

ד"ר נ. וידאל

צבא השמים

כרך ג

ד"ר נ. וידאל

# צבא השמים

אסטרונומיה

חלק ג'



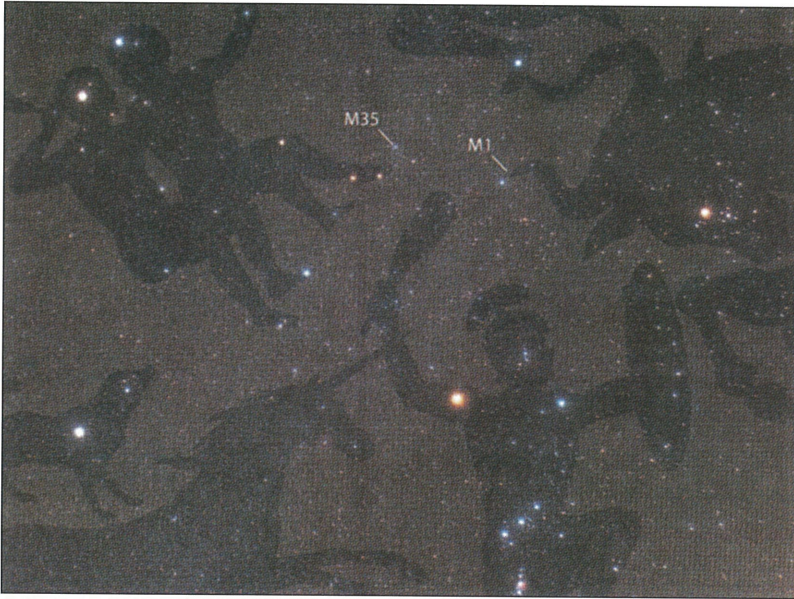




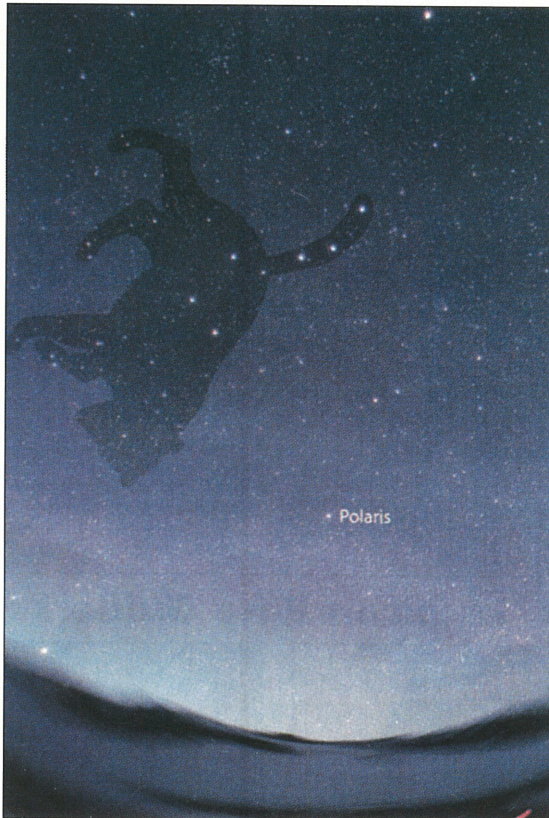
תמונה 3: מזל אריה. אין דמות כזאת בשמים, אבל חיבור דמיוני של כוכבים באזור זה של השמים "מראה" צורת אריה. למשל הכוכב הבהיר ביותר הוא בנרץ של הרגל הקדמית של האריה. כן נמצא כוכב אחד במצחו וכוכב אחד בזנבו וכו'.



## לוח 2



תמונה 5ב': ברקע השחור רואים דמויות של "תאומים" (משמאל למעלה) שור (מימין למעלה) וכן רואים קבוצות אחרות (שאינן משנים עשר המזלות) כגון סוס (שמאל למטה) צייד (למטה) וכלב (שמאל למטה).



תמונה 8ג': העגלה הגדולה היא חלק מקבוצת הכוכבים המכונה בשם "הדובה הגדולה". היא נמצאת בחלק האחורי של הדובה (דמות הדובה הפוכה בתמונה).





תמונה 7: פס המזלות מקיף (באלכסון) את כדור הארץ (אמסטרדם, שנת 1660 למנינם)



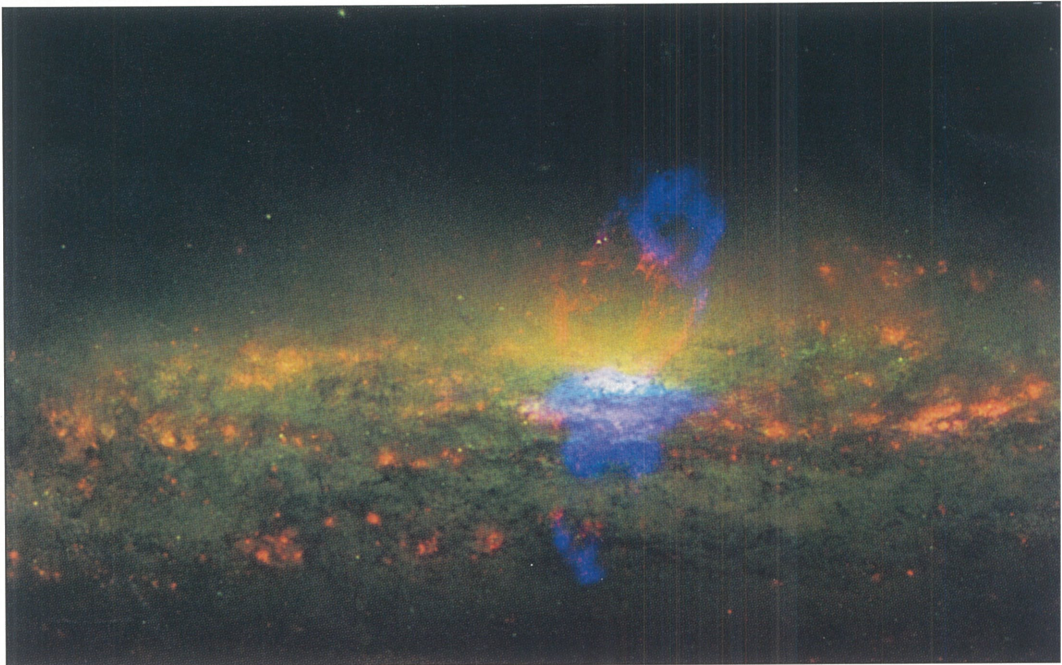


תמונה 9: ציור דמיוני של נפילת אסטרואיד אפוף בלהבות אש על העיר ניו-יורק.





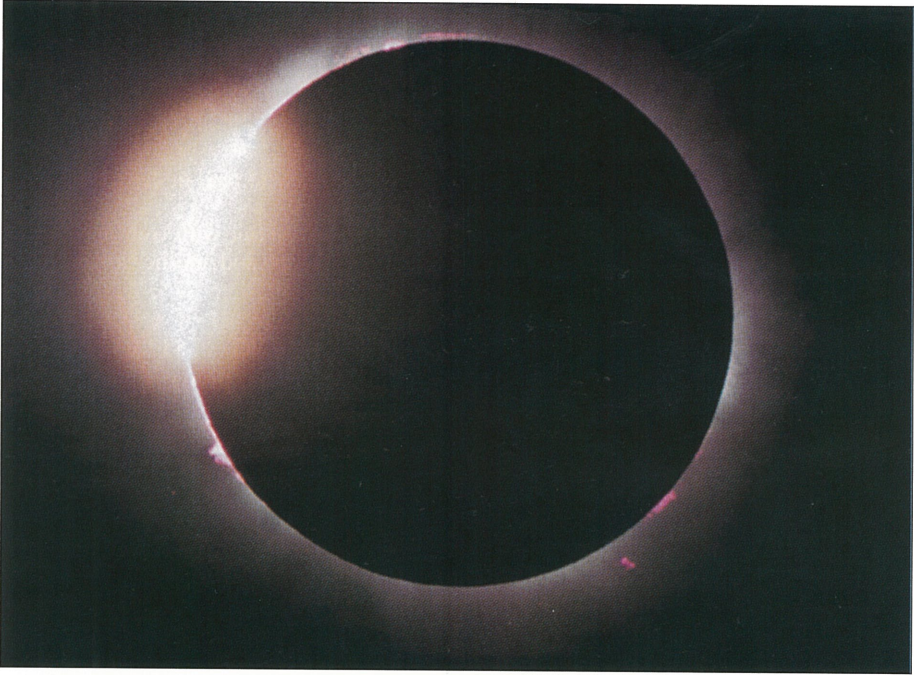
תמונה 1: רואים ערפילית גזים ענקית של כוכב שהתפוצץ לפני כתשע מאות שנה. היא מכונה בשם "ערפילית הסרטן" בגלל צורתה.



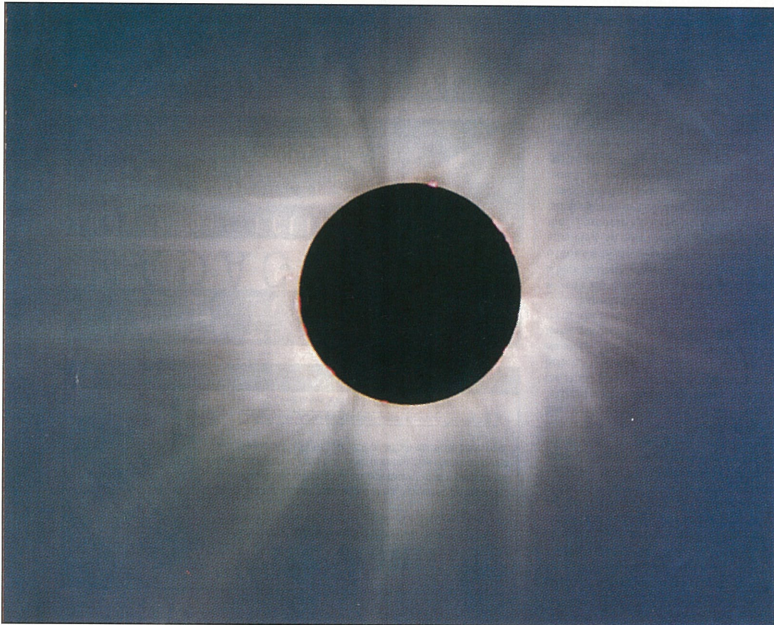
תמונה 1: רואים בועת גז בצבע כחול שנוצרה במרכז גלקסיה המכונה בשם NGC3079



# לוח 6



תמונה 7: צילום של טבעת יהלום בזמן ליקוי חמה.



תמונה 5: צילום של ליקוי חמה מלא בחודש אוגוסט 1999 למנינם.



## לוח 7

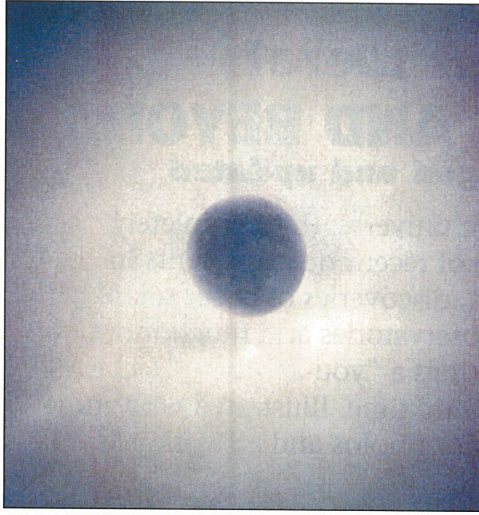


תמונה 8: כוכב הלכת נגה רגע לפני שהוא לוקה על ידי הירח, דהיינו שהוא מתכסה על ידו.

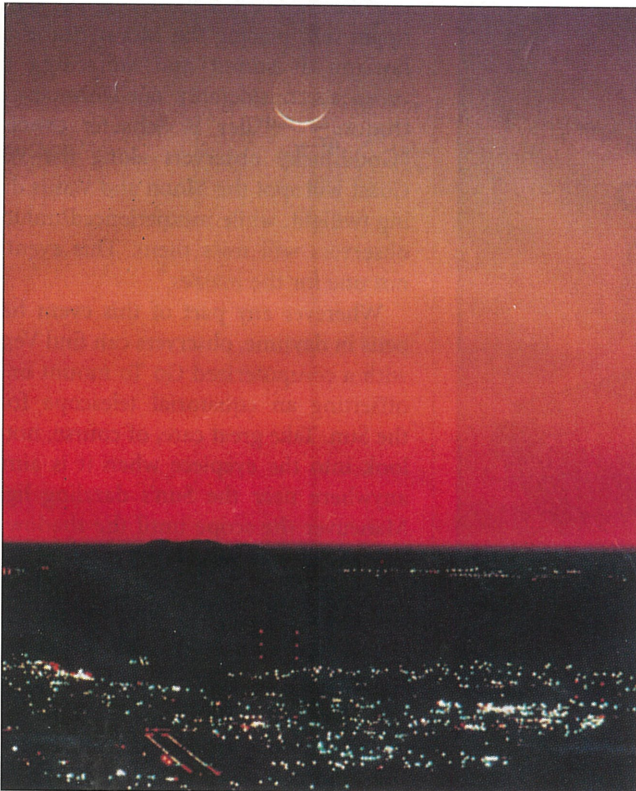


תמונה 11: מהלך ליקוי השמש בין הארצות בחודש אפריל שנת 136 למינינם. מהלך הליקוי בפועל הוא דוקא מימין והמחושב מצד שמאל.

## לוח 8

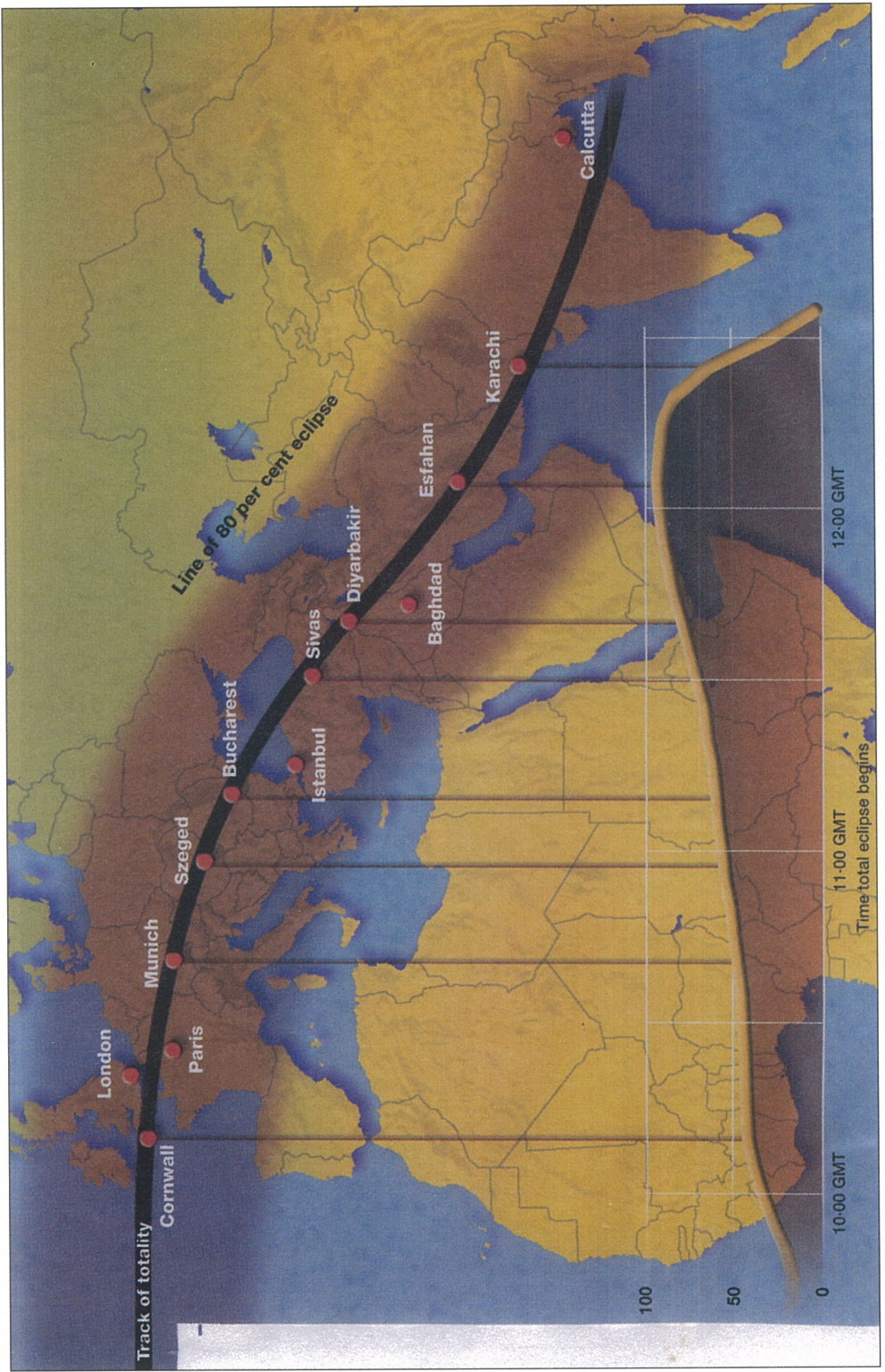


תמונה 15: צילום נדיר של הירח בזמן ליקוי חמה מלא. אף על פי שהצד של הירח הפונה אלינו אינו מואר כלל ע"י קרני השמש, בכל זאת, קרני האור המוחזרות מכדור הארץ הן הן המאירות את הירח בזמן הליקוי (דהיינו, המולד האמיתי!), ואפשר לראות (בקושי רב) את הימות על פני הירח.



