

# צבא השמים

כרך ז'

חוברת לימוד באסטרונומיה לבתי ספר

חלק ב'

כוכבים ומזלות (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



ד"ר נ. וידאל

# השמיים מספרים

חלק ז'

## כוכבים ומדלות



תנית אמ"ט

אסטרנומיה, מדעים וטכנולוגיה





## ממט"ן

המכון להוראת המדעים והטכנולוגיה  
רחוב בית וגן 81, ירושלים 96426

טלפון: 02-6424254 • פקס. 02-6430040





**תכנית אח"ט**  
(אסטרונומיה מדעים וטכנולוגיה)

חלק ז'

# כוכבים ומזלות

מהדורת ניסוי  
ד"ר נ. וידאל

(C)

כל הזכויות שמורות ל ממש"ן

ממש"ן

המכון להוראת מדעים וטכנולוגיה  
רח. בית וגן 33 ירושלים 96426  
טל: 02-6424254 פקס: 02-6430090

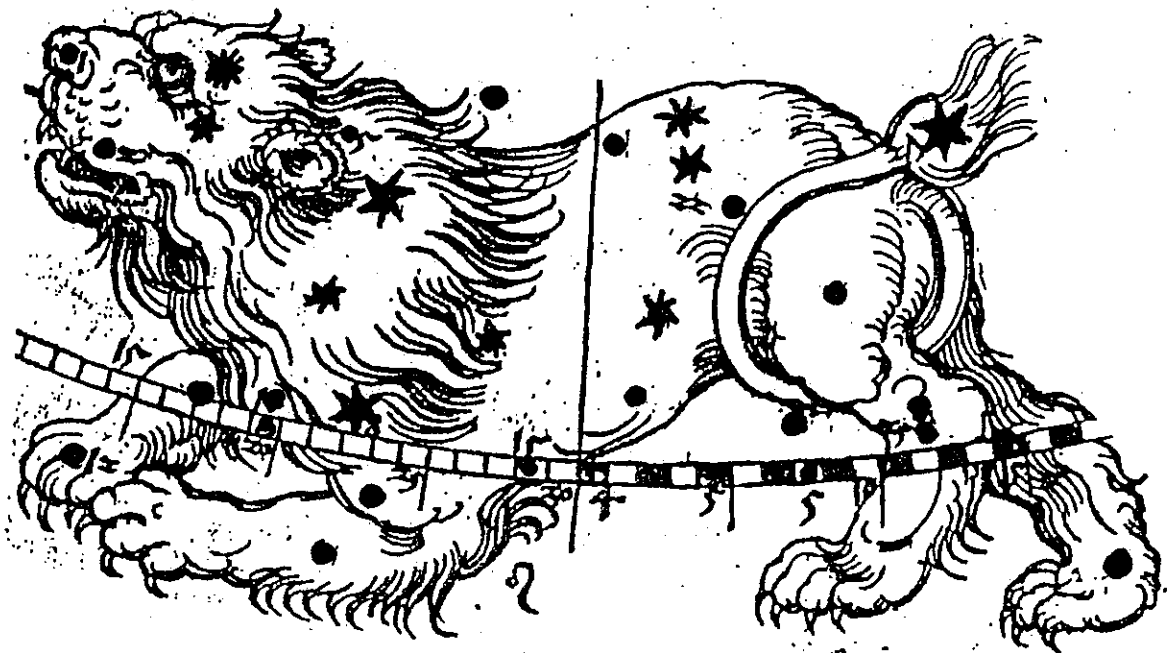
## הקדמה

הספר "כוכבים ומזלות" הוא המשך לסדרת ספרי הלימוד "השמים מספרים". הוא מתאר את עולם הכוכבים והגלכסיות המודרני בהשקפת עולם יהודית. תיארונו את גרמי השמים המעניינים ביותר המופיעים בקבוצות או במזלות השונים בשמים.

שנים עשר המזלות הם בעצם קבוצות כוכבים מסוימות כמו כל שאר הקבוצות. אלא שהן היו קשורות גם לנושא האסטרולוגיה, דהיינו, לניבוי גורל בני אדם ע"פ מצב השמש והכוכבים. בעצם חי"ל קראו לכל הכוכבים או קבוצות כוכבים בשם "מזלות", כי גם הם ראו שכל גרמי השמים נעים בשמי הלילה, ושורש המילה "מזל" הוא בארמית "אזיל", כלומר "הולך", שכל גרמי השמים "אזלין והולכין" ולכן כלם נקראו בשם "מזלות". עם הזמן נשאר השם "מזלות" אך ורק לשתים עשרה קבוצות מיוחדות.

ספר זה אמנם מסביר מהי אסטרולוגיה ומה מקומה בהשקפת העולם היהודית, אבל הוא אינו עוסק ממש בדרכים לקביעת גורלות בני אדם, אלא הוא מתאר את העובדות המדעיות המודרניות של גרמי השמים, ואמנם בהשקפת העולם היהודית. הספר נלמד בשיטה הפעלתנית ע"י שאלות לתלמיד, הרכבת מודלים, סרטים ועיבוד תמונות. את כל אלה ניתן להשיג אצלינו.

סעיפים אשר סומנו בכוכבית אחת מיועדים לתלמידים מתקדמים, או לכתות גבוהות יותר, ואלה בשתי כוכביות – לכתות נמוכות יותר.



## כוכבים ומזלות

### תוכן ענינים

עמוד	פרק ראשון: צורות בשמים
1	א. קבוצת הכוכבים "אוריון".
3	ב. דרגות בהירות של כוכבים.
5	ג. קבוצת הכוכבים "שור".
6	ד. צבעי כוכבים ודרגת חומם. פיצול האור.
12	ה. צבירי כוכבים.
18	ו. קבוצת הכוכבים "העגלה הגדולה".
20	ז. תנועת הכוכבים במשך הלילה.
26	ח. קבוצות שונות של כוכבים.
32	ט. זוגות כוכבים.
37	י. כוכבים משתנים
41	יא. קבוצת הכוכבים "ברבור". חור שחור".

### פרק שני: מרחקי הכוכבים

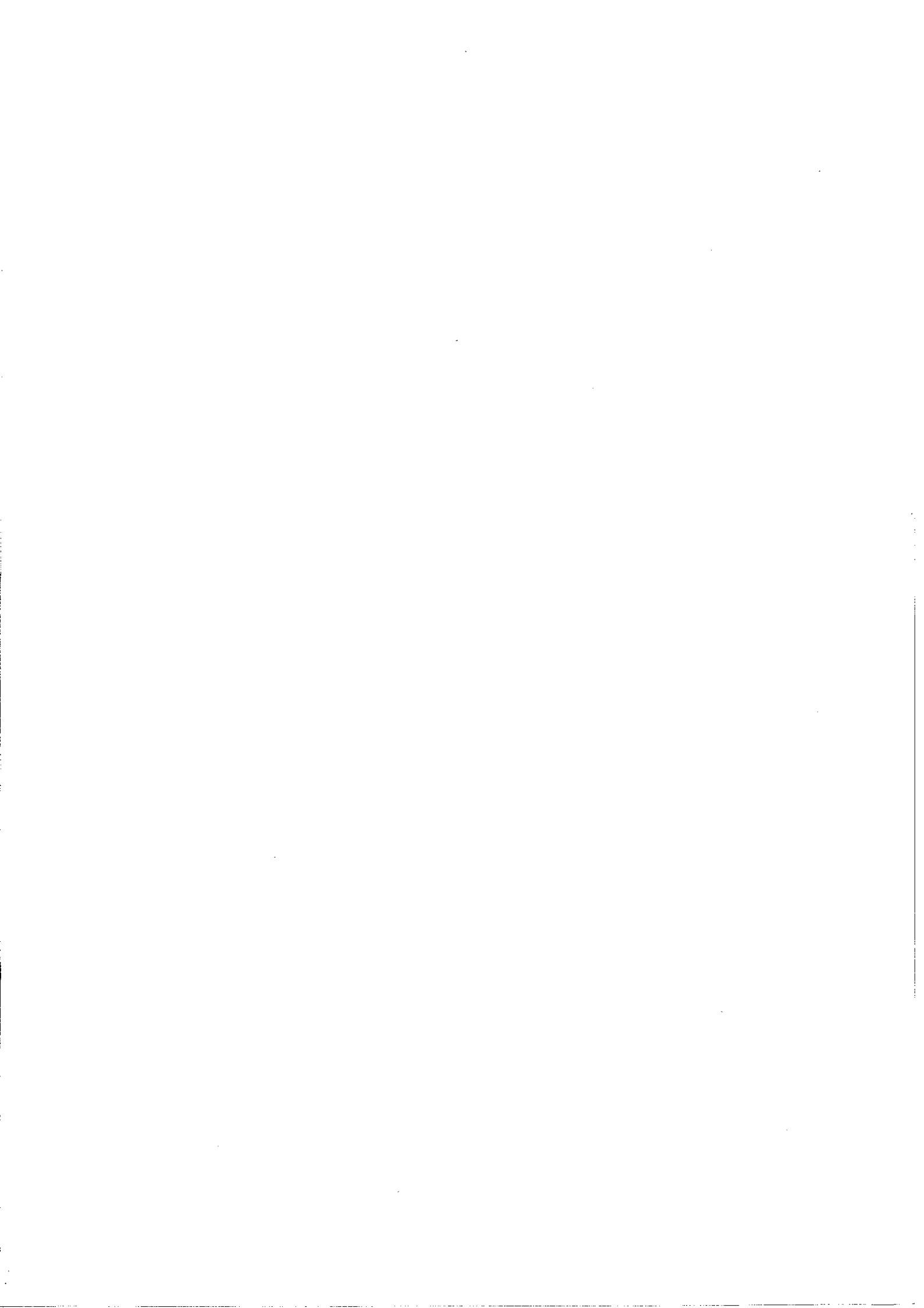
45	א. מרחקי הכוכבים בעגלה הגדולה.
46	ב. יחידות מרחק.
48	ג. שנת אור.

## פרק שלישי: המזלות

- 51 א. שנים עשר המזלות.
- 53 ב. מזל מאזניים.
- 55 ג. מזל עקרב.
- 57 ד. מזל קשת.
- 59 ה. "שביל החלב". גלכסיות.
- 67 ו. מזל גדי.
- 69 ז. מזל דלי.
- 71 ח. מזל דגים.
- 73 ט. מזל תאומים.
- 75 י. מזל שור.
- 77 י"א. מזל טלה.
- 79 י"ב. מזל סרטן.
- 81 י"ג. ערפילית הסרטן.
- 83 י"ד. מזל אריה.
- 85 ט"ו. מזל בתולה.
- 87 ט"ז. פס המזלות.
- 91 י"ז. הטעמים לשמות המזלות.
- 93 י"ח. אסטרוטולוגיה: ישראל הם מעל למזלות.

## פרק רביעי: היקום

- 96 א. עולם הגלכסיות וגודל היקום.
- 97 ב. התפשטות היקום.
- 99 ג. הרקיעים.
- 99 ד. צורים חיים במרחבי היקום.
- 102 נספח

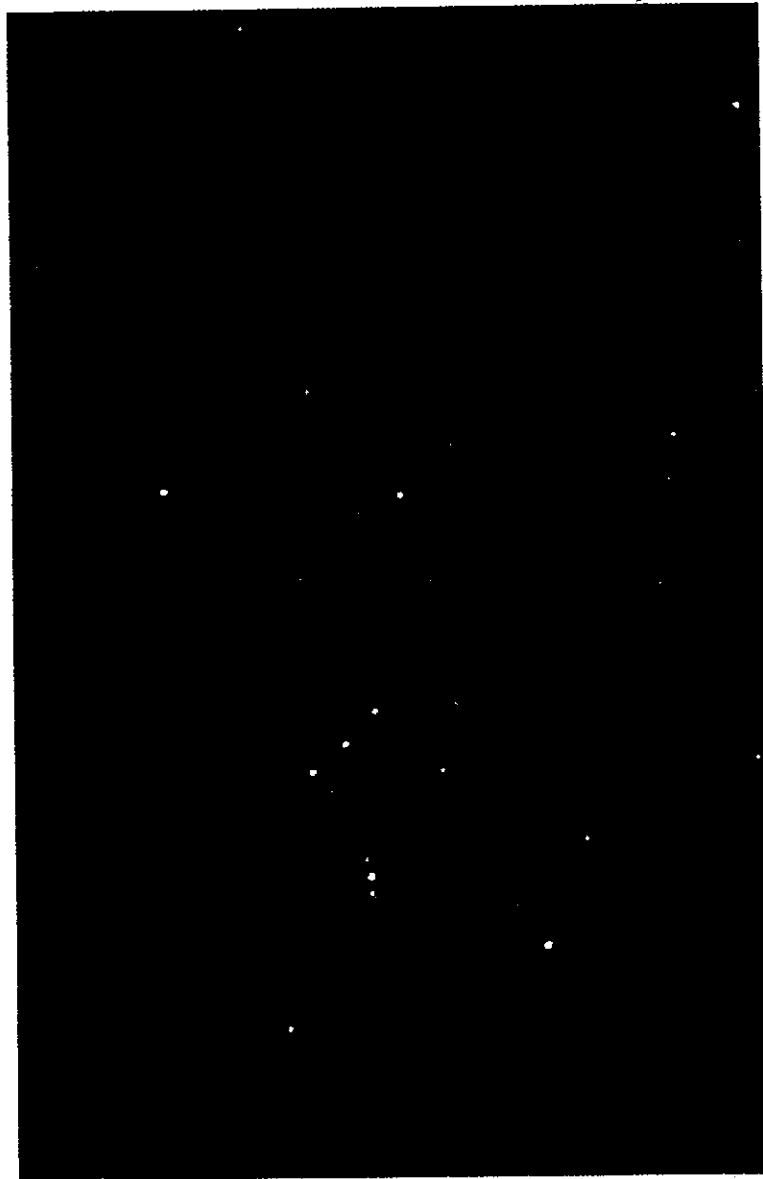




## פרק ראשון: צורות בשמים

### א. קבוצת הכוכבים אוריון

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 שרטטו קוים בין הכוכבים וכך "הלבישו" על האיזור הזה בשמים צורת אדם בשעת ציד.



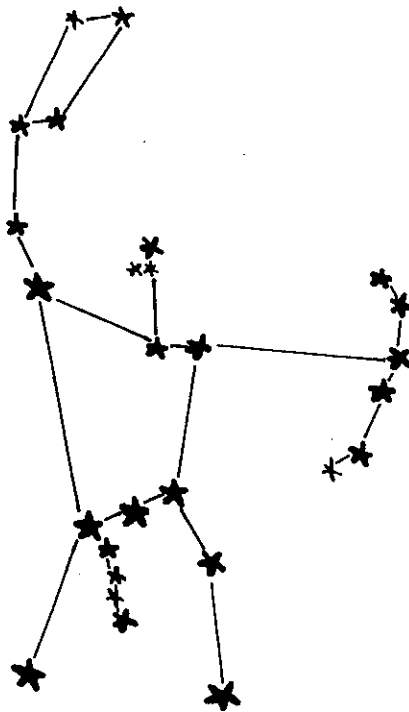
תמונה 1: צילום ישיר של כוכבים באיזור השמים באוריון.

2. בכדי לראות זאת, הנח את השקף מס' 1 על תמונה מס' 1. דאג לכך שפינות השקף יפלו בדיוק על ארבע פינות התמונה, וכן שהצד העליון של התמונה ושל השקף יופנה כלפי מעלה. עכשיו רואה 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 (ראה תמונה 2). אכן, קשה היה לדמיין צורה זו אם לא היו מראים לנו אותה מראש.

3. לכל הכוכבים שרואים בתמונה 1, הן אלה הנמצאים על גופו של הצייד והן אלה שסביבו, קוראים בשם "קבוצת כוכבים של הצייד" או קבוצת הכוכבים באוריון (שם לועזי). גבולות הקבוצה של אוריון נקבעו בהסכמים בין האסטרונומים. כל כוכב הנמצא בתוך הגבולות שנקבעו שייך לקבוצה של אוריון.

4. שמת לב בודאי כי הכוכבים המצויים על שקף מס' 1 אינם שווים בגדלם. יש ביניהם כוכבים בהירים ויש ביניהם כוכבים חלשים יותר. שים לב כי הכוכב הבהיר ביותר מסומן במספר 1 והוא נקרא בשם "1 אוריון". הכוכב השני בבהירותו מסומן במספר 2, ולכן הוא נקרא בשם "2 אוריון" (או ביונית אלפא אוריון, ביתא אוריון וכו').

תוכל לצפות בלילה בקבוצת הצייד מעל לראשך מעט לצד דרום בתחילת הלילה בעונת האביב.



תמונה 2: חיבור קוים בין הכוכבים יוצר דמות של צייד.



### ב. דרגות בהירות של כוכבים

לפניך מפת כוכבים (ראה תמונה 3) שהאסטרונומים משתמשים בה לתצפיותיהם בשמי הלילה. גודל העיגולים מראה על עוצמת אור של כוכב, כלומר על דרגת בהירותו. בפינה הימנית למטה במפה הבאנו את סולם דרגות הבהירות של כוכבים: מדרגת בהירות 1 ועד לדרגת בהירות 6. (שים לב כי דרגת בהירות 6 חלשה יותר מדרגת בהירות 5! כלומר לכוכבים חלשים יש דרגות בהירות גבוהות).

בתחילה זהה את קבוצת הצייד במפה (מצד שמאל באמצע). עתה זהה כל אחד מן הכוכבים שאתה מכיר בקבוצה זו. שים לב שליד כל כוכב רשום גם סימונו או שמו. בחן היטב את גודל הכוכבים הבאים במפה ורשום את דרגת בהירותם בעזרת סולם הדרגות הנ"ל:

דרגת בהירותו של כוכב 1 צייד היא \_\_\_\_\_

דרגת בהירותו של כוכב 2 צייד היא \_\_\_\_\_

דרגת בהירותו של כוכב 3 צייד היא \_\_\_\_\_

ליד כוכב 1 צייד ישנו כוכב קטן מימינו המסומן במספר 52.

מהי דרגת בהירותו? תשובה: \_\_\_\_\_

הפס השחור העליון במפה הוא "שביל החלב" (ראה בהמשך).

#### שאלות לתלמיד

#### הכוכבים באוריון

השלם את המילים החסרות בקטע שלפניך:

הכוכב הבהיר ביותר באוריון נקרא בשם \_\_\_\_\_ אוריון.

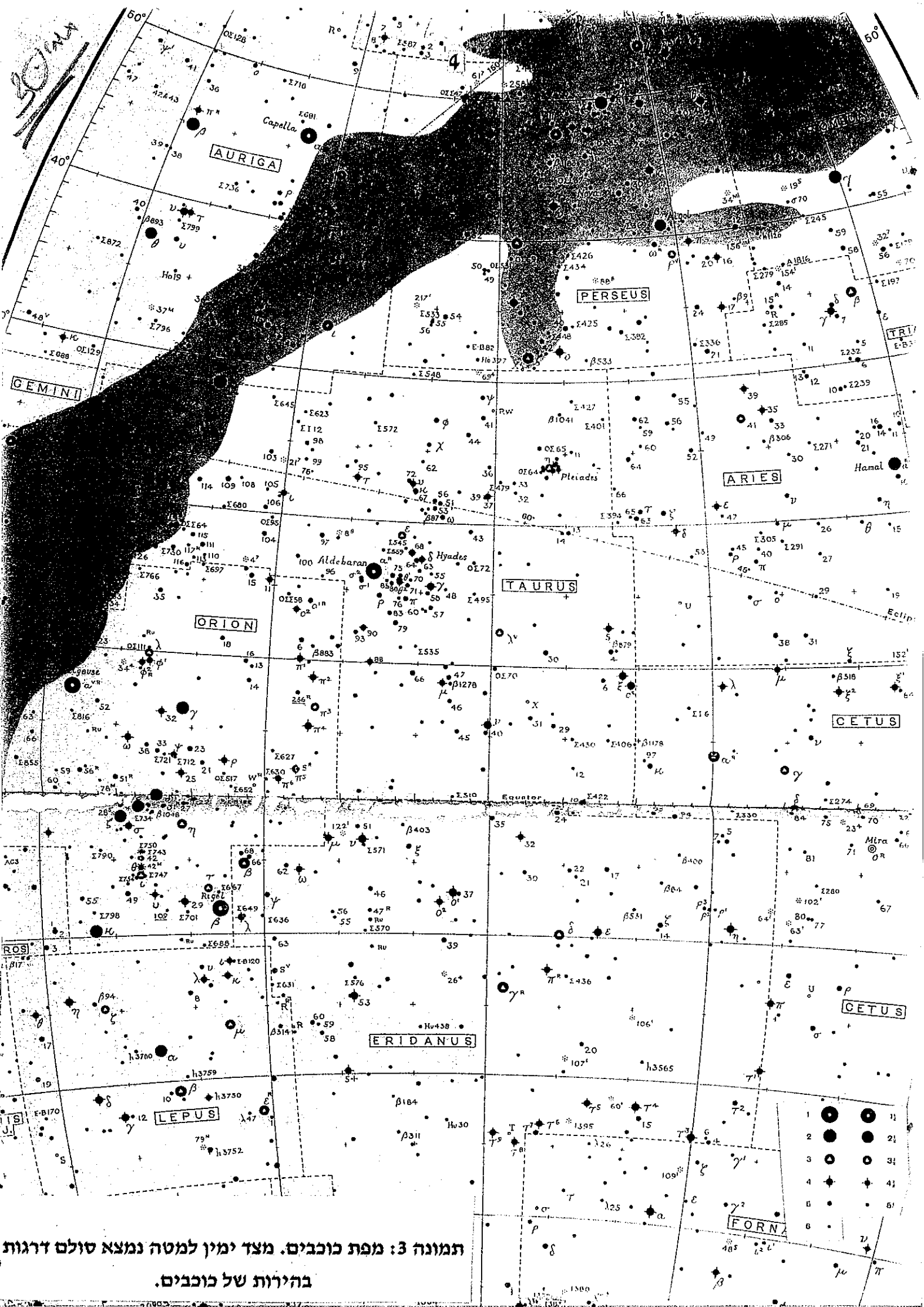
והוא נמצא על הכתף ה \_\_\_\_\_ (ימנית/שמאלית) של הצייד.

לכוכב זה יש שם נוסף והוא "בטלגוז". זוהי מילה בשפה הערבית שפירושה הוא "בית השחיי" (של הצייד). כוכבים רבים מכונים בשמות ערביים, כי הם עסקו באסטרונומיה לפני כאלף שנה.

הכוכב השני הבהיר ביותר באוריון נקרא בשם \_\_\_\_\_.

והוא נמצא על רגלו ה \_\_\_\_\_ (ימנית/שמאלית) של הצייד. הוא נקרא גם בשם "ריגל".

הכוכב השלישי הבהיר ביותר באוריון נקרא בשם \_\_\_\_\_.



תמונה 3: מפת כוכבים. מצד ימין למטה נמצא סולם דרגות בהירות של כוכבים.



והוא נמצא על הכתף ה \_\_\_\_\_ (ימנית/שמאלית) של הצייד. הוא נקרא גם בשם "בלטריקס".

הכוכב הרביעי בבהירותו באוריון נקרא בשם \_\_\_\_\_ והוא נמצא על ה \_\_\_\_\_ (חרב/חגורה) של צייד.

התבונן בצילום הצבעוני של הכוכבים בקבוצת אוריון- הצייד. זהה את הכוכבים עם תמונה מס' 1 שראינו קודם.

עתה התבונן היטב בצבעי הכוכבים וסימוניהם וענה על השאלות:

- א. הכוכב שסימונו "1 אוריון" נקרא גם בשם \_\_\_\_\_ וצבעו בצילום הוא \_\_\_\_\_.
- ב. הכוכב שסימונו "2 אוריון" נקרא בשם \_\_\_\_\_ וצבעו בצילום הוא \_\_\_\_\_.
- ג. הכוכב שסימונו "3 אוריון" נקרא בשם \_\_\_\_\_ וצבעו בצילום הוא \_\_\_\_\_.

רואים בצילום גם ערפילית אדומה הנמצאת בצד שמאל של הצילום, וכן ערפילית אחרת אדומה עגולה למטה באמצע. ערפילית אינה כוכב, אלא "ערפל של גזים" בחלל בין הכוכבים. הערפילית עצמה היא אפלה, אבל היא מוארת ע"י כוכבים בתוכה המאירים אותה. ישנן ערפיליות כאלו של גזים בכל מרחבי החלל הבינכוכבי. הן משתרעות על פני מרחבים גדולים שבין הכוכבים.

### ג. קבוצת הכוכבים "שור".

6. תמונה מס' 4 מראה איזור אחר בשמים הנקרא בשם "הקבוצה של שור".

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

#### שאלות לתלמיד

#### סימון הכוכבים בקבוצת "שור"

נתבונן בתמונה 4. זוהי מפת הכוכבים בקבוצת שור. הכוכב הבהיר ביותר בקבוצת שור נקרא בשם \_\_\_\_\_ שור הוא נמצא על עינו ה (ימנית/שמאלית) של השור.

הכוכב השני הבהיר במערך שור נקרא בשם \_\_\_\_\_  
הוא נמצא על קרנו \_\_\_\_\_ (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.  
תוכל לצפות בפועל בכוכב "אלדבראן" (שהוא עין השור) בתקופת האביב בתחילת הלילה  
שמאלה מקבוצת הצייד. צבעו צהוב אדמדם.



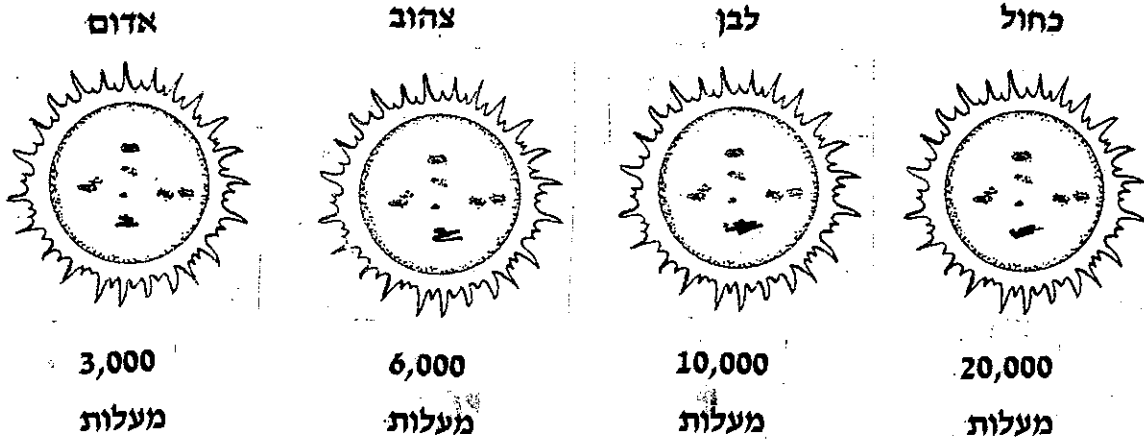
תמונה 4: קבוצת הכוכבים שור.

#### ד. צבעי כוכבים ודרגת חומם

כבר ראינו קודם שגם הכוכב בטלגוז (כוכב מספר 1 באוריון הצייד) הוא אדמדם, וכן שהכוכב ריגל הוא לבן כחלחל. ואכן, לכוכבים ישנם צבעים שונים. אנו רואים את צבע הכוכבים רק כאשר הם בהירים ביותר, כי כאשר אור הכוכב הוא חלש, עינינו אינן רגישות לצבע, ורואים רק אפור-לבן באופן כללי.

האסטרונומים פיתחו מכשירי אור מיוחדים המודדים צבעים אלה בצורה מדויקת. מתברר גם כי כוכב אדום חומו כשלושת אלפים מעלות חם, ואם הוא כחול, חומו מגיע לעשרים אלף מעלות! כך לפי צבע הכוכב ניתן לקבוע את מידת חומו (תמונה 5).

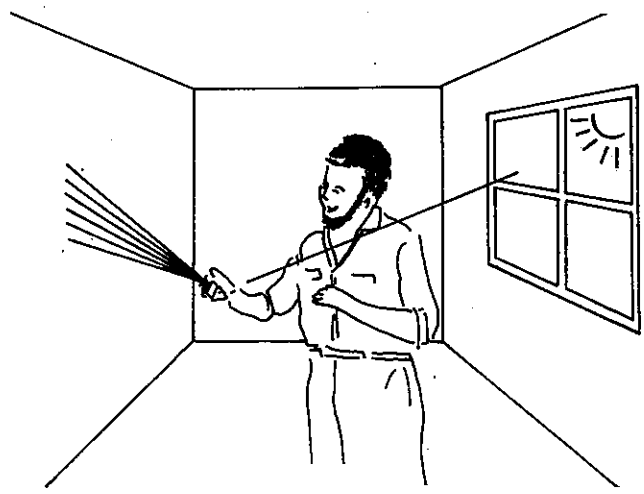
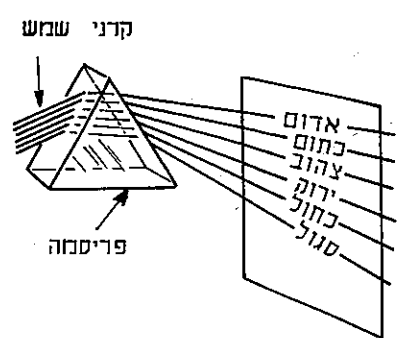




תמונה 5: על פי הצבעים ניתן לדעת את מידת חומו של כוכב.

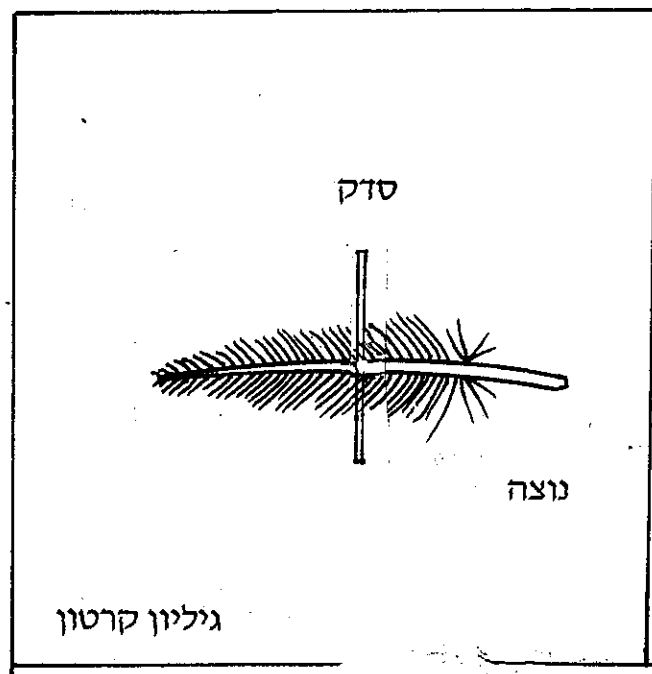
**פיצול האור**

7. תוכל לפצל את האור של השמש לצבעים בעזרת פריזמה (תמונה 6).



תמונה 6: פיצול אור השמש ע"י פריזמה.

אפשר לפצל את אור השמש גם דרך נוצה. אולם אסור להסתכל בשמש ישירות, אלא כדאי לחרוט סדק צר מאוד בגיליון קרטון שיסתיר את השמש ולהסתכל באור השמש דרך הנוצה המונחת על סדק שבגיליון הקרטון. כך תמנע מלהסתכל באור השמש המסנוור (וגם מסוכן מאוד לעין! תמונה 7).

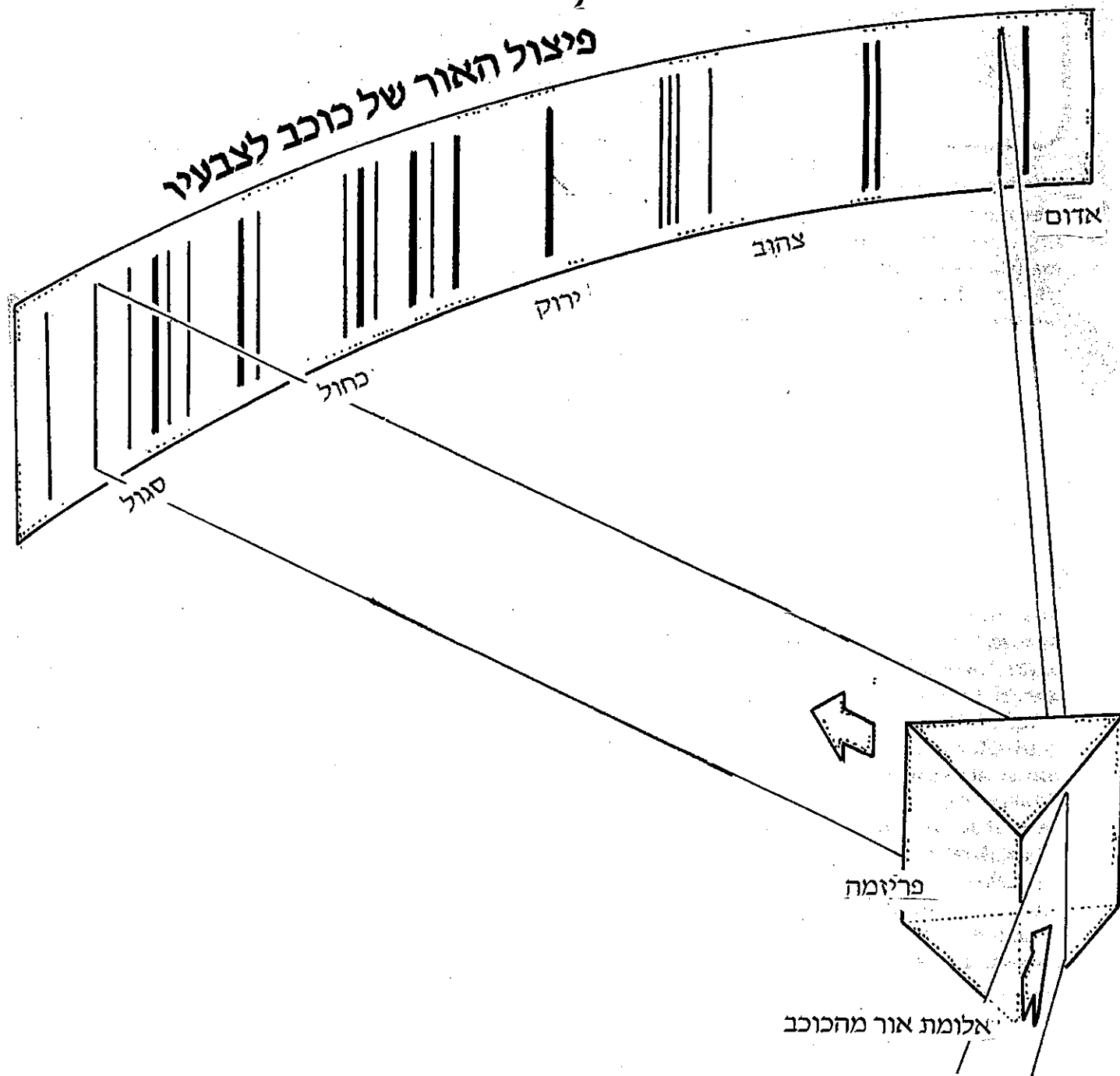


תמונה 7: פיצול האור ע"י נוצה המונחת על סדק בקרטון.

האסטרונומים גם מפצלים את האור של כל כוכב לצבעיו בעזרת פריזמה (מנסרה) מיוחדת (כמו פיצול אור השמש לצבעים, ראה תמונה 8). כאשר מרכיבים פריזמה לפני הטלסקופ אז האור של כל הכוכבים מתפצל לצבעים, כמו בתמונה 9. (ראה גם תמונה צבעונית של פיצול האור). שים לב שיש בהם גם קוים שחורים בתוך הצבעים עצמם.



# 9 פיצול האור של כוכב לצבעיו



תמונה 8: פיצול האור ע"י פריזמה.

10

2

5

4

6

7

8

9

10

11

14

13

12

15

P Cygni

16

18

19

17

20

21

22

23

24

25

26

27

29

30

תמונה 9: צילום כוכבים דרך טלסקופ. האור של כל כוכב פוצל לצבעיו בעזרת פריזמה גדולה אחת. כל פס מראה את הפיצול של כוכב אחד. הצד השמאלי של כל פס הוא הצבע הכחול והפס הימני הוא הצבע האדום (כמו בתמונה 8).

למשל אם תתבונן בפס של כוכב מס' 7 תראה כי הקווים השחורים בתוכו הם במקומות שונים לגמרי מאלה של כוכב 17. כאמור כל פס אור כזה בתמונה הוא הפיצול שלו לצבעין, ומהפיצול הזה לומדים האסטרונומים דברים רבים על הכוכבים. הם מנתחים בדקדוק רב את סדרת הצבעים של כל כוכב וכן הקווים השחורים שבתוכם, ויכולים להסיק מזה על גודלו של הכוכב, כמה חומר יש בו, מרחקו מאתנו, איזה חם יש על שפתו, באיזה מהירות הוא נע בחלל ועוד תכונות רבות אחרות. ברור שאור הכוכב הוא בסך הכל נקודה נוצצת אחת בשמי הלילה, אבל הניתוח המדויק של אור זה לצבעיו מאפשר להוציא ידיעות רבות על הכוכב.

## שאלות לתלמיד

### צבעי הכוכבים

סמן בעגול את התשובה הנכונה:

1. צבע הכוכב קובע את:

א. מידת חומו.

ב. גודלו.

ג. מרחקו מאיתנו.

2. חומו של כוכב אדום הוא:

א. 6,000 מעלות חם.

ב. 3,000 מעלות חם.

ג. 10,000 מעלות חם.

3. הפריזמה (מנסרה) הוא משולש זכוכית שתפקידו:

א. להגדיל את הכוכבים.

ב. לשבור את קרני האור.

ג. לפצל את האור לצבעיו.

4. בתוך הפיצול של האור של כוכבים רואים:

א. צבעים שונים.

ב. פסים שחורים דקים.

ג. כוכבים קרובים זה לזה.



5. הפסים השחורים בתוך פיצול אור הכוכבים מעידים על:

א. שהכוכב חם מאד.

ב. חומרים שונים שיש בכוכב.

ג. שהכוכב הוא רחוק מאד מאתנו.

6. מפיצול האור של כוכב אפשר לדעת את:

א. גודל כדור הארץ.

