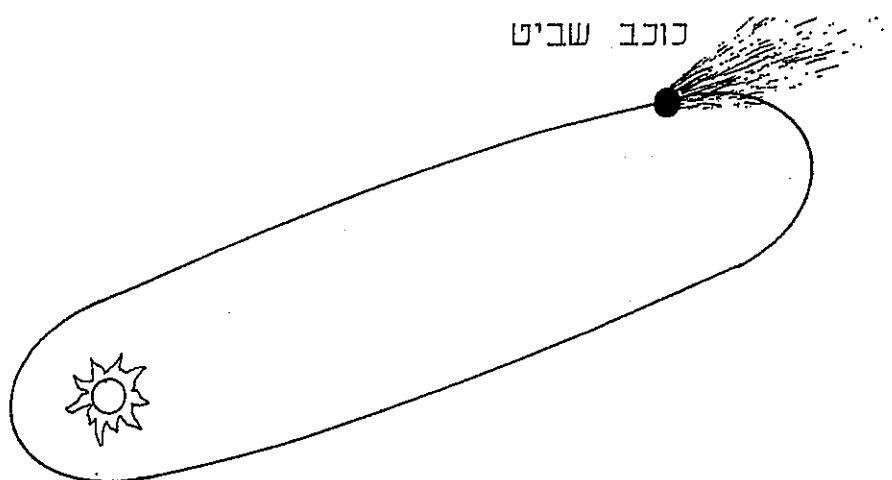
17. תמונה 11 מראה אליפסות שונות.

אליפסה שמוקדיה מרוחקים זה מזה היא מאורכת יותר או "פחוסה".
ככל שהמוקדים ילכו ויתקרבו זה לזה תתקרב האליפסה יותר ויותר
לצורה מעגלית.
כאשר יתלכדו שני המוקדים תהפך האליפסה למעגל.

18. ובכן, החוק הראשון אומר כי כוכבי הלכת מקיפים את השמש במסלולים
אליפטיים הקרובים מאוד למסלול מעגלי. השמש עצמה נמצאת במוקד
אחד של האליפסה. לעומתם כוכבי השביט מקיפים את השמש,
במסלולים אליפטיים פחוסים מאד. (תמונה 12).



תמונה 11: אליפסות בדרגות שונות של "פחיסות".



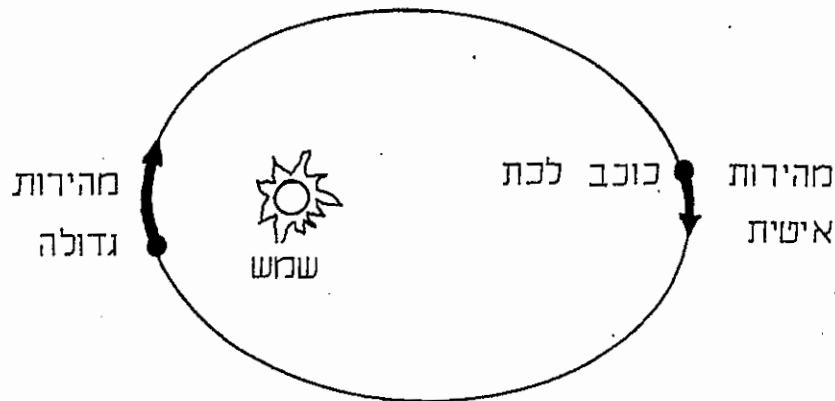
תמונה 12: כוכבי השביט מקיפים את השמש במסלולים אליפטיים פחוסים
מאד.