תמונה 20: צילום של ירח בתחילת החודש מעל לעיר סאן דייגו בקליפורניה (עשרים וארבע שעות אחר המולד ביום 6 באפריל שנת 1989).



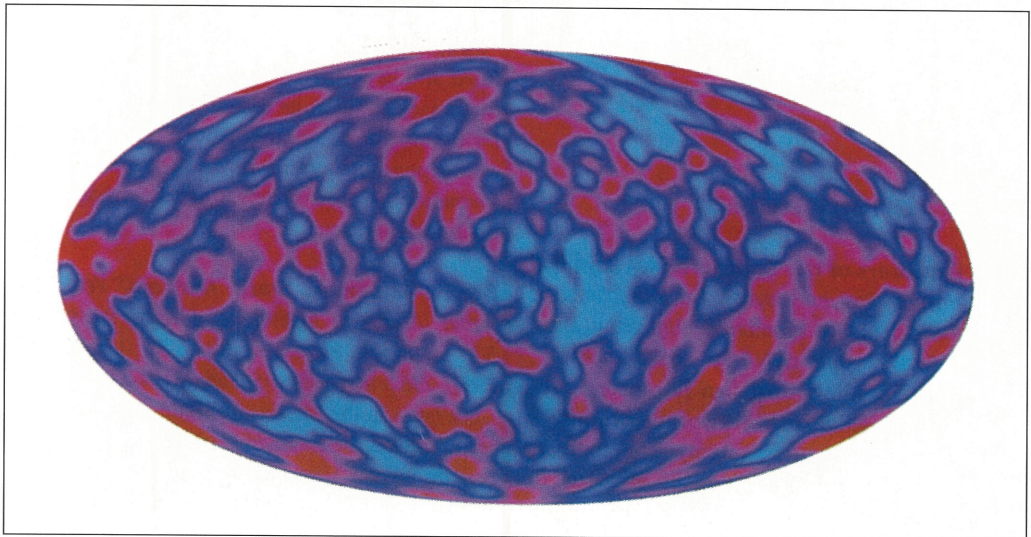


תמונה 19: מהלך ליקוי החמה בין הארצות באוגוסט 1999 למיניום.





תמונה 2: בזמנם היתה שאלה נפוצה מה יקרה לנוסע שיגיע לכדור הבודלח (השמיני) וינסה להוציא את ראשו מעבר לכדור כמו בתמונה לעיל. שים לב שהארץ היא שטוחה.



תמונה 15: צילום של הקרינה המכונה קרינת גאמא הממלאת את החלל שמעבר לכל הכוכבים והגלקסיות ביקום.



# לוח 11



תמונה 6: הערפילית באוריון. אלה הם גזים מוארים על ידי כוכבים רבי עוצמה הזרועים בתוכם.



תמונה 8: צביר כדורי של כמאה אלף כוכבים במרחק של כעשרת אלפים שנות אור. (שכיניו הוא M13)





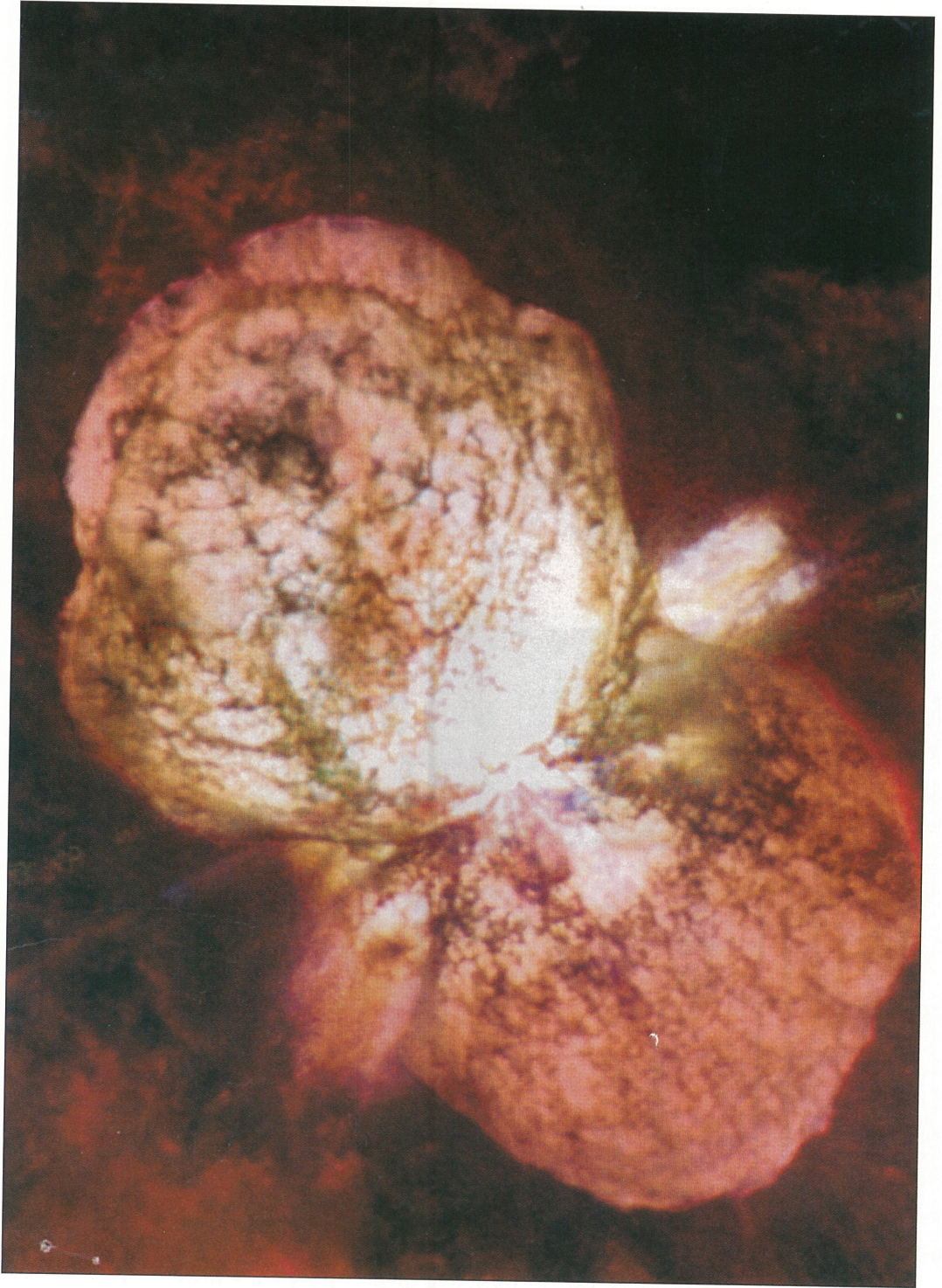
תמונה 9: "שביל החלב" נראה כענן מואר וזוהר בשמי הלילה. כאן הוא צולם כשהוא עולה במזרח. ניתן לראותו רק באזורים אשר בהם השמים חשוכים במיוחד.





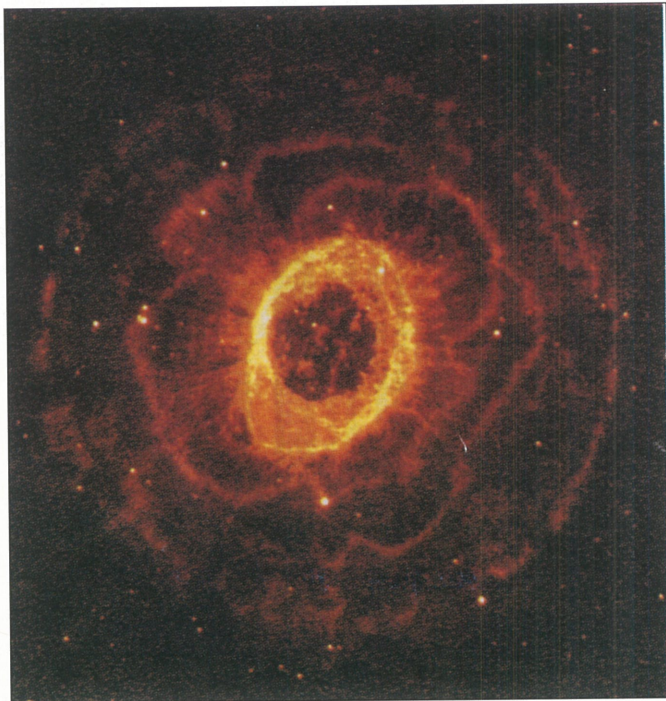
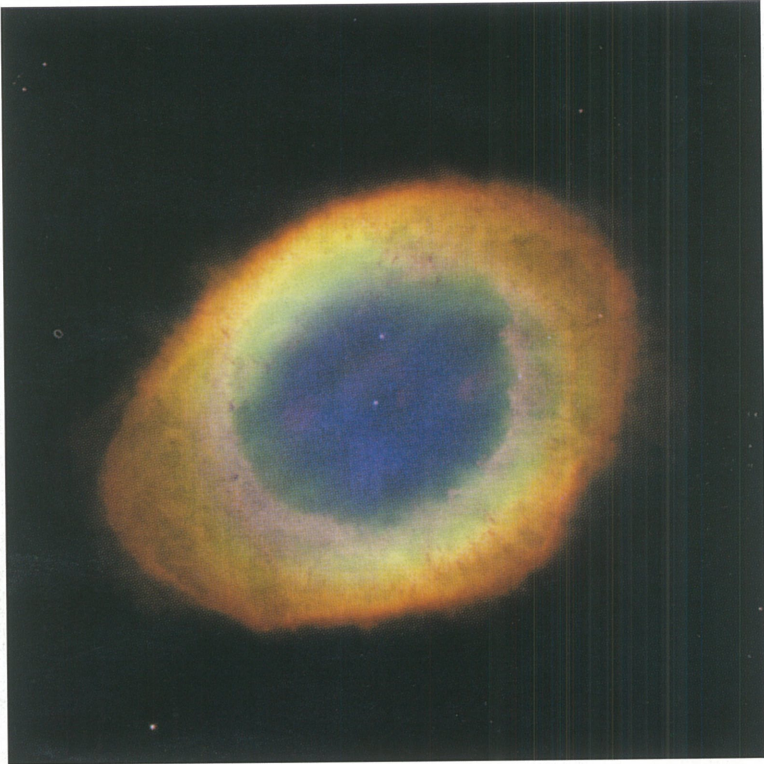
תמונה 14: צילום "עמוק" עד קצה היקום הנראה כיום.





תמונה 2: צילום של הכוכב הבלתי יציב המכונה בשם "איתא קרינה".





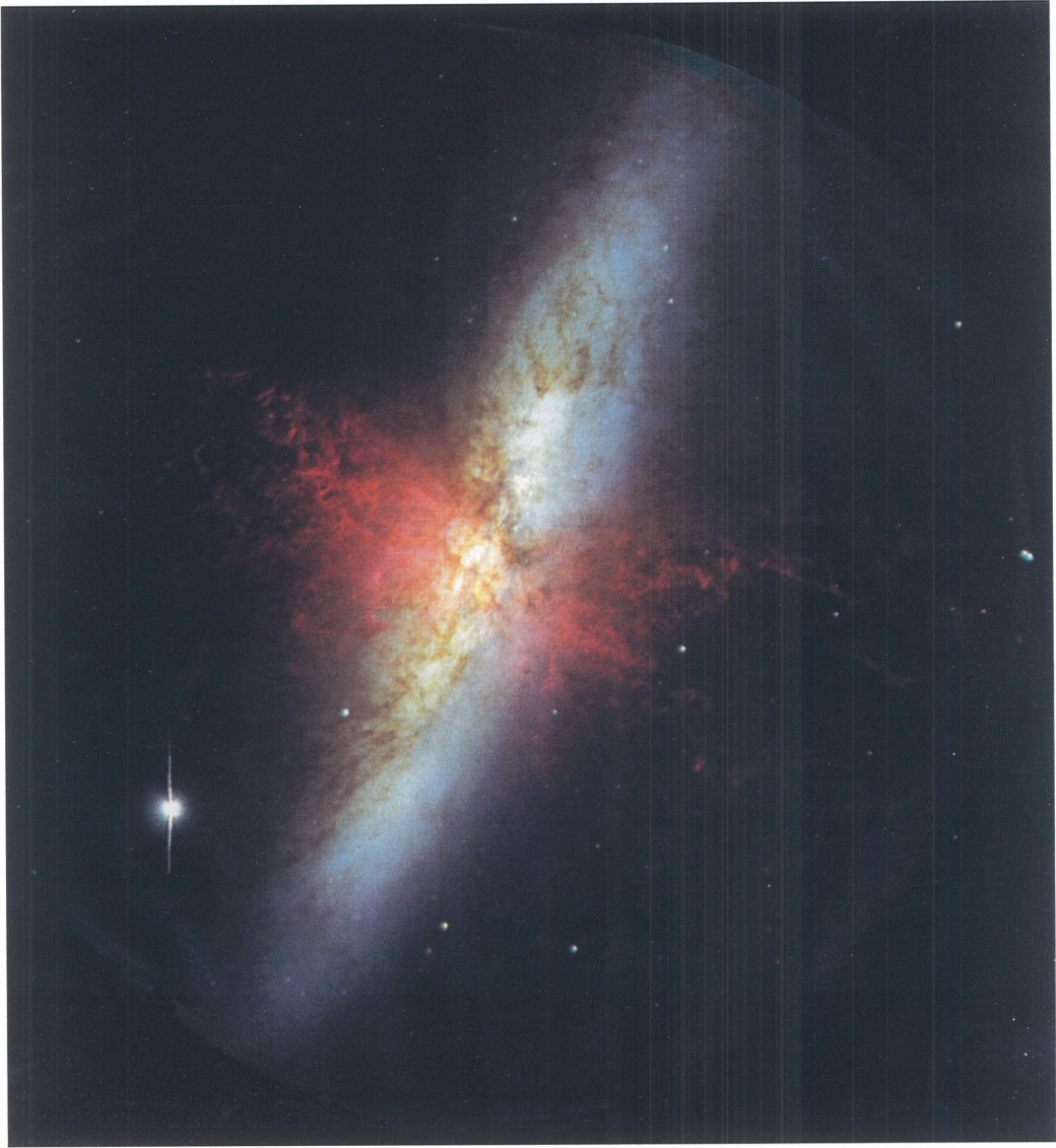
תמונה 12: שני צילומים של ערפילית הגז בקבוצת נבל, כל אחד צולם בקרינה אחרת: למעלה: באור הנראה הרגיל שלנו. למטה: באור אינפרא אדום (שאיננו רואות אלא במכשירים מיוחדים).





תמונה 13: א. ערפילית גזים מוארת על ידי כוכבים בתוכה.





תמונה 13 ב': זהו צילום של הגלקסיה המכונה בשם M82. האור האדום היוצא ממרכז הגלקסיה הוא של גז המקרין באור אדום כתוצאה מקרינה המגיעה אליו מהכוכבים שבגלקסיה עצמה. ללא קרינה זו מן הגלקסיה לא היינו רואים כלל את הגז האדום.





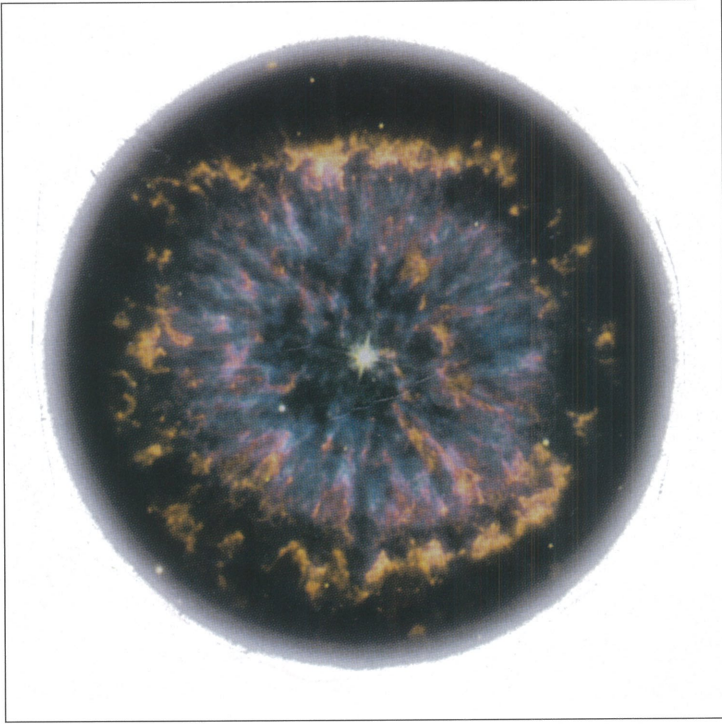
תמונה 14: צילום של ערפילית חשוכה המכונה בשם NGC6520.