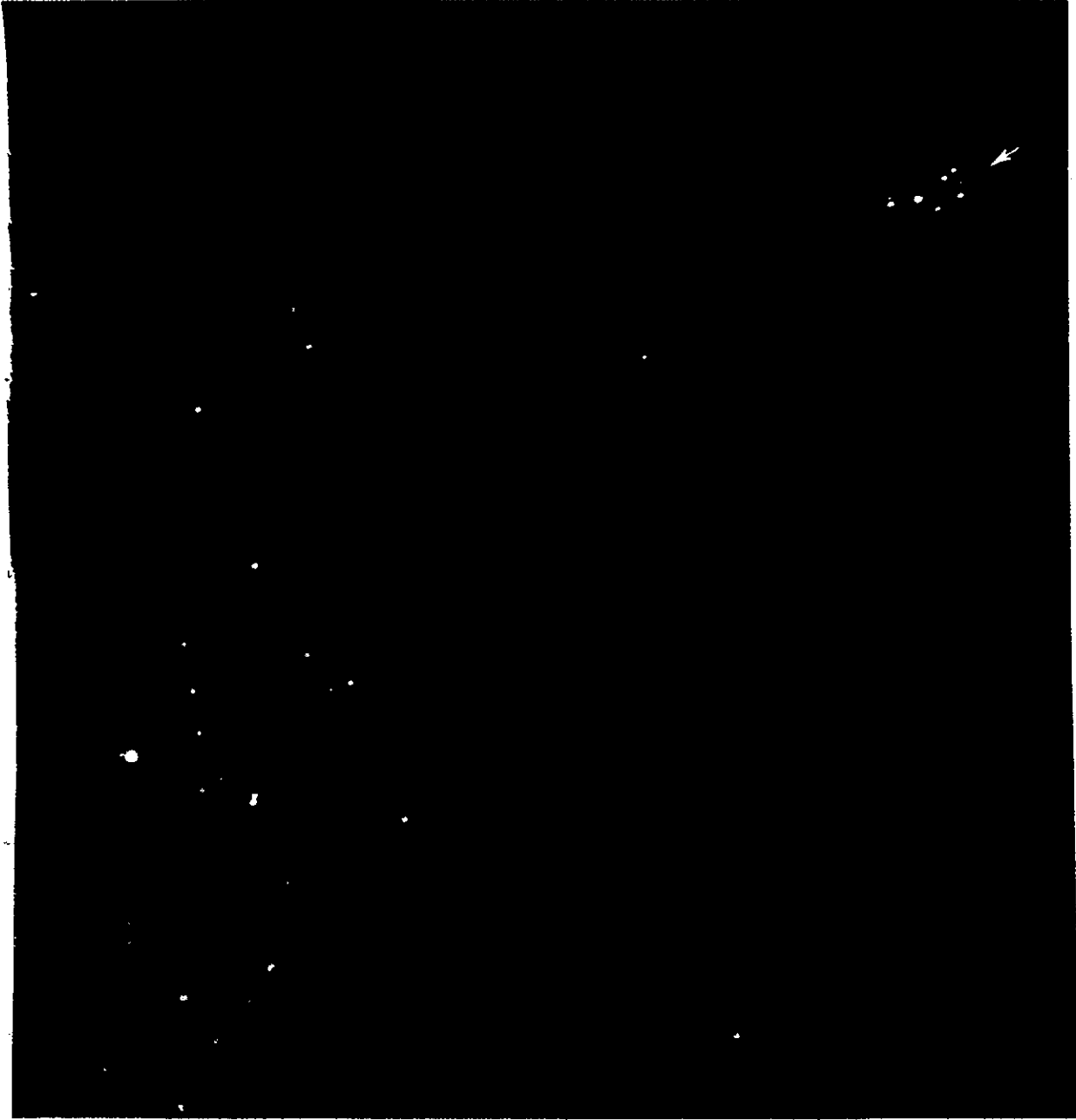
ב. גודל השמש.

ג. מרחקו, גודלו, מהירותו וכמה חומר יש בכוכב.

### ה. צבירי כוכבים

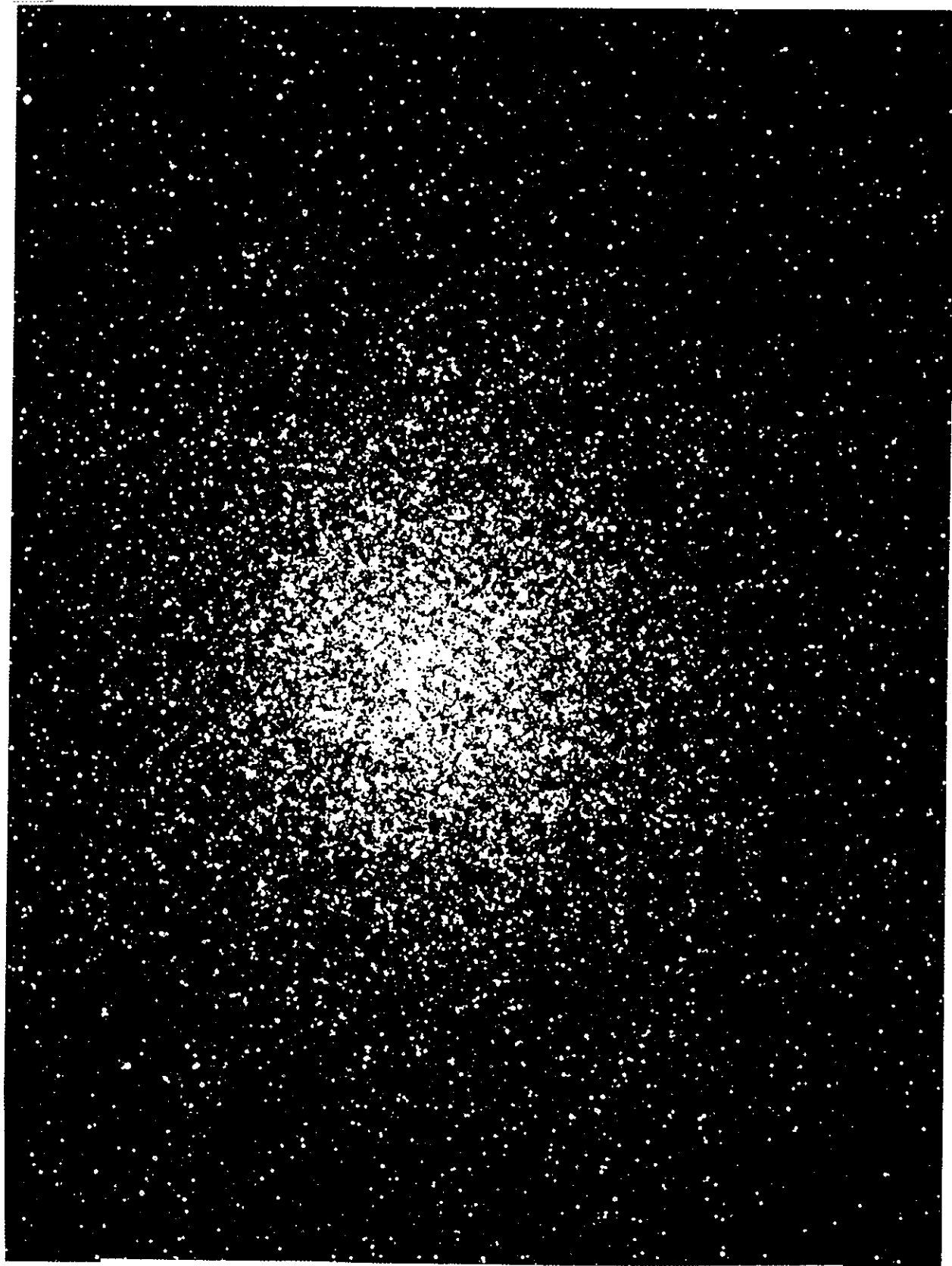
8. בקצה של מזל שור רואים קבוצת כוכבים צפופה מאד. בתמונה 10 רואים קבוצה כזו למעלה מצד ימין. קבוצה כזו נקראת בשם "צביר כוכבים". כלומר שהכוכבים מצטברים זה ליד זה בצפיפות. (זו אינה הצטברות מקרית לעומק החלל). קבוצה זו הוזכרה מספר פעמים בשם "כימה" בתנ"ך ובכתבי חז"ל. בגמרא ברכות מובא מדרש שהקב"ה הוציא שני כוכבים מקבוצת "כימה" והביא מבול לעולם, כאילו מזל כימה מלא במים, וכאשר הוציא ממנו שני כוכבים נעשו בו שני נקבים, ואז פרצו המים והביאו מבול לעולם. ואכן קבוצת "כימה" מופיעה בשמי הלילה בתחילת החורף, ולכן היא מסמלת את ריבוי המים. שמה הלועזי של קבוצה זו הוא "פליאדים".

לאורך הצד השמאלי של התמונה רואים צביר כוכבים נוסף הנקרא בכתבינו בשם "עיש". מסופר באותו מדרש שהקב"ה לקח שני כוכבים מקבוצת עיש וסתם בהם את הפירצות של המים בכימה, וכך הפסיק את המבול בעולם. אבל קבוצת עיש לא ויתרה, ועד היום היא רודפת אחרי קבוצת כימה ואומרת לה "הב לי בני", כלומר היא מבקשת מהקב"ה להחזיר אליה את שני הכוכבים שנלקחו ממנה. אמר רב נחמן בר יצחק: עתיד הקב"ה להחזיר לה, דכתיב "ועיש על בניה תנחם" (איוב ל"ח, ל"ב). לצביר זה קוראים בשם הלועזי "היאדים". באותה גמרא מסביר שמואל (אחד מחכמי בבל) כי שם צביר זה הוא "כימה" כי יש בו כמאה כוכבים (אם כי אנו רואים בבירור רק שבעה מהם).



תמונה 10: צילום של צביר הכוכבים כימה  
(מסומן בחץ למעלה מימין).

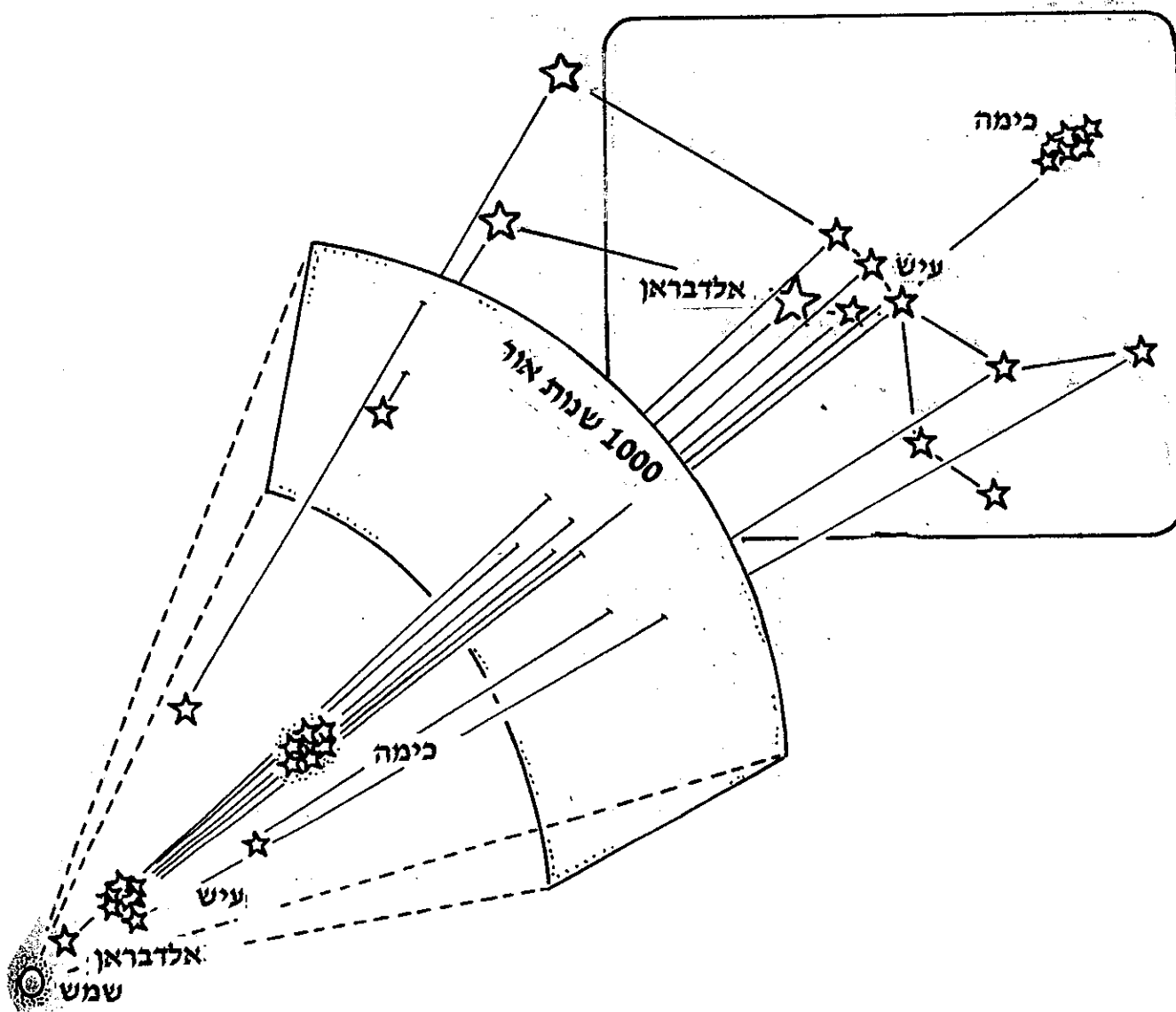
אבל ישנם גם צבירי כוכבים הרבה יותר גדולים וצפופים מאד כמו זה בתמונה מס' 11.  
בצביר כוכבים כזה ישנם מאות אלפי כוכבים.



תמונה 11: צילום של צביר כוכבים כדורי.

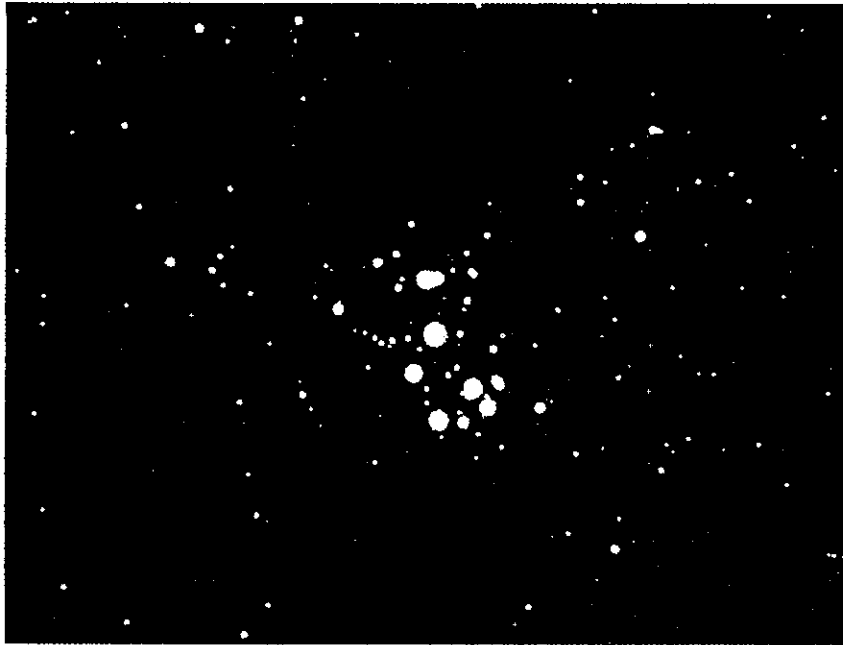


השרטוט בתמונה 12 מדגים את העובדה שהכוכבים אינם מסודרים כלם על כיפה אחת אלא הם נמצאים בעומק החלל. וכימה הם רחוקים יותר בעומק החלל.

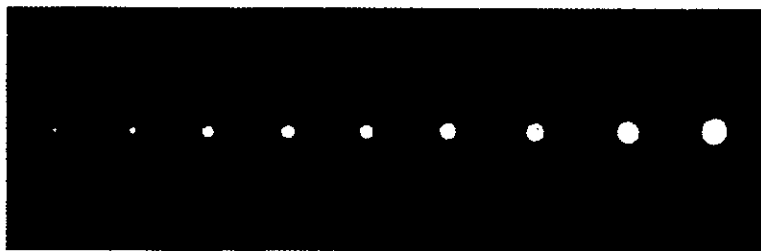


תמונה 12: הכוכב אלדבראן, הצביר "עיש" והצביר "כימה" נמצאים במרחקים שונים בעומק החלל.

תמונה 13 מראה צילום של מזל כימה. מתחתיו נמצא סולם של דרגות בהירות מדרגה 1 (מימין) ועד דרגה 9 (משמאל). התבונן היטב בצילום וקבע בעזרת סולם זה את דרגות הבהירות של שבעת הכוכבים הבהירים ביותר (נקראים גם בשם "שבע האחיות"), וכן גם שלושה כוכבים נוספים.



תמונה 13: צילום של צביר הכוכבים כימה (פליאדים).



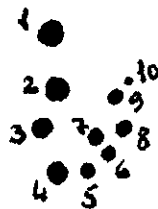
סולם דרגות בהירות של כוכבים.

במפה שלפניך רשומים מספרי הכוכבים לצורך זיהוי (תמונה 14).

טבלת דרגות בהירות:

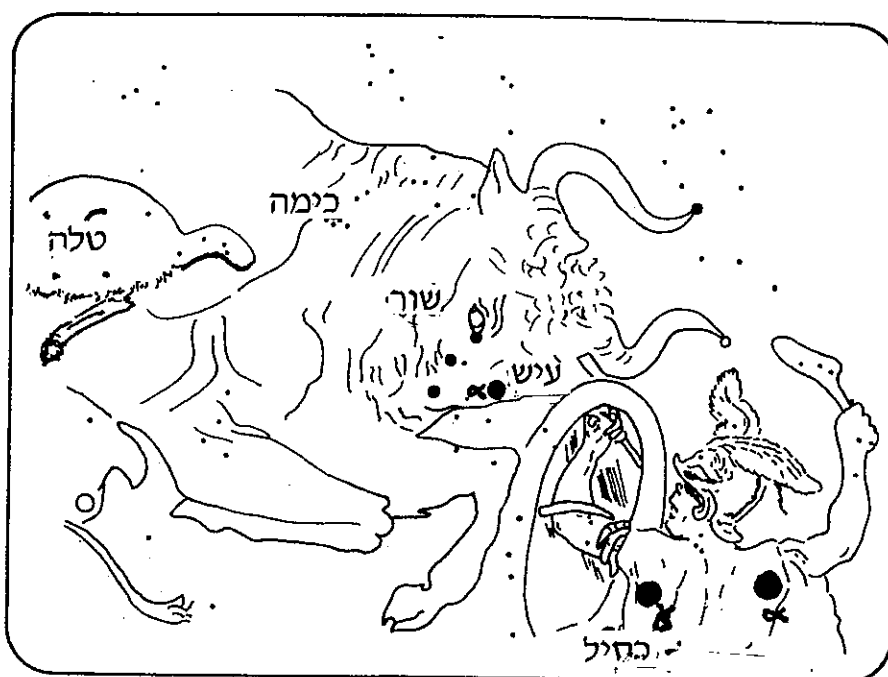
דרגת בהירות	כוכב מספר
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10

כיום משערים שהכוכבים בצבירים מפעילים זה על זה כח משיכה הדדי הגורם לכך שהם ישארו בצביר, וכך נשמרת צורת הצביר בשמים. בספר איוב שואל הקב"ה: "התקשר מעדנות כימה ומוסרות כסיל תפתחי", דהיינו האם אדם מסוגל להרפות את הקשר בין הכוכבים בקבוצת כימה או בקבוצת כסיל (אוריון) כך שיתפזרו לכל עבר!!



תמונה 14: מפת זיהוי של עשרה הכוכבים בצביר כימה (פליאדים).

תמונה 15 מראה מפה של הכוכבים במזלות שור והצייד וכן צבירי הכוכבים כימה, עיש וכסיל (פליאדים, היאדים ואוריון).



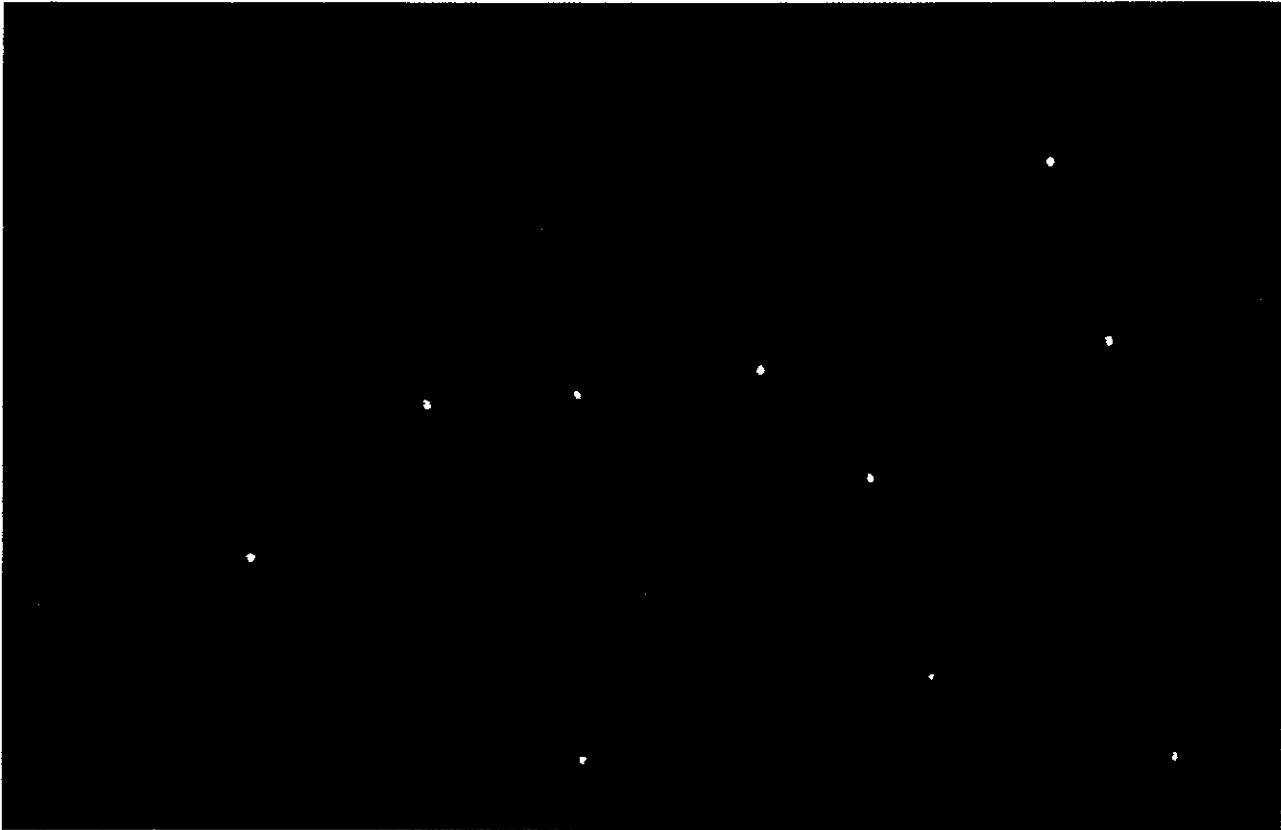
תמונה 15: קבוצת הכוכבים כימה, עיש וכסיל (פליאדים, היאדים, אוריון).

### ו. קבוצת הכוכבים "העגלה הגדולה"

האסטרונומים קבעו 88 קבוצות כוכבים בכל השמים סביבנו, בכל אחת מהן שרטטו צורות אדם וחיות. אין אנו יכולים לראות את כל הקבוצות האלו באותו זמן אלא בעונות שונות של השנה ובמקומות שונים על פני כדור הארץ.

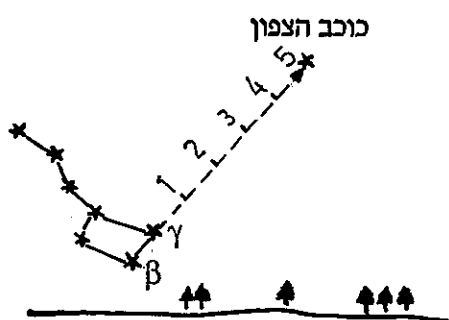


9. התבונן עתה בתמונה 16. הנח עליה את שקף 2. הפעם תוכל בקלות להבחין בצורה המתקבלת. זוהי קבוצת הכוכבים "העגלה הגדולה". (ה"עגלה הקטנה" נמצאת באיזור אחר בשמים). את העגלה הגדולה אפשר לראות בעין רגילה אם צופים לכוון צפון בתקופת הקיץ.



**תמונה 16: צילום ישיר של השמים באיזור "העגלה הגדולה".**

10. התבונן בסרטוט מפת הכוכבים של העגלה הגדולה עם שקף מס' 2. שים לב כי לכל הכוכבים בעגלה הגדולה ישנם שמות מיוחדים. המיוחד בעגלה הגדולה הוא שבעזרתה אפשר למצוא את כוכב הצפון. לצורך זה יש להעביר קו ישר דרך שני הכוכבים הקיצוניים שבעגלה שמספרם 7,6, ולמדוד חמש פעמים את מרחקם זה מזה בכיוון למעלה, ואז נגיע לכוכב הצפון (תמונה 17).



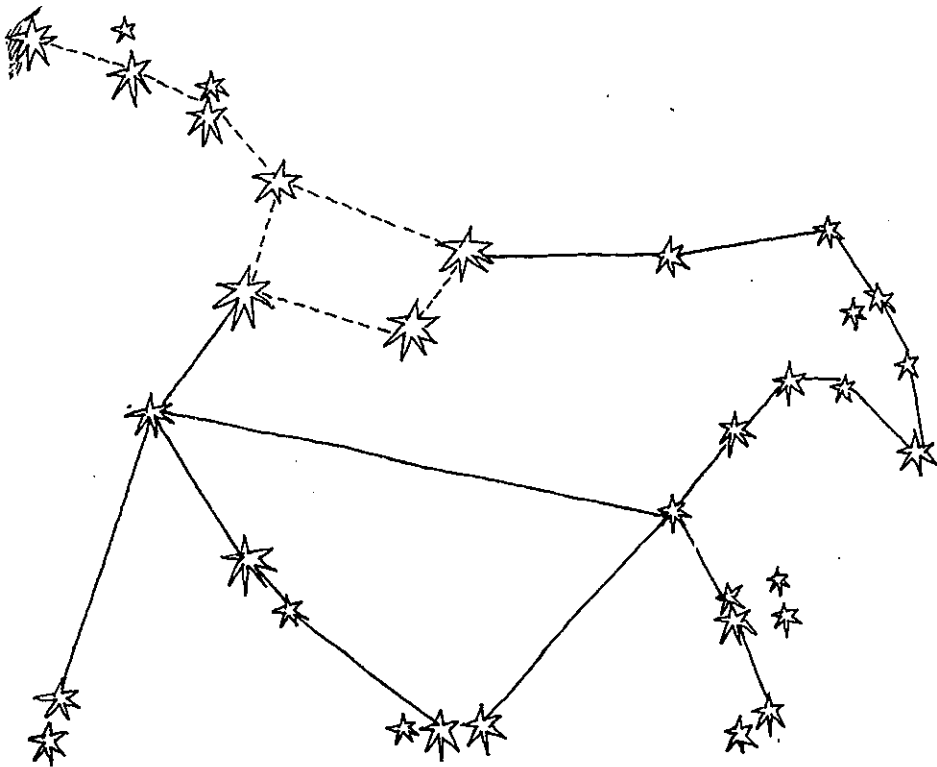
תמונה 17: מציאת כוכב הצפון בעזרת העגלה הגדולה.

## ז. תנועת הכוכבים במשך הלילה

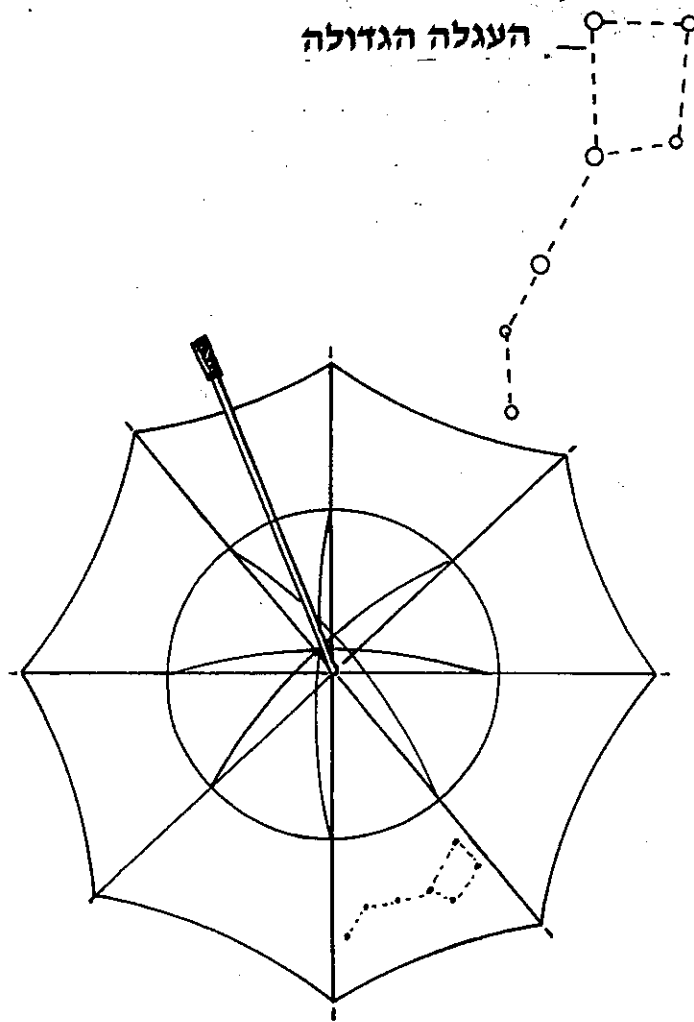
11. התבונן בציור הבא (תמונה 18): משמאל ציור של דובה וימין קבוצת הכוכבים שכינויה "הדובה הגדולה". האם תוכל לזהות היכן נמצאת "העגלה הגדולה"? זוהי קבוצה קטנה בין כוכבי הדובה. מצא אותה במפת הכוכבים של הדובה הגדולה.

12. אם תעקוב אחר קבוצת העגלה הגדולה כל הלילה, אתה תראה כי היא נעה בשמים בסיבוב סביב כוכב הצפון. על מנת להדגים זאת, קח מטריה שחורה ושרטט בתוכה בעזרת טיפקס (או גיר) את צורת העגלה הגדולה (תמונה 19). כוכב הצפון יהיה במרכז המטריה. (אפשר גם להדביק למטריה צורת כוכבים מנייר לבן).

עתה סובב את המטריה לאט והתבונן במטריה מבפנים. אתה תראה את העגלה הגדולה מסתובבת סביב כוכב הצפון. כך יוצא שהעגלה פונה לפעמים למטה, או למעלה, בהתאם לשעת התצפית בלילה.



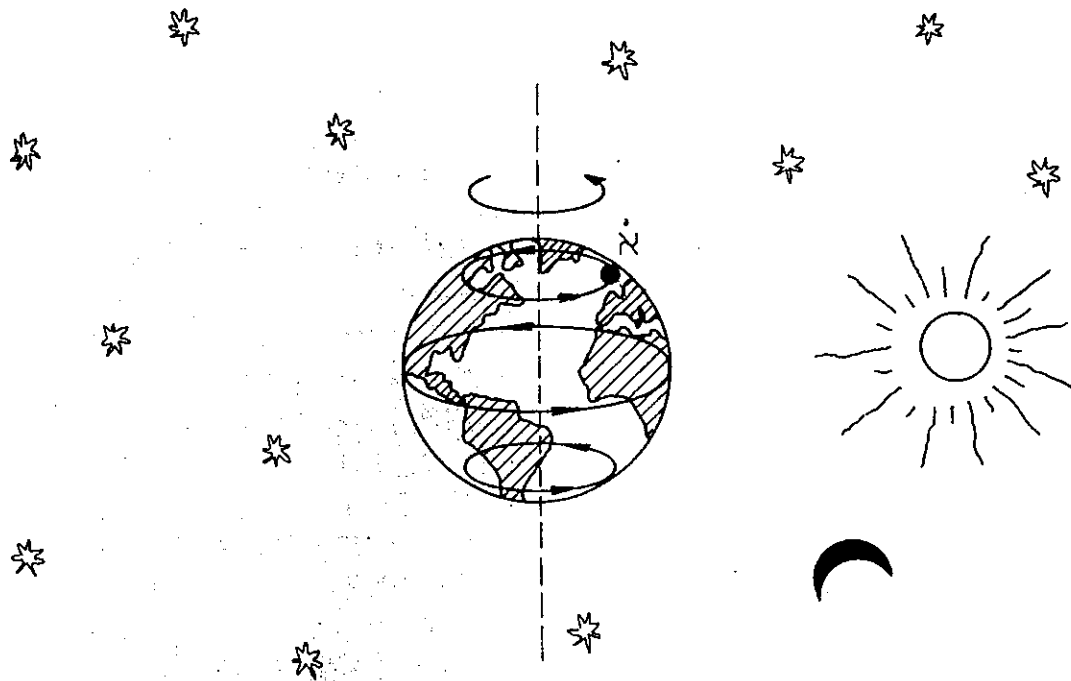
תמונה 18: קבוצת הכוכבים "הדובה הגדולה".



**תמונה 19: שרטט את קבוצת העגלה הגדולה בחלק הפנימי של מטריה שחורה, וסובב את המטריה לאט וסביב מקל האחיזה של המטריה.**

האמת היא שסיבוב העגלה סביב כוכב הצפון הוא בגלל סיבוב כדור הארץ סביב צירו. הכוכבים בחלל מסביבנו הם עומדים, אבל כדור הארץ הוא שמסתובב (תמונה 20), ולנו רק נדמה שהכוכבים הם שמסתובבים. (כמו שהעצים חולפים בחלון של רכבת נוסעת). גם הסיבוב היומי של השמש ממזרח למערב הוא בעצם בגלל סיבוב כדור הארץ סביב עצמו.





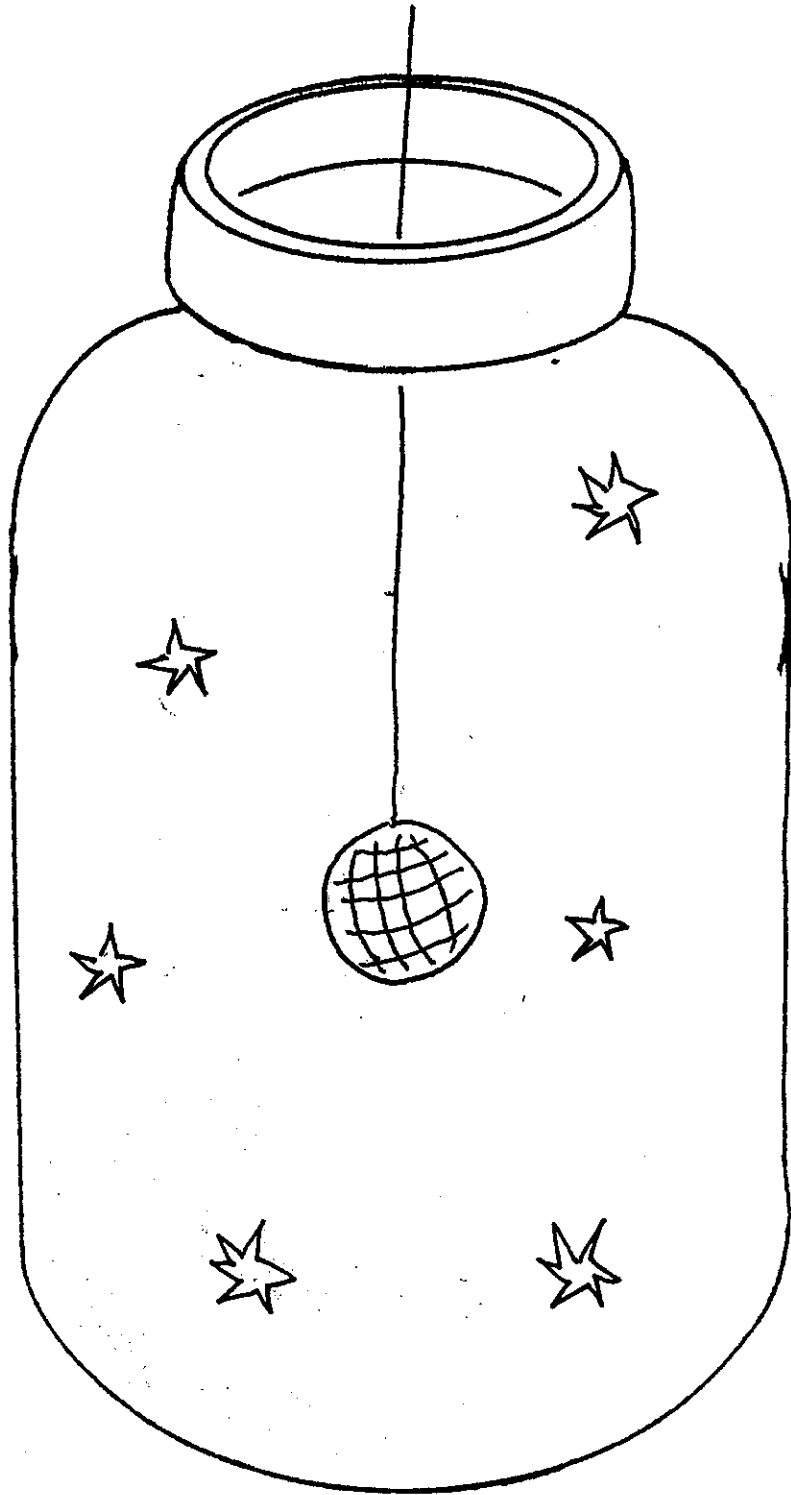
**תמונה 20: כדור הארץ הוא המסתובב סביב צירו. הצופה  
בנקודה א' רואה שהשמש והכוכבים נעים סביבו.**

ברור שכל הכוכבים זורחים גם הם במזרח ושוקעים במערב בקצב איטי מאד כמו השמש ביום (תמונה 21). זוהי תנועה מדומה בלבד, כי כל הכוכבים מסביבנו הם עומדים ורק כדור הארץ הוא המסתובב סביב עצמו, ולכן נראה לנו כאילו השמש והכוכבים הם שנעים סביבנו יום ולילה.