ד. החוק השני של קפלר:

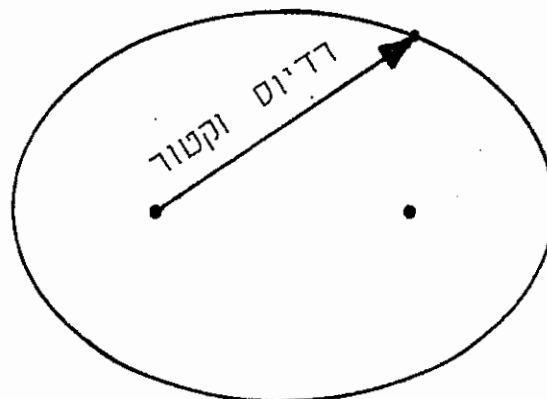
19. מהירות כוכבי הלכת סביב השמש אינה קבועה. כאשר כוכב הלכת נע בחלק האליפסה הקרוב אל השמש הוא דוקא נע מהר יותר מאשר בחלק האליפסה הרחוק יותר מן השמש. (תמונה 13).

קפלר נסח במדויק את החוק השני שלו המבטא את הקשר בין מהירותו של כוכב הלכת ובין מרחקו מהשמש. לשם כך הוא השתמש במושג הנקרא בשם "רדיוס וקטור".

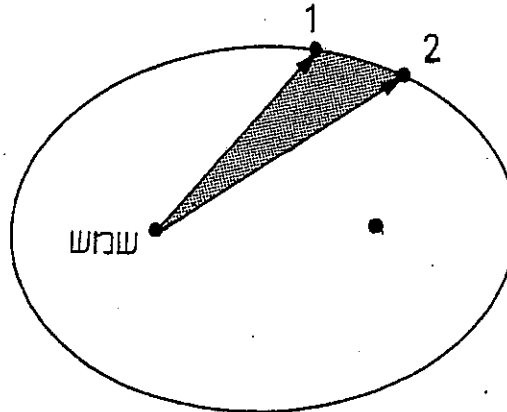
"רדיוס וקטור" הוא רדיוס המחבר את מרכז השמש הנמצאת באחד ממוקדי האליפסה עם נקודה הנמצאת על האליפסה. (תמונה 14). רדיוס זה דומה לרדיוסו של מעגל. כידוע רדיוס וקטור במעגל נשאר תמיד שווה בגודלו, ולעומתו רדיוס וקטור של האליפסה משתנה ללא הרף. כאשר גוף נע על גבי מעגל מכסה הרדיוס וקטור שלו שטחים של גזרות (תמונה 15).



תמונה 13: בקרבת השמש (מצד שמאל) נע כוכב הלכת במהירות גדולה יותר.



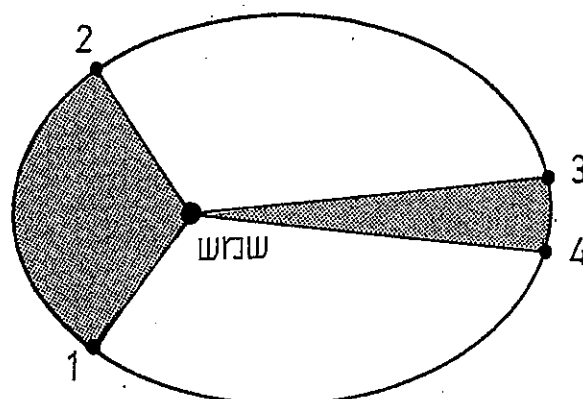
תמונה 14: הרדיוס וקטור באליפסה הוא "רדיוס" המחבר אל אחד ממוקדי האליפסה, אורכו משתנה מנקודה לנקודה על האליפסה (כידוע במעגל הרדיוס הוא גודל קבוע עבור כל נקודות המעגל).



תמונה 15: כוכב הלכת נע מנקודה 1 לנקודה 2 על האליפסה סביב השמש. כתוצאה מתנועה זו נע אחריו גם הרדיוס וקטור ממצב 1 למצב 2 ותוך כדי כך מכסה הרדיוס וקטור את השטח המקוק.

20. כאשר כוכב הלכת נע במסלולו בקרבת השמש, אז הרדיוס וקטור שלו נע מהר יותר, וכאשר הוא רחוק יותר מן השמש בצד השני של האליפסה, הרדיוס וקטור נע לאט יותר. תמונה 16 מראה את השטחים שהרדיוס וקטור "מכסה" בשני צידי האליפסה.