תמונה 15: הערפילית "איתא קרינא". שים לב לפסים השחורים היוצאים מן המרכז: זהו אבק בין כוכבי המאפיל את אור הערפילית.



# לוח 19



תמונה 16: צילום של ערפילית מוארת על ידי כוכב במרכזה.



תמונה 19: צילום של גלקסיה הנראית עם פס האבק לאורכה. (כינויה NGC891)





תמונה 17: צילום של גלקסיה רחוקה הנראית כמו הגלקסיה שלנו (הגלקסיה באנדרומדה).



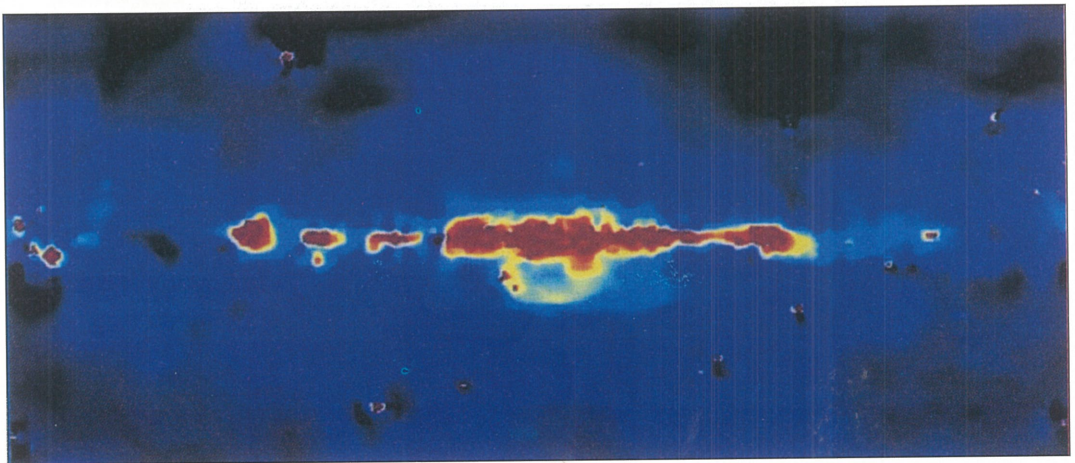
תמונה 18: צילום רחב המכסה חלק גדול משביל החלב.



## לוח 21

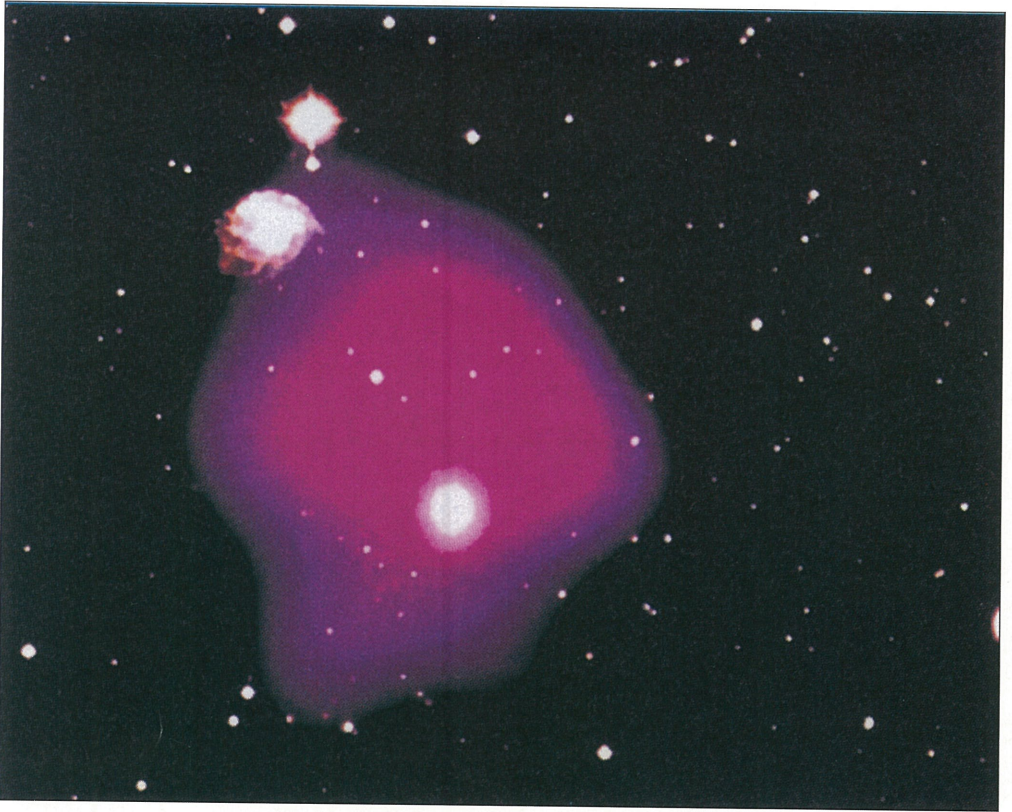


תמונה 21: גלקסיה ענקית שנצפתה בגלי רדיו אבל רק חלק קטן ממרכזה נראה בצילום באור רגיל, קרינת הרדיו מגיעה מכל החלק הכחול סביב.

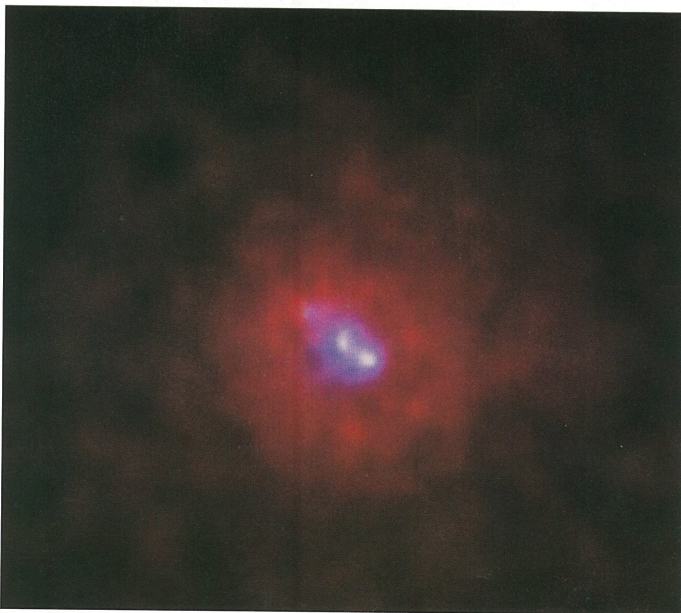


תמונה 22: צילום של גלקסית שביל החלב שלנו בקרינת גאמא אם היינו רואים אותה מבחוץ.



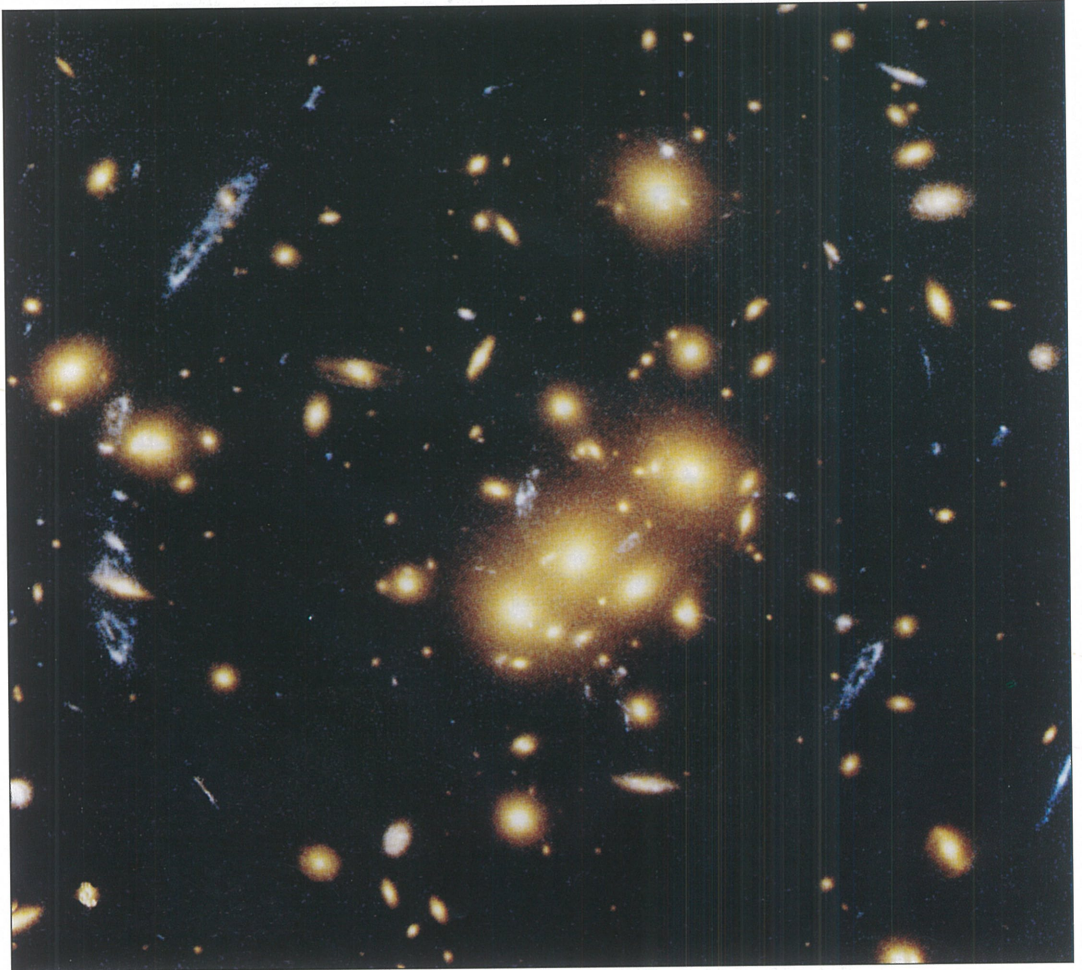


תמונה 24: צילום בקרינת X של צביר גלכסיות המראה על קיום חומר בין הגלכסיות בצביר.



תמונה 25: צילום בקרינת X של מרכז גלכסיה ענקית המכונה בשם 3C295. משערים שהיא מכילה במרכזה "חור שחור".





תמונה 36: הדמויות הכחולות בתמונה הן רק בבואות של גלקסיות רחוקות בעומק היקום.



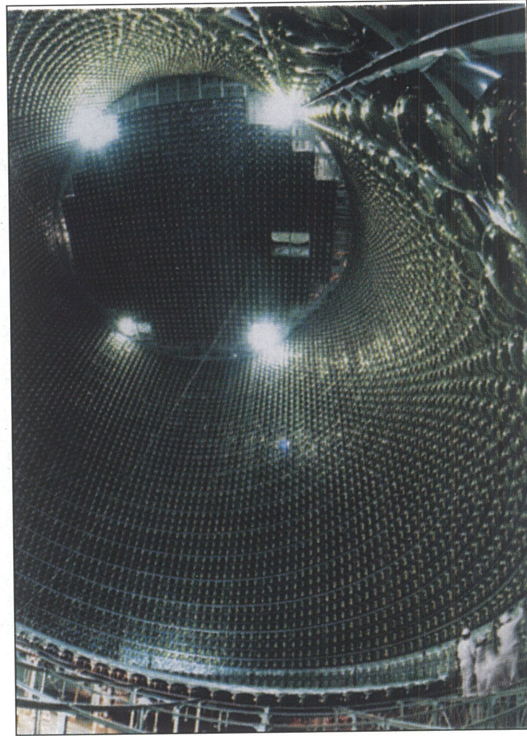


תמונה 28: צילום של הגלקסיה NGC4650A.

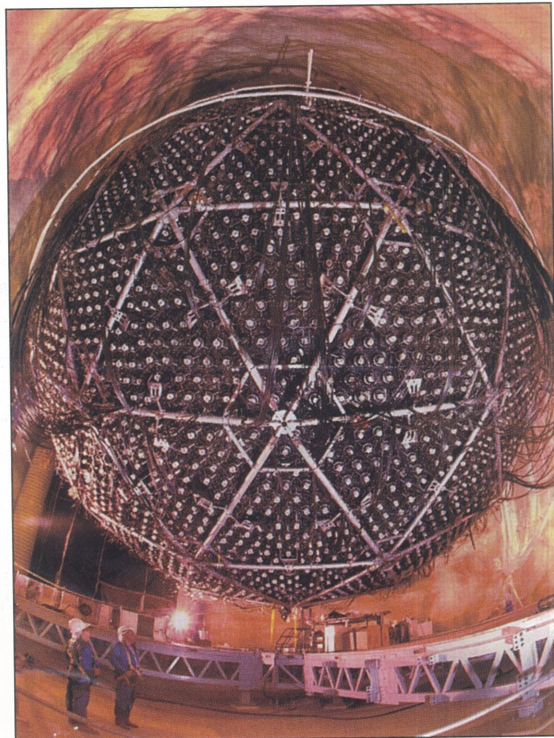


תמונה 35: הקשת בצילום היא בבואה של גלקסיה רחוקה בעומק היקום.



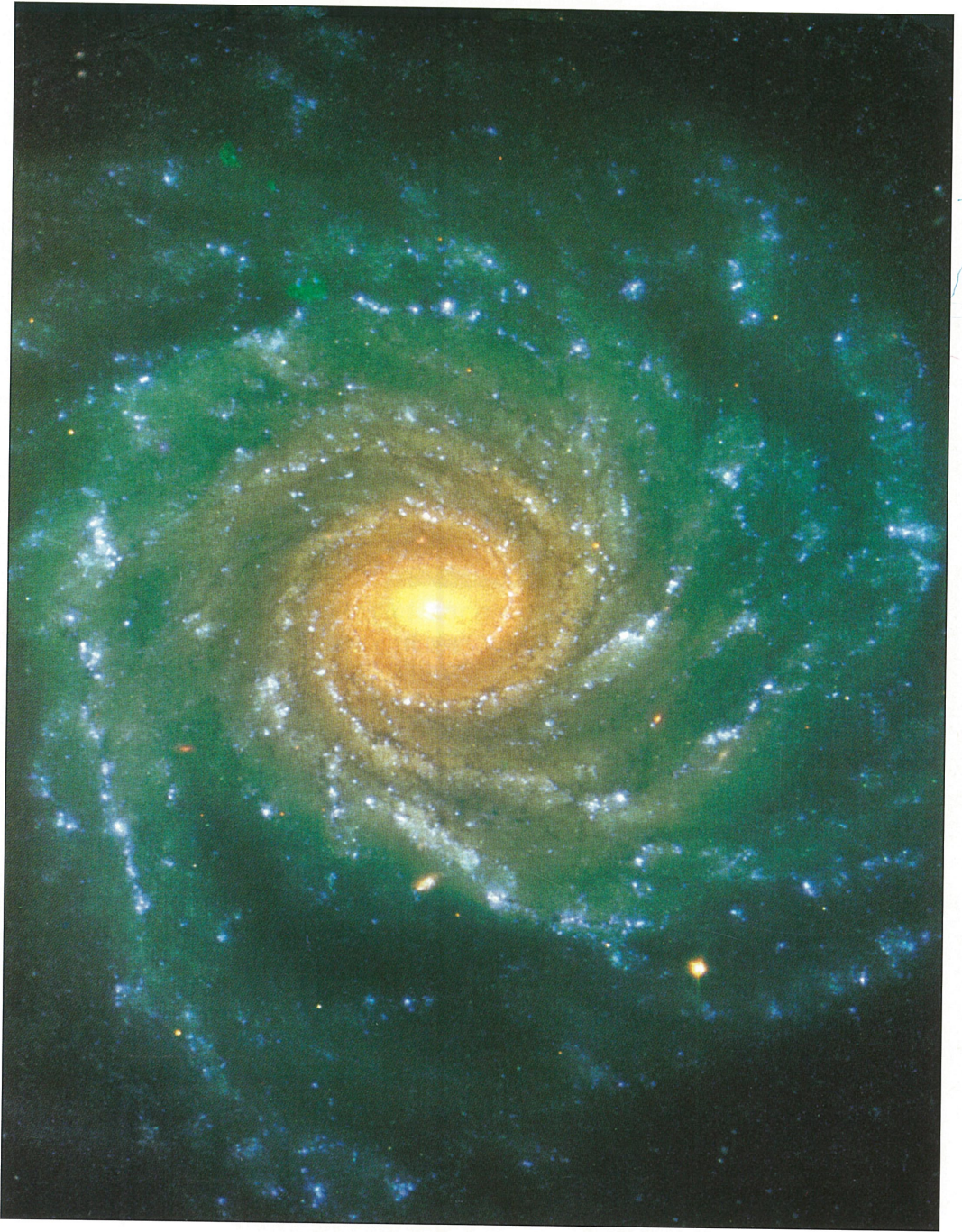


תמונה 40: גלאי חלקיקי הנאוטרينو ביפן. בתחתיתו נמצאת בריכת מים המכילה 50 טון מים, ולמעלה בתקרה העגולה סודרו 13 אלף מכשירי גילוי. (השוה גובה בני האדם מצד ימין למטה).