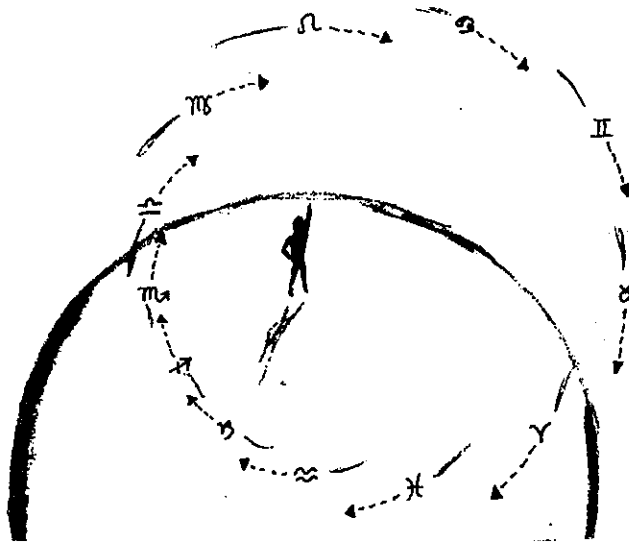
תוכל להדגים זאת בעצמך בעזרת כדור קלקר קטן בתוך צנצנת זכוכית (תמונה 22). צייר בעזרת עט לורד על צנצנת הזכוכית כוכבים שונים מסביב וכן שמש וירח. נעץ בתוך כדור הקלקר קיסם שיניים או מסמר דק וארוך לתוך כדור הקלקר, והכנס אותו לתוך הצנצנת. כדור הקלקר הוא כדור הארץ שלנו והצנצנת היא השמים הזרועים בכוכבים. סובב לאט לאט את כדור הארץ ע"י סיבוב הקיסם. מי שנמצא על כדור הארץ יחשוב שהכוכבים מסתובבים סביבו!

פעם חשבו הקדמונים כי כדור הארץ עומד ואינו מסתובב כלל סביב עצמו. ושהכוכבים הם הם שנעים סביבו. כיצד תדגים זאת גם אתה כאן? אבל כיום אנו יודעים שכדור הארץ הוא הוא הסובב סביב עצמו והכוכבים בחלל מסביבו עומדים.

שים לב כי פרט לסיבוב הארץ סביב עצמה היא גם מקיפה את השמש פעם אחת בשנה.



תמונה 22: הדגמת סיבוב כדור הארץ סביב צירו בין הכוכבים



**תמונה 21: הכוכבים זורחים כל לילה במזרח ושוקעים במערב כמו השמש במשך היום.**

**שאלות לתלמיד**

**העגלה הגדולה**

1. שרטט כאן מפה של שבעת הכוכבים בעגלה הגדולה:

2. האסטרונומים חילקו את כל הכוכבים שרואים בשמים ל:

א. 12 קבוצות.

ב. 88 קבוצות.

ג. איזורים שונים.

3. בעזרת העגלה הגדולה אפשר למצוא את:

א. כוון המערב.

ב. כוון דרום.

ג. כוון צפון.

4. "הדובה הגדולה" היא:

א. חיה מהקוטב הצפוני.

ב. דובה שמנה במיוחד.

ג. כינוי לקבוצת כוכבים בשמים.

5. "העגלה הגדולה" נמצאת ב:

א. כוון דרום.

ב. כוון מזרח.

ג. על הזנב של קבוצת "הדובה הגדולה".

6. הכוכבים במשך הלילה מסתובבים בכוון:

א. ממזרח למערב כמו השמש ביום.

ב. השעון.

ג. למעלה מעל לראשנו.

7. אנו רואים בכל לילה שהכוכבים מסתובבים סביבנו כי:

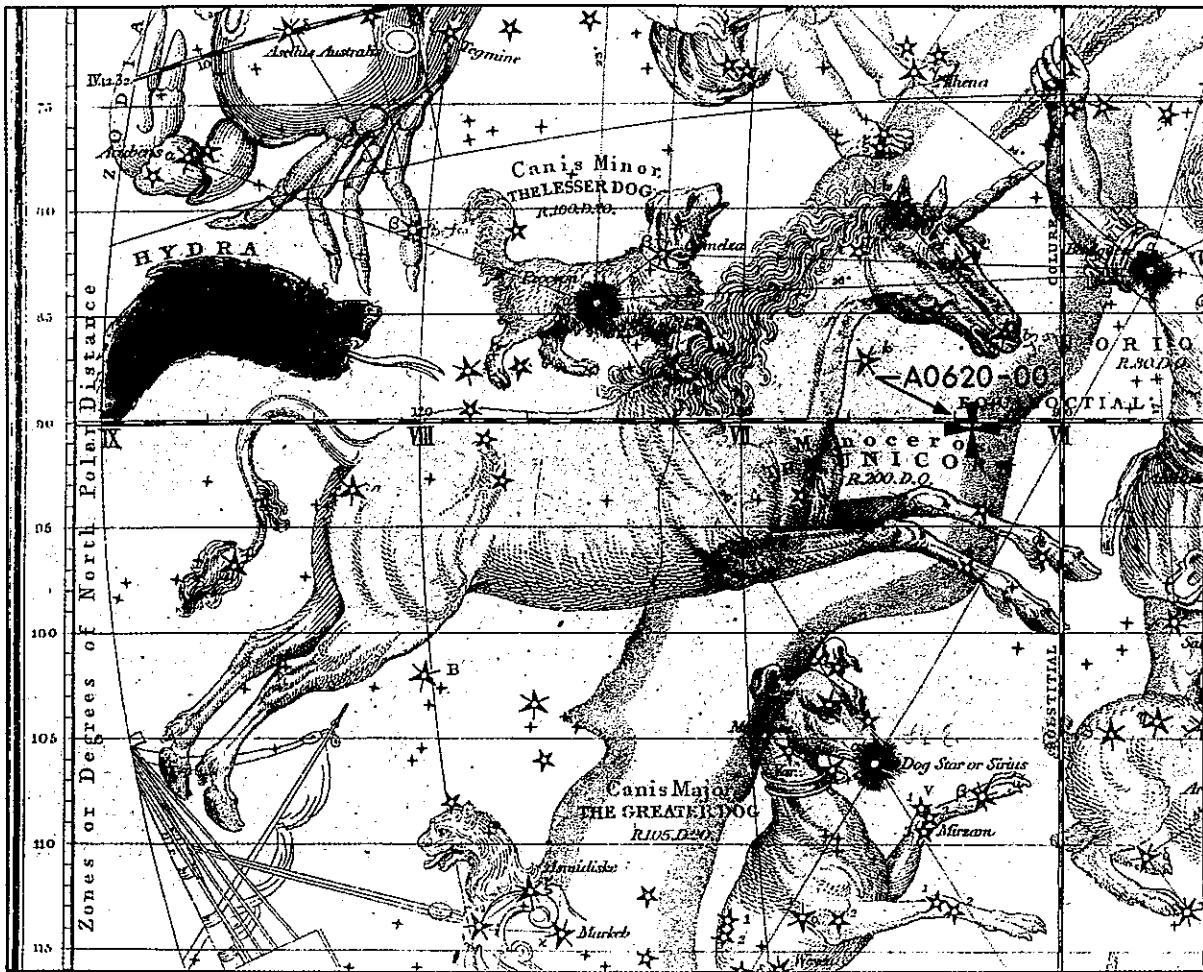
א. הם נעים מערבה.

ב. כדור הארץ מסתובב סביב עצמו.

ג. הכוכבים מסתובבים סביב כדור הארץ.

### ח. קבוצות שונות של כוכבים

13. תמונה 23 מראה מספר קבוצות של כוכבים. ומספר צורות של חיות "מלובשות" עליהן. במרכז התמונה רואים 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 (וגם ידו הימנית המניפה את מקל הציידים).
- כל אחת מהצורות שבתמונה 23 היא קבוצת כוכבים בפני עצמה. שמות הקבוצות הם שמות של החיות המצוירות כגון: קבוצת הכלב הגדול, קבוצת הסוס וכו'.



תמונה 23: קבוצת כוכבים מסביב לקבוצת "הסוס".

שאלות לתלמיד

התבונן בתמונה 23 ורשום את השמות השונים של הקבוצות המצוירות.

1. קבוצת הכלב הגדול.
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

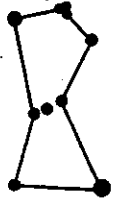


14. \*\* מתח קוים בין הכוכבים "בקפיצות של 6" בתמונה הבאה:  
לקבוצה זו קוראים בשם "דרקו".  
האם תוכל לנחש מדוע ניתן לה שם כזה?

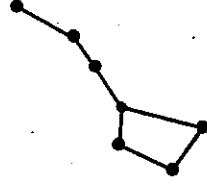


15. התבונן שוב בתמונה 23. הכוכבים מסומנים שם בגדלים שונים. עם זאת בכל אחת מן הקבוצות ישנו כוכב בהיר יותר מכל השאר שבאותה קבוצה. למשל, במרכז גופו של הכלב הקטן ישנו כוכב בהיר מאד. גם בקצה פיו של הכלב הגדול ישנו כוכב בהיר יותר מהשאר הנקרא בשם "1 כלב גדול". שם נוסף של כוכב זה הוא גם "סיריוס".  
גם באוריון נמצא כוכב בהיר יותר מהאחרים וסימונו, כאמור לעיל הוא "1 אוריון" או שם נוסף "בטלגוז".

16. לפניך ארבע קבוצות כוכבים (תמונה 24). התבונן בהן היטב וזהה אותן בתוך מפת הכוכבים שבעגול. מתח קוים בין הכוכבים בכל קבוצה שבמפה.



הצייד



העגלה הגדולה

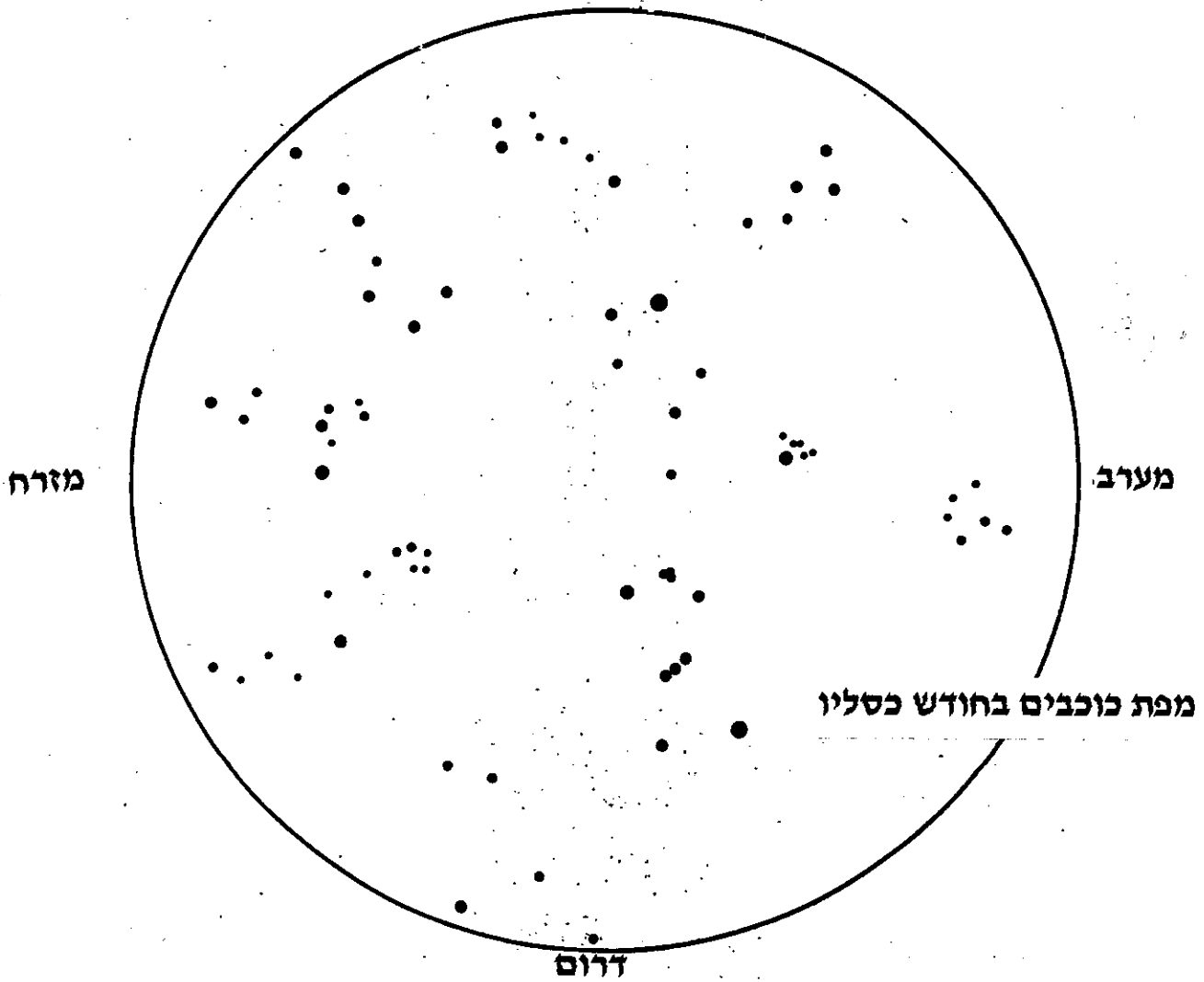


אריה



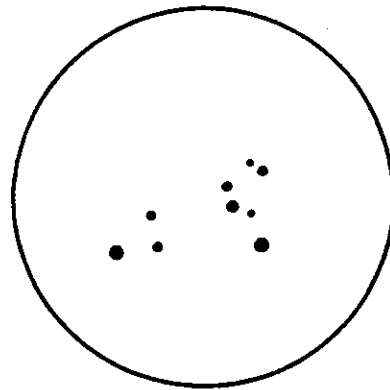
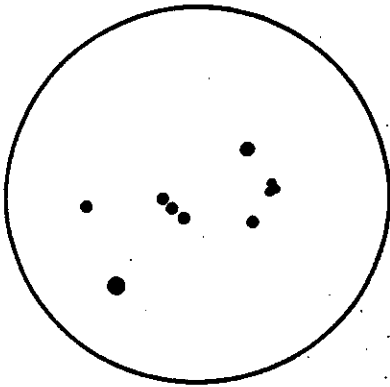
קסיו-פיאה

צפון



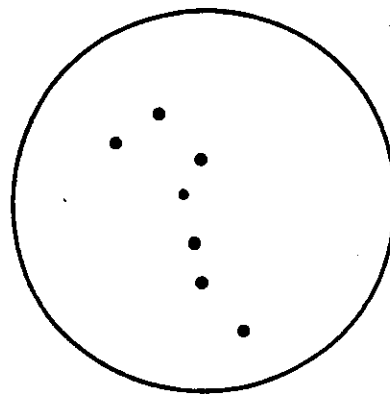
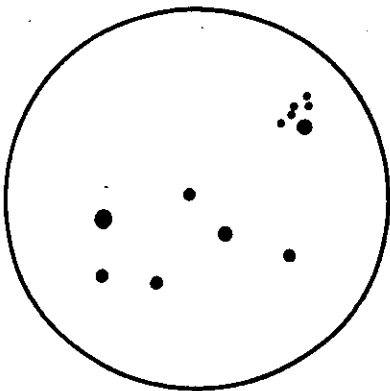
תמונה 24: קבוצות שונות של כוכבים.

17. התבונן היטב בקבוצת הכוכבים שבכל עגול (תמונה 25). האם אתה יכול לראות דמויות כל שהן? אם כן, מתח קוים בין הכוכבים, ותן שמות לכל קבוצת כוכבים בכל עגול. רשום מתחת לכל עגול את שם קבוצת הכוכבים שמצאת.



1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_



3. \_\_\_\_\_

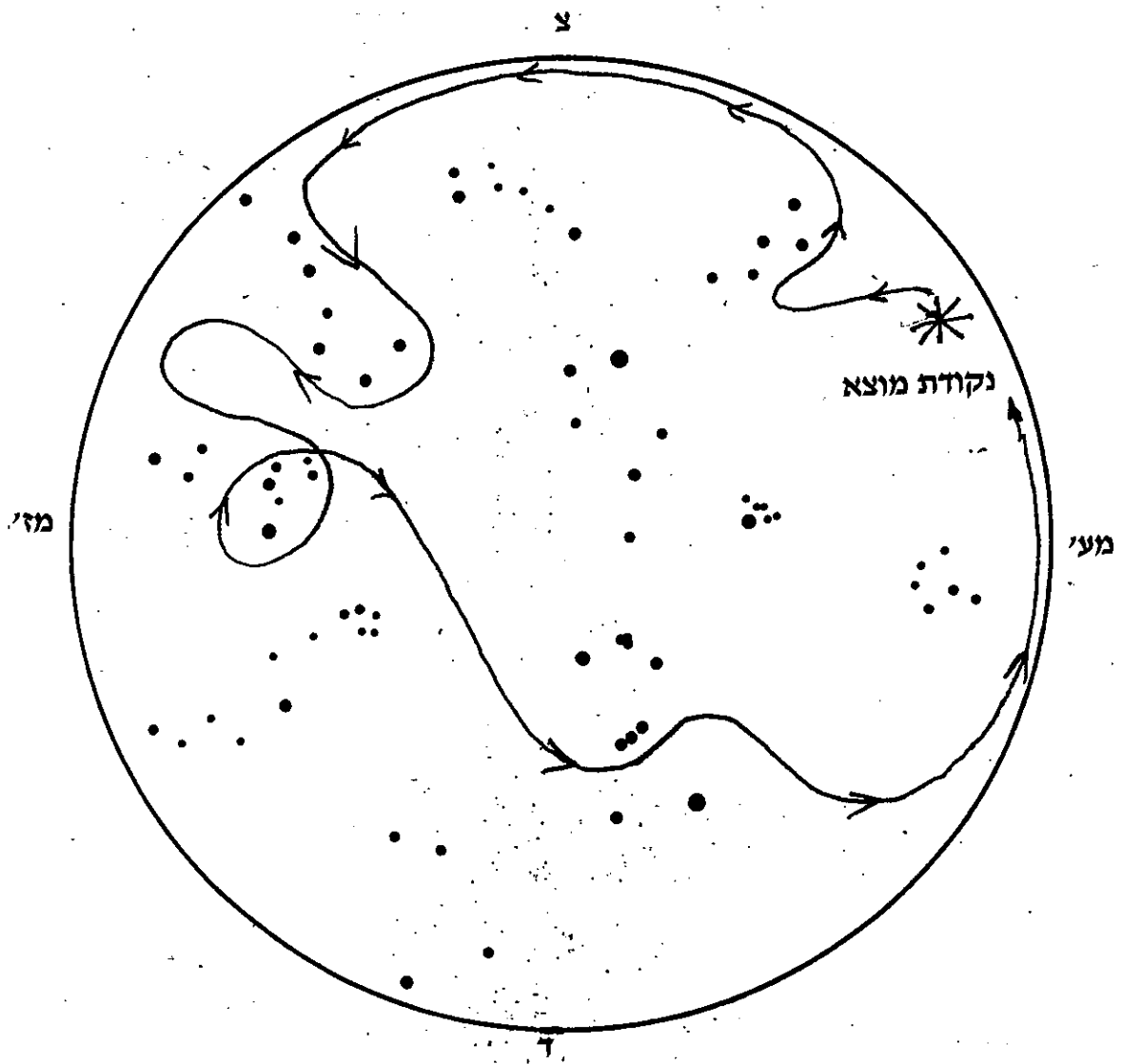
4. \_\_\_\_\_

תמונה 25: מפות כוכבים.

## מסע במרחבי היקום

18. עליכם להכין את החללית שלכם למסע ארוך במרחבי היקום.

במפת הכוכבים כאן (תמונה 26) שרטטנו את מסלול המסע. יש לטוס בחללית מקבוצה אחת של כוכבים לקבוצה אחרת, לזהות את שם הקבוצה ולרשום את שמה, וכן מספר הכוכבים שרואים בכל קבוצה.



## ט. זוגות כוכבים

19. קבוצת כוכבים אחרת בשמי החורף היא קבוצת "פרסאוס" (תמונה 27). היא מראה דמות של לוחם שהרג מדוזה (דמות רשעה) ומחזיק בידו את ראשה. המענין בקבוצה זו הוא שישנם שם שני כוכבים מאד מיוחדים הנקראים בשם "זוגות כוכבים". (או גם "כוכבים כפולים" נסביר זאת: כמעט כל הכוכבים שאנו רואים בשמי הלילה אינם יחידים. מתברר כי כמעט לכולם יש בן זוג אחד.

כוכבים שיש להם בן זוג אחד שנראים לנו ככוכב אחד נקראים בשם "כוכב כפול". (או זוג כוכבים") אמנם בעיניים רגילות אין רואים שהכוכבים הם כפולים, אבל בטלסקופ ניתן לראות שאכן זהו זוג כוכבים קרובים מאד זה לזה ולכן הם נראים ככוכב אחד.

בתמונה 28 ישנם כוכבים רבים אשר לידם יש כוכב אחר קרוב מאד אליהם ואפשר לחשוב אולי שהם שייכים זה לזה. אבל אין הדבר כך: יתכן ששני הכוכבים אמנם נראים לנו צמודים זה לזה, אבל האמת היא ששניהם רחוקים מאד זה מזה בעומק החלל, ולנו נדמה שהם קרובים זה לזה.

מצא בתמונה 28 זוגות של כוכבים קרובים מאד זה לזה.

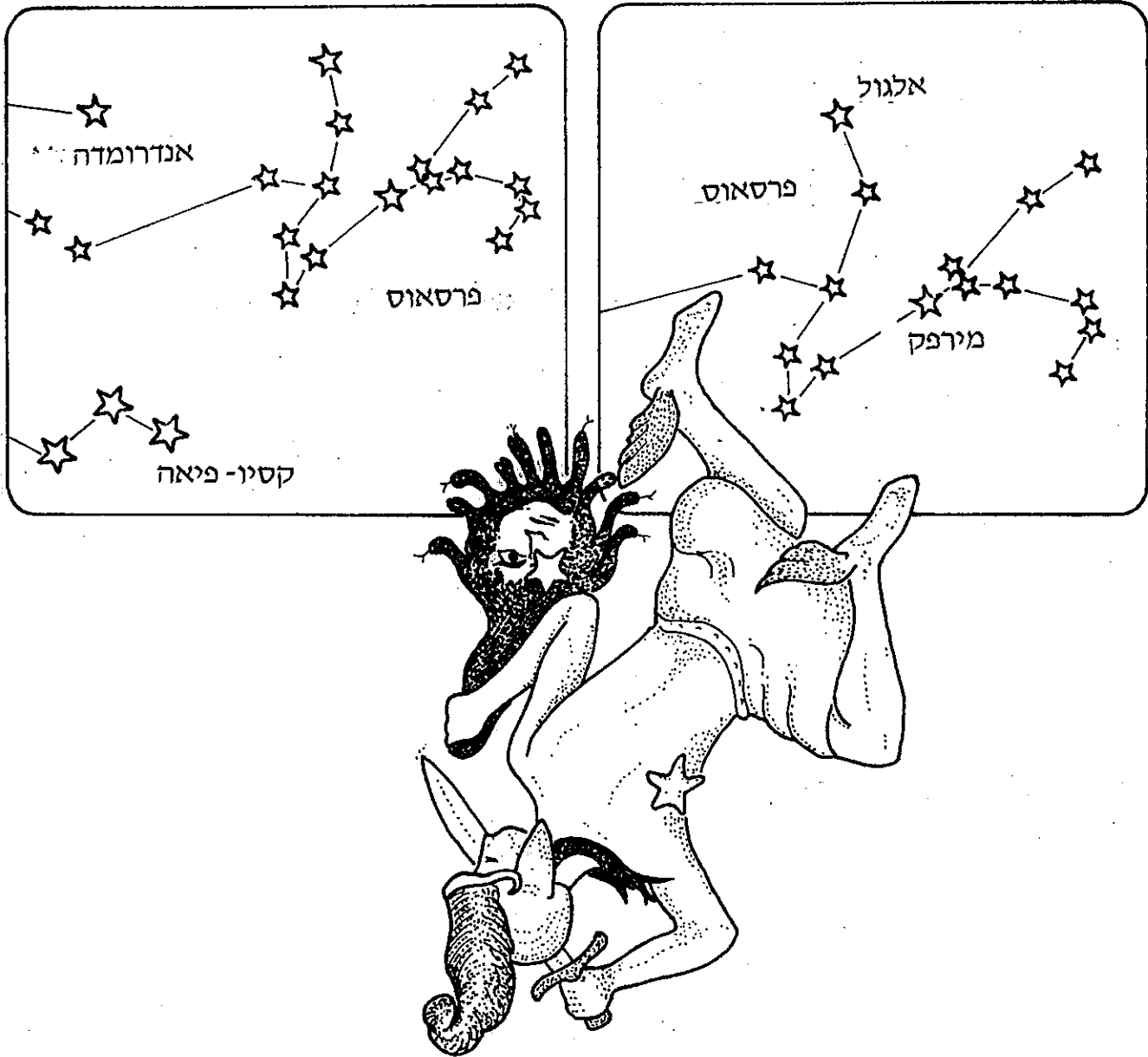
כוכב כפול אמיתי הוא כוכב שאכן יש בו שני כוכבים הקשורים זה לזה בכח משיכה הדדי, והם קרובים באמת זה לזה. כח המשיכה ההדדי הזה הוא אותו כח משיכה אשר בו כדור הארץ שלנו מושך אליו את כל הגופים שעליו, וזהו גם אותו כח שהשמש מושכת בו את כדור הארץ וכל כוכבי הלכת סביבה.

בדרך כלל שני כוכבים כאלה אינם עומדים בחלל אלא הקל יותר שביניהם נע סביב הכבד יותר (כמו כדור הארץ שלנו סביב השמש) (תמונה 29).

עתה נכיר מספר כוכבים כפולים בשמים.

התבונן שוב בתמונה 27 המראה את קבוצת כוכבים "פרסאוס". שני הכוכבים הבהירים ביותר בקבוצה זו מכונים בשם "מירפק" ו"אלגול".

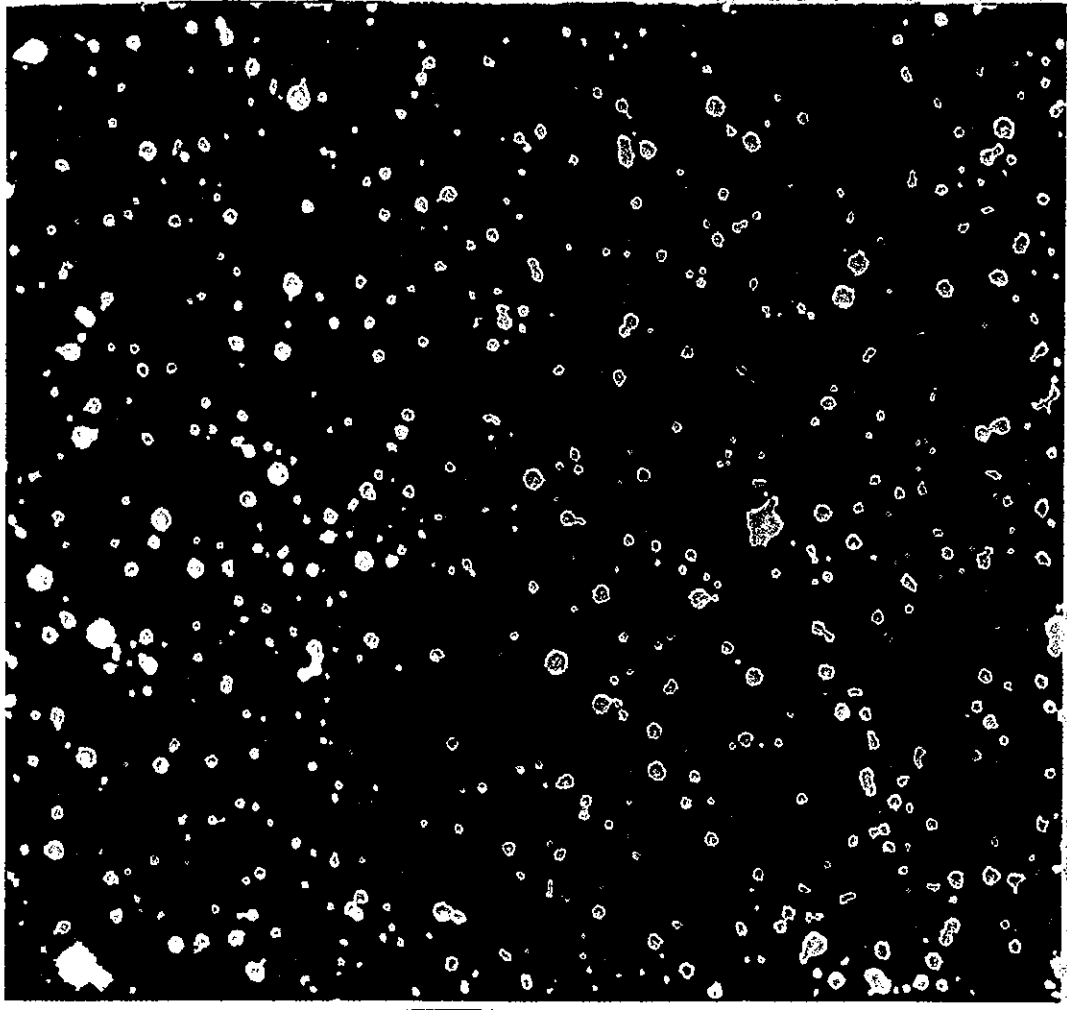
לקדמונים היו סיפורי עלילות על דמויות בשמים כביכול, ובהתאם לסיפורים אלה הם גם קראו לכוכבים בשמות. הכוכב "אלגול" הוא כוכב כזה המתואר בראשה של מדוזה



**תמונה 27: קבוצת הכוכבים "פרסאוס". שני הכוכבים הבהירים**

ביותר מכונים בשם "מירפק" ו"אלגול". מתחת לתמונה דמות של לוחם שהרג את המדוזה והמחזיק בראשה. הכוכב "אלגול" הוא בראש המדוזה והכוכב "מירפק" נמצא בחיבור של זרוע הלוחם עם גופו (גם בעברית אנו קוראים לזה "המפרק" שבין הגוף לזרוע)





תמונה 28: כוכבים סמוכים זה לזה בתמונה אינם בהכרח  
קרובים, כי יתכן שהם רחוקים זה מזה בעומק  
החלל.

מכוערת שכל המסתכל בה היה נהפך לאבן כביכול. האסטרונומים הערבים הקדמונים קראו לכוכב זה בשם "אלגול", שתרגומו זאב טורף ומפחיד, ועד היום הוא מכונה בשם זה באסטרונומיה.

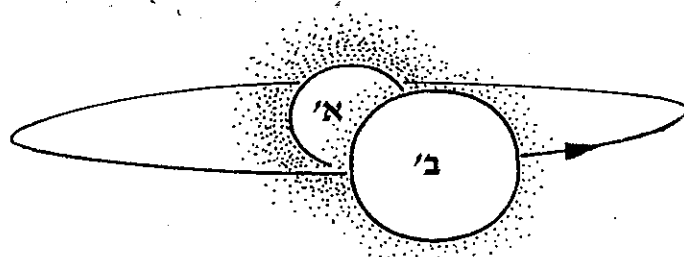
ניתן לראות את הכוכב אלגול בעין רגילה, ללא טלסקופ. כאשר מסתכלים בו רואים שהוא כוכב יחיד ככל הכוכבים. אבל אם מתבוננים בו במשך זמן רב וברציפות, מתברר שהוא מאבד מדי פעם את אורו באופן פתאומי ואחרי כן שוב חוזר לבהירותו הרגילה, וכך הוא עושה במחזוריות קבועה של כשלושה ימים לסירוגין בזה אחר זה (תמונה 30).

כבר לפני כמאתיים שנה הועלתה ההשערה שכוכב זה הוא בעצם כוכב כפול (תמונה 29) אשר בו כוכב מרכזי וכוכב שני המקיף אותו במחזוריות של כשלושה ימים. במשך הקפתו, עובר הכוכב הקטן בקו הראיה שלנו והוא מסתיר את הכוכב המרכזי (כמו בליקוי חמה), ואז יורדת עוצמת הבהירות של הכוכב המרכזי כמו בתמונה 30. התבוננות מדוקדקת בתמונה 29 מראה כי גם הכוכב המרכזי יכול להלקות לפי תורו את אורו של הכוכב השני, ואכן רואים באמצע השרטוט כי קיימת ירידה קטנה באור הכוכב. כך לוקים שני הכוכבים האלה זה את זה לסירוגין.

כאמור, שני הכוכבים הם כל כך קרובים זה לזה וגם רחוקים מאתנו מרחק רב, ולכן אין אנו רואים בעין רגילה שישנו שם כוכב כפול אלא שניהם נראים לנו ככוכב אחד.

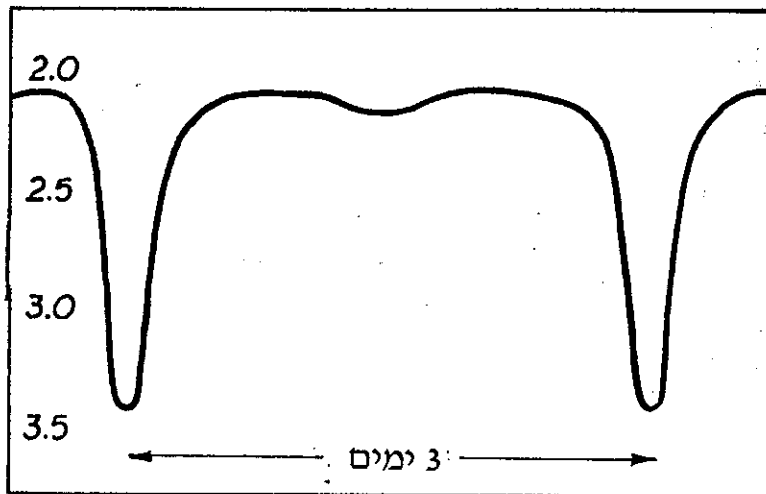
דוגמה אחרת של כוכב כפול הוא הכוכב המכונה בשם "קרורג 60" (על שם המגלה ששמו היה קרורג). הוא נמצא בקבוצת כוכבים אחרת בשם "קפיאוס". (תמונה 31)

תמונה 32 מראה שלושה צילומים של כוכב זה שנעשו דרך טלסקופ. רואים בבירור שני כוכבים צמודים זה לזה שאחד מהם מקיף את הכוכב השני מצילום לצילום.



תמונה 29: הכוכב א' הוא כבד יותר מהכוכב ב' ולכן הכוכב ב'

הוא המקיף את הכוכב א' (במסלול אליפטי).



תמונה 30: זהו שרטוט של עוצמת אורו של הכוכב אלגול במשך הזמן. רואים כי הוא מאבד כ- 1.5 דרגות מבהירותו בהפרש של כשלושה ימים (מדרגה 2 לדרגה 3.5).

### שאלות לתלמיד

#### זוגות כוכבים

1. התבונן בתמונה 32 וזהה בעזרת סרגל זוגות כוכבים שהמרחק ביניהם פחות משני מלימטרים.

כמה זוגות כוכבים כאלה מצאת?

תשובה \_\_\_\_\_

2. "אלגול" הוא שם של:

א. זוג כוכבים.

ב. כוכב.

ג. ערפילית.

3. "אלגול הוא:

א. צורה של זאב טורף.

ב. כוכב אדום.

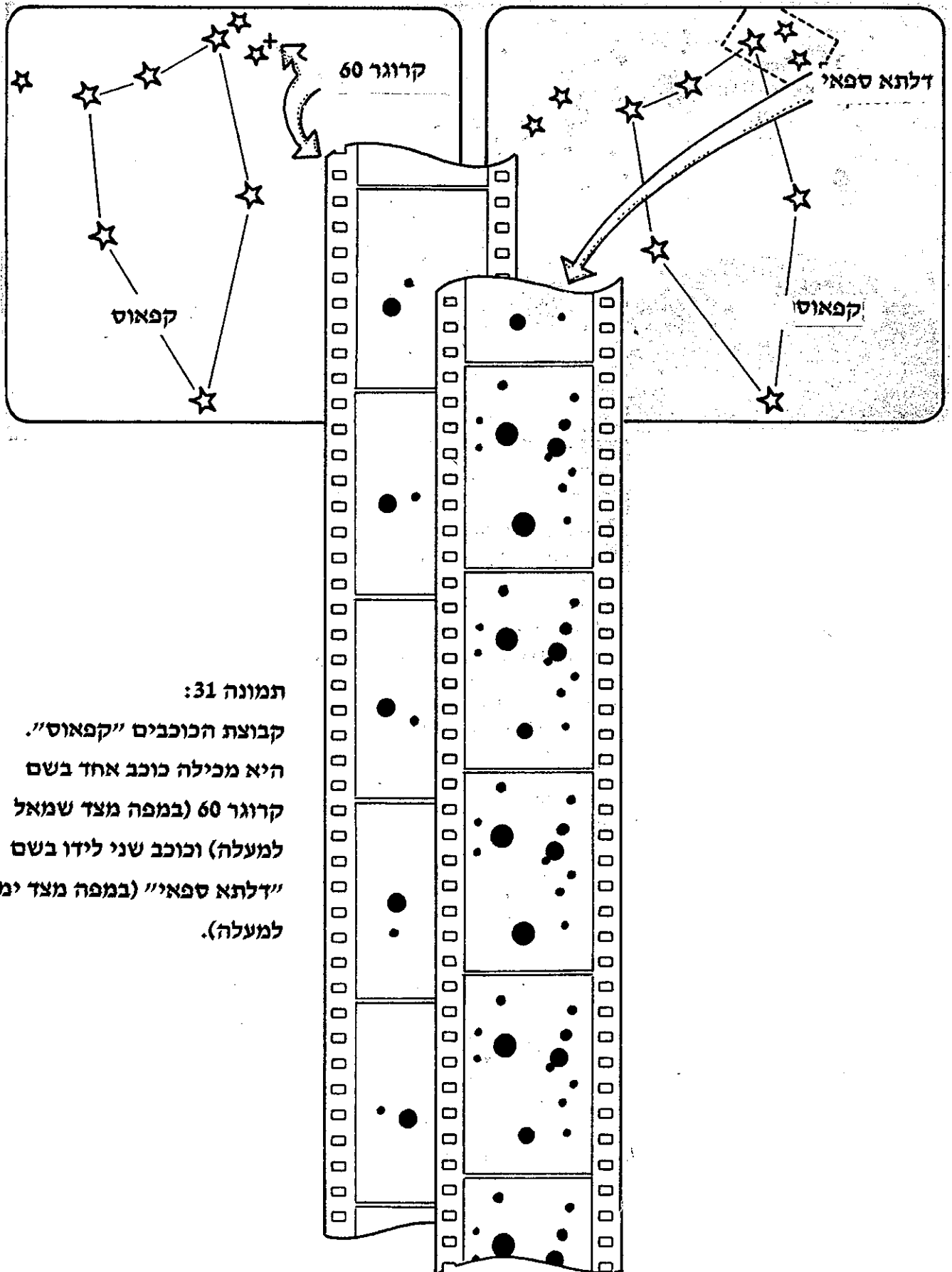
ג. זוג כוכבים קרובים מאוד זה לזה.