21. החוק השני של קפלר אומר כי באותו מרווח זמן (אם למשל נקבע יחידת זמן של חודש), אז השטח שהרדיוס וקטור יכסה במשך חודש על המסלול בקרבת השמש (צד שמאל בתמונה 16) יהיה בעל אותו שטח בדיוק כמו השטח שיכסה הרדיוס וקטור במשך חודש בצד השני המרוחק של האליפסה (צד ימין בתמונה 16). בקיצור "בזמנים שווים מכסה הרדיוס וקטור שטחים שווים". חוק זה נקרא גם בשם "חוק השטחים".



תמונה 16: כאשר כוכב הלכת נע במסלולו קרוב אל השמש (בצד שמאל) מכסה הרדיוס וקטור את שטח הגזרה בין הנקודות 1 ו-2. כאשר כוכב הלכת נמצא במסלולו רחוק מן השמש (מצד ימין) הוא 'מכסה' במשך אותו זמן את אותו השטח כמו בצד שמאל כי השטח הוא 'ידק' יותר וארוך יותר". זהו החוק השני של קפלר, דהיינו, השטחים שווים -



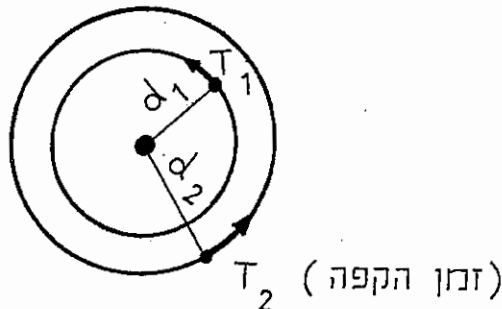
החוק השלישי של קפלר:

22. החוק השלישי מקשר בין זמן ההקפה של הכוכבים סביב השמש לבין המרחקים ממנה. כללית ניתן לאמר כי ככל שכוכב רחוק יותר מהשמש הרי זמן ההקפה שלו ארוך יותר. לדוגמה, כדור הארץ נמצא במרחק של 1 יחידה אסטרונומית מהשמש והוא מקיף אותה במשך שנה אחת. לעומתו, מאדים נמצא במרחק 1.5 יחידות אסטרונומיות מהשמש וזמן הקפתו 1.9 שנים.

23. בעקבות קפלר ננסח את החוק השלישי שלו באופן מתמטי בצורת נוסחה. את זמן ההקפה של הכוכבים נסמן באות T , כאשר יחידת הזמן שנה. את המרחק הממוצע מהשמש נסמן באות d ביחידות אסטרונומיות. (תמונה 17).

$$d^3 = T^2$$

החוק השלישי אומר כי: במילים: החזקה השלישית של מרחק ההקפה של כוכב הלכת (d^3) שווה לריבוע זמן המחזור (T^2) שלו.



תמונה 17: כיון שכוכבי הלכת נעים כמעט במעגל, לכן, אנו משתמשים ברדיוס ההקפה כאילו היה קבוע. הסרטוט לעיל מראה שני כוכבי לכת הנעים במסלולים כמעט מעגליים במרחק ממוצע d_1 ו- d_2 ובזמני הקפה T_1 ו- T_2 סביב השמש.

25. הנוסחה שנשחזר היא שימושית ויעילה מאוד באסטרונומיה.

בעזרת נוסחה זאת נוכל בקלות יחסית לחשב את מרחקו של כוכב לכת מהשמש. את זמן ההקפה שלו נמדוד בעזרת תצפיות. הצבת הזמן (בשנים) לתוך הנוסחה תתן לנו את המרחק (ביחידות אסטרונומיות). זמן ההקפה שנמדוד הוא הזמן הדרוש לכוכב לכת להגיע שוב אל אותו רקע בין הכוכבים שבשמים. באותו פרק זמן סיים הכוכב הקפה אחת סביב השמש.