תמונה 39: גלאי חלקיקי הניאוטרينو בקנדה. קוטר הכדור הוא 18 מטר.





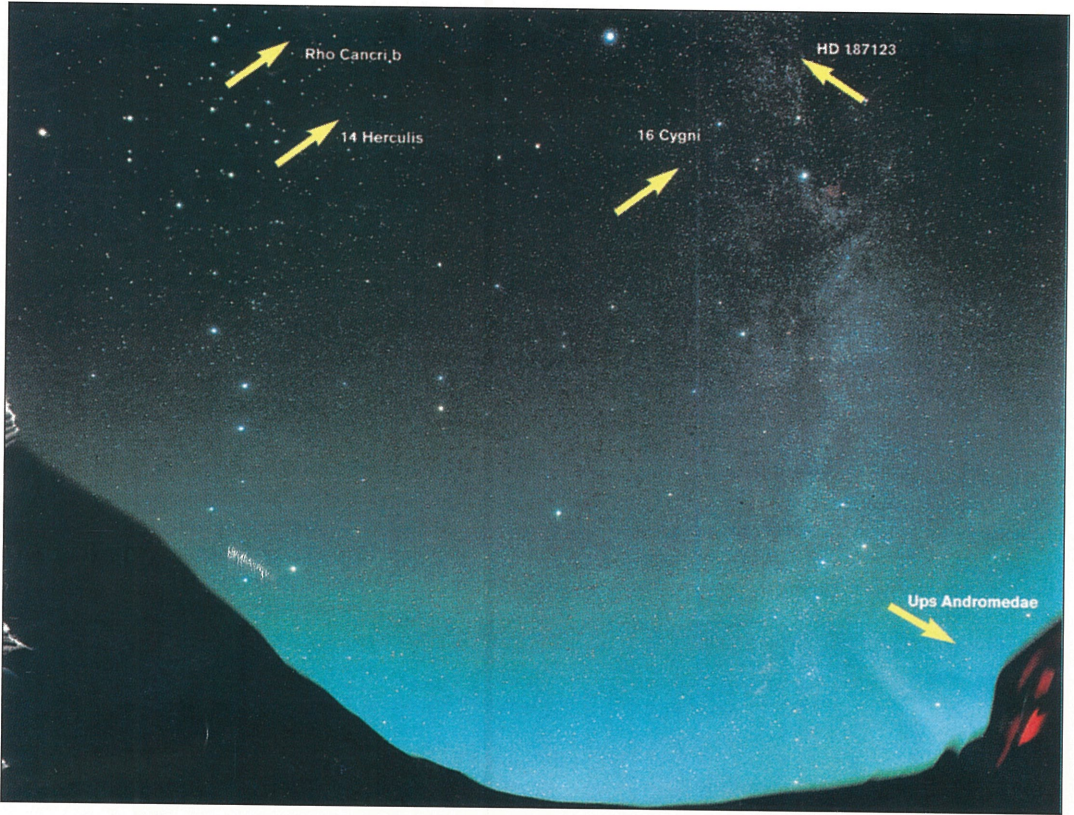
תמונה 27: צילום של הגלקסיה M63.



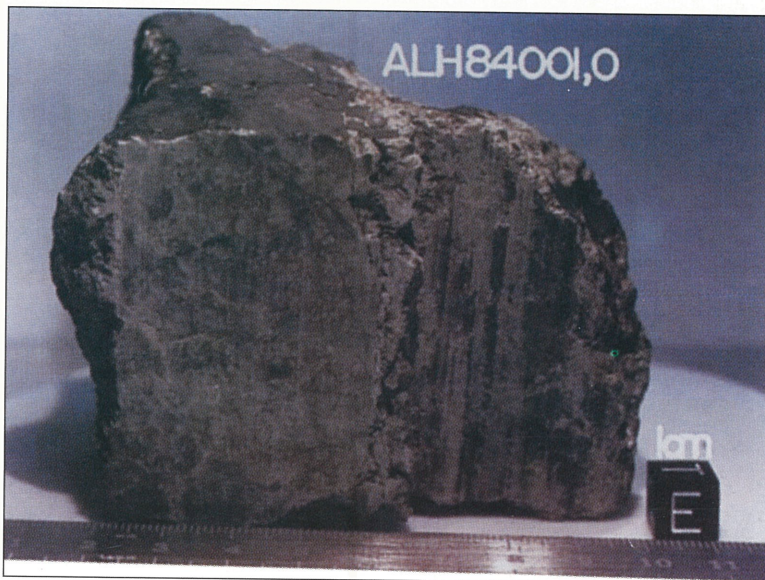


תמונה 10: ציור של תחנת החלל הבינלאומית הענקית ההולכת ומורכבת בשלבים בחלל.





תמונה 6ב': צילום של מספר "שמשות" שנמצאו סביבן כוכבי לכת.

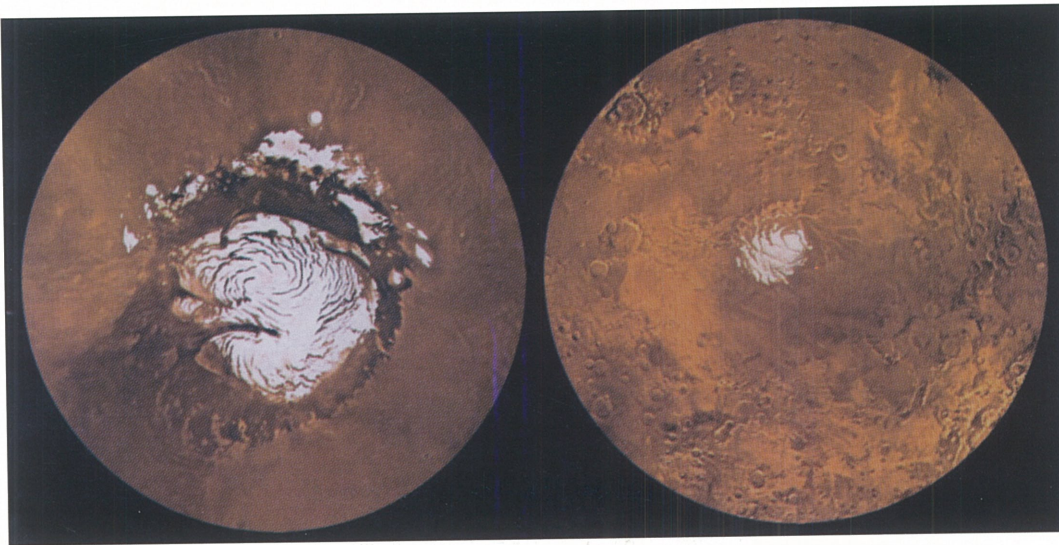


תמונה 8: המטאוריט שנמצא ביבשת אנטרקטיקה בקוטב הדרומי של כדור הארץ ואשר משערים שהוא נפל מכוכב הלכת מאדים.



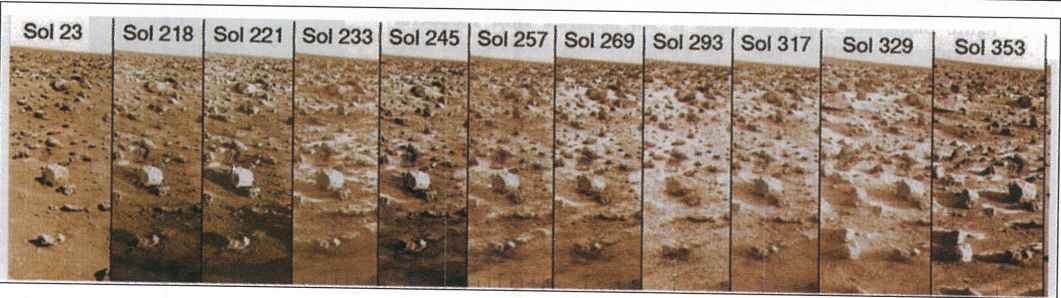
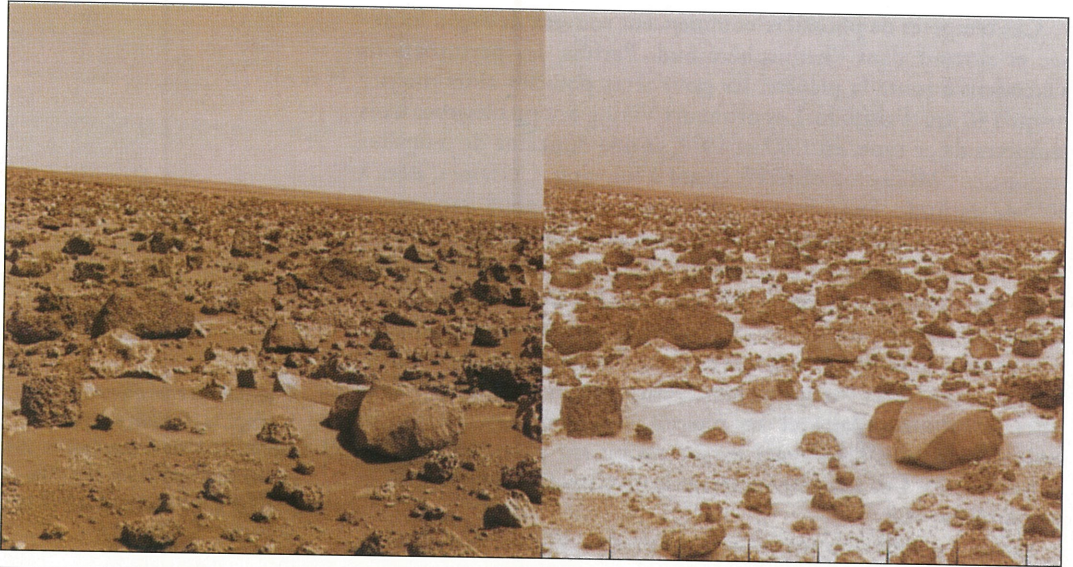


תמונה 7: צילום של הרובוט הנייד בזמן בדיקות שערך על הסלע שמולוו על פני מאדים.

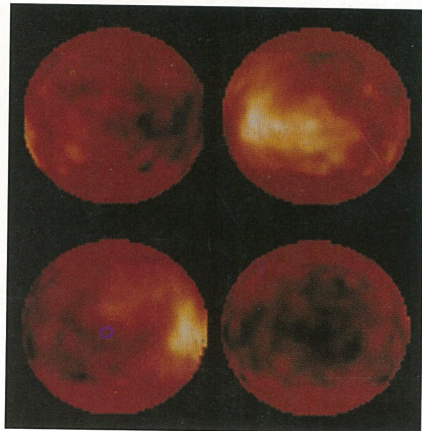


תמונה 12: צילומים של הקוטב הצפוני והדרומי על פני מאדים. הצבע הלבן הוא קרח.



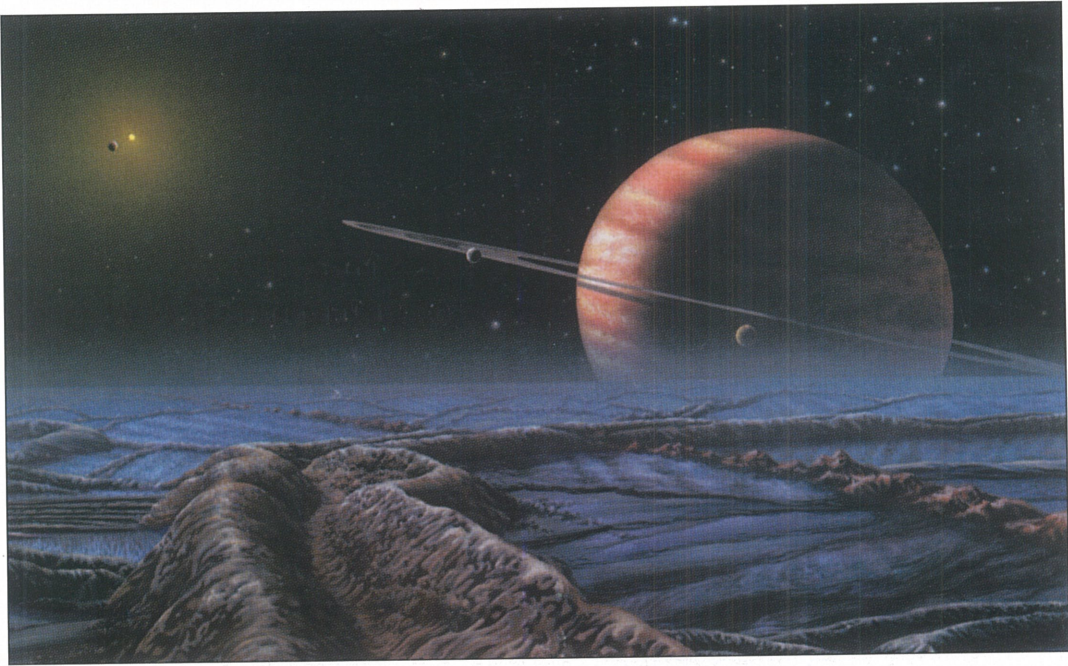


תמונה 13: (למעלה) שני צילומים של אותו שטח על פני מאדים בקיץ ובחורף.  
(למטה) שינוי מראה השטח לאורך הימים על פני מאדים.

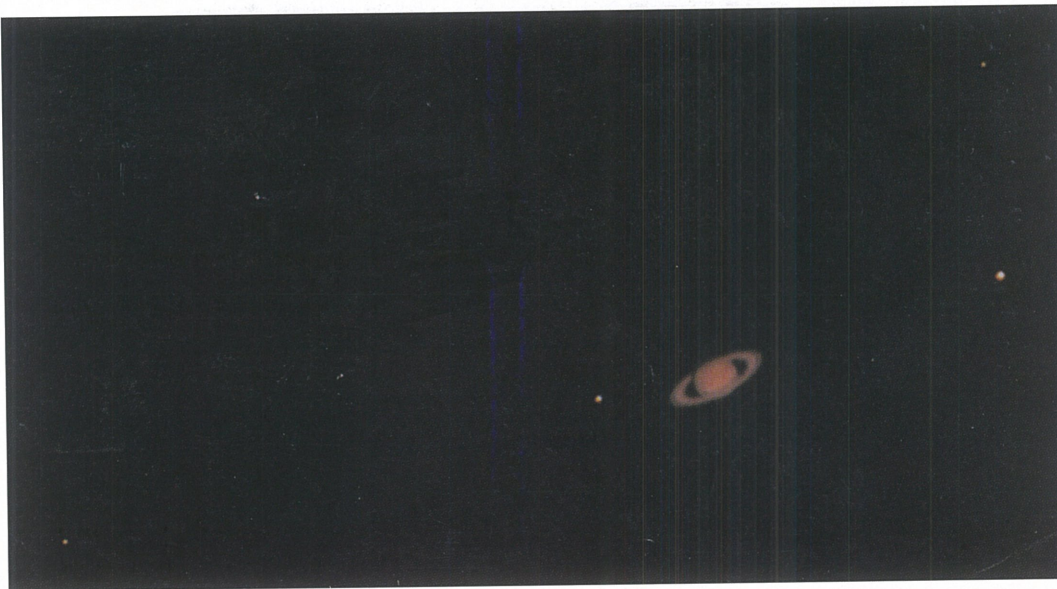


תמונה 15: ארבעה צילומים (בטלסקופ החלל ע"ש האבל) של הירח טיטאן (באור אינפרא אדום) ניתן לראות על פניו פרטים שממזיחהם כשלוש מאות מטר בלבד.





תמונה 3: ציור אמנותי כיצד נראית השמש וכדור הארץ (משמאל למעלה) אם היינו רואים אותם מאחד הירחים של כוכב צדק.



תמונה 14: צילום של כוכב הלכת שבתאי (עם הטבעות מסביב) ומימינו כוכב בהיר שהוא אחד ירחיו המקיף אותו (המכונה בשם טיטאן). הכוכב משמאל לשבתאי הוא ירח אחר שלו המכונה בשם "ריאה", והכוכב מימין למעלה גם הוא ירח שלו המכונה בשם "ג'פה".



# צבא השמים

חלק ג'

נושאים באסטרונומיה חדישה

ד"ר נ. וידאל

לשעבר אסטרונום בכיר במצפה 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



מוקדש לרעיתי ונוות ביתי שרה

לע"נ

שלום כהן בן שרה ז"ל  
חנה כהן בת לאה ז"ל  
אליעזר כהן בן חנה ז"ל

לע"נ

מירלה וידאל בת פורטונה ז"ל

אנו מודים לסוכנות החלל האמריקאית נאסא וכן להנהלת  
טלסקופ החלל ע"ש האבל  
על רשותם להדפיס את הצילומים בספר זה

C

המכון להוראת המדעים והטכנולוגיה  
רח' בית וגן 81, ירושלים  
טלפון: 02-6424254



## הקדמה

ספר זה הוא החלק השלישי של "צבא השמים". קובצו בו אוסף מאמרים בנושאים ובסוגיות באסטרונומיה מודרנית שהופיעו בעתון היומי "יתד נאמן". כמו בשני החלקים הראשונים, גם כאן הצגנו את הנושאים החדשים בהתאם להשקפת עולמנו היהודית של חז"ל. אין לך כיום נושא, ויהיה "המתקדם" ביותר (כלשונם), שאין אנו יכולים להעמידו באור האמונה הצרופה כפי שנמסרה לנו מדור דור.