4. התבונן היטב בשלושת הצילומים בתמונה 32 ונסה לקבוע את זמן המחזור של קרוגר 60, דהיינו מהו אורך הזמן שלוקח לכוכב להקיף את הגדול. (רמז: הכוכב הקטן עבר כרבע מעגל בצילום הימני ביחס למצבו בצילום השמאלי).

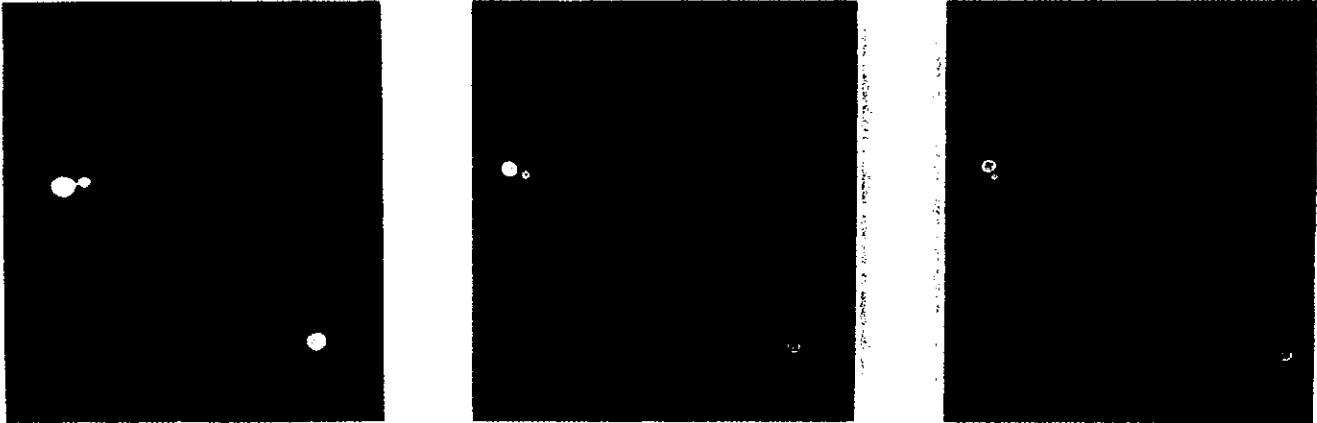
5. התבונן בתמונה 30 ומצא את התשובה הנכונה:  
הירידה בעוצמת הכוכב אלגול היא בגלל:
- החשכת אורו.
  - הכוכב השני מלקה אותו.
  - שני הכוכבים מחשיכים אורם.
6. מחזור הסיבוב של זוג הכוכבים בכוכב אלגול הוא:
- 3 ימים.
  - 5 ימים.
  - 6 ימים.
7. זוג הכוכבים אלגול קרובים זה לזה כי:
- מרחקם קרוב.
  - הם מושכים זה את זה.
  - הם נמצאים בקבוצת פרסאוס.

### י. כוכבים משתנים

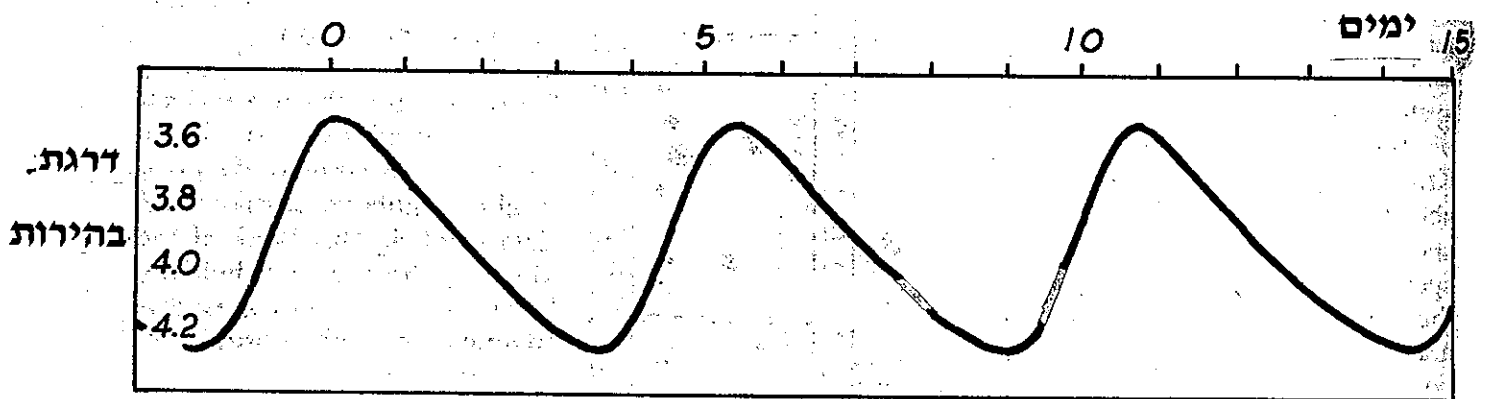
20. באותה קבוצת כוכבים אשר בה נמצא הכוכב "קרוגר 60" נמצא לידו ממש כוכב אחר בשם "דלתא ספאיי" (תמונה 31) גם הוא עוצמת אורו משתנה, אבל בצורה הרבה יותר רציפה מאשר "קרוגר 60". (ראה תמונה 33). האסטרונומים הגיעו למסקנה שכוכב זה מתנפח ומתכווץ כמו בלון הלוד ושוב במחזור של כחמישה ימים.
- התבונן בשני סרטי צילום שנעשו לשני הכוכבים קרוגר 60 ודלתא ספאיי. איזה סרט מתאים לאיזה כוכב? (תמונה 31).
21. לפעמים כוכב כזה מתנפח כל כך עד שהמעטפה החיצונית של הגזים שלו נתקת ממנו לחלוטין ונפלטת אל החלל סביב, ואז רואים תמונה מרהיבה של ערפילית גזים מסביבו כמו זו בצילום בתמונה 34. ערפילית זו נמצאת בקבוצה אחרת הנקראת בשם קבוצת "נבל" (כלי נגינה).



תמונה 31:  
 קבוצת הכוכבים "קפאוס".  
 היא מכילה כוכב אחד בשם  
 קרוגר 60 (במפה מצד שמאל  
 למעלה) וכוכב שני לידו בשם  
 "דלתא ספאי" (במפה מצד ימין  
 למעלה).



תמונה 32: סדרה של שלושה צילומים של הכוכב קרוגר 60 שבוצעו במשך כשתים עשרה שנה. רואים בבירור מצילום לצילום כי הכוכב החלש יותר מקיף את הכוכב הבהיר.



תמונה 33: שינוי עוצמת האור של הכוכב דלתא ספאי.

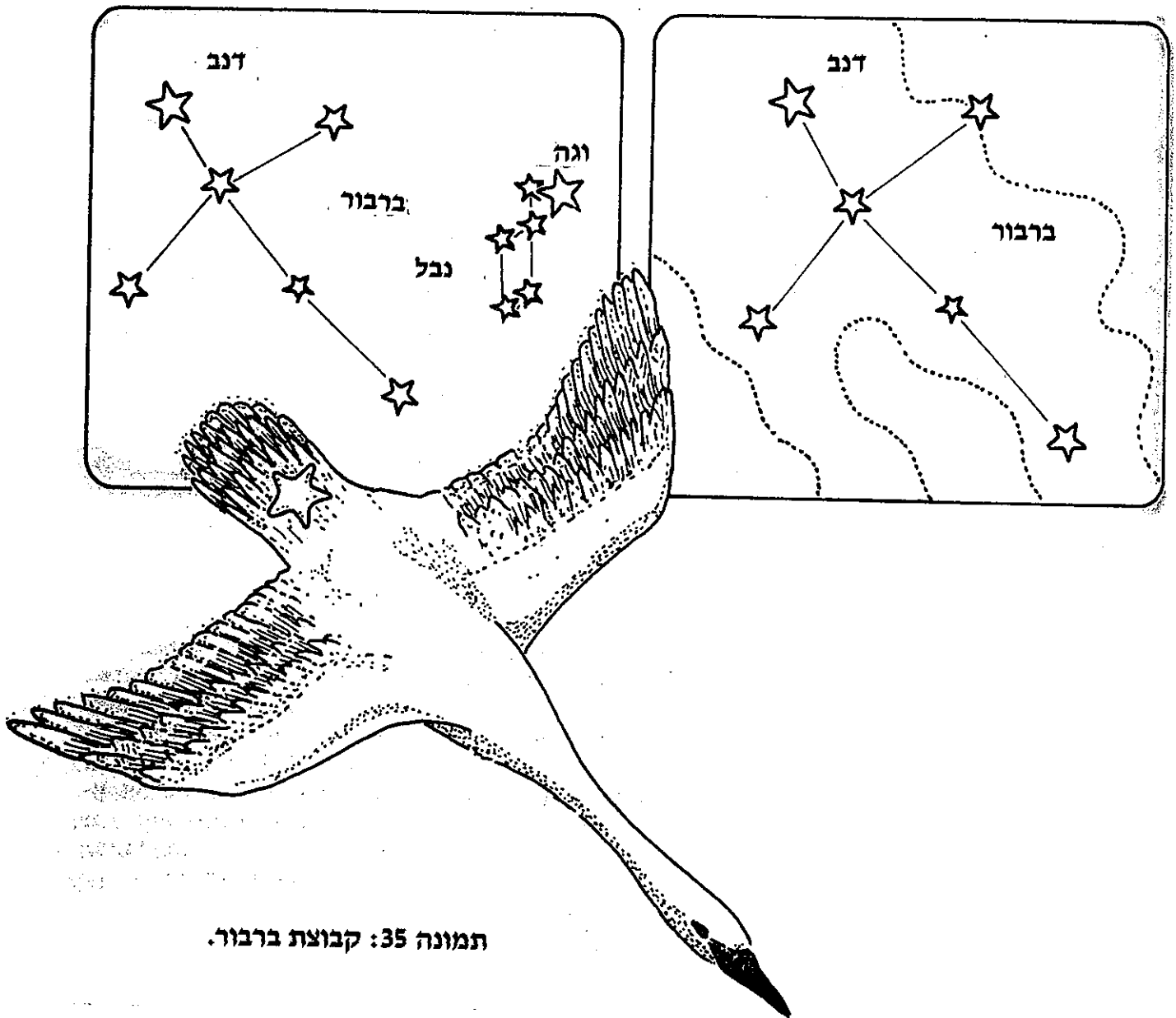


תמונה 34: ערפילית הנבל התנתקה מהכוכב (החלש) במרכזה.  
הערפילית נקראת גם בשם "ערפילית הטבעת".



## י"א. קבוצת הכוכבים "ברבור". "חור שחור".

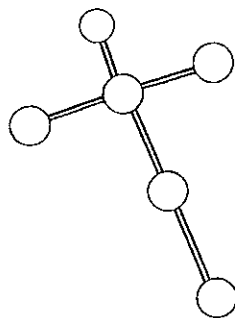
22. ליד קבוצת הכוכבים "נבל" נמצא את קבוצת "הברבור" (תמונה 35). גם קבוצה זו היא קבוצת כוכבים המופיעה מעל לראשנו בלילות הקיץ. צורתה היא באמת כצורת "עוף הברבור" (אנו רואים עוף זה שט באגמי מים). הכוכב בזנבו של הברבור נקרא בשם "דנב" (זנב בערבית).



תמונה 35: קבוצת ברבור.

23. תוכל להרכיב מודל של קבוצה זו מכדורי קלקר קטנים המחוברים ע"י קסמי שיניים. (ראה תמונה 36) המיוחד בקבוצה זו הוא שיש בה כוכב מאוד מיוחד שהאסטרונומים חושבים שזה "חור שחור". בכוכב כזה כל החומר שלו מצטמק לגמרי עד לנקודה אחת זעירה ביותר, והוא בולע כל מה שמתקרב אליו. אפילו קרן אור אינה יכולה לברוח ממנו, וגם היא נבלעת חזרה בתוכו. זה דומה לבור עמוק מאד הבולע כל מה שבסביבתו, אפילו קרן אור. זוהי הסיבה שהוא נקרא גם "שחור", כי אין רואים משם שום קרן אור היוצאת ממנו (תמונה 37). בכל זאת אנו יודעים על קיומו בגלל שהוא בולע את הגזים שסביבו, וכך הוא מקרין קרינת X. כאמור כוכב מסוג כזה נמצא בקבוצת ברבור והוא מכונה בשם המיוחד ברבור X-1.

אמנם הכוכבים נראים כנקודות נוצצות בשמי הלילה, אבל באמת הם כדורים ענקיים של גזים לוהטים ומאירים. אבל, כאמור חור שחור אינו כדור אלא נקודה זעירה ביותר וחשוכה. הכוכב דלתא ספאי משנה את קוטרו הלוך ושוב כל חמישה ימים. כל הכוכבים המשנים את בהירותם מסיבה כל שהיא נקראים בשם "כוכבים משתנים". ישנם כוכבים כל כך רחוקים שלוקח אלפי שנה עד שהאור שלהם מגיע אלינו. גם השמש שלנו היא כוכב. היא נראית לנו בגודל של צלחת, אבל הקוטר שלה הוא באמת יותר ממיליון קילומטרים!



תמונה 36: הרכבת דגם של קבוצת הברבור.



תמונה 37: "חור שחור". הכל נופל בפנים.

## שאלות לתלמיד

1. הכוכב "דלתא ספאיי" משנה את עוצמת אורו כי הוא:

- א. מקיף את בן זוגו.
  - ב. מתנפח ומתכווץ לסירוגין.
  - ג. מחשיך אורו ללא סיבה.
2. שרטט כאן את עקומת האור של כוכב:
- א. שלוקה על ידי בן זוגו.
  - ב. מתנפח ומתכווץ.

ב'

א'

3. ערפילית הנבל נוצרה ע"י:

- א. התנתקות מעטפת הכוכב ממנו.
- ב. פיצוץ שחל בכוכב.
- ג. חימום יתר של הכוכב.

4. חור שחור הוא:

- א. בור שחור בשמים.
- ב. צבע שחור בקבוצת הכוכבים ברבור.
- ג. כוכב שנמעך כולו על עצמו עד למרכזו.

5. חור שחור:

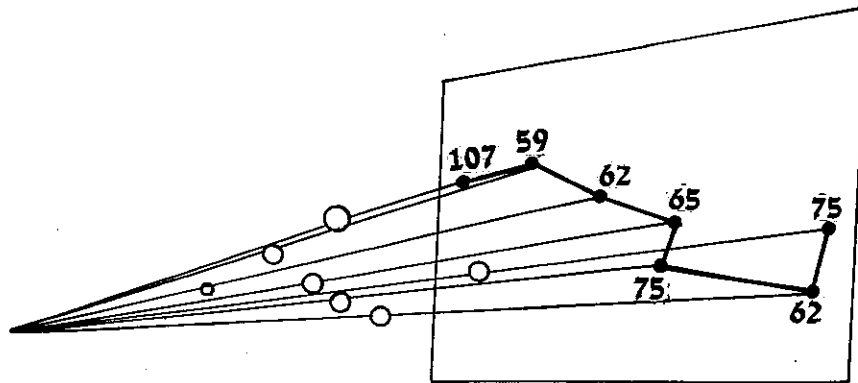
- א. בורחים ממנו כל החומרים.
- ב. נופלים עליו כל החומרים אפילו קרני אור.
- ג. אי אפשר לראות מאחוריו כלום.

## פרק שני: מרחקי הכוכבים

### א. מרחקי הכוכבים

24. בתמונה 38 שרטוט המדגים 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 "בעגלה הגדולה" נמצא במרחק שונה מאתנו. יש לנו אשליה שכאילו כולם נמצאים באותו מרחק מאתנו.

בכדי להדגים זאת בצורה מוחשית, התבונן בלוח של "העגלה הגדולה" 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).



תמונה 38: הכוכבים השיכים "לעגלה הגדולה" אינם קרובים זה

לזה במציאות אלא הם מפוזרים במרחקים שונים

בעומק החלל. (המספר ליד כל כוכב הוא מרחקו

מאתנו בשנות אור)

תרגיל: אמנם אנו רואים ששבעת הכוכבים בעגלה הגדולה הם מאירים בעוצמה שווה אבל המרחקים הם שונים מאד זה מזה. סדר אותם בטבלה לפי מרחקם האמיתי מאתנו.

שם הכוכב	מרחקו

25. אבל מהי "שנת אור"?

שנת אור היא מרחק ולא זמן. נבאר זאת.

### ב.יחידות המרחק\*

מרחבי היקום הם גדולים מאוד. כך למשל, מרחקו של הכוכב ששמו "אלפא צנטאורי" שהוא הכוכב הקרוב ביותר לכדור הארץ, הוא כחמש מאות אלף מיליארדי קילומטר. כלומר 5 ואחריו ארבעה עשר אפסים! אכן זהו מספר גדול מאד, מספר "אסטרונומי". גרמי שמים אחרים הם הרבה יותר רחוקים מאתנו. כדי לרשום את המרחק אליהם, נצטרך למקום רב על הנייר, וזמן רב בכדי לרשום את כל האפסים האלה.

כדי להתגבר על בעיית רישום המרחקים הבין-כוכביים נשתמש ביחידה חדשה באסטרונומיה שתקטין את מספר הספרות שנשתמש בהן לרישום המרחק. כמובן שמספר זה יבטא את אותו מרחק אשר בוטא קודם במספר רב של ספרות. 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. 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).

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

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!

הזמן הדרוש לטיל לנוע מיבשת אחת לשניה הוא שעותיים. נוכל אם כן לומר כי "המרחק בין שתי היבשות הוא שעותיים". זאת, כמובן בתנאי שנציין שהמעבר בין היבשות נעשה בעזרת טיל בליסטי דוקא. אם נכנה את המרחק שעושה הטיל במשך שעה כ"שעת שיוט", הרי ניתן לומר כי המרחק בין היבשות הוא "שתי שעות שיוט".

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/שעה).



## ג. שנת אור

26. כיצד נבטא את המרחקים הענקיים שבין הכוכבים, שהם למעשה המרחקים המעניינים אותנו באסטרונומיה?  
 גם אם נשתמש במהירות של כלי התחבורה המהיר ביותר, למשל הטיל, עדיין יהיו המספרים 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/שנייה. (שים לב: 300 אלף קילומטר בכל שנייה!)  
 עתה אם במקום הטיל היינו פשוט שולחים קרן אור, למשל בעזרת מכשיר לייזר, תוך כמה זמן הייתה קרן אור 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/שנייה. כלומר בכל שנייה עוברת קרן אור מרחק של 300.000 ק"מ. בשתי שניות תעבור קרן האור 600.000 ק"מ.  
 האור המגיע מן השמש עובר מרחק של 150 מיליון קילומטר, ולכן, אם נעשה חישוב, נראה כי לוקח לאור כשמונה דקות עד שהוא מגיע אלינו.  
 במקום מהירויות של מטוס או טיל, השתמשנו במהירות האור. מעתה הזמן, שהאור עובר מהשמש עד אלינו הוא "המרחק" אל השמש.

**נסכם:** המרחק בין כדור הארץ לשמש הוא כשמונה דקות אור. כלומר לוקח לאור כשמונה דקות עד שהוא מגיע מהשמש עד אלינו.

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

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

מרחק זה הוא מעבר למערכת השמש שלנו כולה.

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

**תשובה:** עשרת אלפים מיליארד ק"מ!

### שאלות לתלמיד

**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/שנה.

מלא את החסר במשפטים הבאים:

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

שם הכוכב הוא \_\_\_\_\_.

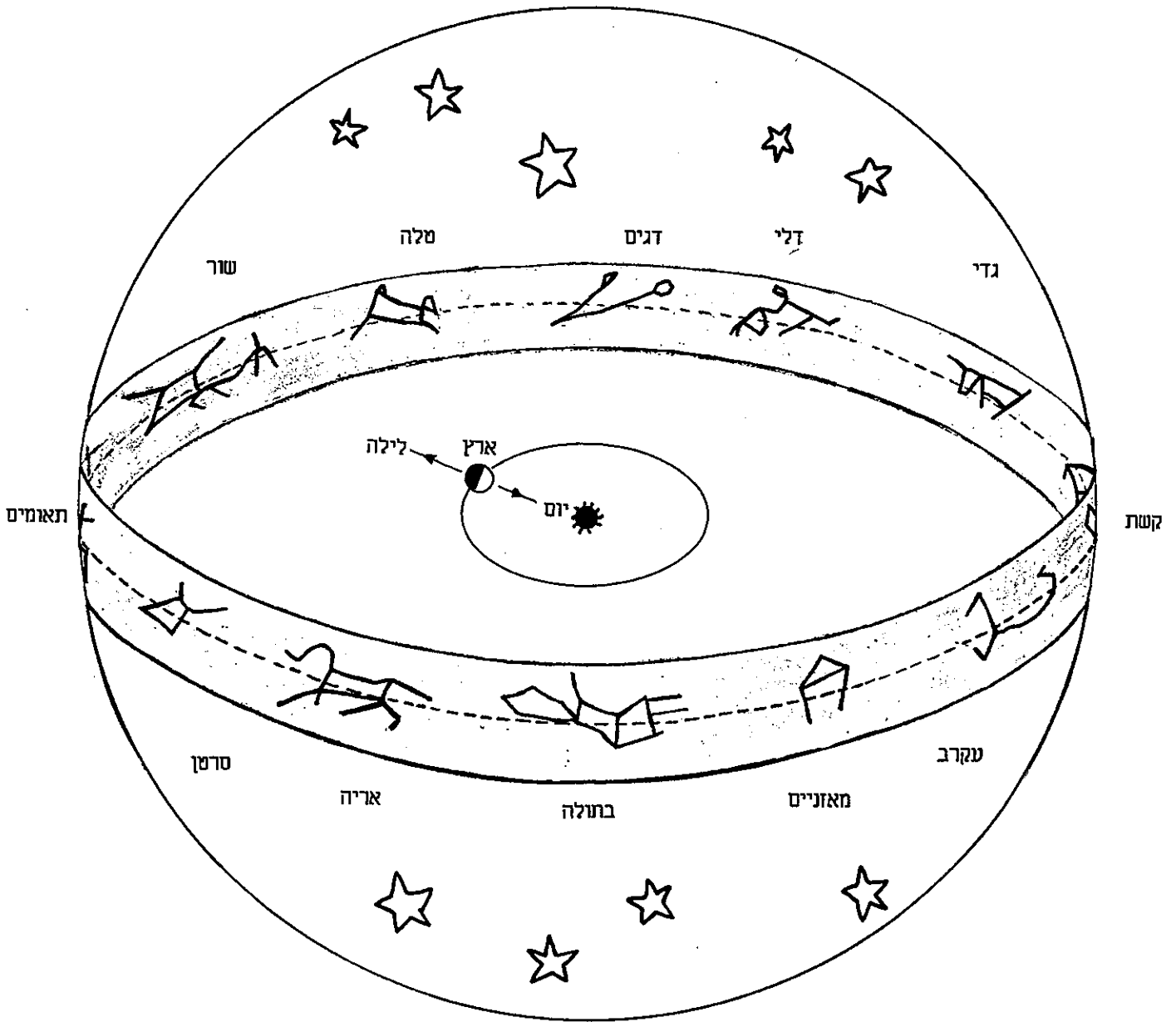
ב. שנת אור היא המרחק של \_\_\_\_\_ קילומטר.

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

ד. מרחק כוכב הלכת פלוטו מכדור הארץ הוא \_\_\_\_\_ שעות אור.

ה. שנת אור היא \_\_\_\_\_ ק"מ.

# פרק שלישי: המזלות



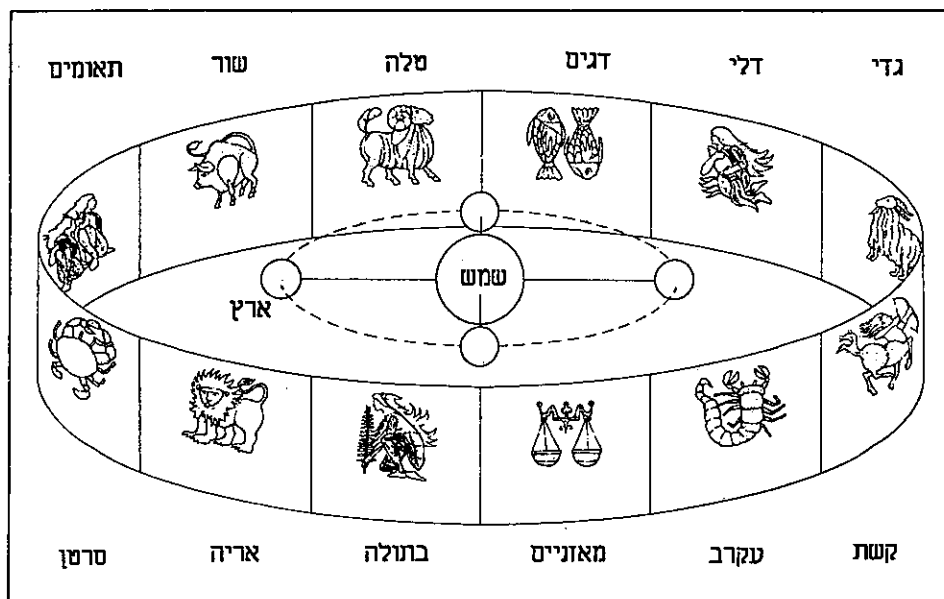
## א. שנים עשר המזלות

27. האסטרונומים קבעו כשמונים ושמונה קבוצות של כוכבים בכל השמים כולם עם גבולות ברורים המפרידים ביניהם. מתוך הקבוצות האלו ישנן שתים עשרה קבוצות מיוחדות שהשמש עוברת על הרקע שלהן במשך השנה. כמובן שאי אפשר לראות קבוצות אלו במשך היום בגלל עוצמת האור של השמש. אולם אם השמש לא היתה מאירה כל כך, היינו יכולים לראות ברקע שלה קבוצות כוכבים אלו. בדרך כלל, לשתים עשרה הקבוצות המיוחדות האלה בשמים קוראים בשם "שנים עשר המזלות"\*. (בעצם לפי חז"ל כל כוכב או קבוצת כוכבים נקראים בשם "מזל", כפי שהסברנו בהקדמה. אבל כיום "המזלות" נקראים דוקא שתים עשרה קבוצות אלו ולא שאר הכוכבים או קבוצות הכוכבים).  
מזלות אלה נמצאים זה ליד זה על פס בשמים הנמתח ממזרח למערב (ראה תמונה 39). כל אחד מהם תופס איזור מסוים לאורך הפס הזה והוא מיוצג על ידי צורות של בני אדם או חיות. שמות קבוצות המזלות הם:

- |                |               |
|----------------|---------------|
| 1. מזל גדי     | 7. מזל סרטן   |
| 2. מזל קשת     | 8. מזל תאומים |
| 3. מזל עקרב    | 9. מזל שור    |
| 4. מזל מאזניים | 10. מזל טלה   |
| 5. מזל בתולה   | 11. מזל דגים  |
| 6. מזל אריה    | 12. מזל דלי   |

\* ראה נספח בסוף הספר.

28. תמונה 39 מראה את הפס של שנים עשר המזלות מסודרים בזה אחר זה.



תמונה 39: שנים עשר המזלות וצורתיהם.

29. מה הם שנים עשר המזלות בשמים?

אנו שומעים וקוראים על כך הרבה. מה פירושם של סימונים אלה? נושא זה הוא אמנם רחב מאוד אולם כאן אנו נסתפק רק בתיאור הישיר של הדברים. בעמודים הבאים אנו נתאר כל מזל משנים עשר המזלות. אמנם תוכל גם לראות בפועל את המזלות בלילה בהיר באיזור מגוריק. לעבודה מעשית כזאת דרוש מדריך, וטוב לפנות למשל לאחד ממכריך המכיר את הנושא. אולם, העבודה המעשית היא תוספת מעניינת מאוד. אפשר לבצעה רק במידה ותנאי מזג האוויר מתאימים.

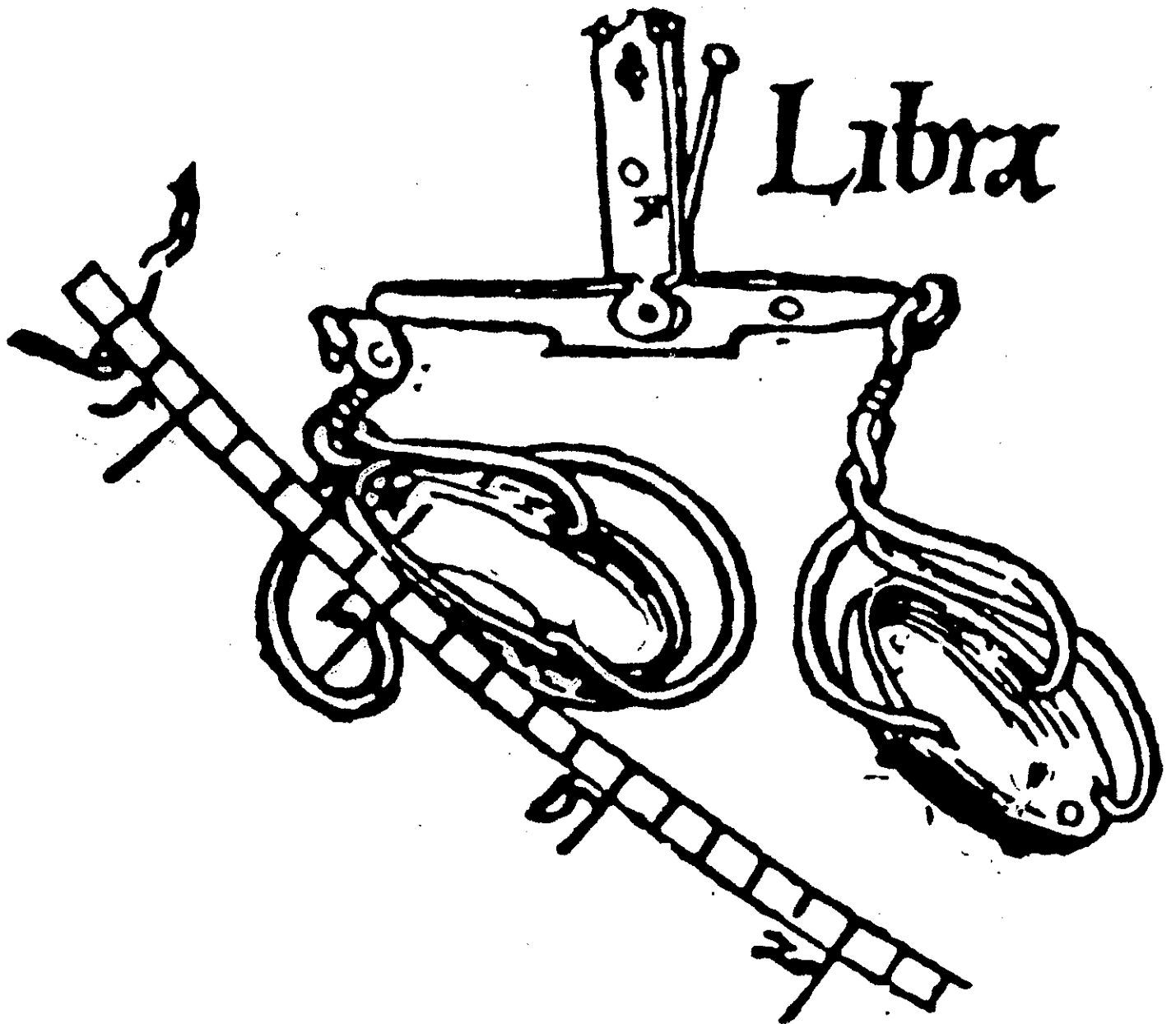
להלן, בכל מזל מופיעות שתי תמונות: האחת של כוכבים, והשניה כיצד מחברים את הקווים בין הכוכבים שלו, על מנת לראות את הדמות המתוארת ע"י אותו מזל. אפשר גם להרכיב כרטסת של שנים עשר המזלות. מצד אחד של הכרטיס תדביק את התמונה הראשונה של הכוכבים המצוירת כאן, ועל הצד השני את הדמות של המזל המתאים המופיע בתמונה השניה. שים לב כי השרטוט הנכון של המזל הוא קשה לפעמים.

30. מה הם המזלות עצמם?

כאמור, הקדמונים שרטטו צורות של בני אדם, חיות, או עצמים בשמים, ע"י חיבור קווים דמיוניים בין הכוכבים. הם פשוט "הלבישו" על כל קבוצת כוכבים בשמים צורה מסוימת, האמת היא שקשה מאוד לראות מהו הקשר בין הכוכבים לצורות אלו, אבל הקדמונים עשו זאת מתוך ידע והרגל.

אשר למשמעות של המזלות לגבי גורלות בני אדם (אסטרולוגיה), ובכן, המדע כיום מכחיש קיומו של קשר כזה. גם בזמן שהקדמונים האמינו במזלות אלו, הרי עם ישראל מצווה להימנע מכך: ידועה הממרה שעם ישראל הוא מעל למזלות, דהיינו המזלות אפילו אם יש בהם ממש, הרי עם ישראל אינו נשלט על ידם כלל, כי הוא דבוק בתורת ה'.

# מזל "מאזנים"



חודש תשרי. מזל מאזנים. המאזנים מסמלים את ימי הדין בהם

נמדדים המצוות והעבירות.

## ב. מזל מאזניים

31. מזל מאזניים הוא המזל המופיע בשמי הלילה בחודש תשרי (ספטמבר). הוא מופיע בכיוון דרום והוא נמוך יחסית בשמים. זהו המזל היחיד מבין שנים עשר המזלות המתאר עצם דומם.

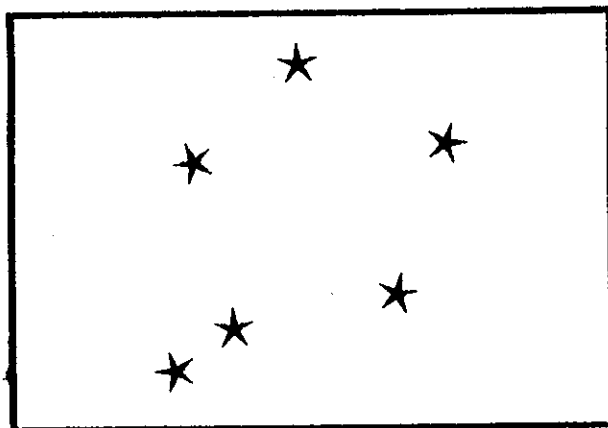
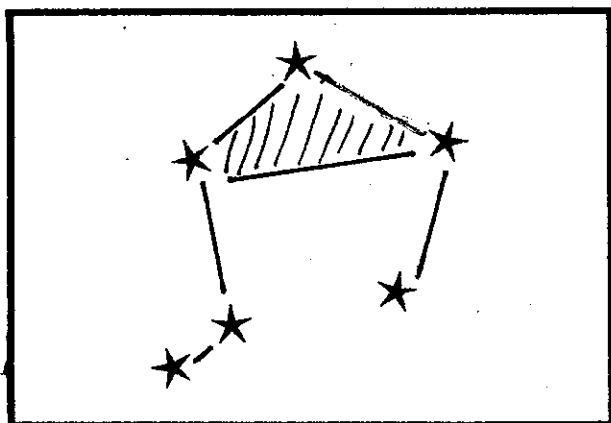
מזל זה אינו מרשים במיוחד. הוא מכיל שישה כוכבים בהירים בלבד אשר אפשר לחבר אותם ולקבל צורת מאזניים (תמונה 40).

האם תוכלו לחברם בקוים ישרים ולקבל צורת מאזניים?  
הנה צורת החיבור: (תמונה 41)

עם קצת מאמץ נראה בכל זאת משהו כמו מאזניים.

מזל מאזניים נמצא בין מזל בתולה לבין מזל עקרב.

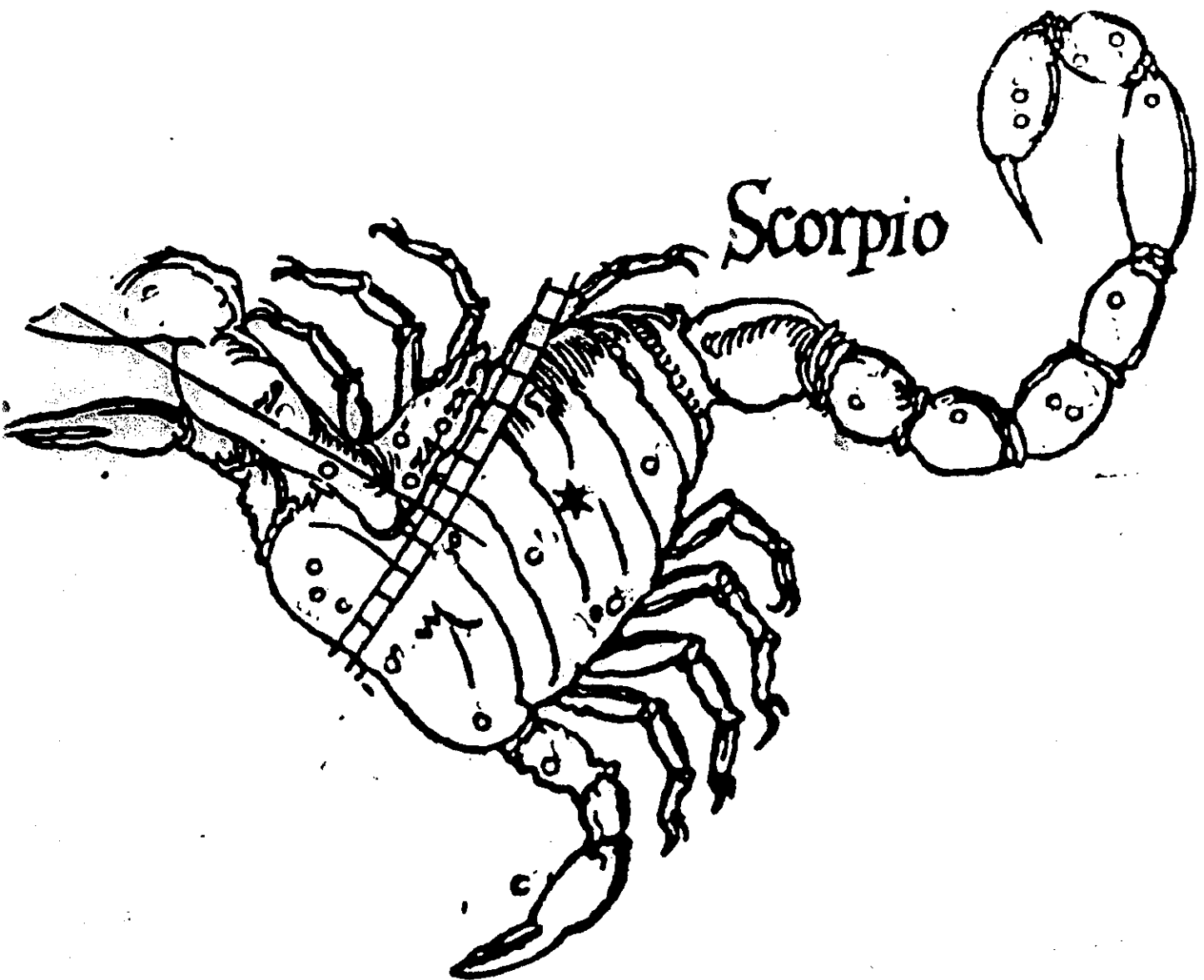
האם יש חשיבות כל שהיא למזל זה? אולי הרמז נמצא בעצם הופעתו בחודש תשרי, בדיוק בזמן ראש השנה שלנו כאשר כל מעשינו נשקלים "במאזניים" של הקב"ה ואנחנו נדוים לשבת או לחסד. לכן אנו מתפללים בימי ראש השנה ויום הכיפורים לבקשת מחילה וכפרה על מעשינו.