דוגמא: כוכב הלכת צדק מקיף את השמש ב-11.88 שנים.

נציב את הערך הזה בנוסחה שבסעיף 23 ונקבל:

$$T = 11.882$$

$$T^3 = 141.13$$

$$d = \sqrt[3]{141.13}$$

5.2 יחידות אסטרונומיות $d =$

כוכב הלכת צדק נמצא, איפא, במרחק הגדול פי 5.2 מהשמש מאשר

מרחק כדור הארץ אליה.

1. אליפסה: קו עקום סגור שכל נקודה עליו נמצאת במרחקים משתי נקודות (מוקדים) כך שסכום המרחקים הוא גודל קבוע.
2. החוק הראשון של קפלר: כוכבי הלכת מקיפים את השמש במסלולים אליפטיים כאשר השמש נמצאת באחד ממוקדי האליפסה.
3. החוק השני של קפלר: הרדיוס וקטור המועבר מהשמש לאחד מכוכבי הלכת מכסה בזמנים שווים שטחים שווים.
4. החוק השלישי של קפלר: החזקה השלישית של המרחק הממוצע של כוכבי לכת מהשמש שווה לריבוע זמן מחזור ההקפה סביבה.

26. עבור לדפי העבודה לפתרון תרגילים 3, 4.

דפי עבודה

תרגיל 1

סמן בעיגול את התשובה הנכונה בסדרת המשפטים הבאים:

א. בצביר של כוכבים:

1. כל אחד מהכוכבים אינו משנה את מקומו יחסית לכוכבים האחרים.
2. כל אחד מהכוכבים נע במהירות אקראית משלו.
3. בכל פרק זמן מצטרף אליו כוכב נוסף.

ב. ניוטון טען כי בין כל שני גופים במרחב:

1. פועל כוח משיכה מגנטי.
2. אין כל קשר.
3. פועל כוח משיכה גרויטציוני.

ג. הגופים שעל פני כדור הארץ נמשכים אליו כי:

1. האטמוספירה מפעילה עליהם כוח כלפי מטה.
2. כדור הארץ מושך אותם בכוח הגרויטציה כלפי מטה.
3. הם נמשכים ללא סיבה מיוחדת.

ד. כוח הגרויטציה הוא:

1. כוח מגנטי.
2. כוח גרעיני.
3. כוח הפועל בין כל שני גופים מעצם טבעם כחומר.

ה. כוכבים בצביר אינם מתפזרים במרחב כי:

1. הם כבדים מאוד ומהירותם איטית.
2. הם מתנגשים זה בזה ללא סוף.
3. כל הכוכבים בצביר מושכים יחד כל אחד מהכוכבים שבצביר ואינם מאפשרים לו "לברוח".

ו. כוכבי הלכת מסתובבים סביב השמש כי היא:

1. מעניקה להם אנרגיה.
2. מושכת אותם אליה בכוח הגרויטציה.
3. מושכת אותם אליה בכוח גרעיני.



- ז. אם כוח המשיכה של השמש היה נפסק לפתע:
1. כל כוכבי הלכת היו ממשיכים להסתובב סביבה.
 2. כל כוכבי הלכת היו נופלים על פני השמש.
 3. כל כוכבי הלכת היו נעים בקוים ישרים ומתפזרים במרחב.

תרגיל 2.

סמן בעגול את התשובה הנכונה בכל אחד מהמשפטים הבאים:

א. משקלו של גוף על פני כדור הארץ הוא:

1. כוח המשיכה שמפעיל עליו כדור הארץ.
2. מספר הקילוגרמים שלו.
3. הכוח שמפעילה עליו האטמוספירה בכוון לפני כדור הארץ.

ב. מסתו של גוף היא:

1. נפחו בלחץ אטמוספירי.
2. כוח המשיכה הפועל עליו.
3. כמות החומר הצבורה בו.