כפי שהקורא היקר יעיין בהמשך, אנו דנים בנושאים "התקשורתיים" ביותר של ימינו, כגון גודל היקום, מנהרת זמן למסעות בין כוכבים, יצורים חיים על כוכבים אחרים וכן משמעות המזלות עבורנו כיום, ועוד, וכל זה לפי דעת תורה כפי שטבעו לנו חז"ל מימים ימימה.

לצערנו, במאת השנים האחרונות עמד המחקר והידע האסטרונומי בסימן של כפירה, ולא היתה תשובה מרוכזת מצדנו לנושאים שעלו על הפרק.

היה נראה כאלו כל הקוסמוס כלו נפל בידיהם ורק להם ישנם הידיעות והכלים אשר בעזרתם בנו תמונת עולם של הבריאה. כאן אנו מראים שכל הידיעות והמחקרים האסטרונומיים כיום דוקא משתלבים יפה בתוך השקפת עולמנו היהודית, וזהו בדיוק העולם שטבע הקב"ה בששת ימי בראשית בהתאם להשקפת עולמנו מאז אברהם אבינו ועד היום.

ספר זה מסיים את התיאור של האסטרונומיה המודרנית כיום. שני החלקים הבאים, ד' ו-ה' יעסקו בפירוש הסוגיות האסטרונומיות בכתבי חז"ל שהם בעיקרם נושאים בעניני קידוש החודש (בתלמוד הבבלי והירושלמי, ופרק קידוש החודש להרמב"ם).

המחבר מקווה לסיים בע"ה את המלאכה עד תומה.

בית וגן, ירושלים תשס"א.

נ.ב. הדרכה לקורא: הספר מכיל תמונות בשחור לבן וצבעוניות. התמונות הצבעוניות נמצאות בסוף הספר בלוחות צבעוניים. אם למשל רשום תמונה 3 צבעונית לוח 6, יש לעיין בלוח צבעוני מס' 6 בסוף הספר בתמונה מס' 3 שם.

## תוכן העניינים

- 5 פרק ראשון: המזלות בשמים
- 21 פרק שני: תולה ארץ על בלימה (על האסטרואידיים)
- 42 פרק שלישי: אותות השמים (על ליקויי חמה ולבנה)
- 79 פרק רביעי: המחברת הגדולה
- 99 פרק חמישי: גודל היקום
- 126 פרק שישי: שרידים ממעשה בראשית
- 139 פרק שביעי: מסעות אל תוך הזמן
- 170 פרק שמיני: הצד האפל של היקום  
(על גרמי שמים שאינם מאירים)
- 224 פרק תשיעי: יצורים חיים במרחבי היקום



## פרק ראשון

# המזלות בשמים

"ויאמר משה אל העם, זכור את היום הזה אשר יצאתם מבית עבדים, כי בחזק יד הוציא ה' אתכם מזה ולא יאכל חמץ, היום אתם יוצאים בחודש האביב" (שמות י"ג).

חודש האביב הוא החודש אשר בו מתבשלת התבואה, הנקראת בשם "אביב", ולכן חודש ניסן הוא חודש האביב. לעומת בישול התבואה על פני האדמה, הרי בשמים זורחת השמש בכל בוקר בחודש ניסן, על פני קבוצת כוכבים הנקראת בשם "מזל טלה" (ראה הסבר להלן). ולא במקרה נצטוו בני ישראל לצאת ממצרים דוקא בחודש זה, כי כפי שהם נצטוו לשחוט את הכבש על הארץ לעיני המצרים שהרי הוא יראתם, כך יצאו בני ישראל לעיני מצרים דוקא בחודש אשר בו מזלם - מזל טלה - שולט, כביכול, בעולם.

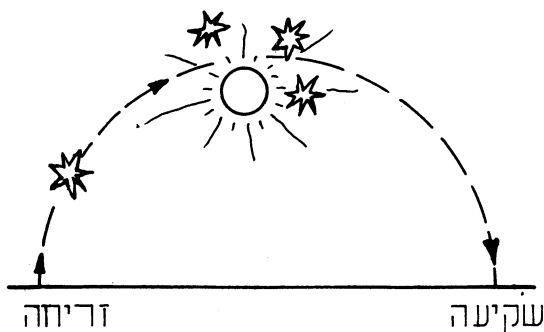
המרידה של בני ישראל במצרים היתה בשני האופנים גם יחד: גם על-ידי שחיטת יראתם של המצרים על הארץ, וגם בהכחשת יכולת יראתם לשלוט בשמים, דרך מזלם - מזל טלה. ובשני מעשים אלה סימלה יציאת מצרים לא רק את ביטולה של יראתם של המצרים, אלא גם את ביטולה של כל עבודה זרה שהיא, הנאחזת בדמותם של חיות, בהמות, צמחים או דומם, הן בשמים והן על הארץ.

ובלשונו של הרמב"ם (מורה נבוכים, חלק שלישי פרק מ"ו): "כבר ביארה התורה כפי תרגום אונקלוס, כי המצרים היו עובדים מזל טלה, ולפיכך היו אוסרים שחיטת הצאן ומתעבים רועי הצאן. אמר כי תועבת מצרים כל רועה צאן, וכן היו כיתות מן "הצבה" העובדים לשדים, וסוברים שהם מתדמים בצורת העזים, ולפיכך היו קוראים את השדים שעירים. ונפוצה אז שיטה זו הרבה מאוד בימי משה רבנו, ולא יזבחו עוד את זבחייהם לשעירים וגו', ולפיכך היו אותם הכתות גם אוסרים אכילת העזים. אבל לשחיטת הבקר, ייתכן שהיו מתעבים אותו רוב עובדי עבודה זרה, וכולם מכבדים את המין הזה מאוד, ולפיכך תמצא ההודים עד זמננו זה אינם שוחטים את הבקר בלל, ואפילו בארץ

ששוחטין שאר מיני בעלי חיים. וכדי למחות עקבות ההשקפות הבלתי נכונות הללו, נצטוונו להקריב את שלושת המינים דווקא מן המקנה, מן הבקר ומן הצאן תקריבו את קרבנכם, כדי שיהא המעשה אשר חשבוהו שיא המרי, בו מתקרבים לפני ה', ובאותו המעשה, מתכפרים החטאים. וכך מרפאים את ההשקפות הרעות שהן מחלות הנפש האנושית בהפך אשר בקצה השני. ומחמת העניין הזה עצמו, נצטוונו בשחיטת כבש הפסח והזאת דמו במצרים על הפתחים מבחוץ, לנקות עצמנו מאותן ההשקפות ולפרסם הפכן, והחדרת הדעה שהמעשה אשר אתם חושבים אותו גורם משחית - הוא המציל מן ההשחית. ופסח ה' על הפתח, ולא יתן המשחית לבוא אל בתיכם לנגף, בשכר פרסום המשמעת וסילוק מה שהיה חמור בעיני עובדי עבודה זרה. זהו הטעם בבחירת שלושת המינים הללו דווקא לקרבן".

#### צורת המזלות

ומהו מזל טלה, והמזלות בשמים בכלל? כידוע, השמש זורחת כל יום במזרח ושוקעת במערב. במשך היום, היא עולה אט-אט מעל לראשינו בקשת עגולה גדולה, הנמתחת מן האופק המזרחי ועד לאופק המערבי (תמונה 1). עוצמת אור

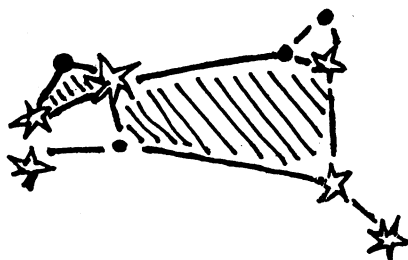
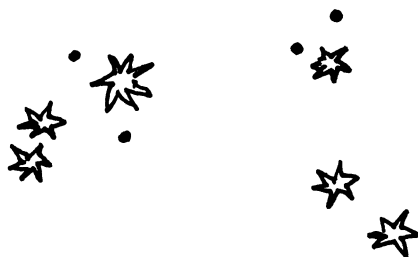


תמונה 1: שקיעה וזריחה. השרטוט מראה את מסלול השמש היומי ממזרח למערב. מובן שאין רואים כוכבים כלל ליד השמש בגלל עוצמת אורה, אלא שזהו רקע הכוכבים, שאפשר עדיין לראות באור השחר לפני זריחת השמש. רקע זה הוא המלווה את השמש בכל יום במסלולה היומי, אף-על-פי שאין רואים אותו במשך היום.



השמש היא כה גדולה במשך היום, עד שאין אנו מסוגלים לראות את הכוכבים, שהם חלשים הרבה יותר. רק כאשר שוקעת השמש במערב, אנו רואים את הכוכבים על פני השמים, ובפרט באותו מקום באופק, שבו השמש עומדת לזרות. וכאשר זורחת השמש ממש באופק המזרחי, נעלמים כל הכוכבים בשמים בכלל, ונעלמים גם כל אותם כוכבים הנמצאים במזרח, ובפרט נעלמים גם הכוכבים באיזור בו ממש זרחה השמש באופק המזרחי. למשל, בחודש ניסן זורחת השמש על פני קבוצת הכוכבים במזרח, שאפשר לחברם לצורה של טלה. צורת הטלה הזו אינה כל כך ברורה מאליה, ודרוש הרבה-הרבה דמיון כדי לראות שם צורה של טלה בכלל (תמונה 2, וכן תמונה 3 צבעונית, לוח 1). במשך היום, עולה השמש מן המזרח ושוקעת במערב, ואלמלא עוצמת אורה החזק, היינו יכולים לראות שרקע הכוכבים של צורת הטלה מלווה אותה מן המזרח ועד לשקיעתה במערב. כך, בכל יום בחודש ניסן, מלווה צורת הטלה את השמש ברקע, (מבלי שנוכל לראות את הטלה ממש, בגלל עוצמת אור השמש - תמונה 1). אולם השמש אינה נמצאת כל הזמן באותו מקום בצורת הטלה. בתחילת חודש ניסן היא זורחת בראש צורת הטלה, ובמשך החודש היא זזה לאט-לאט מראש הטלה, עד שבסוף החודש היא מגיעה לזנבו. כלומר, השמש זורחת בתחילת חודש ניסן על פני ראש צורת הטלה ובסוף החודש היא זורחת על פני הכוכבים שבזנב טלה. לאחר מכן, בראש חודש אייר, היא כבר זורחת על פני צורה אחרת של כוכבים במזרח: זוהי קבוצת הכוכבים הנקראת בשם "שור". גם צורה זו אינה נראית לנו באופן ברור, אלא צריך הרבה דמיון כדי לחבר את הכוכבים שבקבוצה זו לצורה של שור. גם כאן, במשך כל חודש אייר זורחת השמש על כל פני צורת השור, מזנבו ועד לראשו (תמונה 4).

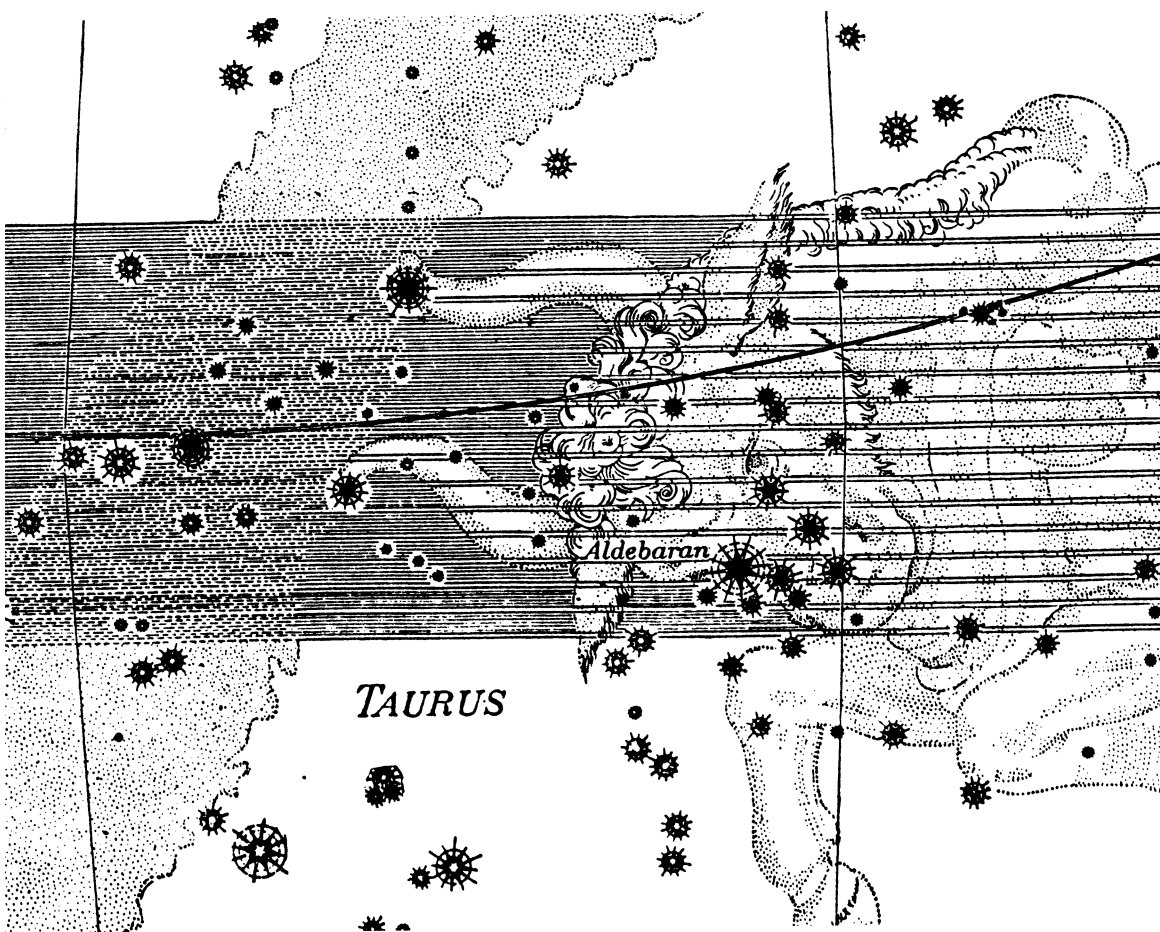
נציין כאן עניין מיוחד: אמנם המסלול היומי של השמש הוא ממזרח למערב, אבל מחודש לחודש השמש נעה מצורת טלה לצורת שור, שהוא בכון הפוך, כלומר ממערב למזרח. כלומר, לשמש יש תנועה משלה בכל יום, בין הכוכבים ממערב למזרח, דהיינו בכל יום היא נעה מקבוצת כוכבים אחת לשנייה, בכון הפוך מהמסלול היומי שלה - ממזרח למערב. (ראה צבא השמים חלק א' עמ' 171-175) את זאת נוכל לראות בשחר בכל יום כאשר השמש זורחת על פני קבוצת כוכבים אחרת, והיא תמיד זורחת בפיגור קטן ביחס לאלה של אתמול.



Aries

תמונה 2: מזל טלה. צורה זו של הטלה אינה נראית כלל בשמים, אלא קיימים שם מספר כוכבים, (למעלה) שאפשר לחברם בקווים דמיוניים המסמלים דמות של טלה מקפץ (באמצע). אבל הציור הקלאסי של טלה הוא מלא יותר (למטה).

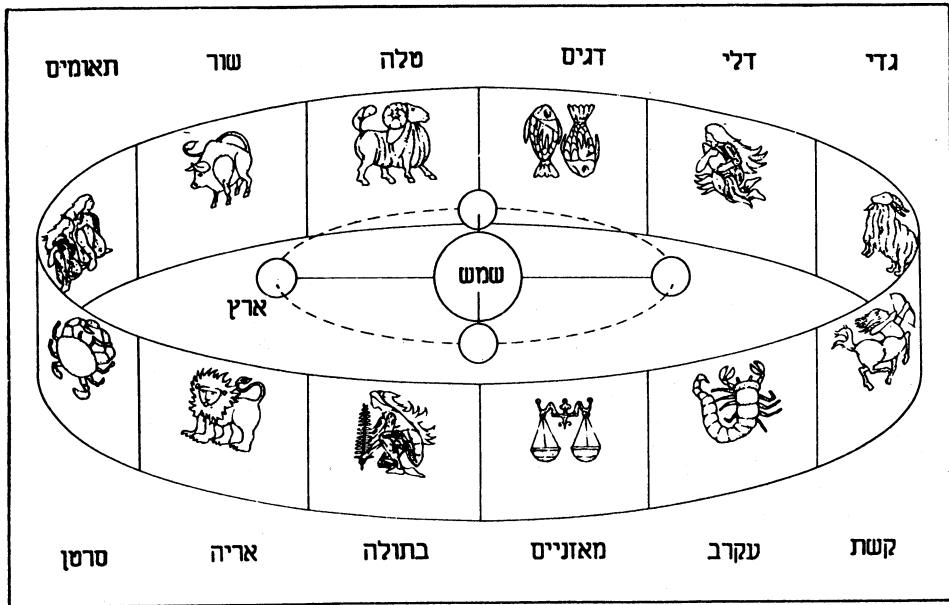




תמונה 4: מזל שור.