תמונה 41: חיבור הכוכבים במזל מאזניים.

תמונה 40: כוכבים במזל מאזניים.

# מזל "עקרב"



חודש חשון. מזל עקרב. העולם צמא במר-חשוון למים כעקרב (עוקצו של העקרב מונח בתוך שביל החלב (תמונה 76).



## ג. מזל עקרב

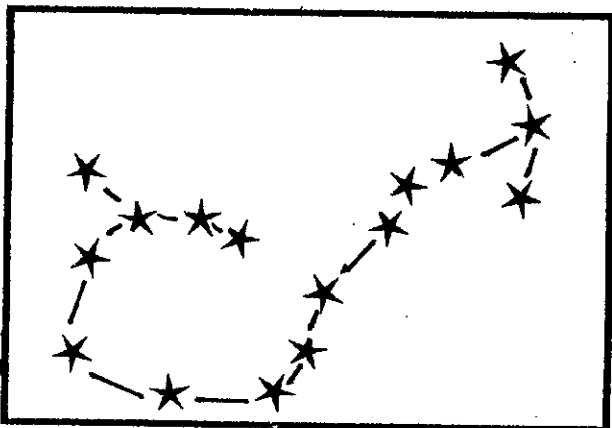
32. המזל הבא הוא מזל עקרב גם הוא מופיע בשמי הדרום, נמוך יחסית. הכוכב הבהיר ביותר נקרא בשם "אנטארס", והוא נמצא בדיוק במרכז גוף העקרב. מזל עקרב מופיע בסתיו, וגם נמצא בכוון דרום של שמי הלילה. קל למצאו בגלל הכוכב הבהיר שלו- אנטארס.

התבונן בקבוצת הכוכבים הבאה: (תמונה 42)

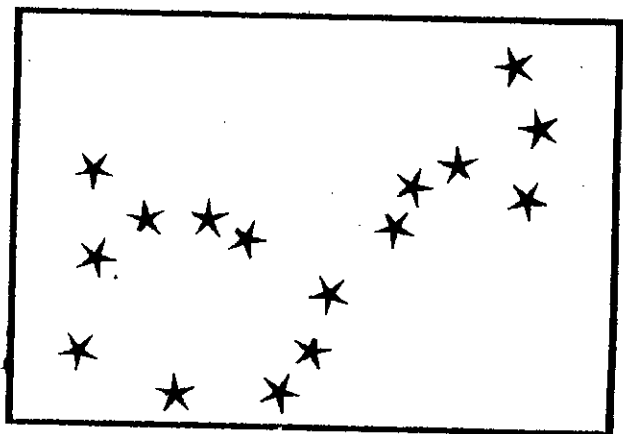
האם רואים צורת עקרב? הנה מספר רמזים: הכוכב הבהיר צריך להיות בגוף העקרב, והזנב שלו (העוקץ) הוא מפותל (הכוכב "שאולה").

הנה הפתרון: (תמונה 43)

הכוכב אנטארס הוא גרם שמים מענין בפני עצמו: זהו כוכב ענק. קוטרו הוא כ 700 פעם קוטר השמש שלנו. כלומר, אם היה נמצא במרכז מערכת השמש שלנו, הוא היה בולע את כדור הארץ בתוכו ושפתו אף היתה מגיעה עד למסלולו של כוכב הלכת צדק! מרוב גודלו הוא מתנפח ומתכווץ לסירוגין בגודל זעיר יחסית, כאילו היה כדור "נושם". יש לנו "מזל" שהוא נמצא במרחק של 400 שנות אור מאתנו (כלומר קרן אור מגיעה אלינו לאחר 400 שנה).

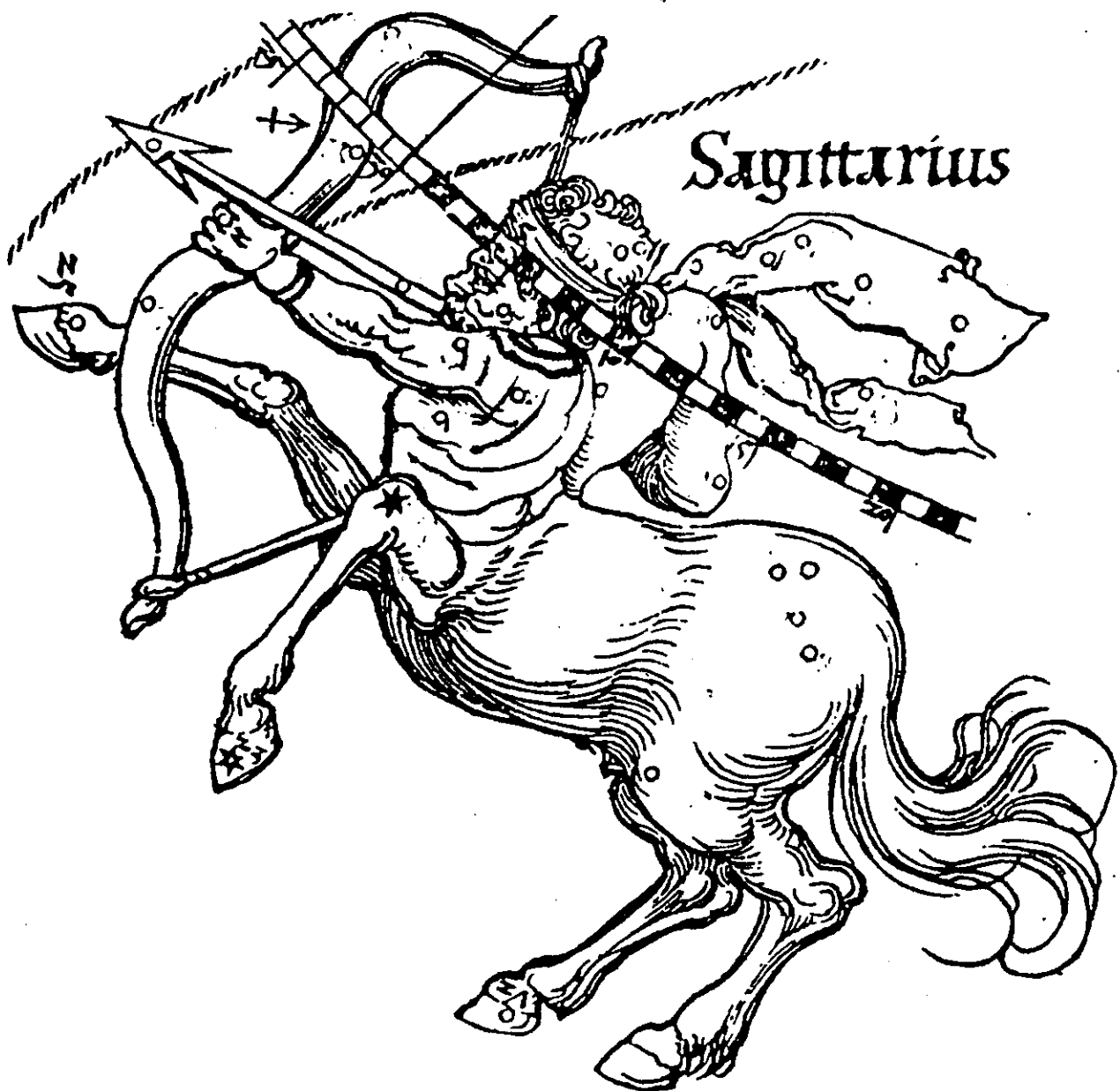


תמונה 43: חבור הכוכבים במזל עקרב.



תמונה 42: כוכבים במזל עקרב.

# מזל "קשת"



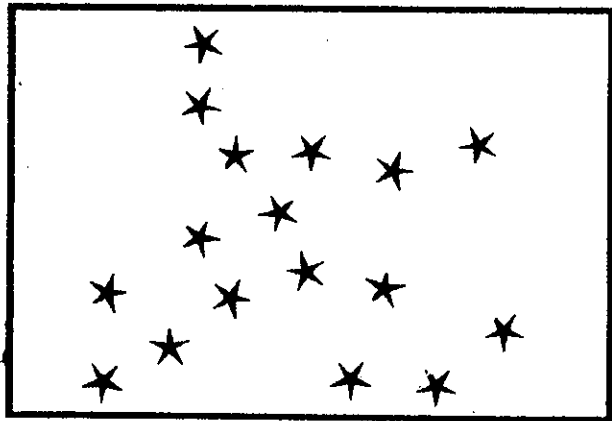
חודש כסליו. מזל קשת. הגשמים ניתכים כחצים של קשת וכן יש ריבוי גשמים, והשמש זורחת, שמש וגשם נראים ביחד ועל ידי כך נראית גם צורת קשת בענן על כל צבעיה.

## ד. מזל קשת

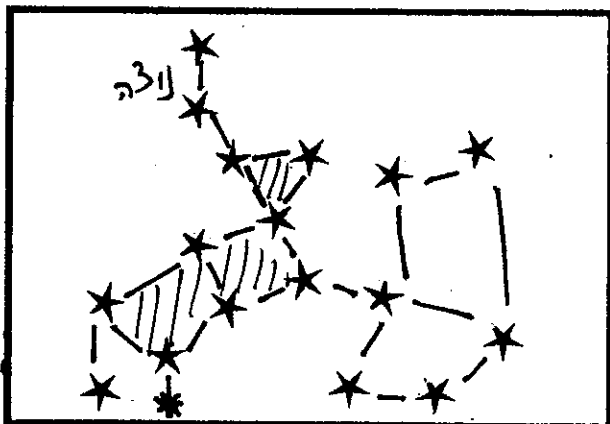
33. מזל קשת חציו העליון הוא כשל אדם היורה חץ בקשתו, וחציו התחתון הוא כשל סוס. זהו מזל המופיע בחורף בחודש כסלו (דצמבר). בלילות החורף הבהירים ניתן לראות גם אותו, כמו שאר המזלות, בכוון השמים הדרומיים, קרוב לאופק ממש. הוא מהווה מרכז למה שמכנים בשם "שביל החלב", דהיינו, מיליארדים של כוכבים זעירים לאורך פס מואר הנראה כשביל חלב בכיוון מערב לדרום-מזרח. מזל קשת נמצא במרכז "שביל החלב".

קבוצת הכוכבים השייכת לו היא כמו במפה להלן: (תמונה 44)

האם תוכלו לראות כאן צורת קשת, ואפילו צורת אדם המחזיק בידיו בקשת זו כשמחצית גופו הוא של סוס!!! בכל אופן הנה חבור הקווים המאפשר אולי לראות זאת: (תמונה 45) שימו לב לשלושת הכוכבים שעל הקשת, והכוכב שבראש החץ. גופו של האדם והסוס אין בהם כמעט כוכבים אשר יתארו אותם במיוחד.



תמונה 44: כוכבים במזל קשת.

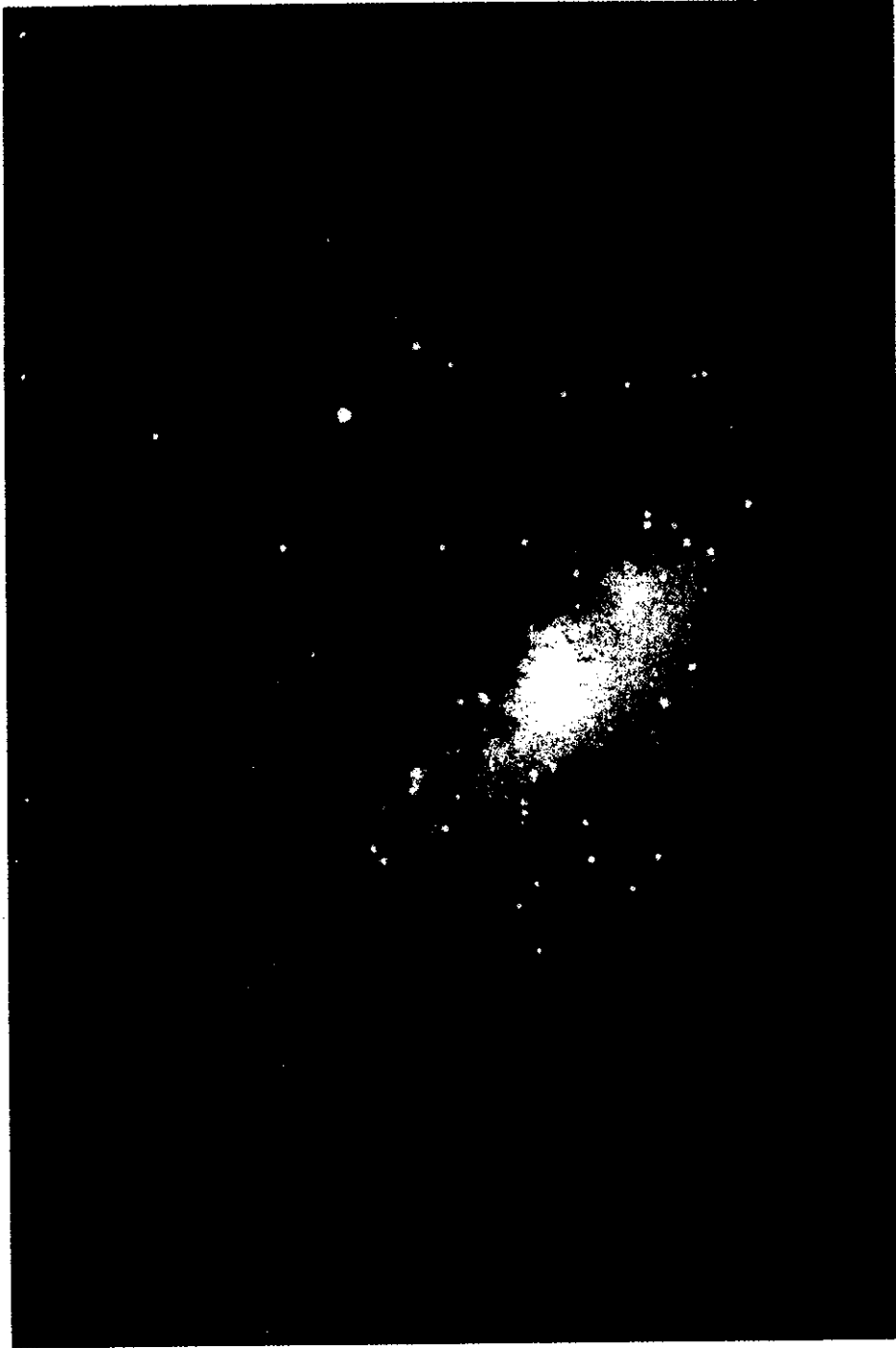


תמונה 45: חבור הכוכבים במזל קשת.

34. כאמור, במזל זה נמצא מרכז "שביל החלב". מהו שביל החלב ?

ה. שביל החלב. גלקסיות.

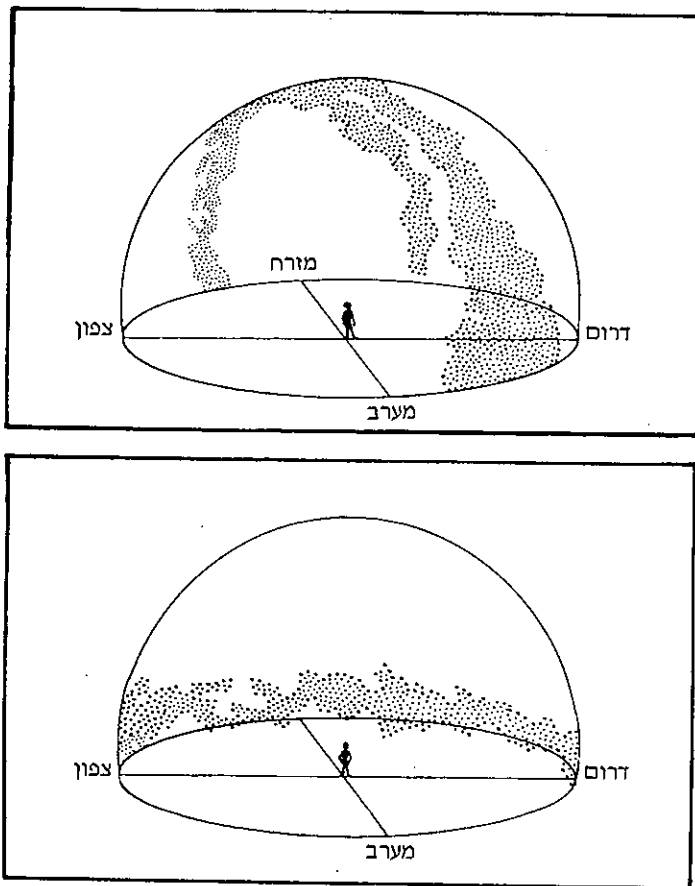
שביל החלב הוא פס אור (חלש מאוד) של מיליארדי כוכבים קטנים (תמונה 46) העובר



תמונה 46: צילום של "שביל החלב" בשמי הלילה. הוא מורכב

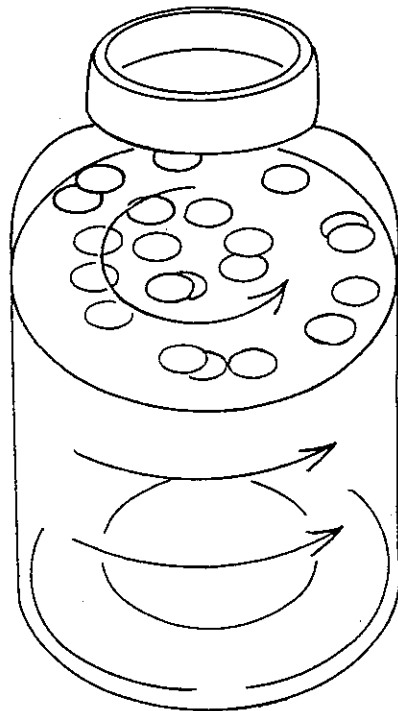
בעיקר ממיליארדי כוכבים קטנים קרובים זה לזה.

מקצה אחד לקצה שני של השמים רואים אותו בבירור רק במקומות חשוכים מאד (כמו במדבר). מערכת השמש (עם כדור הארץ) נמצאת בין מליארדי הכוכבים שבתוכו. תמונה 47 מראה היכן רואים בפועל את שביל החלב בשמי הלילה.



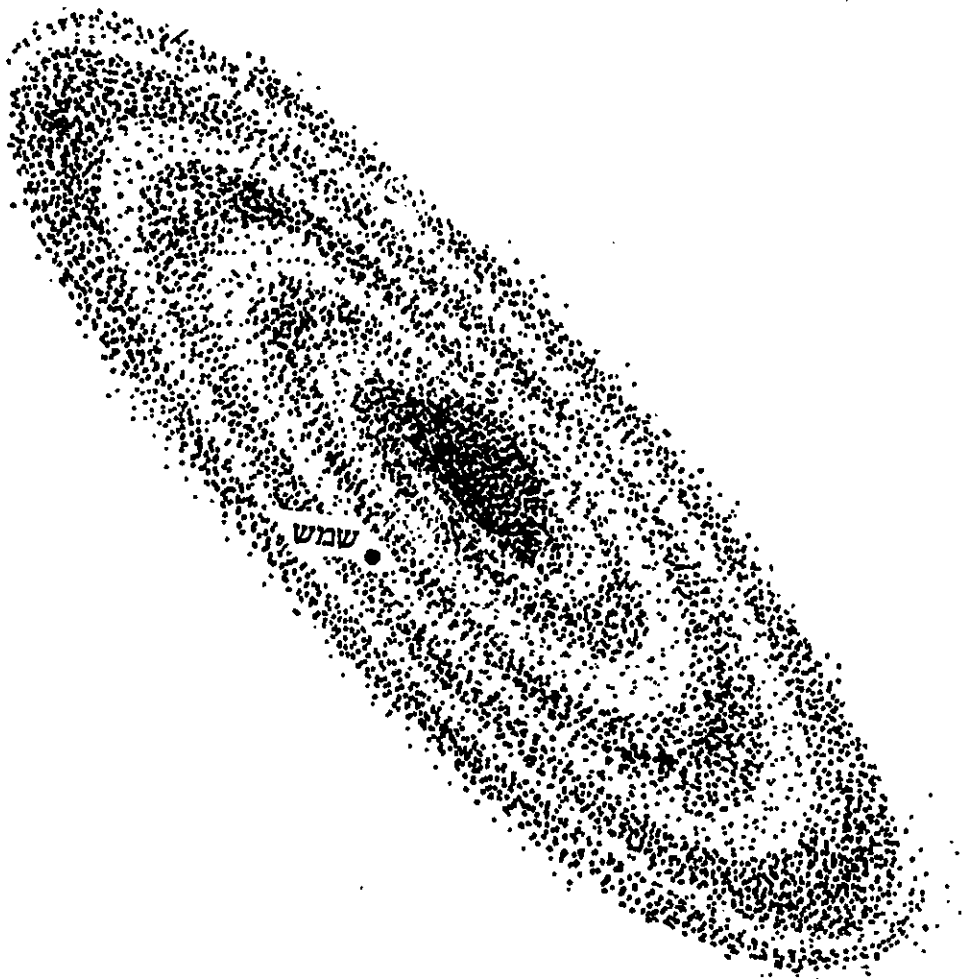
**תמונה 47: תצפית של שביל החלב בשמי הלילה עבור צופה (הנמצא במרכז השרטוט). בחודשי הקיץ רואים את "שביל החלב" מעל לראש (שרטוט למעלה) ובחודשי החורף רואים אותו מעל לאופק.**

בצילום, הוא אכן נראה כמו שביל של "חלב" שנשפך.  
 "שביל החלב" אינו יחיד ביקום. "שבילי חלב" כאלה נקראים בשם הכללי "גלקסיה".  
 בכדי להדגים את צורתה של גלקסיה, נוכל להשתמש בצנצנת זכוכית רחבה אשר בה מים.  
 זרוק מספר פתיתי נייר (למשל ממנקב נייר) על פני המים וסובב את המים במהירות בעזרת  
 כפית. כך תוכל לראות צורה של גלקסיה עם זרועות לוליניות כמו "שביל החלב" שלנו (אם  
 היינו יוצאים חוץ ממנה) (תמונה 48).



תמונה 48: פתיתי הנייר במערבולת המים משרטטים צורה  
 לולינית כמו של גלקסיה.

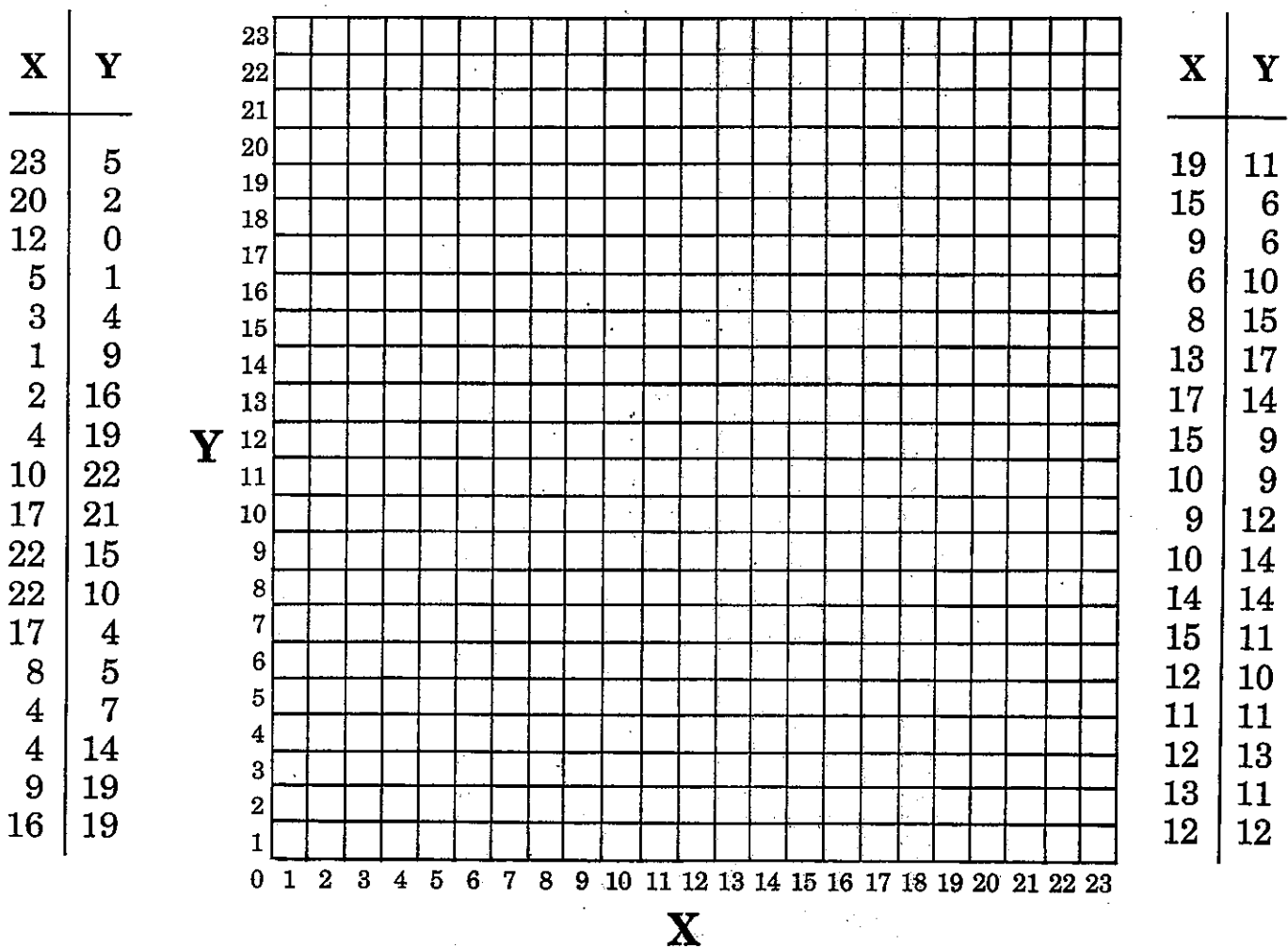
"גלקסיה" היא קבוצה גדולה מאד של כמה מיליארדים של כוכבים כמו "שביל החלב". הכוכבים מסודרים זה ליד זה כך שנוצרת בסך הכל צורה לולינית מיוחדת כמו בציור כאן (תמונה 49). כל הכוכבים בגלקסיה מושכים זה את זה באופן הדדי וכך נשמרת צורתה של גלקסיה כיחידה אחת בחלל.



תמונה 49: זוהי צורת "שביל החלב" אם היה מצולם "מחוצה לו ממעוף צפור". השמש היא אחד ממיליארדי הכוכבים בתוכו.

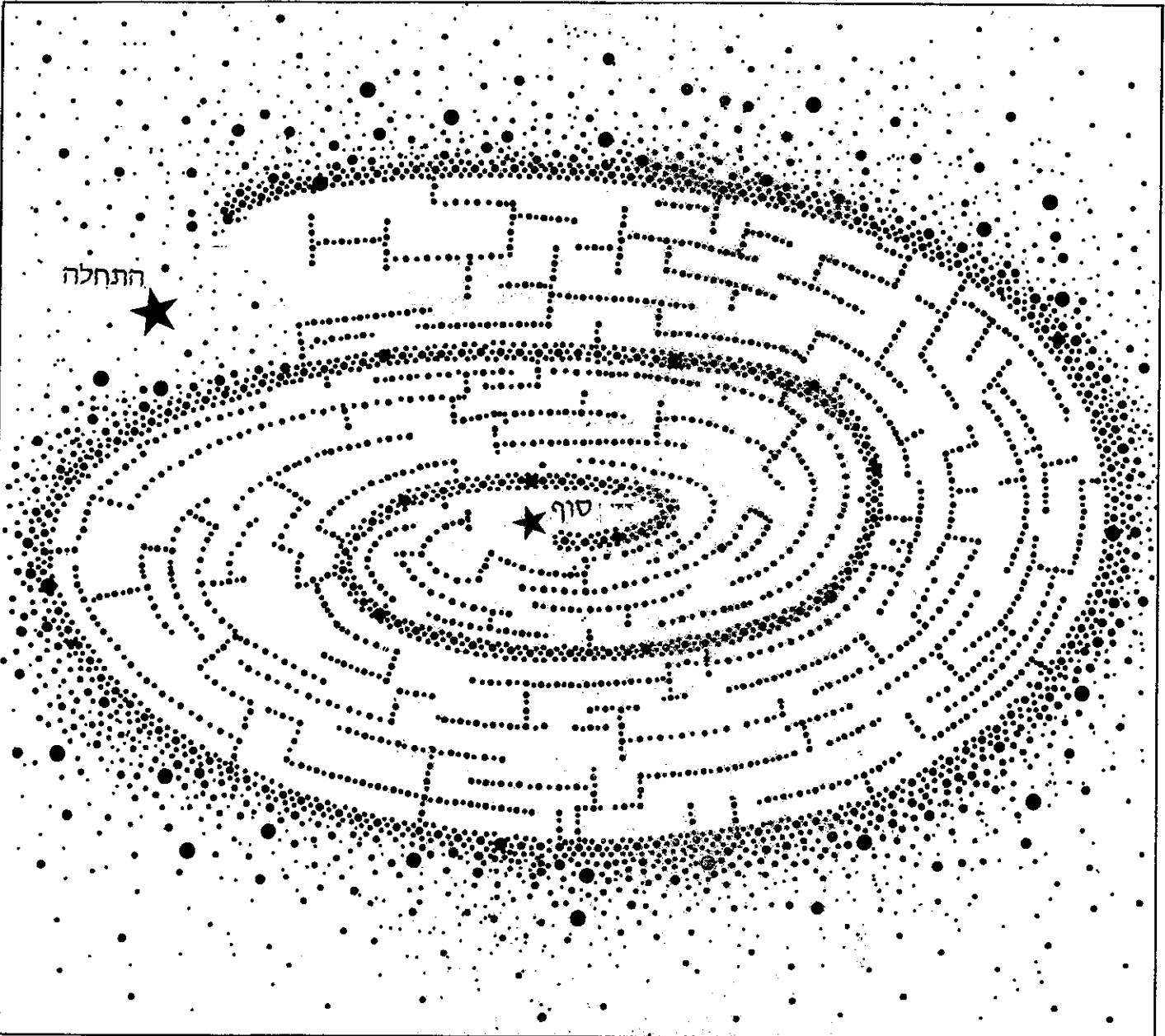
במרחבי היקום ישנן גלקסיות אין ספור. יש כאלו שהכוכבים מסודרים בהם כמו במערבולת, ויש כאלה שהם מסודרים בצורת כדור. לפעמים גם אין להם כל צורה מוגדרת. (תמונה 51).

35. השתמש בגיליון המשבצות הבא בכדי לשרטט גלקסיה הדומה "לשביל החלב" שלנו. כל נקודה במשבצת שקבעת ע"י הקוראורדינטות  $x$ ,  $y$  שבטבלה היא כוכב. מתח קוים בין הכוכבים. איזה צורה קבלת?  
תשובה: \_\_\_\_\_





36. \*\*התבונן בשרטוט של הגלכסיה בתמונה 50. מצא את המסלול הנכון בכדי להגיע מנקודה המסומנת בכוכב אל מרכז הגלכסיה.

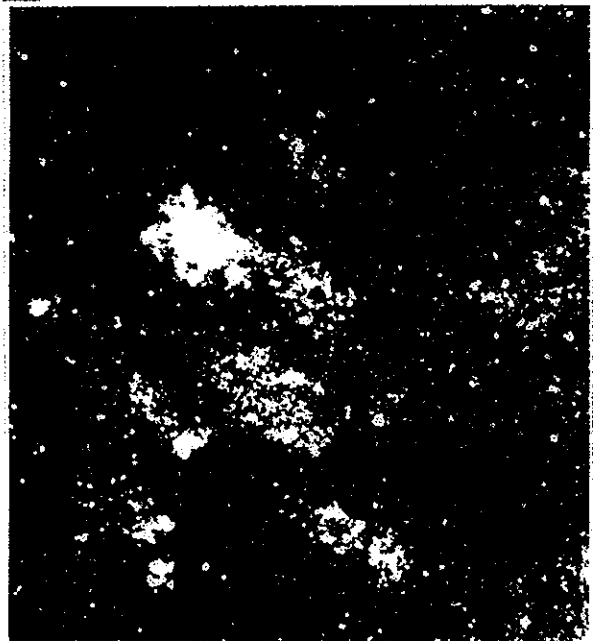
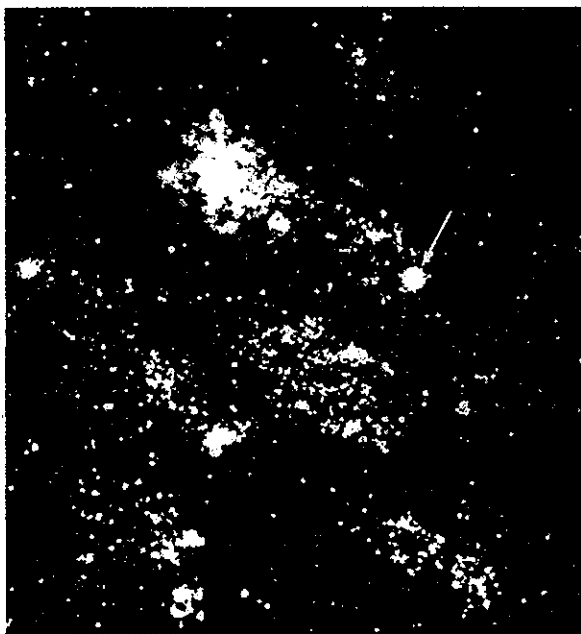


תמונה 50: מצא את הדרך להגיע מקצה הגלכסיה למרכזה.

37. אבל "שביל החלב" אינה הגלכסיה היחידה. יש ביקום מיליארדים רבים של גלכסיות כאלה בכל מרחבי החלל, וכל אחת מהן מכילה מיליארדים של כוכבים. הגלכסיה הקרובה ביותר לגלכסית "שביל החלב" שלנו נקראת בשם "גלכסית העננים המגלאניים" (ראה תמונה 51). גם בגלכסיה זו יש מיליארדים של כוכבים וגם ערפיליות רבות.

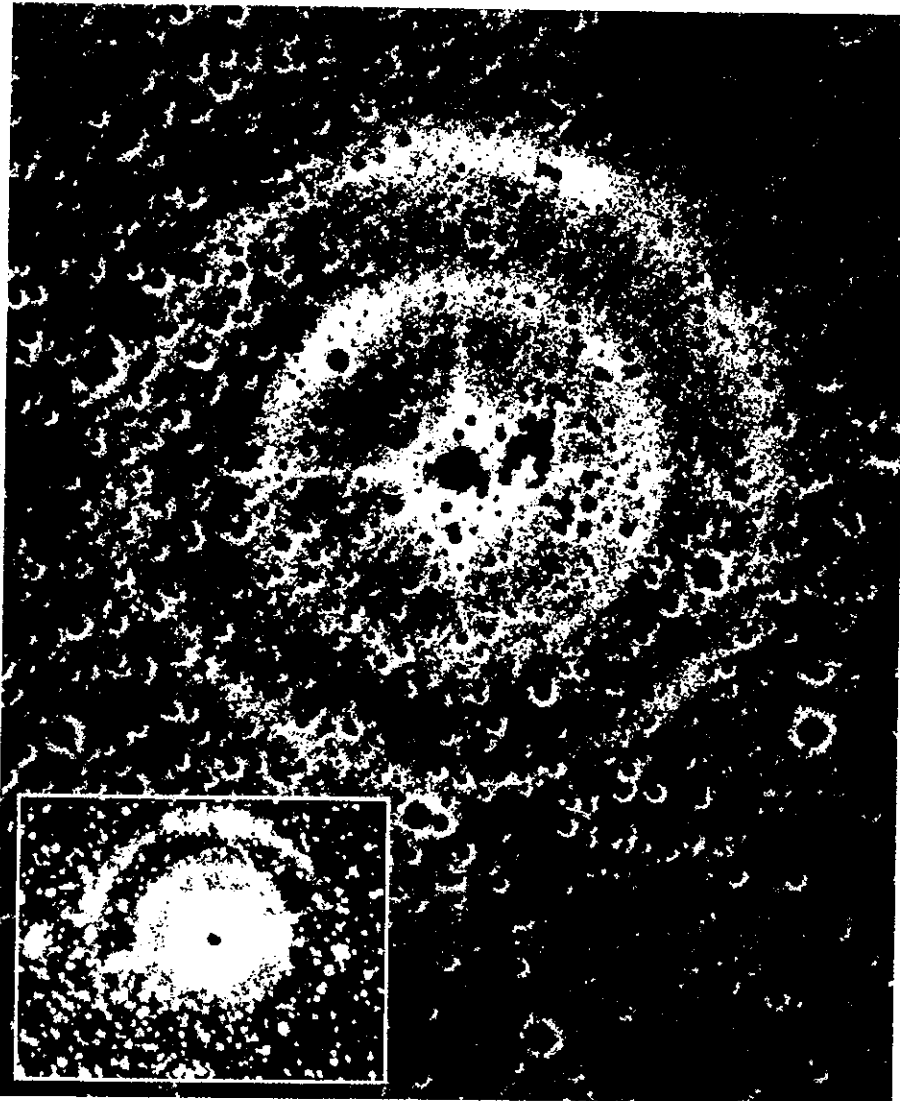


תמונה 51: צילום של גלכסיה בשם העננים המגלאניים. גם היא מורכבת ממיליארדי כוכבים וערפיליות. אבל צורתה אינה מוגדרת היטב (היא אינה לולינית).