ג. ככל שמסתו של גוף גדלה יותר:

1. הוא מפעיל כוח משיכה קטן יותר.
2. הוא מפעיל כוח משיכה גדול יותר.
3. הוא מפעיל כוח משיכה זהה לזו שלפני הגדלתו.

ד. כאשר מגדילים את המרחק בין שתי מסות:

1. יקטן כוח המשיכה הגרויטציוני הפועל ביניהם.
2. יגדל כוח המשיכה הגרויטציוני הפועל ביניהם.
3. ישאר כוח המשיכה הגרויטציוני בעיניו.

ה. כאשר יגדל המרחק בין שתי מסות פי 4, יקטן כוח המשיכה הגרויטציוני

פי:

1. 4.
2. 8.
3. 16.

ו. כוח המשיכה הגרויטציוני שמפעילה מסה (A) על מסה (B):

1. שווה לכוח המשיכה שמפעילה (B) על (A).
2. קטנה מכוח המשיכה שמפעילה (B) על (A).
3. גדול מכוח המשיכה שמפעילה (B) על (A).



משקל חגוף הוא כח
הגרויטציה הפועל עליו

תרגיל 3.

סמן בעיגול את התשובה הנכונה בכל אחד מהמשפטים הבאים:
א. החוק הראשון של קפלר אומר כי כל כוכבי הלכת מקיפים את השמש במסלולים:

1. מעגלים.
2. אליפטיים.
3. בפרבולה.

ב. החוק הראשון של קפלר אומר כי השמש:

1. נמצאת במרכז האליפסה.
2. נמצאת תמיד באחד ממוקדי האליפסה.
3. מחליפה את מקומה פעמים היא במוקד אחד ולעתים במוקד השני.

ג. כוכבי הלכת מקיפים את השמש באליפסות:

1. פחוסות מאוד.
2. כמעט מעגליות.
3. פחוסות.

ד. כוכבי שביט מקיפים את השמש:

1. באליפסות פחוסות מאוד.
2. באליפסות שהמוקדים שלהם מאוד קרובים זה לזה.
3. באליפסות משתנות, כלומר שהמרחק בין מוקדיהם לא קבוע.

ה. כאשר כוכב לכת נע במסלולו קרוב אל השמש:

1. נע מהר יותר.
2. נע לאט יותר.
3. נשאר במהירותו הקודמת.

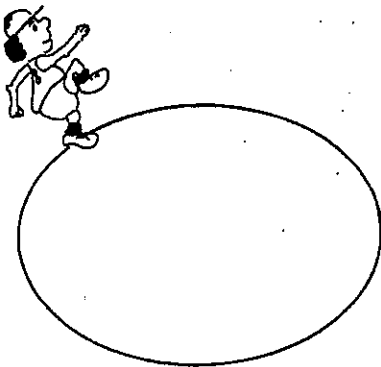
ו. רדיוס וקטור הוא:

1. חץ המתאר את מהירותו של כוכב לכת.
2. חץ המחבר את שני מוקדי האליפסה.
3. חץ המחבר את מוקד האליפסה אל נקודה הנמצאת על הקפה.

ז. זמן המחזור של כוכב שבתאי סביב השמש הוא 29.4 שנים לכן לפי

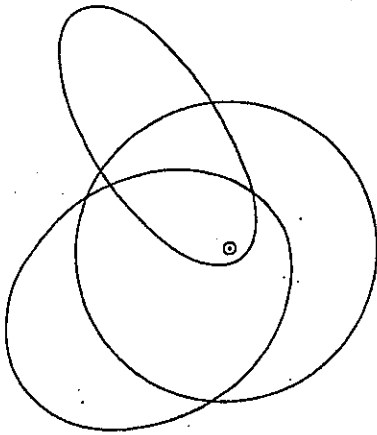
החוק השלישי של קפלר, מרחקו מאתנו:

1. 5.2 יחידות אסטרונומיות.
2. 9.5 יחידות אסטרונומיות.
3. 7.3 יחידות אסטרונומיות.