כך, במשך כל השנה, השמש זורחת על פני קבוצות כוכבים שונות, ש"הדביקר" להן צורות של בני אדם, חיות או עצמים דוממים (תמונה 5 א' וכן תמונה 5 ב' צבעונית, לוח 2)

ישנן שתיים-עשרה צורות הנקראות בשם "מזלות": טלה, שור, תאומים, סרטן, אריה, בתולה, מאזניים, עקרב, קשת, גדי, דלי, דגים. העיגול המחבר את כל שנים-עשר המזלות ביחד נקרא בשם "זודיאק". (תמונה 6 וכן תמונה 7 צבעונית, לוח 3). ידוע כי המעגל מחולק ל-360 מעלות, ולכן כל מזל תופס 30 מעלות לאורכו. רוחב המזלות עצמם הוא גם כן 30 מעלות. כך יוצא כי גלגל המזלות

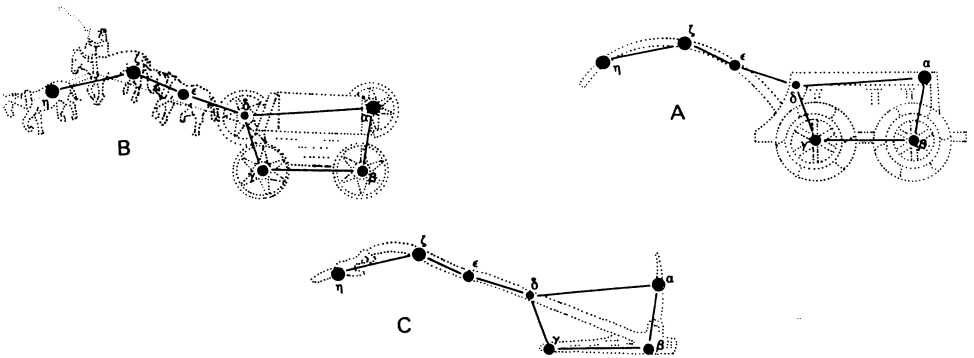


תמונה 5א': בכל חודש מחודשי החמה נמצאת השמש על רקע של מזל אחר משנים עשר המזלות. למשל בחודש האביב כאשר אנו מסתכלים מכדור הארץ לעבר השמש היא נמצאת על רקע טלה, ובתחילת הסתיו היא נמצאת על רקע מזל מאזניים, וכו'. בשרטוט לעיל הארץ היא מצד שמאל, וכאשר מסתכלים לעבר השמש בצד ימין רואים את מזל גדי ברקע.

הוא רקע הכוכבים, אשר בו זורחת השמש במשך כל השנה. בדרך כלל, חז"ל קוראים לכל הכוכבים או לקבוצות כוכבים בכלל בשם "מזלות", כי מה שאופייני להם הוא שכלם זזים גם בתנועה היומית וגם בתנועה אחרת, משל עצמם, ובלשון ארמי "מזל" - פירושו הולך (אזיל והולך).

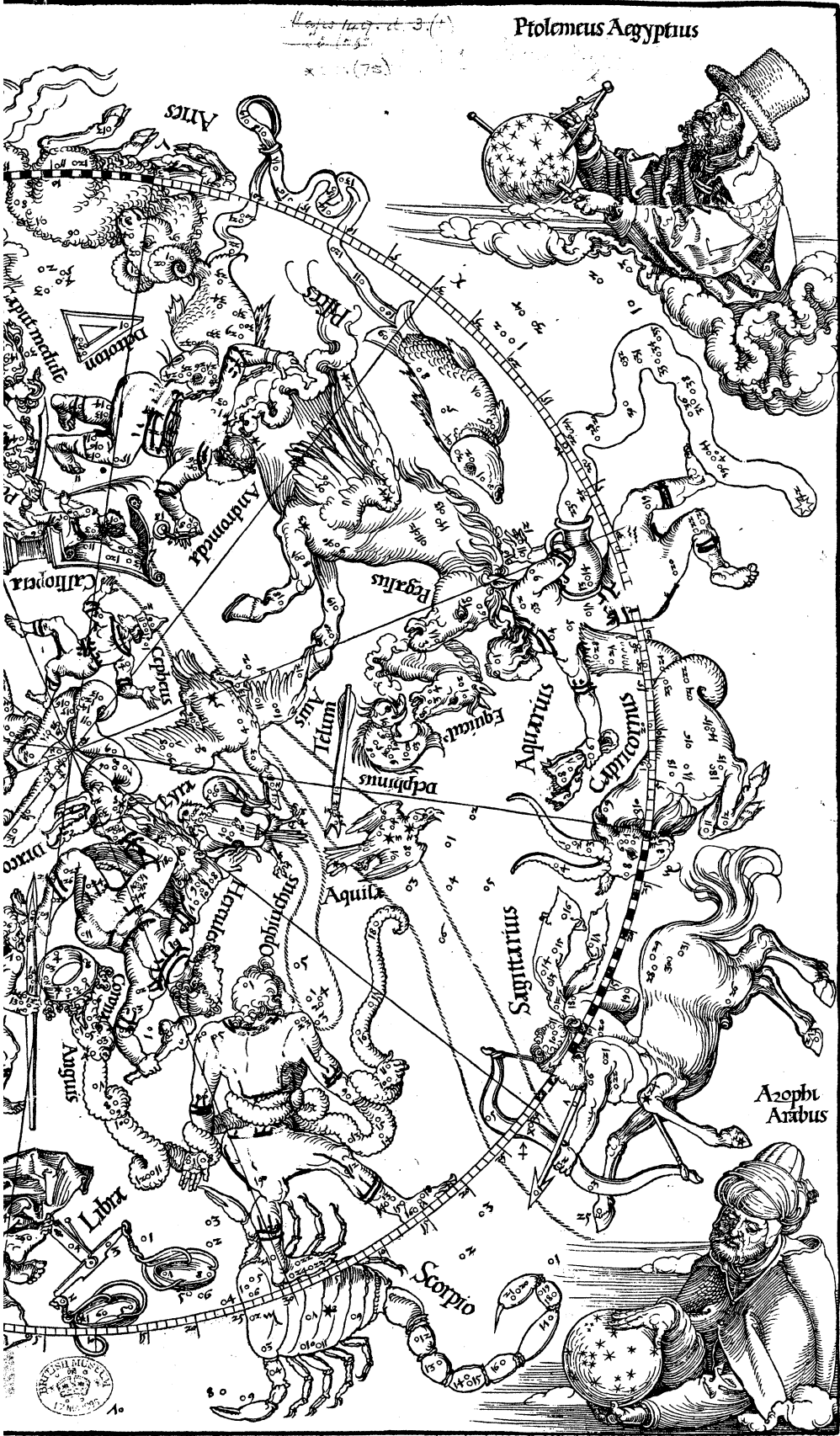
אבל בשמים ישנן הרבה יותר קבוצות מאשר שנים-עשר המזלות האלה בלבד. בצפון ובדרום ניתן לראות הרבה מאוד כוכבים, וגם שם ציירו צורות של עצמים או חיות וכדו'. אבל השמש לעולם אינה זורחת על פניהן של צורות אלו, כי הן נמצאות במקומות אחרים בשמים. רק לשתים עשרה הצורות האלה, הנמתחות בפס המיוחד ממזרח למערב, אנו קוראים בשם "שנים-עשר המזלות",





תמונה 8: א. התמונה למעלה היא צילום של קבוצת הכוכבים המכונה בשם "העגלה הגדולה".

ב. מתחתיה שרטוט דמיוני המחבר כוכבים מסוימים לצורה שאכן נראות כביכול כמו עגלה, או כרכרה עם סוסים או אפילו מחרשה.

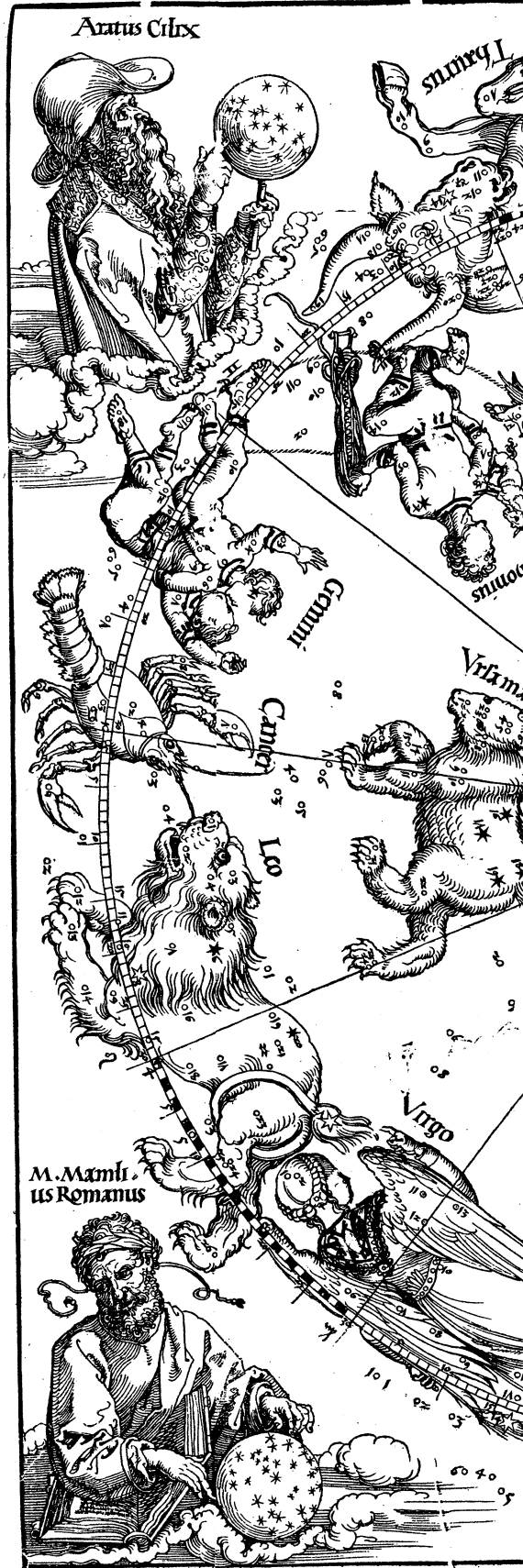


149. d. 3. (+)  
 149. 5.  
 (75)

Azophi Arabus







תמונה 6: שרטוט המזלות על תבנית עץ  
(נירנברג, שנת 1515 למנינם).

כי במשך השנה זורחת השמש על פניהן בלבד. למשל, תמונה 8 מראה צילום של קבוצת כוכבים ידועה ביותר המכונה בשם "העגלה הגדולה". אנו משתמשים בה רבות למציאת כוכב הצפון, כי היא גם סמוכה אליו ביותר. מתחת לצילום זה אנו מביאים שרטוט של מיקום הכוכבים בעגלה הגדולה שאכן צורתה נראית כצורת עגלה או כרכרה (או מחרשה). עם כל פרסומה הרב של קבוצת כוכבים זו, הרי היא אינה נכללת כלל בין שנים עשר המזלות, כי השמש לעולם אינה זורחת על פניה, שהרי העגלה הגדולה נמצאת ממש בצפון והשמש לעולם אינה זורחת עד כדי כך צפונה. בתום שנים-עשר חודשים, כאשר עוברת השמש ממזל למזל, היא חוזרת לבסוף שוב למזל טלה, שהוא ראש המזלות וגם מזלו של חודש ניסן.

#### השפעת המזלות

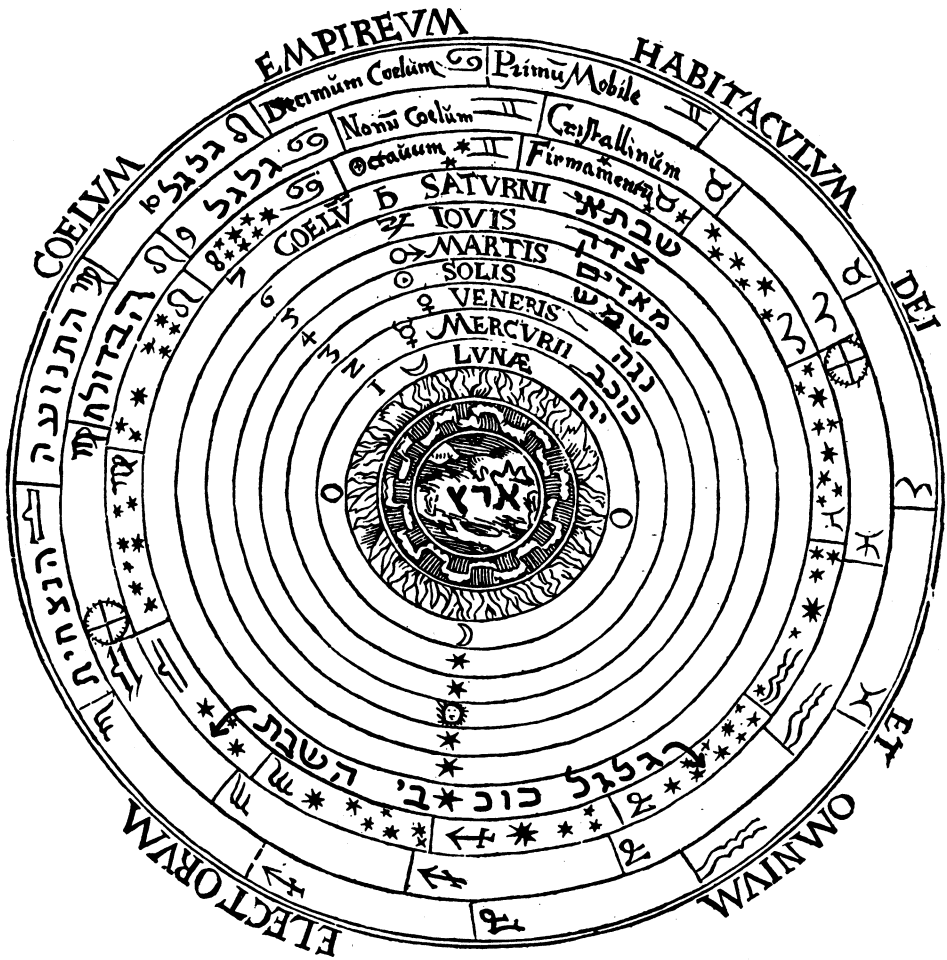
כאמור, בחודש ניסן כולו זורחת השמש על פני קבוצת הכוכבים במזל טלה. בתחילת החודש, היא זורחת על פני רקע הכוכבים שבראש מזל טלה, ואט-אט, במשך חודש ניסן, היא נעה מזרחה (כמעלת קשת אחת ביום) וזורחת בכל יום מזרחה יותר על פני מזל טלה, עד שבסוף חודש ניסן היא זורחת על פני זנב הטלה. מזל טלה עצמו מכיל בסך-הכל 13 כוכבים זוהרים (ועוד הרבה כוכבים חלשים יותר). לפי טענת האסטרוולוגים (יודעי המזלות) אם אדם נולד בשעה שהשמש זרחה על פני אחד הכוכבים הזוהרים דווקא, אז אותו אדם הוא בעל תכונות כאלה וכאלה, וכי' (תמונה 1). דוגמה נוספת: מזל שור מכיל 33 כוכבים זוהרים. אם אדם נולד בשעה שהשמש זרחה על פני הכוכבים מהראשון ועד לשמיני שבהם, אז, לטענתם תכונותיו יהיו כך וכך.

אבל זה אינו הגורם היחיד הקובע, וכבר בגמרא (שבת ק"ו.) מצאנו מחלוקת, האם גם היום עצמו בשבוע של יום לידתו קובע את מזלו של האדם, או גם השעה של היום שבה הוא נולד - גם היא קובעת: למשל, מי שנולד ביום ראשון, יהיה או כולו צדיק או כולו רשע, שהרי באותו יום ראשון של הבריאה נבראו האור והחושך. או: מי שנולד ביום שני, יהיה גבר רגזן, משום שבאותו היום נפלגו המים, ואכן הוא נבדל מכל אדם. ביום שלישי - עשיר וזנאי, משום שנבראו בו העשבים, שהם דבר שפרה ורבה מאוד, וממהר לגדול ולצמות. מאן דנולד ביום ד' יהא גבר חכים ונהיר, משום שאיתלו ביה מאורות, וכתב "תורה



אור". מאן דנולד ביום ה' יהא גבר גומל חסדים, משום שאיברו ביה דגים ועופות, שאינם טורחין ואוכלין, וניזונים בחסדו של הקב"ה. מאן דנולד במעלי שבתא יהא גבר חזרן במצוות, שכן דרך בע"ש - מחזרים אחר מצוות שבת. מאן דנולד ביום שבת קודש ימות בשבת, משום שאיחלו עליו שבת וקדוש ייקרא פירוש "וקדוש" - כדכתיב: "ויקדשהו".