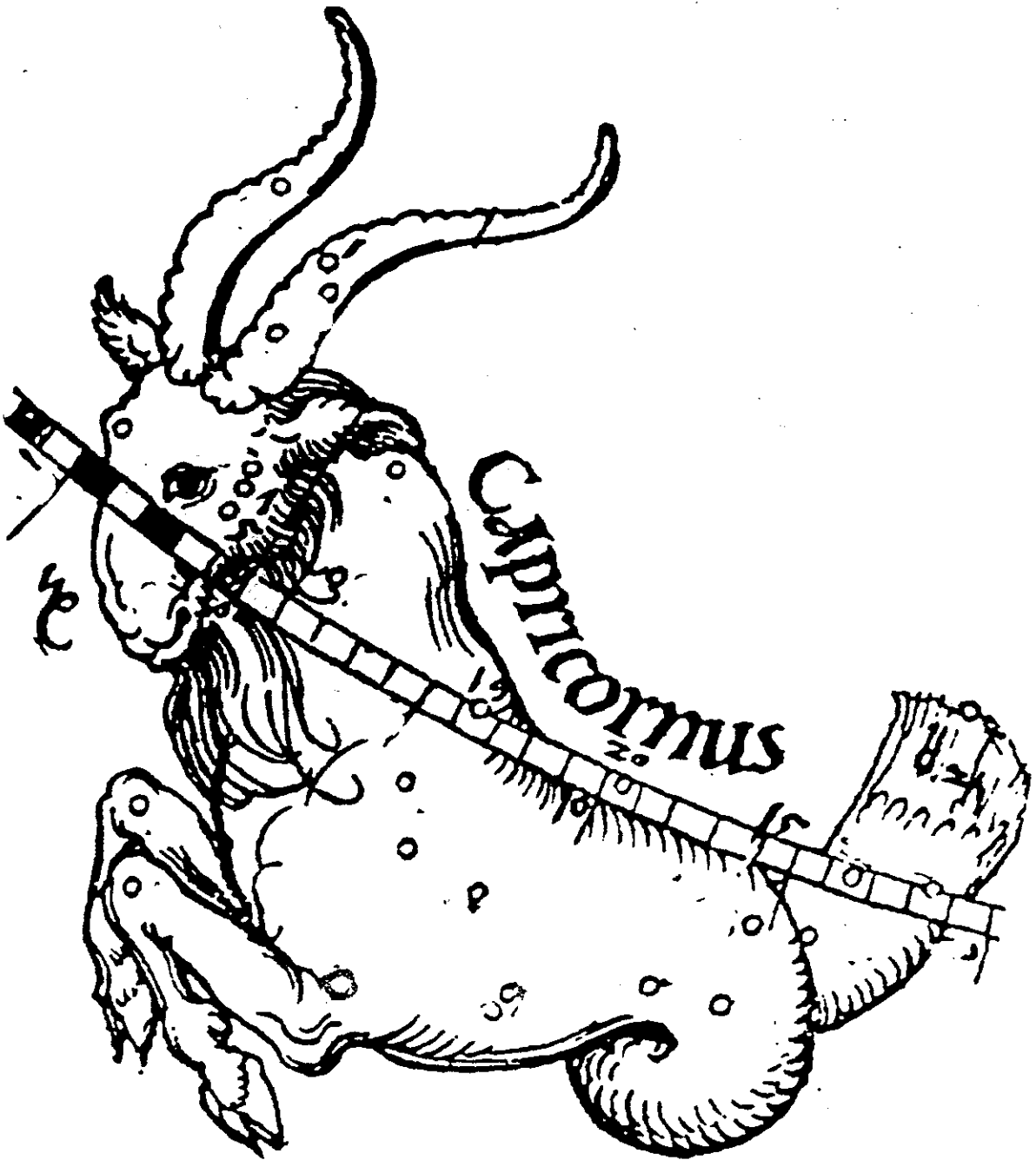
תמונה 52: צילום כוכב שהתפוצץ (מימין). כוכב כזה נקרא בשם סופר-נובה (כלומר כוכב סופר-חדש)

בשנת 1987 ראו פתאום התפוצצות של כוכב הנמצא בגלקסיה זו. תמונה 52 מראה שני צילומים של גלכסיה זו לפני ואחרי ההתפוצצות של הכוכב. רואים בבירור בתמונה משמאל "כוכב חדש" שאינו מופיע בתמונה מימין. אחרי מספר חודשים נעלם הכוכב שוב, ולכן הסיקו האסטרונומים שזו היתה התפוצצות של כוכב. ואכן לאחר מספר חודשים ראו בטלסקופים גדולים את עקבות התפוצצות בצורה של גלים מסביב לאותו מקום (תמונה 53)



תמונה 53: צורת גלים שנשארה מסביב להתפוצצות כוכב.

# מזל "גדי"



חודש טבת. מזל גדי. בזמן זה הגדיים יוצאים למרעה.

## ו. מזל גדי

38. נתאר את מזל גדי המופיע בחודש טבת (ינואר).

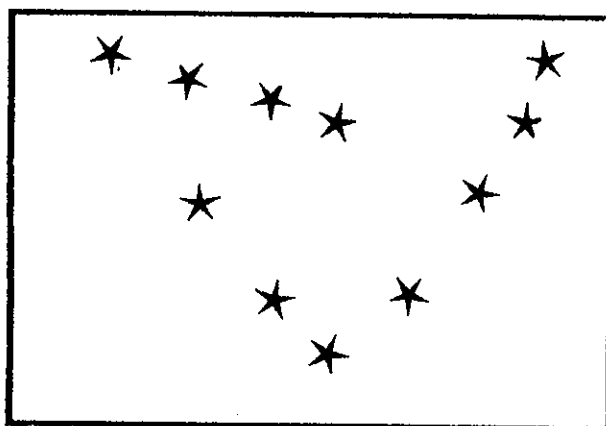
הנה מפת הכוכבים של מזל זה: (תמונה 54)

החיבור של הכוכבים בצורה נכונה מראה צורה של גדי ושני כוכבים על קרניו (תמונה 55).

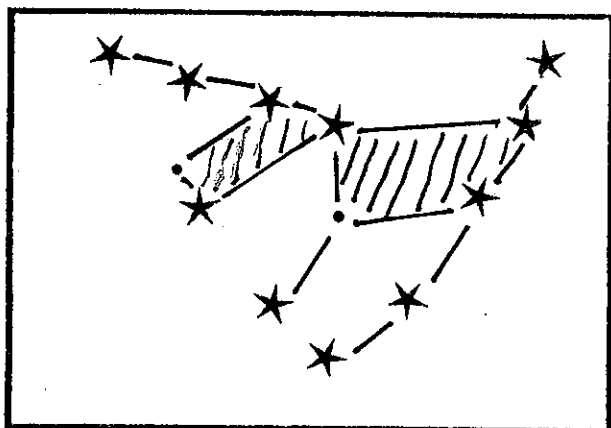
הכוכבים במזל זה הם חלשים יחסית.

כידוע, קרני השמש הן חלשות ביותר בחודש זה (ינואר) בו מופיע מזל גדי. הסיבה לכך היא שאפילו בשעת הצהריים מגיעה השמש לגובה הנמוך ביותר מעל לאופק במשך השנה כלה. לכן קרני השמש הן "קרורות" יותר. כלומר, השמש אמנם זורחת ושוקעת כרגיל בכל יום, אלא שבימי החורף היא אינה עולה הרבה מעל לאופק.

ומדוע גדי דוקא? יש אומרים כי גוף הגדי (או העז) בנוי כך שיוכלו לטפס בקלות על סלעי ההרים. וכך מקוים שגם השמש "תטפס" בחזרה לגבהים של הקיץ, וכאשר היא תהיה גבוהה היא תחמם את העולם.

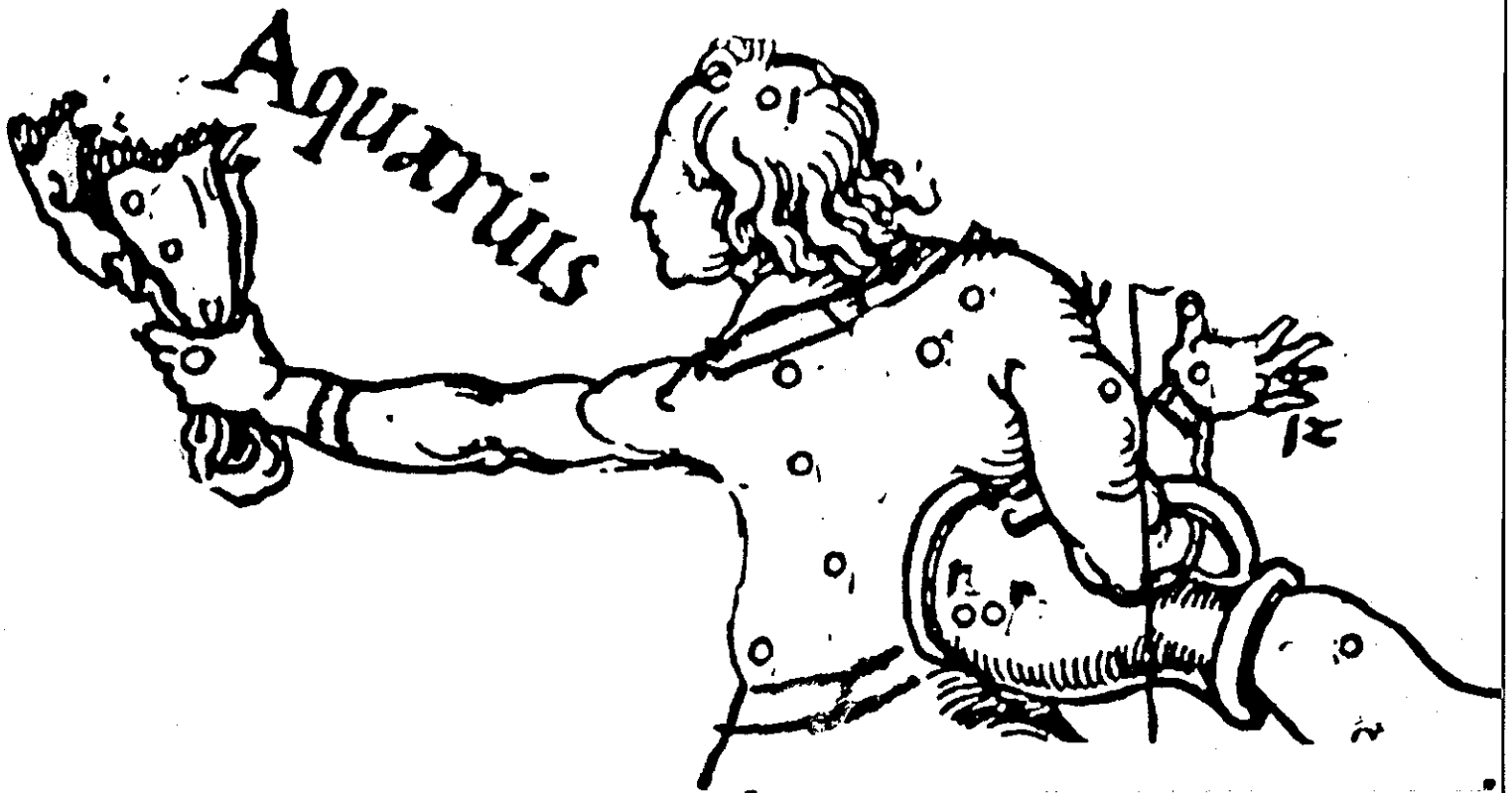


תמונה 54: כוכבים במזל גדי.



תמונה 55: חיבור הכוכבים במזל גדי.

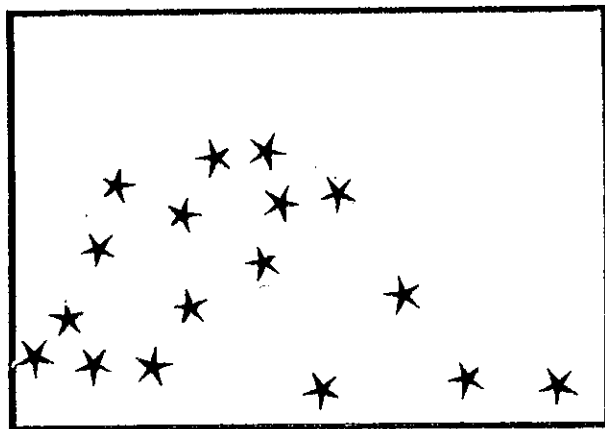
# מזל "דלי"



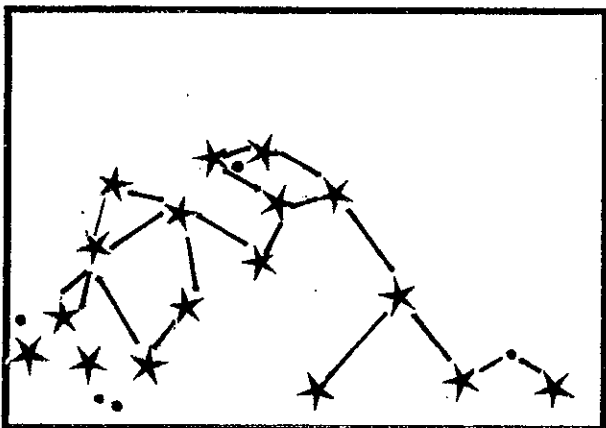
חודש שבט. מזל דלי. הדלי מסמל את ירידת רוב גשמי השנה והשקיית  
 השדות ממים הנשאבים.

## ז. מזל דלי

39. מזל דלי הוא סמל למים. ואכן, צורת המזל הזה הוא אדם השופך מים מתוך דלי. הוא מבטא את עונת הגשמים הכבדים בחודש שבט (פברואר).  
 תמונה 56 מראה את הכוכבים במזל זה, ותמונה 57 כיצד מחברים אותם לצורה של אדם השופך מים מדלי.  
 גרם השמים המענין ביותר במזל זה אינו כוכב אלא דווקא ערפילית. סימונה האסטרונומי של ערפילית זו הוא NGC 7293. היא דומה לערפילית הנבל שראינו קודם. זהו גוש של גז (כמו אויר צבעוני) בצורת טבעת המקיפה כוכב מרכזי. לערפילית זו יש צבעים מרהיבים של ירוק כחול ואדום. משערים שבאחד השלבים של חיי הכוכב המרכזי הוא פשוט "זרק" את האטמוספירה מסביבו, וזו יצרה את צורת הטבעת של הגזים סביב לו מרחקה מאתנו הוא "זרק" 100 שנות אור. (ראה צילום של ערפילית הנבל, תמונה 34).



תמונה 56: הכוכבים במזל דלי.



תמונה 57: חיבור הכוכבים במזל דלי

# מזל "דגים"



חודש אדר. מזל דגים. בחודש זה מתרבים הדגים בימים ובנהרות.

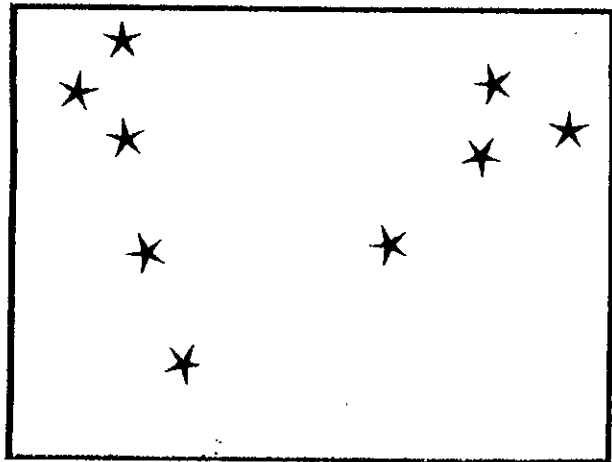


## ח. מזל דגים

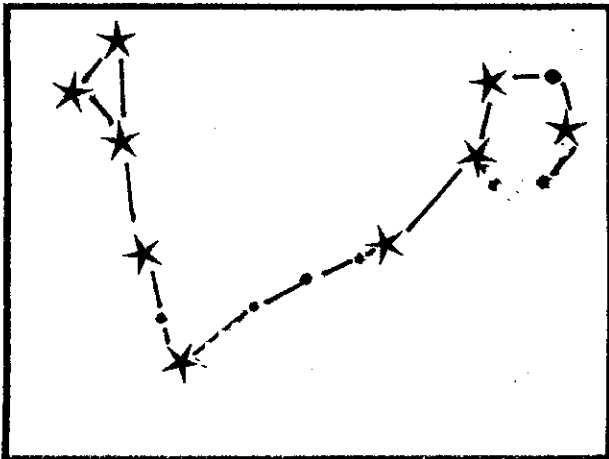
40. מזל דגים מופיע בשמי הלילה של האביב בחודש אדר (מרץ). כמו המזל בחודש הקודם, מזל דלי, גם הוא מסמל את שפע המים של סוף עונת הגשמים. הכוכבים בקבוצה זו הם חלשים יחסית וצורתם היא כדלהלן (תמונה 58):

חיבור הקוים מראה צורה של V המחברת בקצותיה שני דגים (תמונה 59).

האסטרונומים גילו במזל זה כוכב מיוחד המכונה בשם "ננס לבן". מדוע הוא נקרא כך? מתברר כי כוכב זה שמו "כוכב ואן מאנן" על שם מגלה) הוא כוכב שצבעו לבן (ראינו כבר כי לכוכבים יש צבעים שונים כגון: כחול, צהוב, אדום!) אשר היה פעם בגודלה של השמש אולם הוא התכווץ עם הזמן עד לגודל של כדור הארץ. הוא "הולך ומזקין" בצורה איטית. הוא כל כך צפוף עד שכפית אחת של חומר ממנו שוקלת כמו מכונית! בכל אופן הוא נקרא "ננס" בגלל גודלו הזעיר. "ולבן בגלל שצבעו לבן, וכן שמו "ננס לבן". מרחקו מאתנו הוא ארבע עשרה שנות אור. כיום ידועים כמה אלפים של "ננסים לבנים" כאלה בשמים.



תמונה 59: חיבור הכוכבים במזל דגים.



תמונה 58: הכוכבים במזל דגים.

# מזל "תאומים"



חודש סיון. מזל תאומים. מרמז על משה ואהרון שהיו שקולים כאחד ועל ידיהם ניתנה התורה לישראל. "ויחן שם ישראל" – שניתחברו עם הקב"ה כתאומים.

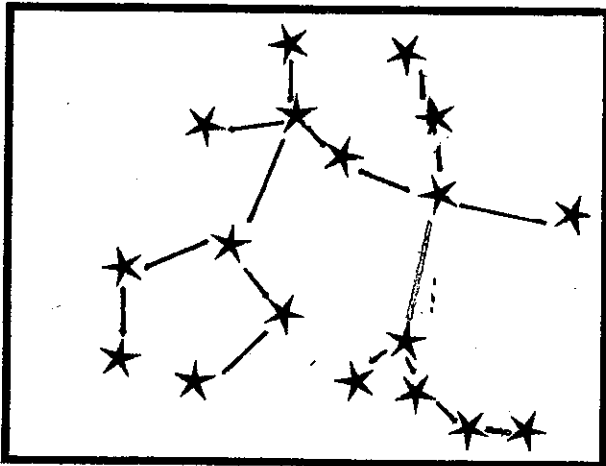
## ט. מזל תאומים

41. עתה נתאר את מזל "תאומים" (תמונה 60).

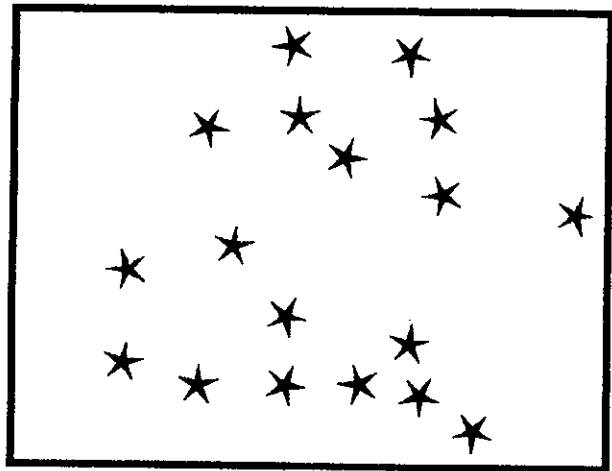
תמונה 61 מראה כיצד מחברים את הכוכבים:

שימו לב כי יש בו שלושה כוכבים בהירים: שניים למעלה ואחד למטה. כל כוכב בהיר למעלה הוא "ראש" של אחד מהתאומים. הכוכב הבהיר למטה הוא בכף הרגל של אחד מהתאומים.

לשני הכוכבים הבהירים שבראשים קוראים בשם "קסטור" ו"פולוקס".

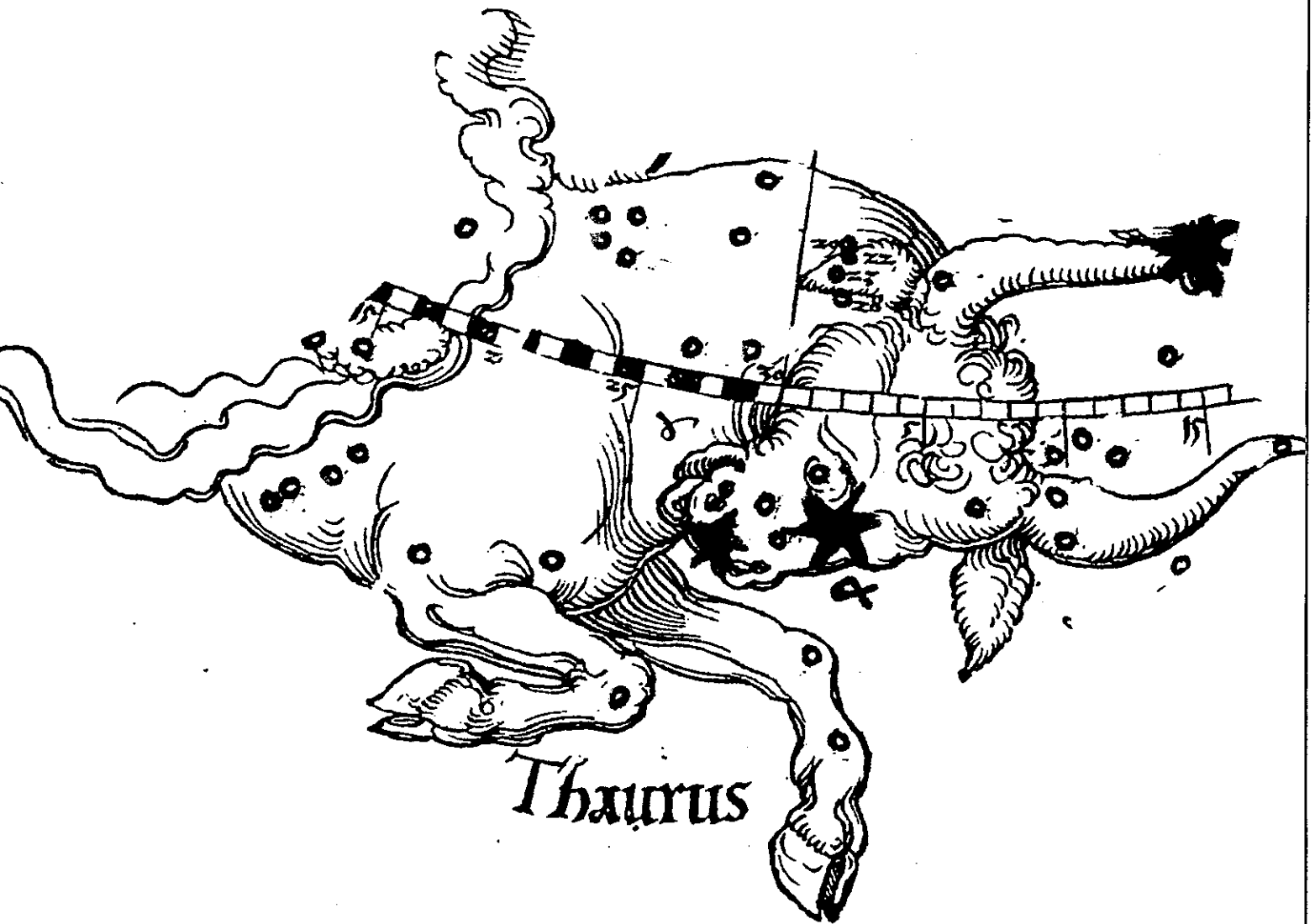


תמונה 61: חיבור הכוכבים במזל תאומים.



תמונה 60: הכוכבים במזל תאומים.

# מזל "שור"



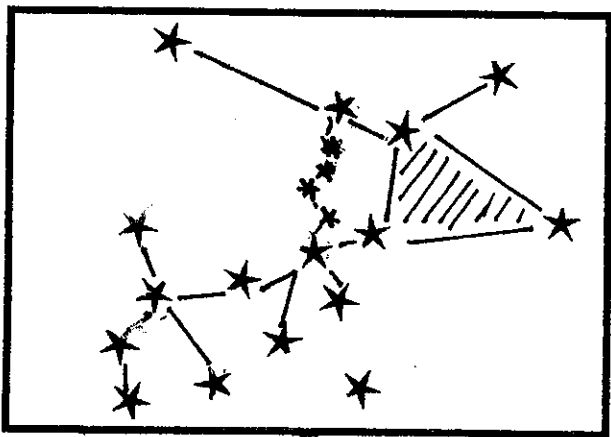
חודש אייר. מזל שור. זמן עונת קצירת התבואה. היו נעזרים בשור לקצירה ולדישה, וכן בתקופה זו השור מוצא שובעו בעשב השדה.

## י. מזל שור

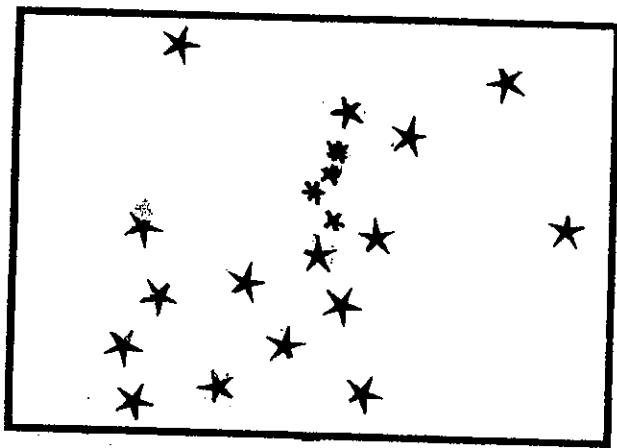
42. כבר הכרנו מזל זה קודם בסעיף 6. נתאר אותו כאן שוב. זהו איזור בשמים הנראה בחורף, רואים קבוצת כוכבים חלשה ובמרכזה כוכב בהיר מאד הנקרא בשם "אלדבראן".

תמונה 62 מראה את הכוכבים במזל זה ותמונה 63 מראה את חיבור הכוכבים. בציור הבא אפשר לראות "צורה של שור". שימו לב לכוכב הבהיר ביותר במרכז. הכוכב הזה נחשב ל"עין השור", זהו הכוכב "אלדבראן".

כבר ראינו (סעיף 8) כי בקצה השמאלי העליון ישנה קבוצת כוכבים חלשה מאד הנקראת בשם "הפליאדים", או בעברית "כימה".

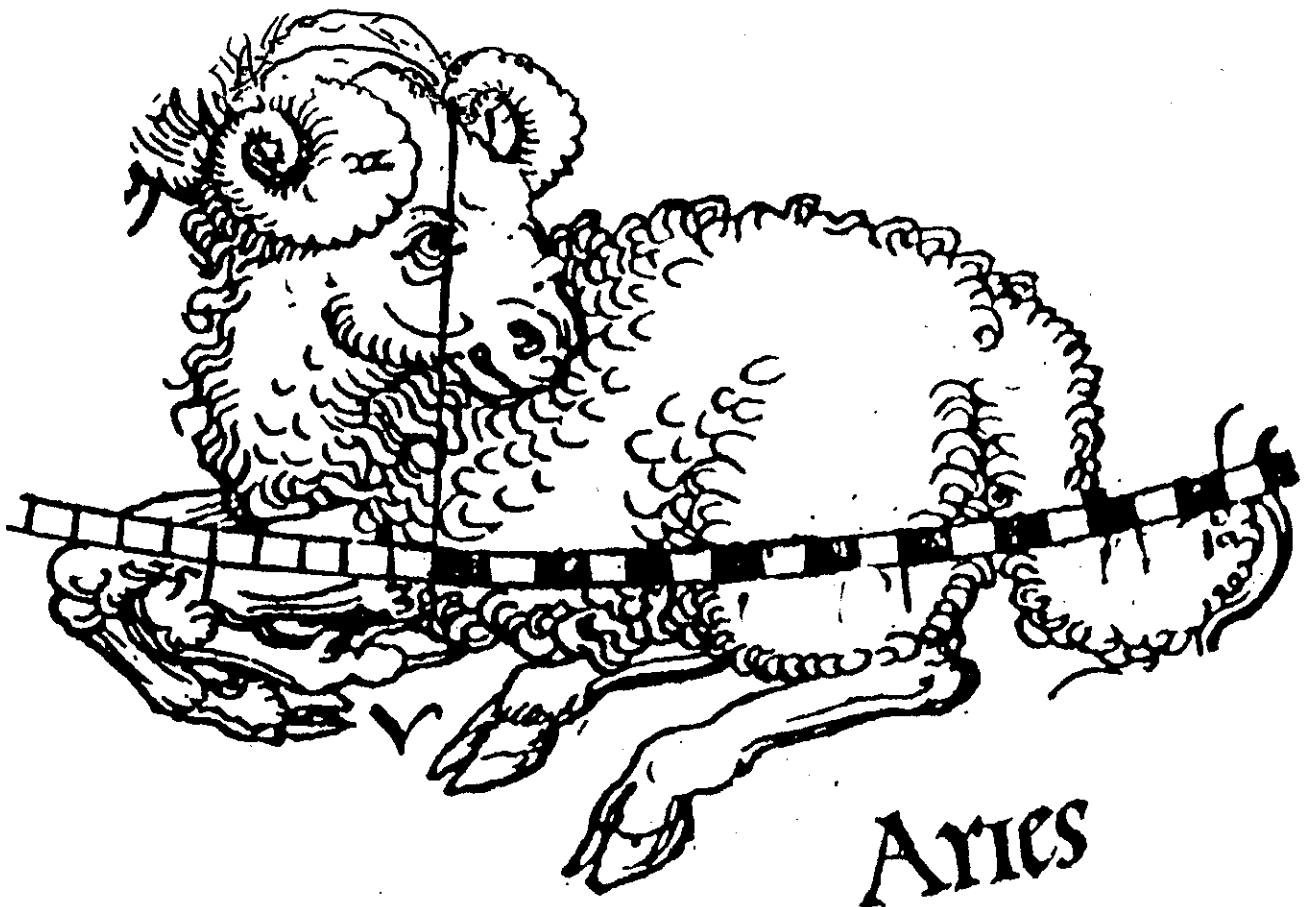


תמונה 63: חיבור הכוכבים במזל שור.



תמונה 62: הכוכבים במזל שור.

# מזל "טלה"

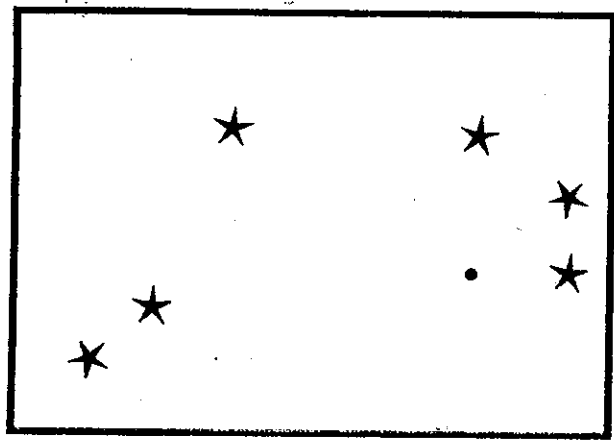


**Aries**

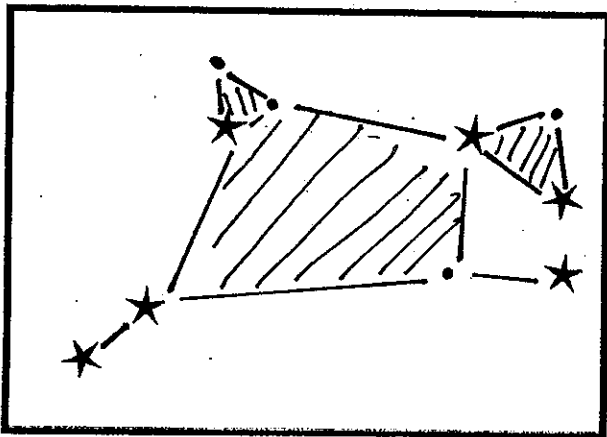
חודש ניסן. מזל טלה. בחודש זה נראים טלאים רבים וכן לרמז על הטלה של מצרים, שה לבית אבות.

## י"א. מזל טלה

43. מזל טלה מופיע באביב בחודש ניסן (אפריל). בני ישראל שחטו את הפסח, דהיינו את הכבש, לעיני מצרים בדיוק בחודש שבו המזל זה נמצא בשיאו בשמים, וזו היתה גם כוונתם- "לשחוט" גם את סמל אלוהיהם בשמים לעיניהם של המצרים. קבוצת הכוכבים במזל טלה אינה מרשימה במיוחד. יש בה כוכב אחד בהיר יחסית, בשם הערבי "חמאל" דהיינו, טלה בעברית. מפת הכוכבים במזל טלה היא כדלהלן (תמונה 64): חיבור הקוים נותן צורת טלה, כאשר הכוכב הבהיר "חמאל" הוא בעורף הטלה (תמונה 65). צבעו של הכוכב "חמאל" הוא צהוב, כלומר, כמו השמש שלנו כפי שראינו קודם בסעיף 6. האסטרונומים יודעים להסיק מכך שהטמפרטורה של שפתו היא כ-6000 מעלות חם. כזכור, צבעי הכוכבים "מסגירים" את הטמפרטורה שלהם. אם כוכב הוא כחול, סימן שהטמפרטורה שלו מגיעה לכ-20.000 מעלות חם. פרט לכך, הכוכב "חמאל" הוא "סופר ענק". קוטרו הוא פי 1000 מזה של השמש. אולם, בגלל מרחקו מאתנו (כ-75 שנות אור) הוא נראה לנו בכל זאת כנקודת אור זעירה בשמי הלילה.

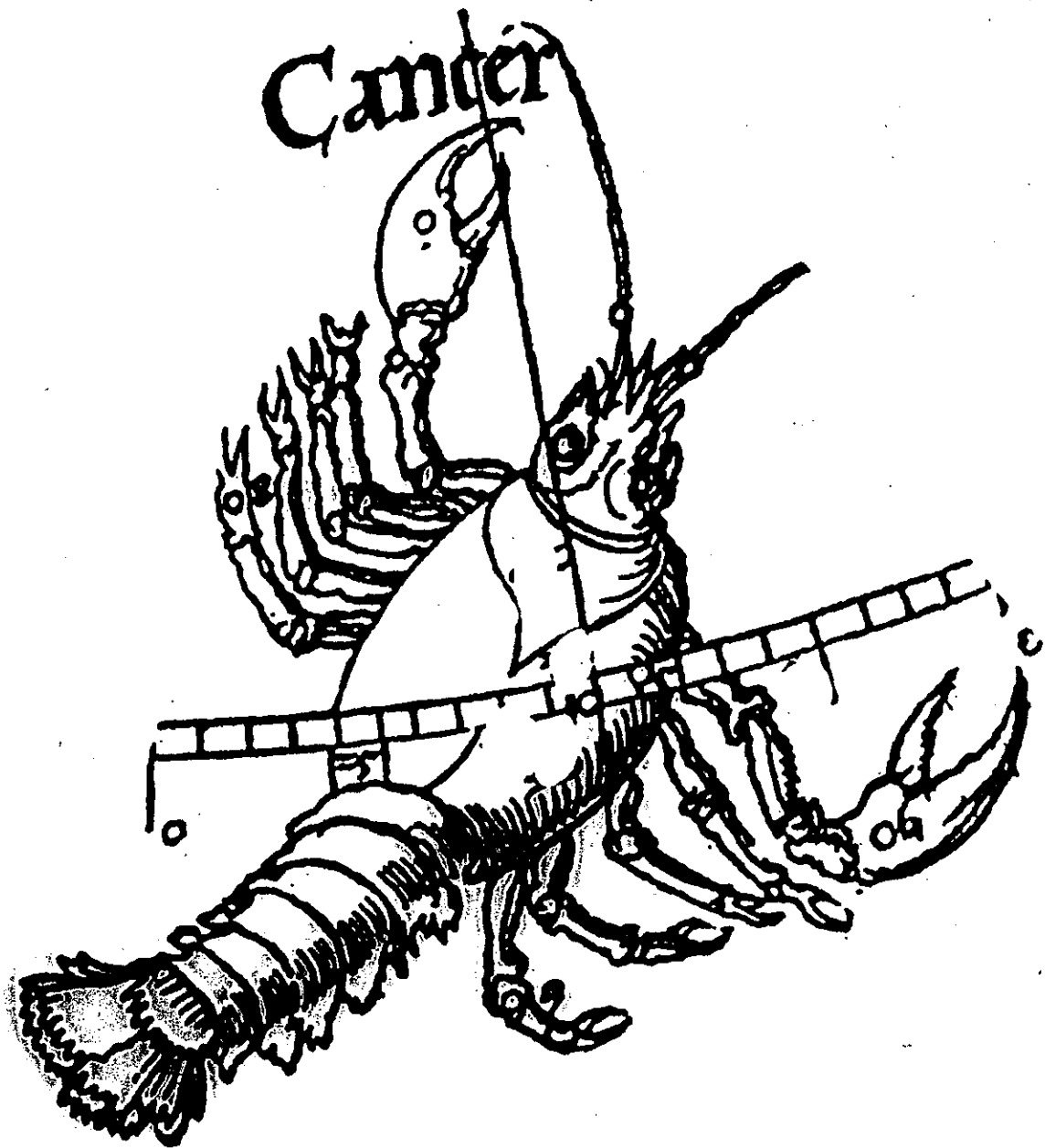


תמונה 64: הכוכבים במזל טלה.



תמונה 65: חיבור הכוכבים במזל טלה.

# מזל "סרטן"



חודש תמוז. מזל סרטן. מתרבים הסרטנים בחודש זה. רז"ל מצאו רמז:  
 תשש כוחה של חמה כסרטן זה ההולך אחורנית.