ח. מלא את החסר:

החוק השני של קפלר אומר כי כוכב לכת המקיף את השמש מכסה בזמנים _____ שטחים _____.



תרגיל 4.

החללית Explorer 35 נשלחה מכף קנדי ביום 19 ביולי 1967 לעבר הירח, היא הגיעה לשם ביום 22 בו והחלה להקיף את הירח. תפקידה היה לבצע מדידות שונות בקשר לירח. המשימה הסתיימה לאחר כשש שנים בחודש יוני 1973. להלן נבדוק אם מסלול החללית סביב הירח מקיים את חוקי קפלר.

הטבלה הבאה מביאה את מיקומה של החללית במרווחי זמן של רבע שעה כל אחד, כפי שנמדדה בתחנת החלל בארה"ב. יחידת המרחק היא רדיוס הירח עצמו. למשל, (ראה טבלה) בשעה $1^h 45^m$ (כלומר בשעה אחת וארבעים וחמש דקות) עמדה החללית בקואורדינטות $x = -0.85$ ו- $y = -1.58$, ויחידות אלו נמדדות ביחידות של רדיוס הירח. מרכז הקואורדינטות הוא מרכז הירח עצמו.

שרטט את המסלול של החללית מסביב לירח על נייר גרפי ובדוק האם מתקיימים שני חוקי קפלר הראשונים.

	X	Y		X	Y
0 ^h 00 ^m	-3.62	1.04	6 ^h 00 ^m	-0.27	4.86
0 ^h 15 ^m	-3.46	0.63	6 ^h 15 ^m	-0.56	4.95
0 ^h 30 ^m	-3.25	0.20	6 ^h 30 ^m	-0.84	5.01
0 ^h 45 ^m	-2.97	-0.22	6 ^h 45 ^m	-1.12	5.03
1 ^h 00 ^m	-2.60	-0.65	7 ^h 00 ^m	-1.38	5.04
1 ^h 15 ^m	-2.14	-1.03	7 ^h 15 ^m	-1.64	5.00
1 ^h 30 ^m	-1.55	-1.37	7 ^h 30 ^m	-1.89	4.95
1 ^h 45 ^m	-0.85	-1.58	7 ^h 45 ^m	-2.14	4.87
2 ^h 00 ^m	-0.03	-1.59	8 ^h 00 ^m	-2.37	4.77
2 ^h 15 ^m	+0.78	-1.32	8 ^h 15 ^m	-2.59	4.65
2 ^h 30 ^m	1.45	-0.79	8 ^h 30 ^m	-2.80	4.50
2 ^h 45 ^m	1.87	-0.11	8 ^h 45 ^m	-2.99	4.33
3 ^h 00 ^m	2.09	+0.58	9 ^h 00 ^m	-3.17	4.14
3 ^h 15 ^m	2.16	1.22	9 ^h 15 ^m	-3.33	3.93
3 ^h 30 ^m	2.11	1.82	9 ^h 30 ^m	-3.49	3.69
3 ^h 45 ^m	1.99	2.35	9 ^h 45 ^m	-3.59	3.42
4 ^h 00 ^m	1.82	2.81	10 ^h 00 ^m	-3.69	3.15
4 ^h 15 ^m	1.61	3.22	10 ^h 15 ^m	-3.77	2.85
4 ^h 30 ^m	1.37	3.59	10 ^h 30 ^m	-3.81	2.52
4 ^h 45 ^m	1.11	3.90	10 ^h 45 ^m	-3.83	2.20
5 ^h 00 ^m	0.85	4.16	11 ^h 00 ^m	-3.81	1.83
5 ^h 15 ^m	0.58	4.40	11 ^h 15 ^m	-3.76	1.46
5 ^h 30 ^m	0.28	4.58	11 ^h 30 ^m	-3.65	1.06