וציינה הגמרא (שם), אמר להו ר' חנינא, פוקו ואמרי ליה לבר לוואי, לא מזל יום גורם אלא מזל שעה גורם. ופירוש הדבר כך הוא: ישנם שבעה כוכבי לכת: שצ"ם חנכ"ל (ראשי תיבות של: שבתאי, צדק, מאדים, חמה, נוגה, כוכב, לבנה - תמונה 9), וכל אחד מהם ממונה מבחינה רוחנית על שעות מסוימות במשך היום. למשל, ביום שבת, השעה הראשונה בבוקר (בין שעה 6 לבין שעה 7) - שולט בה שבתאי, השעה השנייה שאחריה - שולט בה כוכב צדק, וכך הלאה. כל שבע השעות הראשונות, שולטים בהם כל אחד משבעת כוכבי הלכת, לפי הסדר: שצ"ם חנכ"ל - כל אחד על שעה אחת, בזה אחר זה. ואחרי שבע השעות הראשונות, מתחיל שוב מחזור שליטה חדש, שסדרו שוב: שצ"ם חנכ"ל. אם נמשיך בספירת השעות כל השבוע בדרך זו, יום אחרי יום, יסומנו כל השעות של ימי השבוע ויהיו נשלטות על ידי אחד משצ"ם חנכ"ל. כך יוצא, כי יום השבת מתחיל בשעה ששולט בו שבתאי, יום ראשון מתחיל בשעה ששולט בה חמה, יום שלישי - לבנה, יום רביעי-כוכב, יום חמישי - צדק, יום שישי - נוגה. זוהי הסיבה לכך ששמות הימים בשפות שונות הם שרידים של השמות של כוכבי הלכת שצ"ם חנכ"ל: יום שבת הוא באנגלית SATURDAY המורכב משני שמות DAY-SATURN כלומר יום שבתאי, כי תחילת יומו היא שעת שבתאי. יום ראשון הוא SUNDAY או SUN-DAY כלומר יום חמה, כי תחילת יומו היא שעת חמה. יום שני MONDAY המורכב משני שמות MOON-DAY שהוא יום הלבנה, כי תחילת יומו היא שעת לבנה. יום שלישי - MARDI (בצרפתית) שהוא שם מאדים, MARS, כי תחילת יומו היא שעת מאדים. יום רביעי - MERCREDI מלשון כוכב MERCURE, כי תחילת יומו הוא שעת "כוכב". יום חמישי - JEUDI המכיל את שם כוכב צדק JUPITER, כי תחילת יומו הוא שעת צדק. יום שישי VENDREDI המכיל את שם כוכב נוגה VENUS, כי תחילת יומו הוא שעת נוגה.



תמונה 9: תמונת העולם של הקדמונים שלפיה נמצא כדור הארץ במרכז ומסביבו נעים שבעת כוכבי הלכת ( ראשי תיבות שצ"ם חנכ"ל) במסלוליהם במה שמכונה בשם "שבעת הגלגלים". הגלגל השמיני מכיל את כל שאר הכוכבים המכונים בשם "כוכבי השבת". התשיעי הוא גלגל המכונה בשם "גלגל הבדולח" והעשירי הוא גלגל התנועה הנצחית. כל אחד מהכוכבים האלה בכל שמונת הגלגלים משרים תכונות משלהם ומשפיעים על גורל בני האדם ועל המתחולל על כדור הארץ, זוהי דעת האסטרולוגים.



ואשר למה שאומר ר' חנינא: פוקו ואמרי ליה לבר לואי, לא מזל גורם אלא מזל שעה גורם, כלומר: מי שנולד בשעה מסוימת, הנשלטת ע"י אותו כוכב לכת, הרי הוא בעל תכונות הנמשכות מאותו כוכב לכת, וזהו "מזל שעה". ונאמר שם בהמשך: "האי מאן דבחמה (שנולד בשעת חמה) יהיה גבר זיוותן... דבכוכב נוגה - יהי גבר עשיר וזנאי... דבכוכב (בלע"ז "מרקיור") - יהי גבר נהיר וחכים... דבלבנה - יהי גבר סביל מרעין.. דבשבתאי - יהיה גבר מחשבתי בטלין.. דבצדק - יהי צדקן... במצוות, האי מאן דבמאדים יהי גבר אשיד דמא..." כלומר, לבני אדם יש זיקה אל כוכבי לכת האלה, המזלות, שתכונותיהם מושפעות מהם, והקב"ה מנהיג דרך מזלות אלה, כדי להשפיע תכונות אלו או אחרות על בני אדם.

#### עם ישראל והמזלות

אולם כפי שצינינו לעיל, הרי אין מזל לישראל, כלומר: אם הזיקה של המזלות האלה עומדת וקיימת, הרי הדבקות של אדם מישראל בקב"ה משנה את פעולת המזל, כי הוא קשור באופן ישיר למלך מלכי המלכים, הקב"ה, ולא באמצעות שריו ועבדיו, עושי דברו בשמים.

בפירוש הרמב"ן על התורה על הפסוק: "וארא אל אברהם אל יצחק ואל יעקב באל-שדי, ושמי ה' לא נודעתי להם" (שמות ו', ג), הוא כותב: "והנה אמר האלקים למשה, נראיתי לאבות בכוח ידי, אשר אני שודד בו המזלות ועוזר לבחירי, אבל בשמי של יר"ד ה"א, אשר נהיה כל הווה, לא נודעתי להם, לברוא חדשות בשינוי התולדות". כלומר, השי"ת נגלה לשלושת האבות בכוחו לשדד את מערכות השמים (מצב המזלות), וכך לשנות את מזלם וגורלם של בחיריו ורודפי שמו, אבל בשם הוי"ה, שהוא ית' מהווה בו כל הוויות ועושה חדשות - לא נראה אליהם. דהיינו, הקב"ה נגלה לאבות כמנצח על המערכות העליונות, כמשנה את מצב הכוכבים ומסילותיהם, וזאת כמובא ברש"י בפרשת לך לך: אמר לו (הקב"ה לאברהם) צא מאיצטגנינות שלך, שראית במזלות שאינך עתיד להעמיד בן. אברם - אין לו בן, אבל אברהם - יש לו בן. וכן שרי - לא תלד, אבל שרה - תלד. אני קורא לכם שם אחר, וישתנה המזל, עכ"ל. ומוסיף האבן עזרא, ואומר כי: "קרוב מזה הטעם שאין מזל לישראל", שכיון שעם ישראל דבק באלוקיו, אין למזלות כל שליטה עליו, שהשי"ת משדד ומנצח את המערכות.

אבל גישה זו, דהיינו, שקיימת זיקה בין מצב המזלות ביחסם זה לזה לבין גורל בני האדם, עד כי הקב"ה משדד את המערכות כדי לשנות מזל, גישה זו היא בתכלית הניגוד לדעתו של הרמב"ם בפירושו המשניות (ע"ז, פרק ד' משנה ז') : "לפי שאני יודע שרוב בני אדם כולם נפתים בזה פיתוי גדול מאוד, ובדברים דומה להם, ומחשבים שיש להם עניינים אמיתיים, ואין הדבר כן, עד כי הטובים החסידים מבני דתנו, חושבים שהם דברים אמיתיים, אלא שהם אסורין מצד התורה בלבד - ואינם יודעים, שהם דברים בטלים כוזבים..."

ברם, ראינו לעיל, כי דעתו של הרמב"ן היא כי יש ממש בענייני המזלות, עד כי הקב"ה נדרש מדי פעם לשדד את המערכות כדי לשנות את המזל. כלומר, המחלוקת היא בין הרמב"ם, האומר כי אין כל ממש בענייני המזלות כעיקרון, והרמב"ן, האומר כי עקרונית יש בהם ממש, אלא שהקב"ה משנה אותם למזלות אחרים (אפילו ע"י שינוי מקום הכוכבים באותו מזל).

אבל לא רק מיקום השמש ביחס למזלות, ולא רק כוכבי הלכת - יש להם השפעה, אלא גם לליקויים של החמה והלבנה יש השפעה, כאמור (סוכה כ"ט) : תנו רבנן, בזמן שהחמה לוקה, סימן רע לעובדי כוכבים. לבנה לוקה - סימן רע לשונאיהם של ישראל, מפני שישראל מונים ללבנה, ועובדי כוכבים - לחמה. לוקה במזרח - סימן רע ליושבי מזרח. במערב - סימן רע ליושבי מערב. באמצע הרקיע - סימן רע לכל העולם כולו. פניו דומים לדם - חרב בא לעולם. לשק - חיצי רעב באין לעולם. לקה בכניסתו - פורענות שוהה לבוא. ביציאתו - ממהרת לבוא. ויש אומרים - חילוף דברים. ואין לך כל אומה ואומה שלוקה, שאין אלוהיה לוקה עמה, שנאמר: "ובכל אלהי מצרים אעשה שפטים". ובזמן שישראל עושין רצונו של מקום, אין מתייראין מכל אלו, שנאמר: "כה אמר ה' אל דרך הגויים אל תלמדו ומאותות השמים אל תחתו, כי יחתו הגויים מהמה" - עובדי כוכבים יחתו, ואין ישראל יחתו. (ראה פרק שלישי להלן "אותות השמים")

#### המזלות והמדע כיום

אשר למדע כיום, הוא שולל בתכלית השלילה את הרעיון, שיש השפעה כלשהי למזלות עלינו, זאת היות והמכשירים שלהם (שהם המציאו, בכל אופן) , והסטטיסטיקות שהם עורכים, אינם מעידים על השפעה כזאת. אבל האמת היא



שהנושא הזה הרבה יותר מורכב ממה שהמדע מסוגל לבדוק בכליו ובדרך מחשבתו, כי נגיעה במושגים איכותיים כאלה היא מורכבת הרבה יותר והיא גם מעבר לתחום פעולתו.

נעיר כאן הערה חשובה, שהשמש בימינו אינה זורחת בחודש ניסן (ב- 21 במרץ) במזל טלה, אלא היא נסוגה עם הזמן בין המזלות והיא זורחת כיום במזל דגים. הסיבה לכך היא שציר כדור הארץ נע בסיבוב נוסף, המשנה את נקודת האביב בהדרגה, בשיעור של כמעלה אחת בשבעים שנה (ראה הרמב"ם, הלכות יסודי התורה פרק שלישי, סוף הלכה ז', וכן צבא השמים חלק ד'). זו גם הסיבה לכך שישנה מחלוקת בין האסטרונומים בזמננו, האם גורל בני אדם נקבע לפי מה שרואים כיום בחודש ניסן בשמים, או מה שהיה אז - הוא הוא הקובע היום. למשל, לפני כאלפיים שנה היתה השמש זורחת בכל יום החל מ- 21 במרץ על רקע מזל טלה, והיתה נעה כאמור בכל יום מעט על פני מזל טלה עד שלאחר כשלושים יום היא כבר זרחה על פני זנב הטלה. כך בכל רגע במשך אותם שלושים יום היא היתה עוברת בין הכוכבים של מזל טלה אחד לאחד, והיתה מכסה אותם זה אחר זה. כאמור לעיל, לפי האסטרונומיה, ברגע שבו נולד אדם מסוים כסתה השמש כוכב מסוים במזל טלה, ולפי זה הם קבעו (לפי כללים שלהם) מהו מזלו. אבל כיום השמש זורחת בכל יום בתקופת האביב (21 במרץ) על פני מזל דגים דוקא ולא במזל טלה כך שכיום היא מכסה בכל רגע כוכב אחר לגמרי ודוקא במזל דגים. כלומר, אדם שנולד למשל ב- 21 במרץ הרי לפי "מפת הכוכבים" הישנה הוא במזל טלה, ולפי "מפת הכוכבים" החדשה הוא במזל דגים, וכך הוא גם לגבי שאר המזלות.

מתברר כי דוקא האסטרונומים במדינות המזרח אמצו בדרך כלל את "מפת הכוכבים" החדשה, דהיינו אדם שנולד באביב מזלו הוא דוקא דגים, ולעומתם האסטרונומים במערב בדרך כלל נשאו "במפת הכוכבים" הישנה, כלומר הוא עדיין במזל טלה כמו שהשמיים הצטיירו לפני אלפיים שנה (ויש לכל מחנה סיבותיו שלו).

לגבינו, אם מטעם מה שאומר הרמב"ם ואם מטעם מה שאומר הרמב"ן, הרי אנו עם ישראל, מאמינים בני מאמינים, ואין לנו אלא אבינו שבשמים, "כי יעקב בחר לו י-ה, ישראל חבל נחלתו". עם ישראל קשור ישירות אל הקב"ה, ולא אל שריו ועבדיו, בדמות הכוכבים ושאר שלוחיו בעולם. מי שאינו קשור ישירות אל

הקב"ה - בוודאי שייפול בידי שלוחיו, לטוב אם לרע. אבל אנחנו, בני בניהם של אברהם יצחק ויעקב, נצטוונו להאמין בו ולהיות קשורים אליו בלבד, וזה מה שאמר הקב"ה לאברהם: "כי ידעתיו למען אשר יצוה את בניו ואת ביתו אחריו, ושמרו דרך ה' לעשות צדקה ומשפט, למען הביא ה' על אברהם את אשר דבר אליו".



## פרק שני

# תולה ארץ על בלימה

### על האסטרואידיים

בפרקי אבות כתוב (ג', מ"ט): "כל הקודם יראתו לחכמתו חכמתו מתקיימת, וכל הקודם ליראת חטאו – אין חכמתו מתקיימת". ועל זה אמרו חז"ל (שבת לא.), "כל אדם שיש בו תורה ואין בו יראת שמים דומה לגזבר שמסרו לו מפתחות הפנימיות, ומפתחות חיצוניות לא מסרו לו, בהי עייל? (אז במה יכנס?) ופירש רש"י "יראת שמים דומה לפתחים חיצוניים שדרך להם נכנסים לפנימיים, כך אם ירא שמים הוא נעשה חרד לשמור ולעשות, אם לאו אינו חש לתורתו, בהי עייל? באיזה פתח נכנס לפתוח את הפנימיים?

בהקדמה לתיקוני זוהר מזהירים את הלומד תורה ללא יראה: ומאן דבעי לנטלא ליה (ללמוד תורה) בלא שכניתיה, דאיהו יראת ה' עליה איתמר נרגן מפריד אלוף כאילו עביד קיצוץ ופירוד בין קודשא בריך הוא ושכניתיה, ובגין דלא יעבדון פירודא, אף על גב דאוליף אדם שית סדרי משנה, ולא אקדים ליה יראת ה', דאיהי שכניתיה, קודשא בריך הוא לא שריא לגביה ובגין דא אי איכא יראת ה' – אין, ואי לא – לא, כאילו לא היה כלום בידיה. עכ"ל. וזהו מה שאמרו גם "ראשית חכמה יראת ה'".

אבל גם כל קיומו של האדם בעולם הזה ובעולם הבא עומדים על היראה, שהרי בעולם הזה אמרו (קהלת ג', י"ד) "סוף דבר הכל נשמע, את האלקים ירא ואת מצוותיו שמור כי זה כל האדם", ובעולם הבא אמרו (שבת לא, ב') אמר רבא בשעה שמכניסין אדם לדין אומרים לו נשאת ונתת באמונה... ואפילו הכי אי יראת ה' היא אוצרו – אין, אי לא – לא. ופירש רש"י "היא אוצרו – הוא עיקר החשוב בעיניו". וכל זה הרי כתוב במפורש בתורה (דברים י', י"ב): "ועתה ישראל מה ה' אלוקיך שואל מעמך כי אם ליראה את ה' אלוקיך ללכת בכל דרכיו ולאהבה אותו ולעבוד את ה' בכל לבבך ובכל נפשך, לשמור את מצוות ה' ואת חוקותיו..." וישנם עוד דברים רבים שכתבו חז"ל על היראה וכיצד היא מביאה גם לאהבת ה' יתברך וכו'.