## י"ב. מזל סרטן

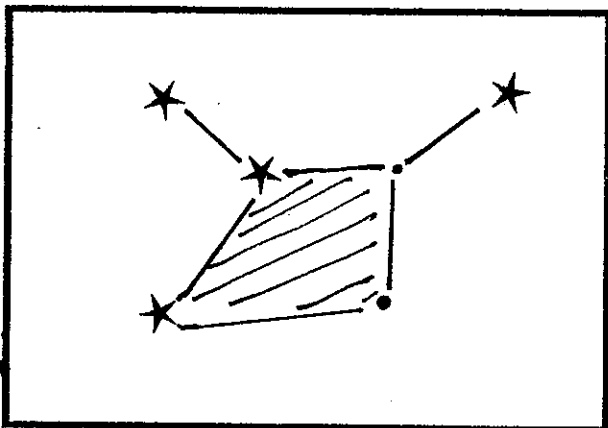
44. מזל סרטן הוא מזל המופיע באמצע הקיץ. גם הוא נמוך מאד בשמים. צורתו העיקרית היא כמעט מלבנית עם שתי צבתות על "ידייו".

קבוצת הכוכבים העיקרית במזל סרטן היא כמו בתמונה 66.

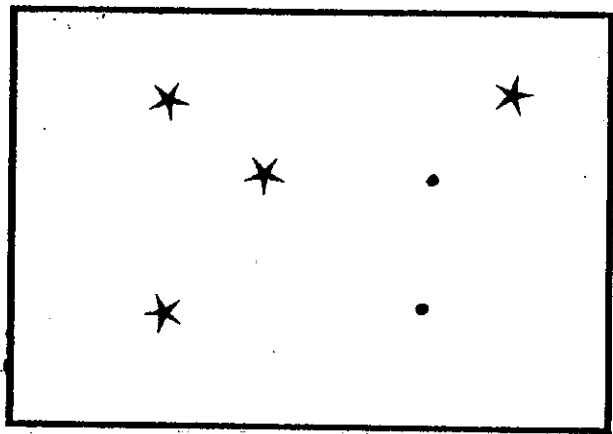
חיבורה בקוים ישרים נותנת צורה של סרטן כמו בתמונה 67.

שימו לב לשני כוכבים מעל המלבן שהם העיניים שלו. שני כוכבים אחרים נמצאים על שתי הצבתות.

מזל סרטן אינו מזל מיוחד בשמים, כי הכוכבים בו הם חלשים יחסית. חשיבותו היתה דוקא בזמנים קדומים יותר. לפני כאלפיים שנה היתה השמש מגיעה לנקודה הגבוהה ביותר שלה בקיץ, על רקע מזל זה. אולם בגלל הסיבובים המיוחדים של ציר כדור הארץ, הרי כיום השמש אינה מגיעה לשם באותה עונה.



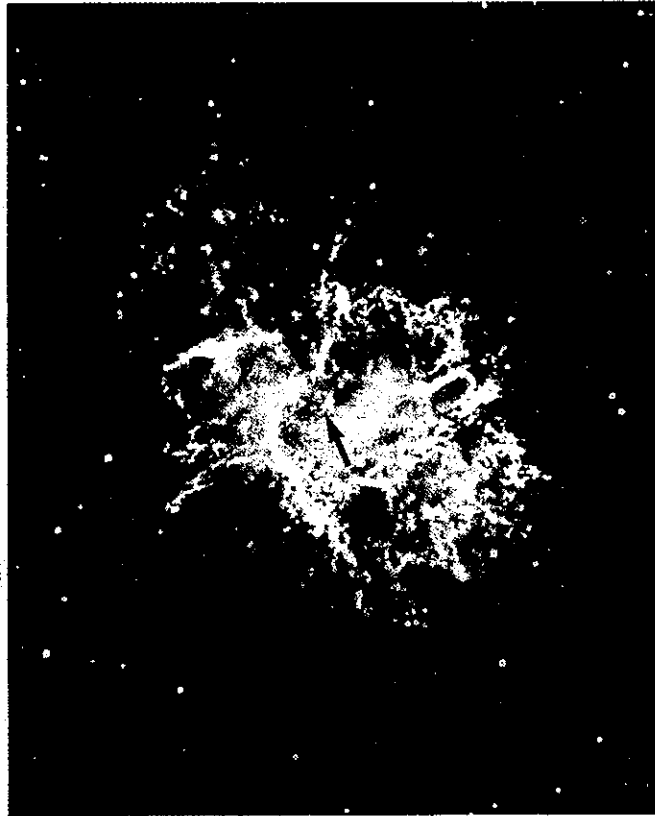
תמונה 67: חיבור הכוכבים במזל סרטן.



תמונה 66: הכוכבים במזל סרטן.

## י"ג. ערפילית הסרטן

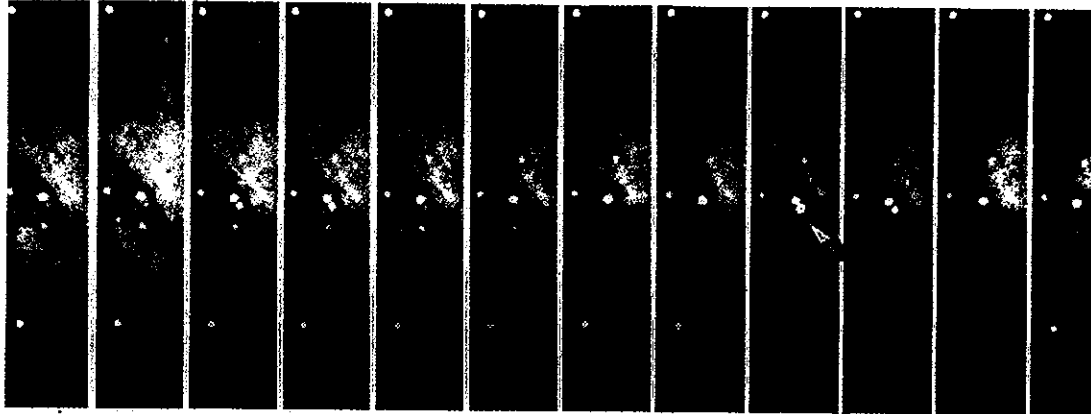
במזל סרטן נתגלתה ערפילית מעניינת ביותר הנקראת בשם "ערפילית הסרטן" (תמונה 68). זהו ענן של גזים גדול מאד המעיד על התפוצצות אדירה שקרתה שם לפני כ-900 שנה (הסינים ראו זאת בתחילה).



תמונה 68: צילום של ערפיליות הסרטן. במרכזה הכוכב המנצנץ (מסומן בחץ).

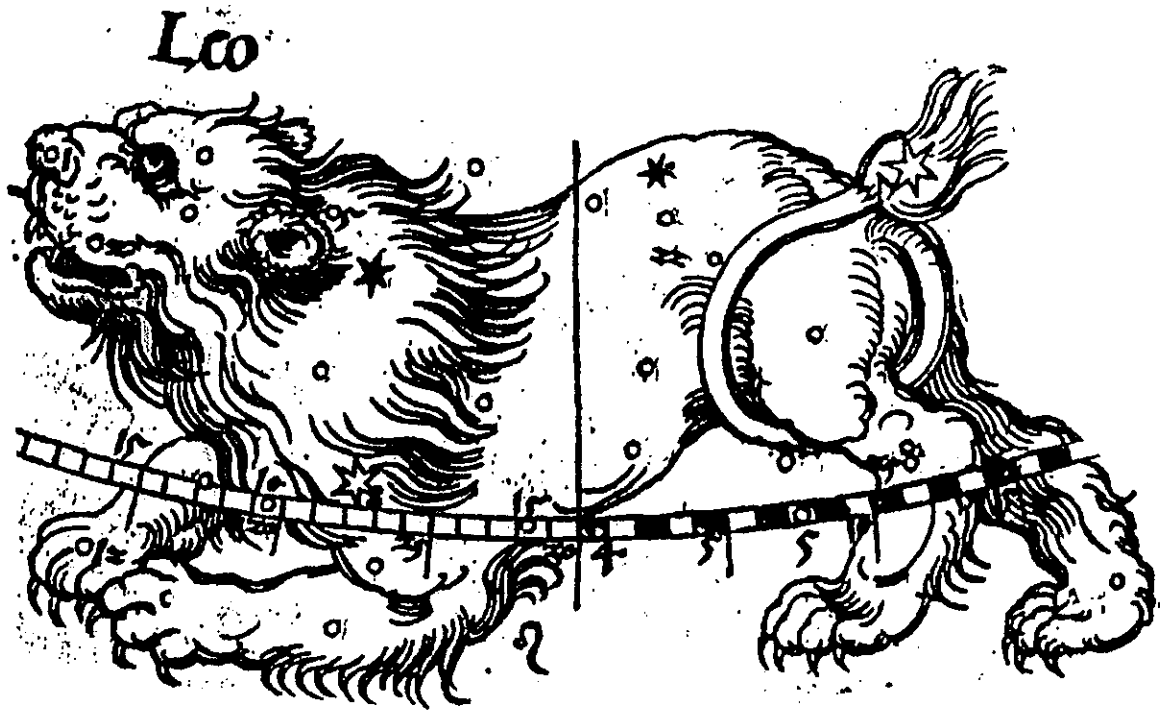
במרכזה של הערפילית ישנו כוכב זעיר ביותר (מסומן בתמונה בחץ). המיוחד בכוכב זה הוא שהוא משנה את עוצמת אורו במהירות עצומה של כאלף פעמים בשניה אחת! בכדי לקלוט את השינויים המהירים האלה היו צריכים להשתמש בשיטות מיוחדות. ואכן בתמונה 69

רואים סדרה של צילומים אשר בהם משנה הכוכב המסומן בחץ את עוצמת אורו מצילום לצילום. הוא משדר גם גלי רדיו באותה מהירות זו. האסטרונומים קוראים לכוכבים מהירים אלה בשם "פולסאר". כיום משערים שזהו כוכב זעיר אבל דחוס ביותר המסתובב במהירות אדירה סביב עצמו כמו סביבון מהיר מאד.



**תמונה 69: צילומים מהירים של כוכב המנצנץ כאלף פעם בשניה מסומן בחץ.**

# מזל "אריה"

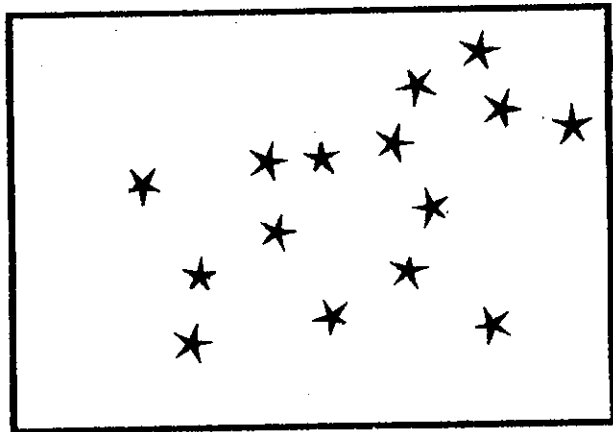


חודש אב. מזל אריה. זמן האריה בעונה זו. וכן בזמן זה שישע שמשון את האריה.

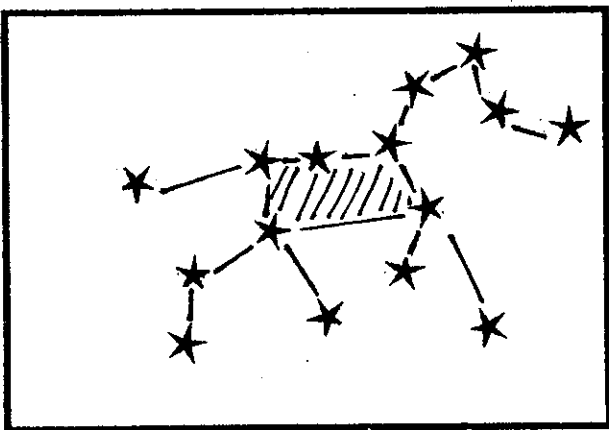
האריה נבוכדנצר החריב המקדש בחודש זה. והקב"ה המכונה אריה יבוא בחודש זה ויבנה המקדש שנאמר: "והפכתי אבלם לששון".

### י"ד. מזל אריה

45. נתבונן באוסף הכוכבים בציור הבא (תמונה 70) אם אפשר לחבר את הכוכבים בקוים כך שתקבל צורה מוכרת?  
 תמונה 71 מראה כי אפשר לשרטט צורה של אריה, ובאמת זוהי צורת המזל אריה בשמים.



תמונה 70: הכוכבים במזל אריה.



תמונה 71: חיבור הכוכבים במזל אריה.

# מזל "בתולה"



חודש אלול. מזל בתולה. חודש התשובה שבו ראוי חז"ל את בתולת ישראל אשר הנביא ירמיה קורא אליה: "שובי בתולת ישראל". שהיא כמו נערה שובבה החוזרת להקב"ה.

## ט"ו. מזל בתולה

46. נתאר את מזל בתולה. מזל זה מופיע בתחילת הקיץ ונשאר עד לתחילת החורף. הוא נראה בכוון דרום.

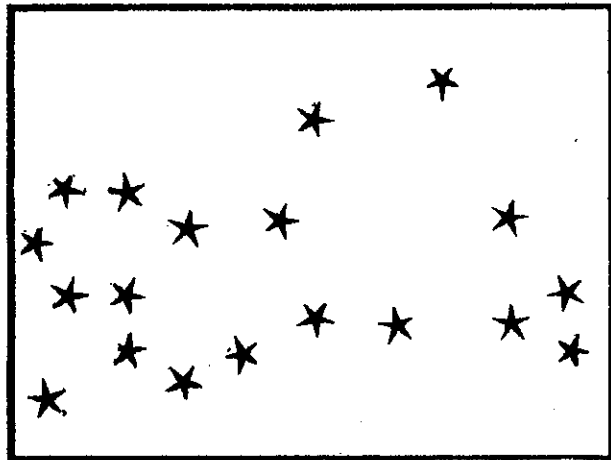
תמונה 72 מראה את הכוכבים העיקריים השייכים למזל זה. הכוכב הבהיר ביותר נקרא בשם "ספיקה" ומרחקו מאתנו הוא 190 שנות האור. כלומר, האור הנפלט מכוכב זה מגיע אלינו לאחר 190 שנה.

האם תוכלו לחבר את הכוכבים האלה בקווים ישרים ולקבל דמות של אדם? הנה הפתרון (תמונה 73):

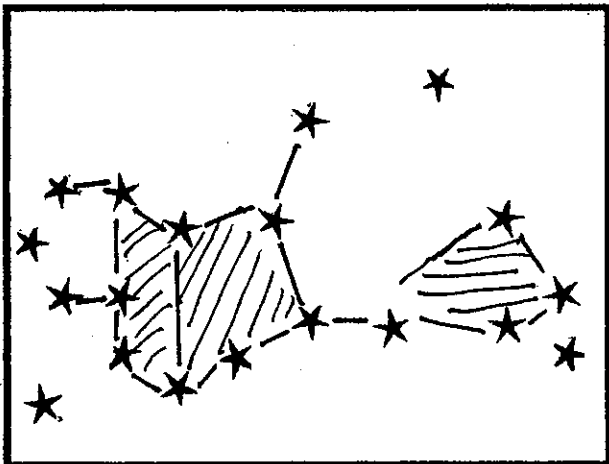
שימו לב כי היד מונפת כלפי מעלה.

אגב, מזל בתולה קרוב מאוד למזל אריה ולמעשה הראש של מזל בתולה נמצא ליד הזנב של מזל אריה.

במדרש מסופר על חבורת רשעים שרדפו אחרי נערה אבל היא נמלטה מידם ונשארה בטהרתה. לכן קבעו כביכול את דמותה הטהורה בשמים.



תמונה 72: הכוכבים במזל בתולה.



תמונה 73: חיבור הכוכבים במזל בתולה.

## ט"ז. פס המזלות

47. גזור כל אחד משנים עשר המזלות הנ"ל (נמצאים בגיליון נפרד) והדבק אותם משני עבריה של כרטיסיה או מלבן מבריסטול.  
 אחרי שתאסוף שתים עשרה כרטיסיות כאלה יהיה לך אוסף של כל שנים עשר המזלות כאשר בצד אחד ציור הכוכבים בלבד, ובצד שני השרטוט של המזל המתאים לו.  
 48. לפניך גיליון נפרד של סדרת ציורים של שנים עשר המזלות. גזור פס קרטון ברוחב של 8 ס"מ ובאורך 70 ס"מ. גזור גם את שנים עשר המזלות שבגיליון, ורשום בראש כל אחד מהם באיזה עונה מעונות השנה הוא נראה לנו. הדבק את שנים עשר המזלות זה ליד זה לאורך פס הקרטון ברווחים שווים.

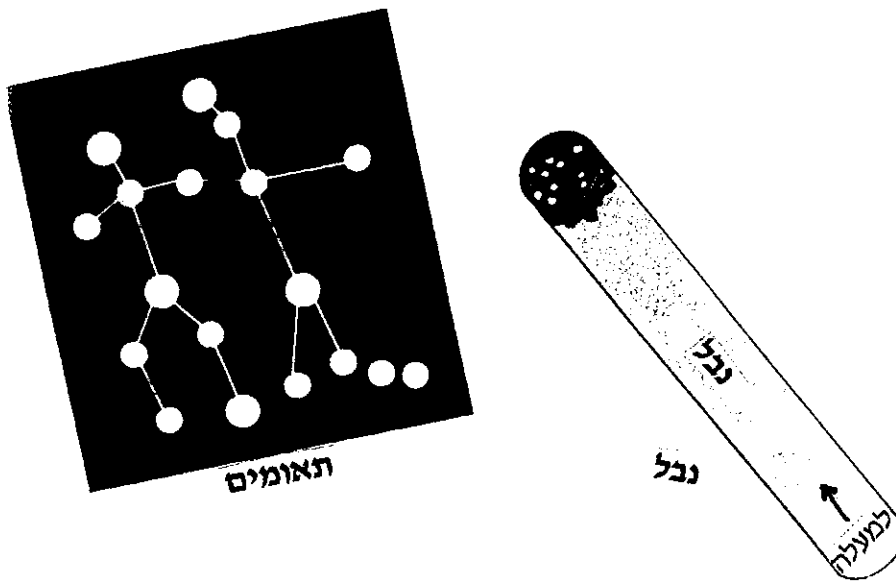
עתה קפל את פס הקרטון לצורת גלגל (כמו בתמונה 39) כאשר צורות המזלות הן מבחוץ והדבק את שני קצותיו בסלוטייפ.  
 כך קבלת את "גלגל המזלות".  
 49. \* \* לפניך שתי רשימות.  
 הרשימה מימין היא רשימת מזלות.  
 התאם לכל מזל את המילה המתאימה לו ברשימה השנייה ע"י מתיחת קו ביניהם.

עקרב	ערפילית הנבל
מאזניים	מרכז שביל החלב
קשת	תשרי
דלי	אלדבראן
תאומים	חמאל
בתולה	אנטרס
שור	קסטור ופולוקס
טלה	ספיקה



50. עתה תרכיב את "משקפת המזלות".

קח פיסת קרטון שחור דק ונקב בו חורים כמו אלה של אחד המזלות, כגון תאומים (תמונה 74). חבר אותו בעזרת גומיה אל קצהו של גליל קרטון (כמו זה הנמצא בבית). זוהי "משקפת המזלות". תוכל לנקב חורים של קבוצות שונות ולצפות בהם במשקפת מול חלון מואר. תוכל גם לעשות משקפת נפרדת לכל מזל ומזל.



תמונה 74: משקפת המזלות.

מצא את שמות כל 12 המזלות  
(בכוונים למעלה, למטה, באלכסון, ישר והפוך)

				ס					
			י						
ו	ה	ג	ק						מ
ח	ד	ק	ש						א
י	ל	ד	ת	ג	ב	א	ט	ז	
ס	י	מ	ו	א	ת	ל	ש	נ	
מ	ב	ר	ק	ע	ה	ת	ס	י	
ו	ה	ת	ר	ש	ש	ק	ר	ס	
ה	ל	ו	ת	ב	ו	א	ט	ז	
נ	מ	ל	כ	י	ר	ט	ן	ח	
		י	צ	י	ע	ס			
			ה	ע	ט				

52. לפניך מפת כוכבים של כל השמים (תמונה 75). קח שקף המראה את קבוצות הכוכבים והנח אותו על גבי מפת הכוכבים הזו בדיוק, כך שארבע הנקודות בארבע פינות השקף יפלו בדיוק על אותן ארבע הנקודות שבמפת הכוכבים. זהה את כל שנים עשר המזלות בזה אחר זה. חבר בקווים ישרים את הכוכבים של 12 המזלות שבמפה.

## י"ז. הטעמים לשמות המזלות

53. חודש תשרי. מזל מאזניים. המאזניים מסמלים את ימי הדין בהם נמדדים המצוות והעבירות.

חודש חשוון. מזל עקרב. העולם צמא במר-חשוון למים כעקרב (עוקצו של העקרב מונח בתוך שביל החלב (תמונה 76).

חודש כסליו. מזל קשת. הגשמים ניתכים כחצים של קשת וכן יש ריבוי גשמים, והשמש זורחת, שמש וגשם נראים ביחד ועל ידי כך נראית גם צורת קשת בענן על כל צבעיה. גם מזל קשת נמצא בתוך שביל החלב (תמונה 76).

חודש טבת. מזל גדי. בזמן זה הגדיים יוצאים למרעה.

חודש שבט. מזל דלי. הדלי מסמל את ירידת רוב גשמי השנה והשקיית השדות ממים הנשאבים.

חודש אדר. מזל דגים. בחודש זה מתרבים הדגים בימים ובנהרות.

חודש ניסן. מזל טלה. בחודש זה נראים טלאים רבים וכן לרמז על הטלה של מצרים, שה לבית אבות.

חודש אייר. מזל שור. זמן עונת קצירת התבואה. היו נעזרים בשור לקצירה ולדישה, וכן בתקופה זו השור מוצא שובעו בעשב השדה.

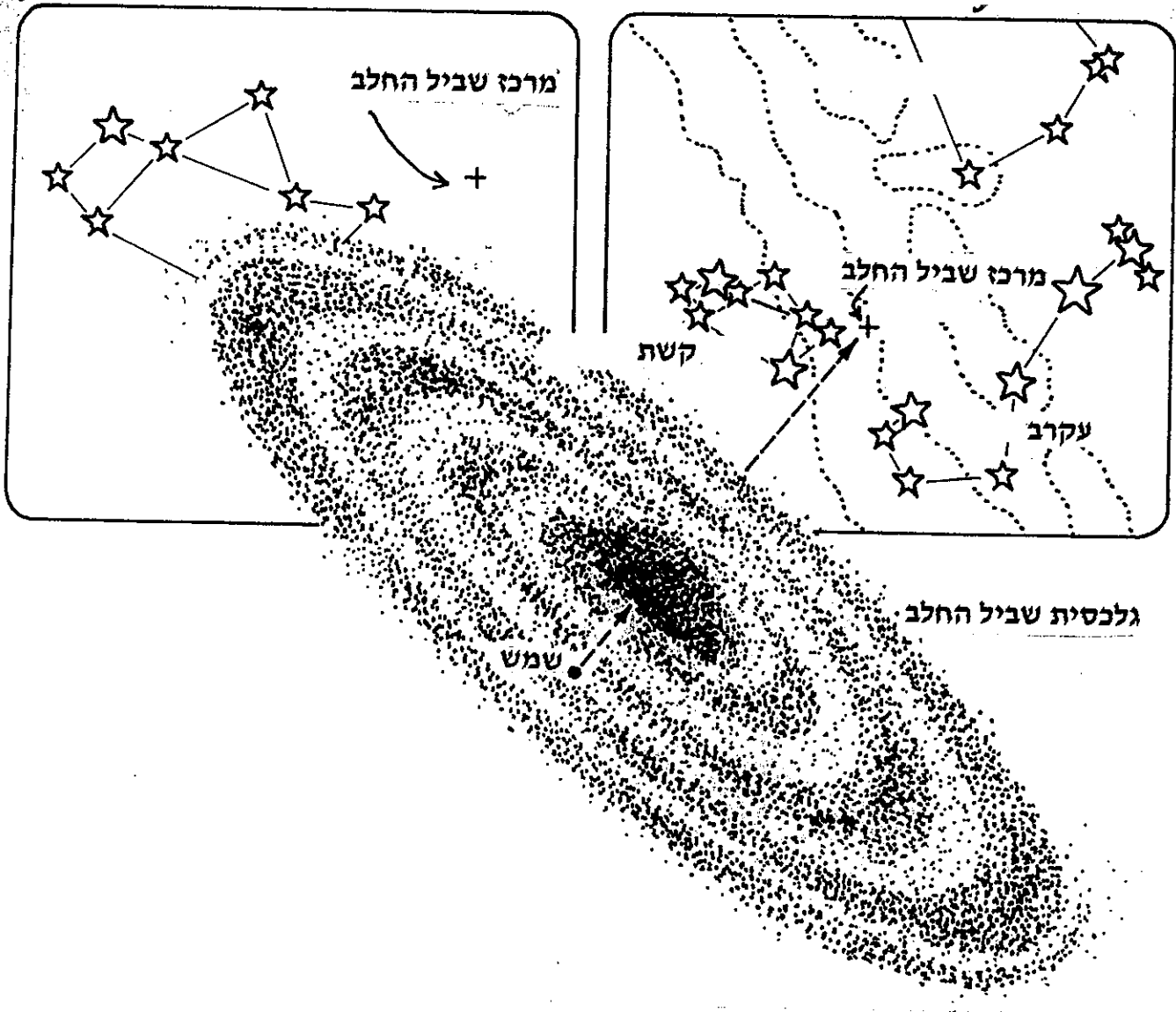
חודש סיון. מזל תאומים. מרמז על משה ואהרון שהיו שקולים כאחד ועל ידיהם ניתנה התורה לישראל. "ויחן שם ישראל" – שניתחברו עם הקב"ה כתאומים.

חודש תמוז. מזל סרטן. מתרבים הסרטנים בחודש זה. רז"ל מצאו רמז: תשש כוחה של חמה כסרטן זה ההולך אחורנית.

חודש אב. מזל אריה. זמן האריה בעונה זו. וכן בזמן זה שיסע שמשון את האריה.

האריה נבוכדנצר החריב המקדש בחודש זה. והקב"ה המכונה אריה יבוא בחודש זה ויבנה המקדש שנאמר: "והפכתי אבלם לששון".

חודש אלול. מזל בתולה. חודש התשובה שבו ראו חז"ל את בתולת ישראל אשר הנביא ירמיה קורא אליה: "שובי בתולת ישראל". שהיא כמו נערה שובבה החוזרת להקב"ה.



תמונה 76: שני המזלות עקרב וקשת נמצאים קרוב מאוד  
למרכז שביל החלב.

## י"ח. אסטרוולוגיה: ישראל הם מעל למזלות

54. אומרים חז"ל שעם ישראל הם מעל למזלות, כלומר, המזלות אינם שולטים בעם ישראל.

אברהם אבינו היה הראשון שיצא מתחת להשפעת המזלות. המדרש מספר שאברהם אבינו היה אסטרוולוג גדול, כלומר הוא ידע להסתכל בכוכבים ולאמר את המזלות של בני אדם. כך הוא ראה בעצמו במזלות שהוא ושרה אמנו לא יביאו ילדים לעולם. אבל הקב"ה אמר לו: צא מאיצטגונות שלך (כלומר צא ועזוב את האסטרוולוגיה שלך) והעלהו למעלה מהכוכבים, כלומר מעתה הוא מעל המזלות. ואמר לו עוד: הבט נא השמימה וספור את הכוכבים, כך יהיו ילדיך לרוב על פני האדמה. אמנם אברם ושרי (בלי האות ה') אינם מולידים ילדים, אבל אני מוסיף לך אות ה' בשמכם, ותקראו עתה אברהם ושרה, ועם שני השמות החדשים האלה אתם תולידו ילדים. וכך היה ונולד יצחק אבינו.

כתוב בספר הזוהר, כי גם עם ישראל, בני בנים של אברהם אבינו, קבלו גם הם אות ה' בעצמם כאשר עמדו על הר סיני וקיבלו את חמישה חומשי תורה (אות ה' בגימטריא היא חמש), כלומר גם בהם יש סימן של האות ה' כמו אברהם אבינו, ולכן גם בהם לא שולטים המזלות. אבל, אם הם עוזבים את התורה ח"ו, אז הם נתונים תחת שליטת הכוכבים והמזלות, כמו כל הגויים. אבל יהודי המקיים את התורה והמצוות הוא קשור ישירות להקב"ה שהוא הוא השולט היחיד בכל המזלות והוא משנה אותם לפי מסירותו של היהודי אל התורה. לכן אין שום אמת בהורוסקופים האומרים מה יהיה גורלו של היהודי, כי הוא מעל המזלות, ועבורו אין בהם כל ממש. חז"ל מביאים מדרשים רבים על כך שצדקה ותפילה לקב"ה משחררים את היהודי מהשפעת המזלות עליהם.

והנה מספר מדרשי חז"ל המעידים על כך:

מסופר בגמרא שבת כי היה אדם בשם אבלט שידע להסתכל בכוכבים ולאמר מה יקרה לבני אדם. פעם אחת פגש אבלט את שמואל (רב חשוב שחי בבבל) ואמר לו: אדם זה, שהולך כעת לפנינו, הולך לשדה אבל לא יחזור משם לביתו, כי נחש יהרוג אותו בדרך. אמר לו שמואל: אם אדם זה הוא יהודי – אז בוודאי ילך לבטח לדרכו, ויחזור לביתו לשלום (שאין מזל לישראל ותועיל לו תפילה). ישבו שניהם יחד, והאיש ההוא הלך לשדה, ומאוחר יותר שב מן השדה. כשראה אבלט שהאיש חזר בלא כל פגע, הלך ולקח ממנו את השחת שנשא על שכמו. ומצא נחש חתוך לשתי חתיכות, שאדם זה קצץ אותו בשעת קציצת הקנים, והוא למעשה לא ידע דבר מזה. שמואל הבין שיהודי זה הוא כנראה בעל מעשים טובים שהצילו אותו. אמר שמואל לזה האיש: מה מעשה טוב עשית? ענה לו: כל יום אנו מטילין פת לסל

לכל החבורה שלנו ואחר כך מחלקים שוב בינינו. ואדם אחד אוסף בהתחלה את הפת מכל אחד ואחד ונותנם לסל, וכך הוא מנהגנו. והיום, היה אדם אחד מבינינו שלא היה לו לחם לתת לתוך הסל, והיתה לו בושה לאכול עמנו. מה עשיתי? מיניתי את עצמי להיות האוסף של הפת מהחבורה היום, ולקחתי מכולם, וכשהגעתי לאדם זה, העמדתי פנים שאני גובה ממנו את חלקו, אך למעשה, לא גביתי ממנו כי לא היה לו, אלא נתתי את חלקו משלי, והם סברו שבאמת לקחתי ממנו, וכתוצאה ממעשה זה, לא התבייש אדם זה לאכול עמנו. אמר לו שמואל: מצווה עשית. יצא שמואל ודרש: "וצדקה תציל ממוות" – ולא ממיתה משונה, אלא ממיתה עצמה.

וסיפור דומה לזה מובא במדרש תנחומא, ובו מוכח שעל ידי מצוות ותפילות, ניתן לשנות את הגזירות: מעשה היה ברבי ינאי ורבי יוחנן, שהיו יושבים בטבריה, והיו שם שני אסטרולוגים (חוזים בכוכבים) הם ראו שם שני יהודים יוצאים למלאכתם. אמרו האסטרולוגים: אותם שני האנשים ימותו על ידי נחש. שמעו זאת רבי ינאי ורבי יוחנן. מה עשו? ישבו על פתח העיר וחיכו לראות אם יחזרו שני היהודים האלה בחיים. ובאמת הם חזרו ללא פגע, ראו אותם רבי ינאי ורבי יוחנן, ואמרו לאסטרולוגים: לא אמרתם ששני האנשים הללו יוצאים לעבודה ואינם חוזרים חיים, שהנחש הורג אותם? אמרו להם: הרי יצאו בשלום ונכנסו בשלום. היו האסטרולוגים מביטים בהם: אמרו לנו מה עשיתם ביום הזה. אמרו להם: לא עשינו דבר, אלא כשם שהיינו רגילים לעשות. קראנו קריאת שמע והתפללנו שמונה עשרה. אמרו להם האסטרולוגים: יהודים אתם. אין דברי האסטרולוגים מתקיימים בכם, שאתם יהודים.

מעשה נוסף עם רבי עקיבא והבת שלו (וגם ממנו מוכח שאין מזל לישראל) מובא שם בגמרא בשבת: מעשה ברבי עקיבא, שאמרו לו החוזים בכוכבים שביום שבתו תיכנס לחופה – תמות על ידי נחש. ר' עקיבא דאג לה רבות בגלל הדבר הזה. ביום חופתה, לקחה ביתו תכשיט שלה, שהיה עגול ויש בו מחט, שהנשים תופרות בו את בדיהן, ונעצה את התכשיט הזה בכותל. בלי שתדע כלל בזמן שנעצה את התכשיט, דקרה נחש שהיה מצוי בכותל, והיא לא ראתה אותו. למחרת בבוקר, כשבאה לקחת את התכשיט, התלוי בכותל ראתה שהנחש כרוך בתכשיט והוא מת. כשבא אביה וראה שעודנה בחיים, שאל אותה: מה מעשה טוב עשית, שזכית להינצל וגם להרוג את הנחש? אמרה לו: אתמול לעת ערב בא עני אחד וקרא על הפתח לצדקה, והיו כולם טרודים בהכנת הסעודה, ולא הטו אוזניהם אליו לשמוע את בקשתו. עמדתי אני, ולקחתי חלק מהסעודה שנתת לי קודם ונתתי לו. אמר לה ר' עקיבא: אם כן, עשית מצווה כזו, לכן ניצלת ממיתה, דכתיב: "וצדקה תציל ממוות" – ולא ממיתה משונה, אלא ממיתה עצמה.

## שאלות לתלמיד

## המזלות

1. חז"ל קראו לכל הכוכבים וגם לקבוצות כוכבים בשם "מזלות" כי:
  - א. אין להם השפעה על בני אדם.
  - ב. פירוש המילה "אזיל" בארמית היא "הולך", והכוכבים זזים במשך הלילה.
  - ג. יש להם השפעה על חיות.
2. שנים עשר המזלות הם:
  - א. קבוצות גדולות של כוכבים.
  - ב. קבוצות מפורזות מאד של כוכבים בשמים.
  - ג. שתים עשרה קבוצות כוכבים מתוך 88 קבוצות.
3. רשום לפי סדר את שנים עשר המזלות החל ממזל טלה וכן ראשי התיבות שלהם בקבוצות של 3 אותיות.
 

1.	2.	3.	4.
_____	_____	_____	_____
5.	6.	7.	8.
_____	_____	_____	_____
9.	10.	11.	12.
_____	_____	_____	_____

ראשי התיבות הן: (בקבוצות של 3 אותיות)

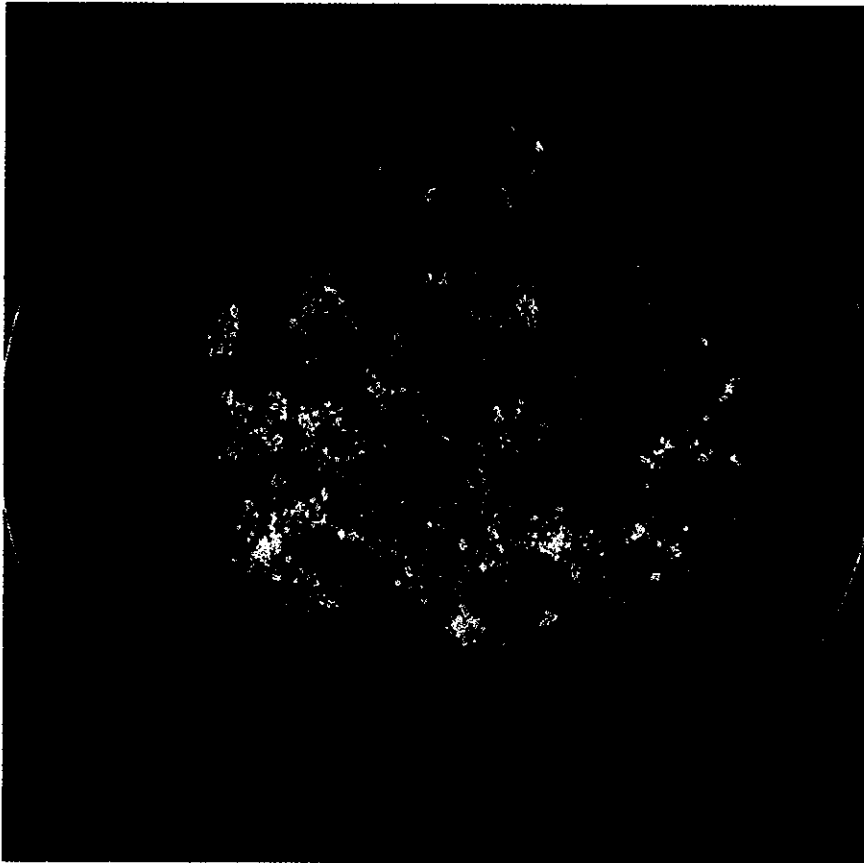
  1. טש"ת \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_ 3. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_
  4. האסטרונוגיה (אסטרו – לוגיה) היא נושא:
    - א. חקר הכוכבים.
    - ב. אשר בו מקשרים בין המזלות בשמים וגורל בני אדם.
    - ג. מדידת מרחקים אל הכוכבים.
  5. פירוש המשפט "אין מזל לישראל" הוא:
    - א. אין השפעה למזלות על עם ישראל.
    - ב. לעם ישראל יש השגחה.
    - ג. ההיסטוריה של עם ישראל ארוכה מאד.
  6. "אין מזל לישראל" כי:
    - א. הגויים מציקים לעם ישראל.
    - ב. הקב"ה הוא המשגיח על ישראל ולא המזלות.
    - ג. המלאכים הם המשנים את המזלות.



## פרק רביעי: היקום

### א. עולם הגלכסיות וגודל היקום

55. אחת השאלות המעניינות היא האם יש סוף לכוכבים. כלומר, האם יש מקום אשר מעברו השני אין יותר כוכבים ושם כאילו סוף העולם. ראינו כבר קודם שהכוכבים אינם מפוזרים במקרה בחלל, אלא הם מאוגדים ביחד בקבוצות ענקיות הנקראות בשם גלכסיות. בכל גלכסיה כזאת יש מיליארדי כוכבים. בין הגלכסיות ישנו חלל ריק לחלוטין. העולם כולו מלא בגלכסיות אין ספור (ראה תמונה 77) האמת היא שעד היום לא ראו שיש סוף למספר הגלכסיות. בכל פעם שבונים טלסקופ יותר גדול וצופים בגלכסיות, רואים תמיד שיש יותר ויותר גלכסיות רחוקות והן אינן "נגמרות"!

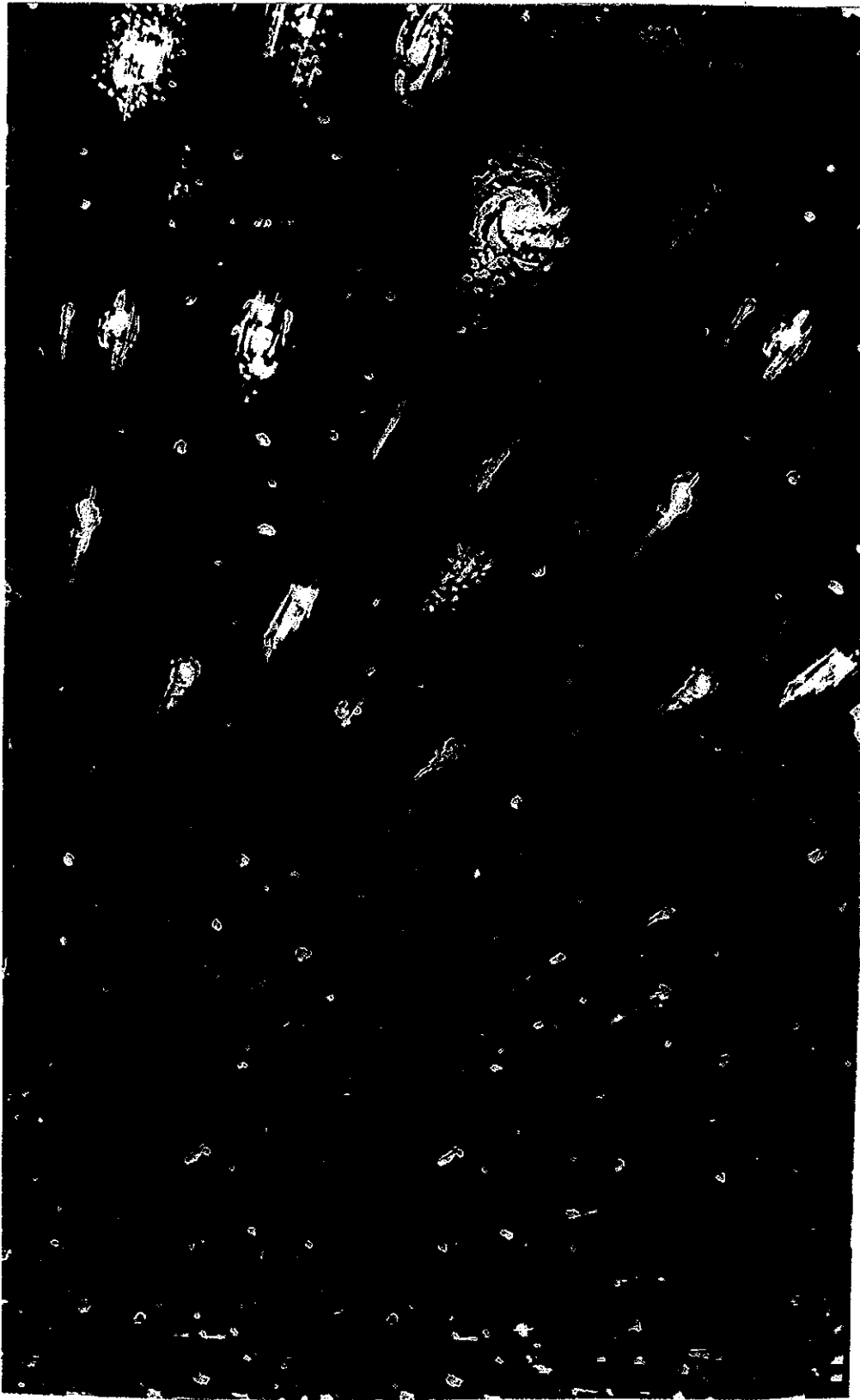


חז"ל ידעו שהעולם מסודר בקבוצות גדולות מאד של כוכבים, ועל זה יעיד המדרש הבא: במסכת ברכות (ל"ד) מתלוננת כנסת ישראל על הקב"ה שעזב ושכח אותה והשאיר את עם ישראל בניה בגלות. בצר לה היא פונה לקב"ה שירחם על בניה ויגאל אותה ואותם. היא אומרת לו שכאלו הקב"ה בחר לו אישה אחרת והוא עזב ושכח אותה, את אשתו הראשונה. משיב לה הקב"ה שאין זה נכון, שהוא לא שכח אותה כלל, כי את כל העולם כלו ואת הכוכבים והמזלות הוא ברא במעשה בראשית רק בשבילה ולכבודתה. הוא ברא שנים עשר מזלות ברקיע ובכל אחד ואחד הוא ברא בתוכו שלושים צבאות של כוכבים, ובכל צבא כזה ברא שישים לגיונות של כוכבים, ובכל לגיון ברא שלושים חטיבות, ובכל חטיבה ברא שלושים אוגדות, ובכל אוגדה ברא שלושים מחנות, ובכל מחנה ברא שלוש מאות וחמישה אלף ריבוא כוכבים, וכלן לא ברא אלא בשביל כנסת ישראל, אז איך היא אומרת שהקב"ה עזב ושכח אותה!!

אנו רואים שהקב"ה ברא עולם גדול מאד ומלא בכוכבים בכל מקום עד אין ספור, וכל זה לכבודם של כנסת ישראל ובניה. וכוכבים אלה מסודרים מערכות מערכות, בדומה לגלכסיות וקבוצות של גלכסיות, וקבוצות של קבוצות של גלכסיות וכך עד אין סוף כמו שמתאר המדרש. אבל בינתיים אין רואים בטלסקופים את קצהו של היקום כאילו הוא מלא בגלכסיות עד אינסוף.

### **ב. התפשטות היקום**

כאשר ברא הקב"ה את העולם במעשה בראשית היו השמים נמתחים והולכים עד שאמר להם די, ועל כן נקרא שמו "שדי", שאמר לשמים די, ועמדו השמים מלהתפשט (חגיגה י"ב). אבל הטלסקופים שלנו היום, אפילו אלה המשייטים בחלל, עוד לא ראו את הקצה של העולם, ובכל מקום שצופים בשמי הלילה רואים גלכסיות יותר ויותר רחוקות. אחת התגליות המעניינות ביותר באסטרונומיה כיום היא שהגלכסיות כלן מתרחקות במהירות זו מזו, וכל העולם כאילו מתפשט בחלל כמו בלון (ראה תמונה 78) כמו במדרש לעיל. תופעה זו של התפשטות העולם רואים בכל הגלכסיות ביקום אפילו הרחוקות ביותר מאתנו. בגלל זה האסטרונומים קוראים לעולם שלנו בשם "עולם המתפשט" או כאילו העולם כלו בתהליך של "התפוצצות אדירה" מאז ששת ימי בראשית. הטלסקופים כיום צפו בגלכסיות במרחק רב מאתנו. כיום צופים בטלסקופים בגלכסיות הנמצאות במרחק של כעשרה מיליארד שנות אור! אכן הקב"ה ברא עולם עצום בגודלו, וכל זה הוא עשה בשישה ימים בלבד, וביום השביעי שבת וינפש.



תמונה 78: ציור דמיוני של "התפשטות היקום".

## ג. הרקיעים

האסטרונומים משערים שבין כל שתי גלקסיות ביקום פועל כח משיכה הדדי כמו שראינו כבר בכוכבים. אבל כל מה שאנו רואים בשמים בעינינו הם גרמי שמים מוחשיים וגשמיים. אבל חז"ל תיארו גם עולם רוחני אחר שיש בו שבעה "רקיעים". אבל רקיעים אלה אינם דברים שאפשר לראות בעיניים כמו הכוכבים והגלקסיות כי הם רוחניים, (כמו עולם המלאכים, העולם הבא, גן עדן וכו'). הקב"ה תלה את השמש הירח והכוכבים ברקיע השני, אבל מרחקו של הרקיע השני מאתנו אינו קיים במציאות, כי הוא כלו רוחני בלבד, והקב"ה תלה את גרמי השמים גם בעולמנו אנו, וגם "תלה" אותם ברקיע השני הרוחני הזה, ורקיע שני זה אינו נמצא באיזה שהוא מקום בין הכוכבים, אלא הוא כלו רוחני בלבד. יש לשים לב גם כי שבעת הרקיעים אינם שבעת הגלגלים של כוכבי הלכת במערכת השמש, אלא כאמור הם מושגים רוחניים בלבד.

## ד. יצורים חיים במרחבי היקום

56. ראינו כי היקום מלא במיליארדי כוכבים. כל כוכב דומה לשמש שלנו פחות או יותר, ולכן נשאלת השאלה אם אפשר למצוא גם כוכבי לכת מסביבם כמו כדור הארץ שלנו, וכן אם יש עליהם חיים כל שהם (אפילו תולעים או חידקים).

החיפוש אחרי יצורים חיים בכוכבים החל כבר לפני כמה שנים, כאשר נשלחה חללית מיוחדת שנחתה על פני כוכב הלכת מאדים ובדקה אם בעפר שורצים שם חיים כל שהם. התוצאות היו שליליות. לאחרונה נמצאו מים על פני כוכב לכת זה (מתחת לפני הקרקע), וזה נותן תקוות שאולי בכל זאת יימצאו שם צורות חיים כל שהן. בעתיד מתכננים לשלוח חלליות נוספות אשר יבדקו בצורה מדוקדקת יותר את פני הקרקע שם. תמונה... מראה צורות תולעים כביכול שנמצאו בסלע קטן שנפל מכוכב הלכת מאדים על כדור הארץ. עד עתה לא ברור אם אלה הם באמת שרידים של תולעים או עצמים דוממים בלבד הדומים לתולעים.

האסטרונומים מנסים לבדוק אם ישנם כוכבים אחרים, מחוץ למערכת השמש, שיש עליהם חיים. אבל הטלסקופים שלהם כיום עדיין אינם מסוגלין לראות כוכבים כל כך קטנים כמו כדור הארץ שלנו, וכל שכן יבשות או ימים על פניהם. לכן, הם מתרכזים כיום בחיפוש אחרי מערכות שמש דומות לשלנו, דהיינו כוכב מרכזי (כמו השמש) אשר מסביב לו כוכבי לכת המקיפים אותו.

אכן, לפני כעשר שנים החלו בחיפושים אחרי מערכות שמש דומות לשלנו, ועד עתה נמצאו כשמונים כוכבים שיש מסביבם כוכבי לכת, אם כי כוכבי הלכת עצמם לא נראו ממש בטלסקופים.

עתה מתכננים טלסקופים גדולים אשר ישייטו בחלל מחוץ לכדור הארץ, ואשר יוכלו להבחין ממש בכוכבי הלכת האלה. מטרתם של טלסקופים אלה תהיה לגלות קודם כל אם יש מים על פני כוכבי לכת אלה, שהוא התנאי הראשון לקיום חיים, וכמובן גם חמצן ודו תחמוצת הפחמן: שלושת היסודות האלה הם תנאי הכרחי לקיומם של חיים הדומים לשלנו.

האסטרונומים מנסים גם ליצור קשר עם אוכלוסיות נבונות כל שהן על פני כוכבים. הם שלחו מספר פעמים גלי רדיו חזקים לכוון של צביר כוכבים כדורי (ראה תמונה 11) מתוך תקווה שגלי הרדיו יפגעו בכוכב אחד שם, ואולי גם יענו לנו בחזרה. כל זה נראה אמנם דמיוני ביותר, אבל גם בזה ניסו האסטרונומים את ידיהם. נוסף על זה, בכל יום ישנם מספר רדיו טלסקופים הקולטים תשדורות רדיו מן החלל החיצון, ומנסים לפענח האם יש בהם מסר כל שהוא עבורנו. עד עתה לא נמצא דבר.

ישנם גם סיפורים רבים על כך שייצורים חיים כאלה נחתו על כדור הארץ. מסופר שהם באו על גבי חלליות כביכול מהחלל החיצון גם נפגשו כאן עם בני אדם ואף שוחחו אתם. חלליות אלה הן עגולות בצורת צלחת ומאירות באור חזק ומהן יורדים כביכול ייצורים אלה על כדור הארץ. רוב הסיפורים האלה שנבדקו לא היה בהם שום אמת. בכל אופן, לחלליות הזוהרות האלו, כביכול, קוראים בשם עב"מ, שהם ראשי תיבות של המילים "עצם בלתי מזוהה". אמנם רואים לפעמים בפועל אורות חזקים כאלה בצורת "צלחת מעופפת" בשמים, אבל הפירוש לכך שאלו ממש חלליות עם נוסעים מן החלל החיצון בתוכם, עוד לא הוכח עד היום. בכתבי חז"ל אנו מוצאים מספר דיעות בנושא זה. יש כאלה השוללים לחלוטין קיומם של חיים מחוץ לכדור הארץ, כי הקב"ה ברא אותם אך ורק על פני כדור הארץ במעשה בראשית. אבל, ישנן דעות אחרות האומרות כי יתכנו חיים על פני כוכבים אחרים, כגון הכוכב בשם "מרוז" שהוזכר בשירת דבורה, וכאילו תושבי כוכב זה היו צריכים לעזור ולא עזרו, ולכן הם קוללו ע"י דבורה הנביאה (שופטים ה', כ"ג): "אורו מרוז אמר מלאך ה', אורו ארור יושביה כי לא באו לעזרת ה' בגיבורים". וישנה סברה (בגמרא) שמרוז הוא שם של כוכב.

גם בספר הזוהר ניתן אולי לפרש קטע מסוים המציין כביכול שיש כוכבים רחוקים שיש להם מערכת של כוכבי לכת מסביבם כמו זו שלנו. אבל גם זו אינה אלא סברה.

לסיכום, עד עתה לא נמצאו הוכחות ברורות לקיומם של יצורים חיים כל שהם בחלל החיצון, אבל המחקרים בנושא זה בשנים הבאות יימשכו, ואולי יהיו גם התפתחויות מעניינות.

## שאלות לתלמיד

## היקום והחיים

1. גלכסיה היא:

א. סוג של כוכבים.

ב. מיליארדים של כוכבים וערפיליות הקשורים זה לזה בכח משיכה.

ג. עננים המשייטים בחלל בין הכוכבים.

2. העולם שלנו מלא בגלכסיות אין ספור. האם ראו האסטרונומים אם יש סוף לגלכסיות?

א. כן.

ב. לא.

ג. אין תשובה.

3. הקב"ה ברא את העולם כלו וכל הגלכסיות אשר בו:

א. בשניה אחת.

ב. ביום אחד.

ג. בשישה ימים.

4. "התפשטות היקום" פירושו הוא:

א. כל הגלכסיות מוציאות את המסכים שעליהם.

ב. כל הגלכסיות מתרחקות זו מזו במהירות עצומה.

ג. הגלכסיות לא יחזרו לעולם למקומן הראשון.

5. שבעת הרקיעים הם:

א. מושגים רוחניים.

ב. שבע תקרות הנמצאות בשמים.

ג. המסלולים של שבעת כוכבי הלכת בשמים.

6. מהו עב"מ?

תשובה: \_\_\_\_\_

7. האם מצאו חיים כל שהם על פני כוכבים אחרים?

א. כן.

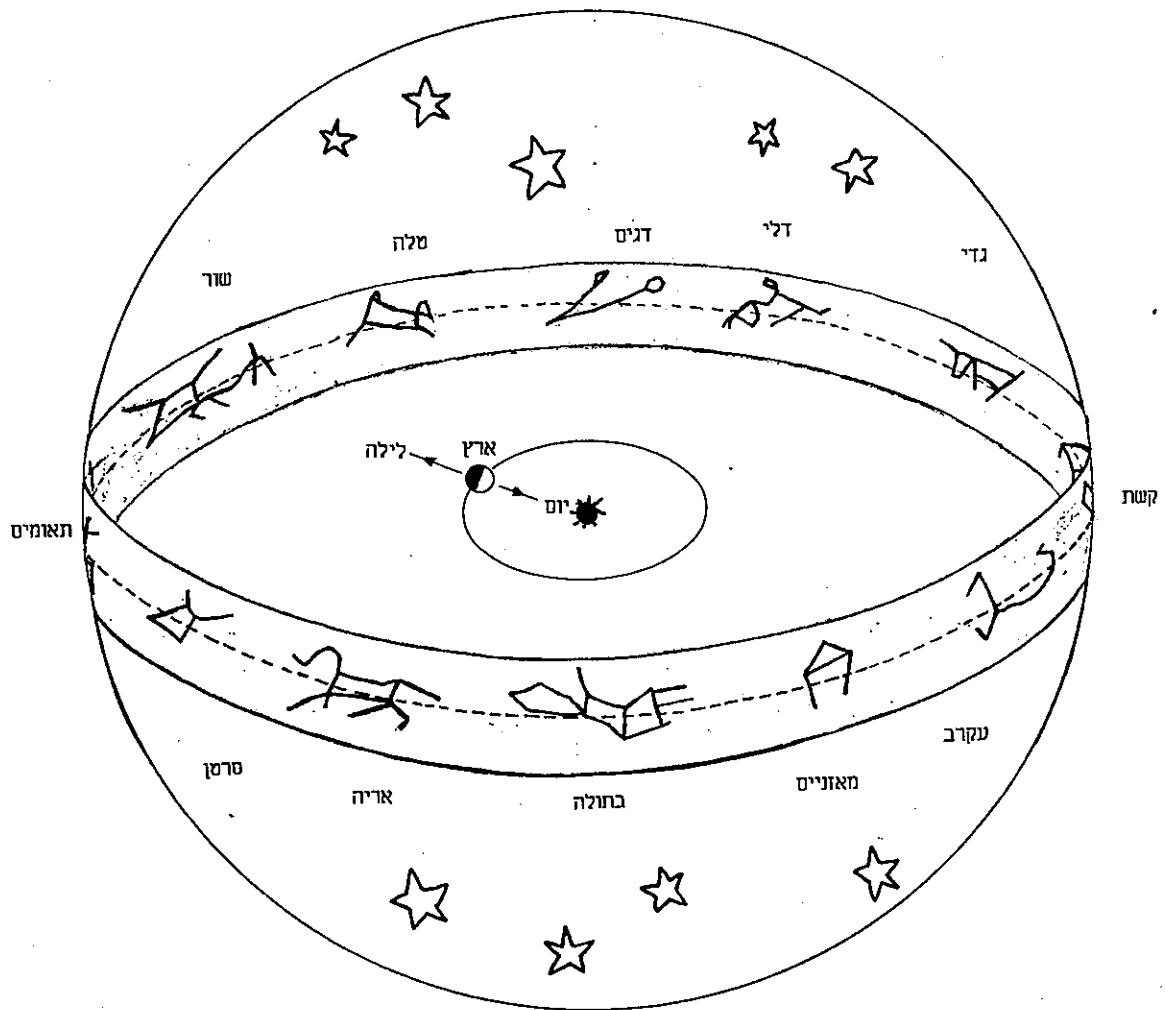
ב. לא.

ג. כן, על פני כדור הארץ.

## נספח

שנים עשר המזלות

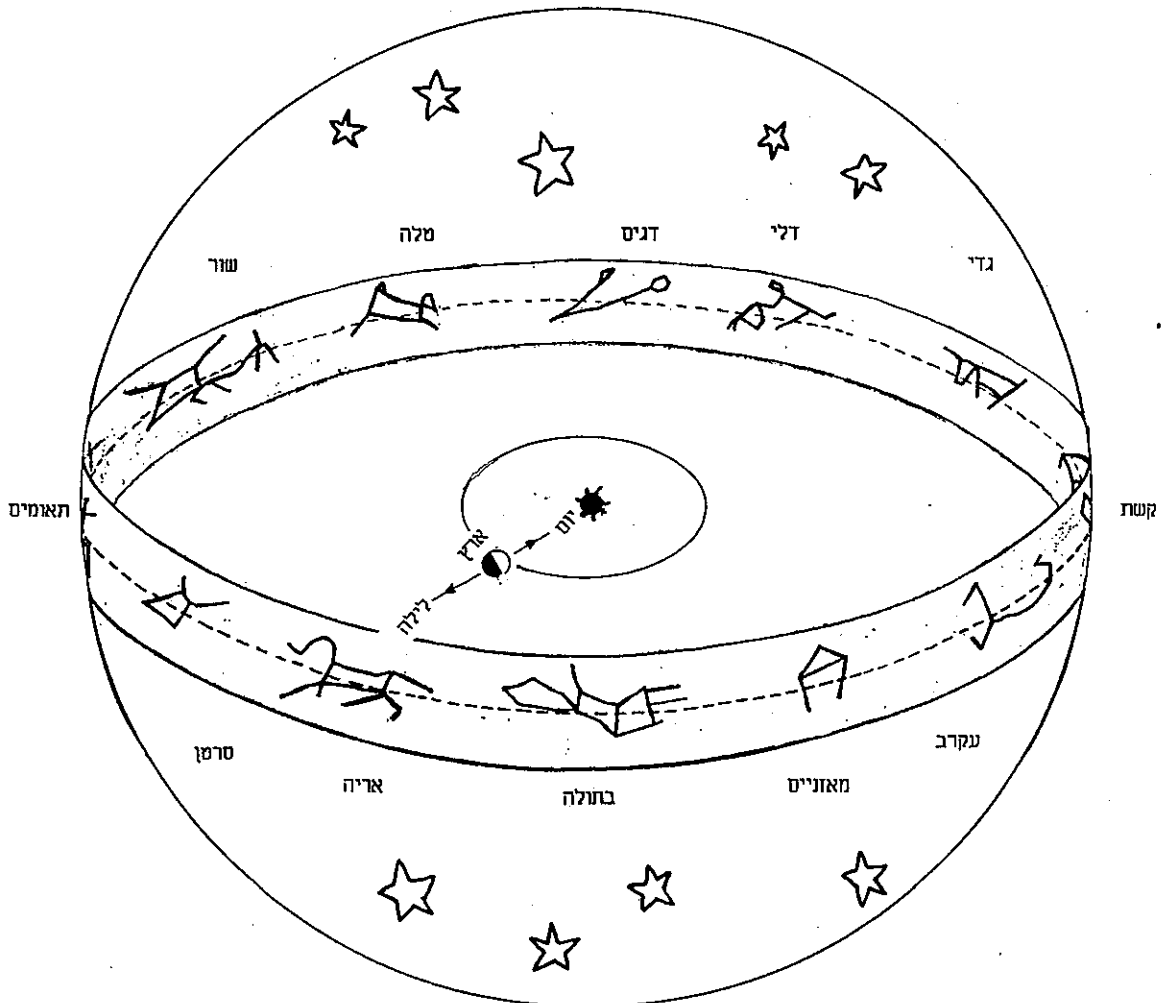
בסעיף 27 (עמ' 51) הסברנו כי שנים עשר המזלות הם שתיים עשרה קבוצות כוכבים. קבוצות אלו נמצאות ברקע והשמש נעה מאחת לשניה במשך כל השנה. היא לעולם אינה מופיעה על רקע שאר 76 קבוצות הכוכבים האחרות. נסביר זאת בפרוטרוט.



שרטוט א'

השרטוט א' מראה את:

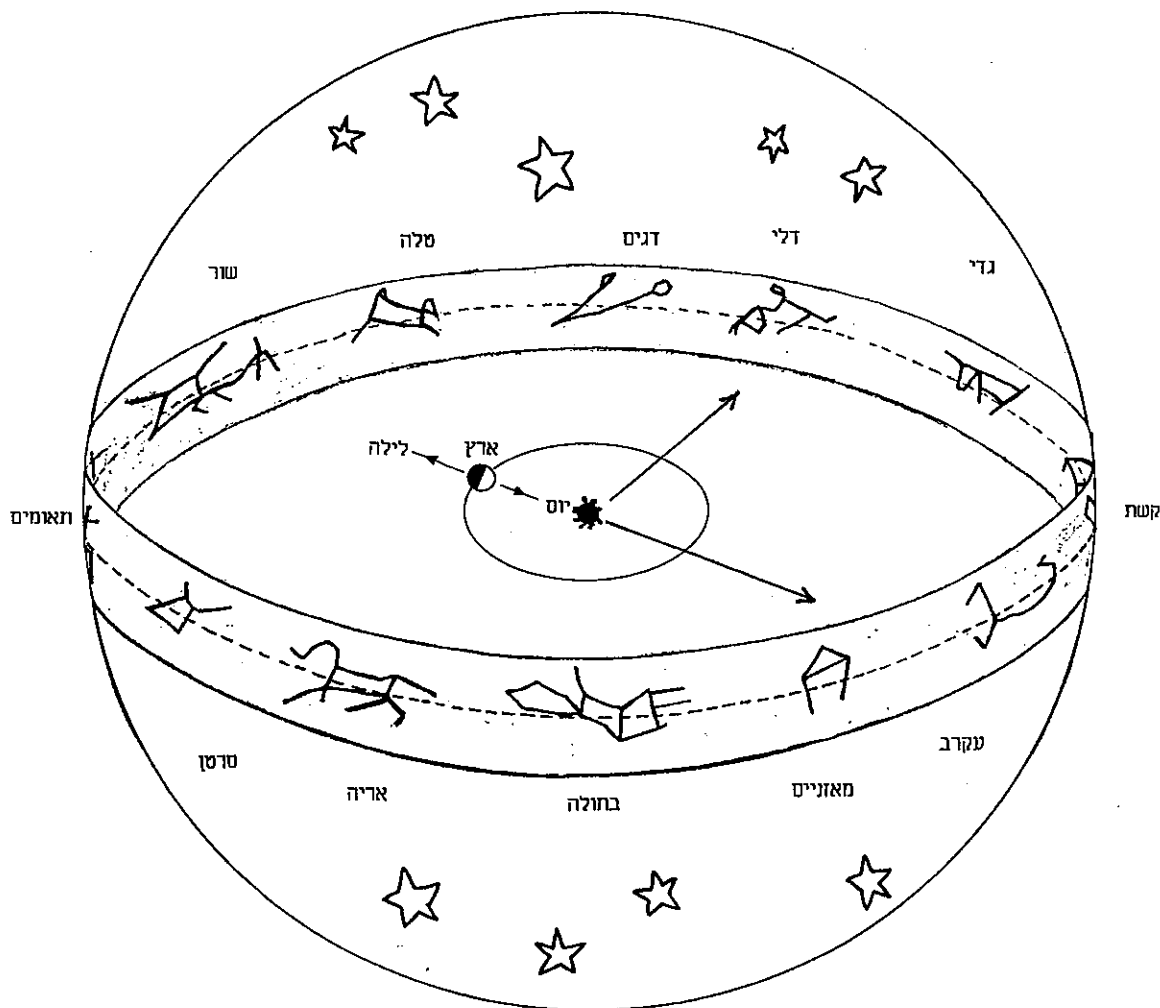
- א. השמש במרכז.
  - ב. כדור הארץ מקיף את השמש.
  - ג. הצד של כדור הארץ הפונה אל השמש כולו מואר ולכן נקרא שם "יום", והצד שאינו פונה אל השמש הוא חשוך ולכן נקרא שם "לילה".
  - ד. במרחק גדול מאד מהשמש ומכדור הארץ נמצאים הכוכבים על גבי כדור דמיוני גדול ורחוק.
  - ה. על פני כדור גדול זה חלקו האסטרונומים את כל הכוכבים ל 88 קבוצות, אשר מהן צוינו במיוחד שתיים עשרה קבוצות הנמצאות על פס אחד כמו בשרטוט. הן נקראות בשם "שנים עשר המזלות".
  - ו. במשך היום צופה יכול לראות את השמש מעל לראשו, ובמשך הלילה הוא רואה בצד השני את הכוכבים.
- כיון שכדור הארץ מקיף את השמש, לכן בכל לילה הוא רואה שהכוכבים שהוא רואה משתנים לאט לאט בהדרגה מיום ליום.
- למשל בשרטוט א' לעיל הוא רואה בלילה את מזל שור.



שרטוט ב'



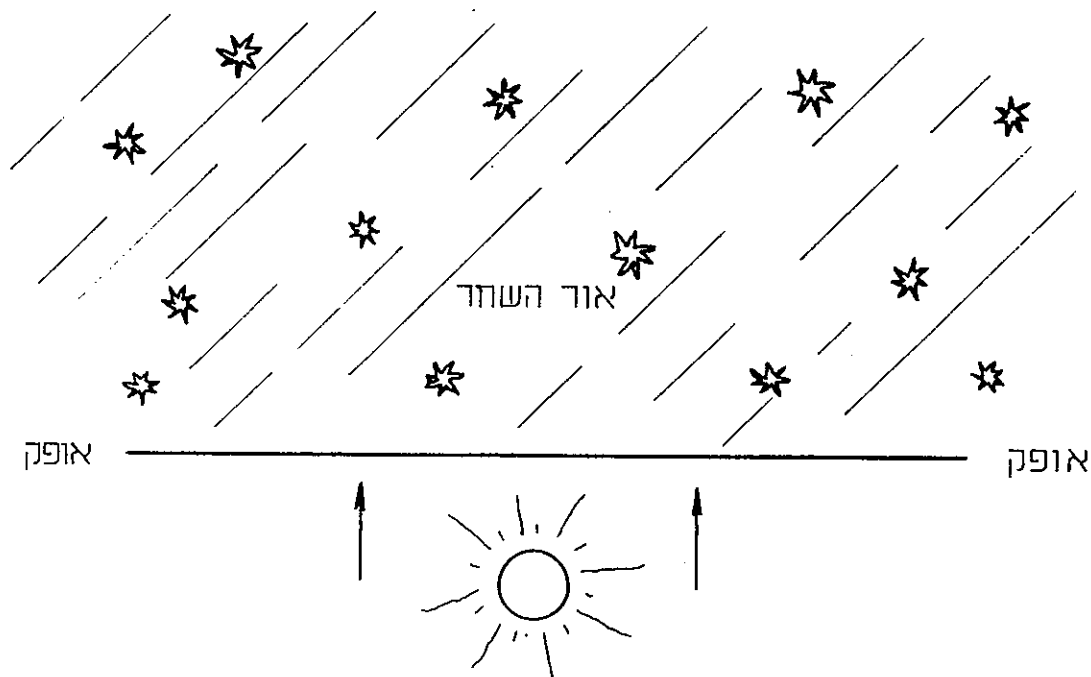
אבל בשרטוט ב' הצופה יראה בלילה את מזל אריה. כך במשך כל השנה כולה מתחלפים שנים עשר המזלות מעל לראשנו.



שרטוט ג'

אבל בכיוון השמש ישנם גם כן כוכבים ברקע שמאחריה, אלא שאין אנו רואים אותם בגלל הזוהר העצום של השמש. למשל בשרטוט ג' רואים כי השמש צריכה להיראות על רקע מזל עקרב. כשלושה חודשים מאוחר יותר נע כדור הארץ סביב השמש ואז רואים אותה על פני רקע מזל דלי כמו בשרטוט ג'.

כך בהדרגה נראית לנו השמש כשהיא חולפת על פני הפס של שנים עשר המזלות בזה אחר זה, ובכל חודש היא זזה בעצם לאורך מזל אחד, ואחר כך עוברת לשני ולשלישי. למשל בחודש ניסן היא זזה לאורך מזל טלה ובחודש אייר לאורך מזל שור וכך הלאה עד שבסוף השנה היא חוזרת שוב לרקע של מזל טלה. כאמור כל זה רק בגלל שכדור הארץ עצמו משנה בהדרגה את מקומו סביב השמש, ולנו נראה כאילו השמש היא המתחלפת את מקומה על רקע המזלות.



השמש מתחת לאופק ועומדת לזרוח

שרטוט ד'

כשהשמש נמצאת עדיין מתחת לאופק ועומדת לזרוח, היא מאירה גם את האופק המזרחי. האורות הראשונים שאפשר לראות הם אורות השחר. ברקע אפשר עדיין לראות כוכבים. רקע הכוכבים הולך ונעלם ככל שאורות הבוקר מתחזקים עד לזריחת הזמנה

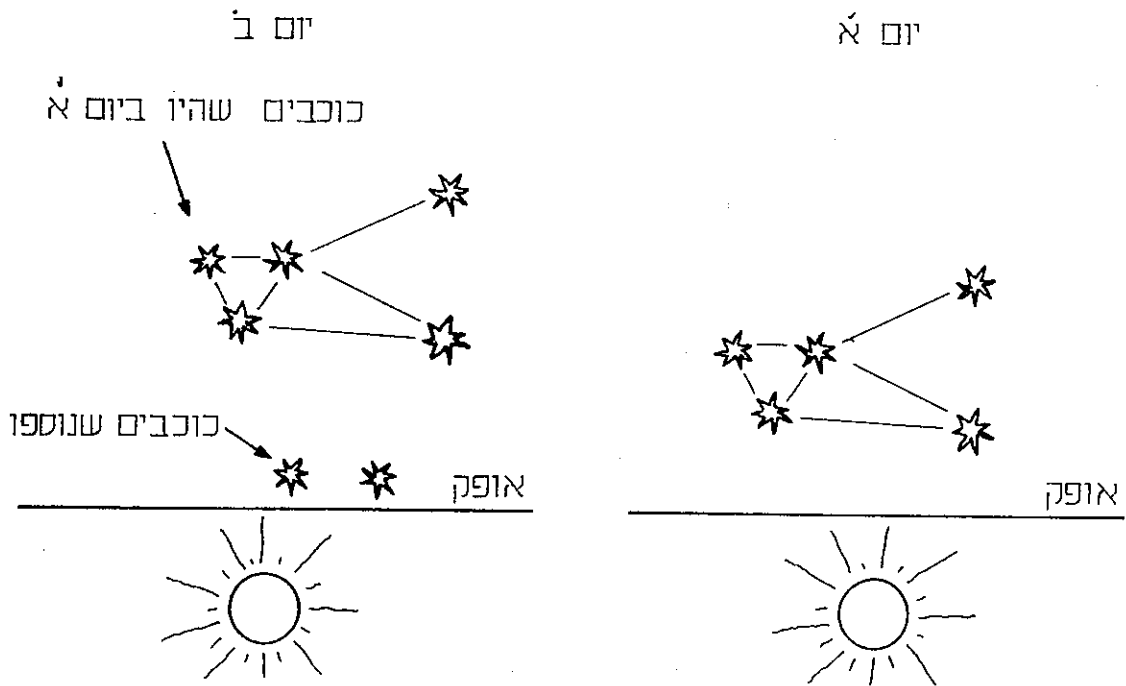
אם כי אי אפשר לראות את השמש ביום יחד עם רקע הכוכבים שמאחוריה, בכל זאת, לקראת השחר, לפני זריחת השמש מעל האופק, אפשר עדיין לראות את הכוכבים אשר עליהם תזרח השמש באותו יום.

שרטוט ד' מראה למשל רקע כוכבים מסוים אשר על פניו תזרח השמש במזרח. לאחר מספר ימים היא לא תזרח בדיוק על אותו רקע כוכבים אלא על פני רקע כוכבים מעט שונה, זאת כיון שהיא הספיקה לזוז מזרחה יותר (מתחת לאופק) בגלל תנועת כדור הארץ סביבה, כאמור.

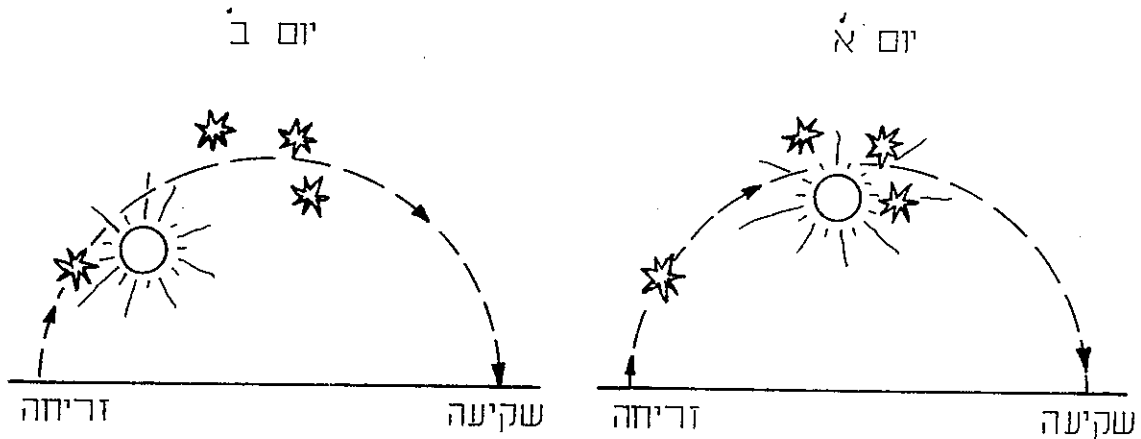
כך יוצא כי השמש נראית לנו נעה בשתי תנועות בשמים: האחת היא הסיבוב היומי ממזרח למערב (בגלל סיבוב כדור הארץ סביב עצמו) והשניה היא התנועה השנתית בין הכוכבים בגלל תנועת הקפת הארץ סביבה כנ"ל.

הקדמונים חשבו שכדור הארץ הוא הנמצא במרכז והשמש היא שנועה סביבו, ואז הרקע של הכוכבים משתנה גם הוא מאחוריה במשך כל השנה. רק לפני כמאתיים שנה הוכח סופית שהשמש היא במרכז וכדור הארץ, יחד עם שאר כוכבי הלכת, הם הנעים סביבה.

שרטוט ד'



השמש נמצאת עדיין מתחת לאופק ואור השחר עולה. ברקע עדיין רואים כוכבים. ביום א' רואים רקע של כוכבים מסויים. בשרטוט חיברנו הכוכבים בקוים על מנת להכיר את צורת קרבתם בקלות. ביום ב' הופיעה אותה קבוצת כוכבים אולם היא נמצאת גבוה יותר מעל לאופק וכוכבים חדשים נוספו קרוב לאופק. השמש תהיה עתה בקבוצת הכוכבים הנמוכה יותר של יום ב'



השרטוט מראה את מסלול השמש היומי ממזרח למערב. ביום א' נמצאת השמש בין קבוצת כוכבים מסוימת, אולם ביום שאלחריו היא תמצא אמנם באותה קבוצה אולם מקומה מוזז מעט כלפי מטה, כאילו היא נסוגה אחורה במסלולה היומי. (או שקבוצת הכוכבים של יום א' הספיקה להתקדם ביחס לשמש). כמובן שאין רואים כוכבים כלל ליד השמש בגלל עוצמתה, אלא שזהו רקע הכוכבים שאפשר עדיין לראות באורות השחר לפני זריחת השמש ורקע זה הוא המלווה את השמש בכל יום במסלולה היומי אף-על-פי שאין רואים אותו במשך היום