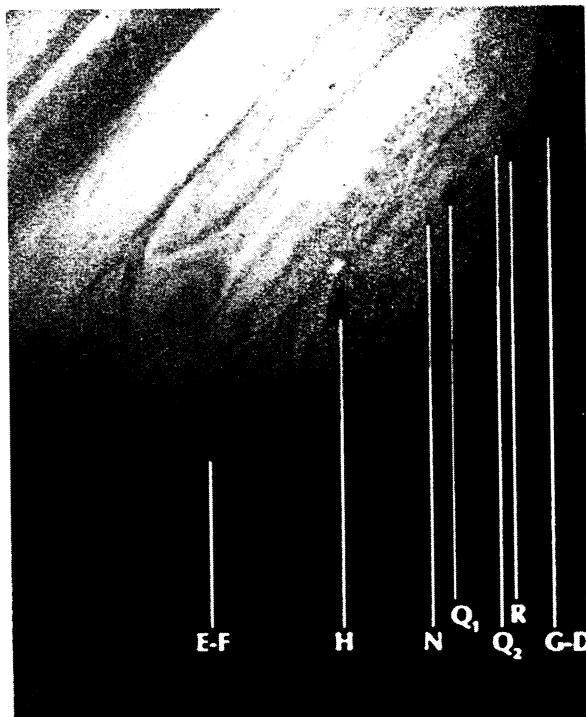
וכיצד יבוא האדם לידי יראה כזו שהוא מצווה עליה? ישנן הדרכים הרוחניות עצמן שכאשר משיגים את פנימיות התורה עצמה ניתן להגיע ליראה גדולה מפני חכמתו של ה' יתברך ויתעלה, שהאדם המשכיל עומד אז נדהם מפני עומק המחשבה של הבורא והוא מגלה יריב בעל חכמה עצומה ואינסופית שצריך להזהר מפניו בבחינת "והאלוקים עשה שייראו מלפניו". זוהי אכן הדרך של האדם בעל היכולת להשכיל. אבל ישנה גם דרך פשוטה יותר לירא ולפחד מפניו והיא הדרך של התבוננות בבריאה הגשמית וכפי שכתב הרמב"ם (הלכות יסודי התורה, פ"ד, י"ב): "בזמן שהאדם מתבונן בדברים האלו... ויראה חכמתו של הקב"ה בכל היצורים ובכל הברואים, מוסיף אהבה למקום ותצמא נפשו ויכמה בשרו לאהוב המקום ברוך הוא, וירא ויפחד משפלותו ודלותו". ובפרט נכון הדבר כאשר האדם מסתכל בגרמי השמים מסביבו ואז הוא מכיר בערכו הקטן והשפל לעומת גרמי השמים הגדולים ומאורעותיהם המתחוללים שם חדשים לבקרים.

מכל המאורעות השמימיים היכולים לנטוע באדם את הפחד והיראה, ישנם סוג מאורעות שהם הקיצוניים והמפחידים ביותר מכולם: אלה הם ההתנגשויות הישירות שבין שני כוכבים. ואכן, זה כמה עשרות שנים שהאסטרונומים עוקבים אחרי התנגשויות כאלו בין גרמי השמים הרחוקים וגם הקרובים אלינו, ובפרט מה שמעניין יותר מכולם הוא האפשרות המחרידה שכוכב שבא מאן דהו יתנגש בכדור הארץ שלנו דוקא. האמת היא שמבחינה סטטיסטית הסיכוי ששני כוכבים הנעים בחלל יתנגשו זה עם זה הוא אפסי ביותר, אבל בכל זאת מאורעות כאלה אכן מתחוללים, וכאשר הדבר קורה – אז התוצאות הן אכן פנטסטיות במראיהן.

למשל תמונה 1 מראה צילום כיצד השברים של כוכב שביט מתנגשים בכוכב הלכת צדק. כל התנגשות כזאת יצרה להבה אדירה בגודל של כמה עשרות אלפי קילומטר, ואם היו שם חיים כל שהם, הרי הם מתכלים בן רגע. אם ה'ו' היו מאורעות כאלה מתחוללים כאן על כדור הארץ שלנו, הרי העולם היה מיד נחרב.

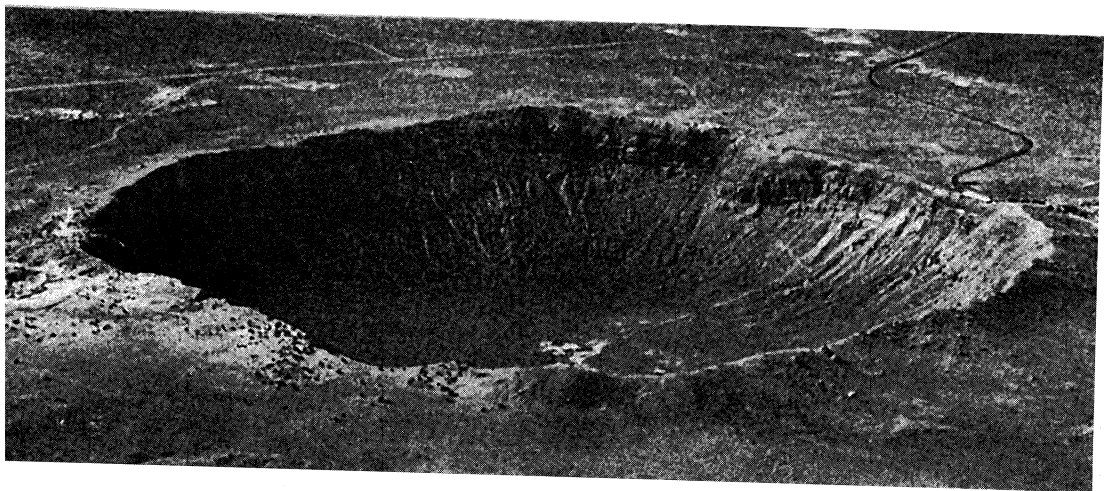
אלמלא מה שקרה בחודש אדר תשנ"ח, לא היינו נזקקים לכל התמונה המחרידה הזאת, כאשר נודע לתקשורת העולמית כי האסטרונומים גילו "אסטרואיד" (הסבר לקמן) הנע בשמים במסלול מסוכן עבורנו, ובעוד שלושים





תמונה 1: צילום של רסיסי כוכב שביט שנפלו על פני כוכב הלכת צדק בחודש יולי 1994.

שנה בלבד, בשנת תשפ"ח, (2,028 למנינם) הוא יחלוף במרחק של ארבעים אלף קילומטר בלבד מכדור הארץ, ויש סיכוי גבוה שאף יתנגש בו חזיתית! אמנם ליראי ה' ולדורשי שמו שבינינו הרי ידיעה זו אפילו לא הגיעה אליהם, אבל בארה"ב ובמערב בכלל, עמדו כלם בחרדה לשמע הידיעה הזאת ותוצאותיה. ובאמת, אם אדם היה יודע שבעוד שלושים שנה הולך העולם להיחרב סופית, הרי אין לך דבר מחריד יותר מזה. אבל עם פרסום הידיעה הזאת מיד נחלצו אסטרונומים נוספים ובחנו צילומים ישנים יותר של אותו "אסטרואיד" שנלקחו במשך חמישים השנים האחרונות, וחישבו על פיהם מסלול חדש ומדויק יותר של ה"אסטרואיד" המסוכן, וראו שהוא אכן יחלוף על פני כדור הארץ, אבל במרחק של כמיליון קילומטר, והסיכוי להתנגשות הוא ממש אפסי. רק אחרי כן נרגעו הרוחות והתקשורת העולמית הורידה את הנושא מסדר היום.



תמונה 2: המכתש הגדול במדינת אריזונה בארה"ב. משערים שהוא נוצר כתוצאה מנפילה של מיטיאור ענק.

האמת היא שעצם התופעה של נפילת אבנים בגדלים שונים הנופלים מן השמים על כדור הארץ ידועה היטב מן ההיסטוריה. המאורע העתיק ביותר הידוע לנו הוא אולי מכת הברד מן השמים על המצרים בצווי ה' יתברך בזמן משה רבינו ע"ה. גם במלחמת יהושע בחמשת מלכי האמורי, השליך עליהם הקב"ה אבנים גדולות מן השמים. מאז ועד היום מוכרת היטב התופעה הזו של נפילת אבנים. הנה תמונה מס' 2 מראה מכתש גדול שקוטרו כקילומטר וחצי שניכר היטב שהוא נוצר מנפילת אבן ענקית "שהתנגשה" בכדור הארץ (ראה צבא השמים א' עמ' 347). גם בתחילת המאה העשרים נפל גוף שמימי ענק בערבות סיביר, והוא הותיר אחריו חורבן ביערות לאורך כמה עשרות קילומטרים. אם מאורעות כאלה היו קורים במרכזי ישוב, הרי שהחורבן היה יכול להיות איום ונורא. תמונה 3 מראה את כל המכתשים על כדור הארץ הידועים כיום. ידוע גם שגרמי השמים המוצקים כגון הירח, וכוכבי הלכת נוגה וכוכב חמה אכן מראים מכתשים כאלה על פניהם. (ראה צבא השמים א' עמ' 104, 107, 235, 236, 248)

כך יוצא שלאסטרונומים כיום יש אכן אחיזה לסברתם שאיזה כוכב שביט או אסטרואיד יכולים לבוא מאן דהו וליפול על כדור הארץ. אבל מה הם "האסטרואידים" שהם מפחידים כל כך את האסטרונומים כיום?



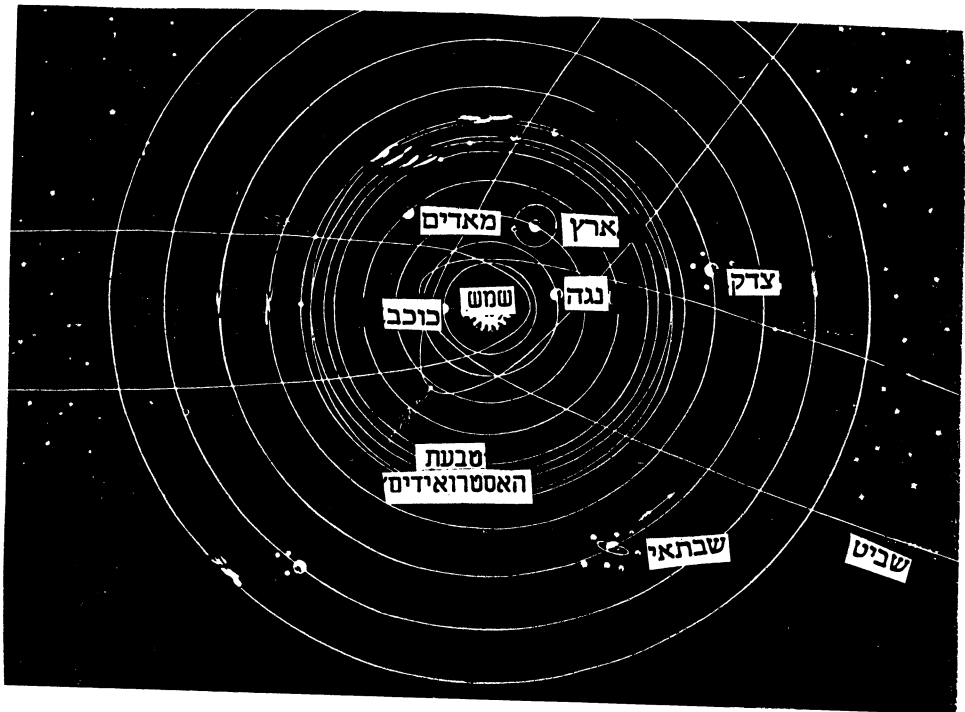
**תמונה 3: מקומות של מכתשים על פני היבשות של כדור הארץ שכנראה נוצרו ע"י נפילת אסטרואידים מן השמים.**

#### **האסטרואידים**

במשך מאתיים השנים האחרונות התברר כי במערכת השמש עצמה בין המסלולים של שני כוכבי הלכת צדק ומאדים ישנה "טבעת" שלמה מלאה באלפי גושי חצץ, אבנים וסלעים בגדלים שונים המקיפים גם הם את השמש (תמונה 4). תמונה 5 מראה צילום של אסטרואיד שכינו "אידה".

כל אחד מהם הוא כוכב לכת בפני עצמו, אלא שהמיוחד שבהם הוא שהם נעים כלם פחות או יותר באותה מסגרת טבעתית. כאמור אלה הם "אבנים" או "סלעים" בגדלים שונים, שהגדול שבהם הוא בקוטר של כאלף קילומטר. לכל הגופים האלה שמסלולם נמצא בעיקרו בטבעת זו קוראים בשם "אסטרואידים" שתרגמו "כוכבונים", או כוכבים קטנים (תרגום אסטרו- כוכב). אולם, לא כל האסטרואידים נעים במסלול מדויק בתוך הטבעת. ישנם כאלה אשר נמצאים אמנם חלק מזמנם בטבעת זו, אבל לפעמים הם סוטים במסלול

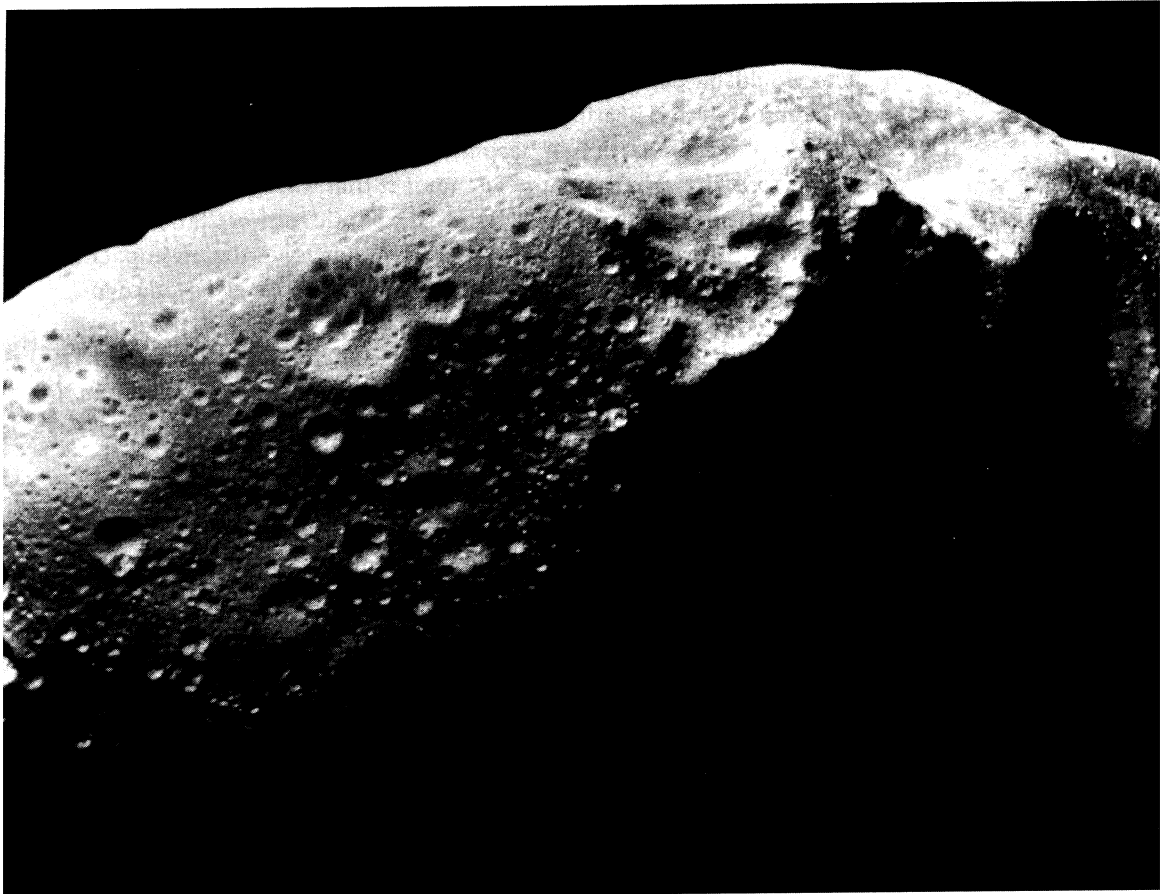




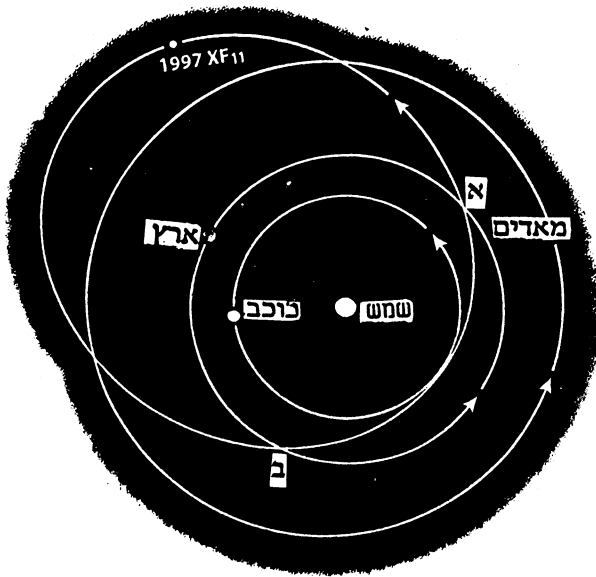
תמונה 4: טבעת האסטרואידים נמצאת בין מסלולי כוכבי הלכת מאדים וצדק.

ארוך היוצא גם הרחק הרחק מן הטבעת. יש כאלה אשר מסלולם מגיע עד למסלול כדור הארץ סביב השמש, ואלה הם האסטרואידים העלולים לפגוע בכדור הארץ, במידה ומסלולם אכן פוגש בפועל את כדור הארץ או קרוב מאד אליו. (תמונות 6,7)

כיום ישנם מספר ארגוני אסטרונומים בעולם העוקבים בדאגה רבה אחרי תנועתם של אסטרואידים מסוכנים כאלה. בתחילה הם מגלים אותם בצילומים המראים בפירוט כי אסטרואיד מסוים נע "מהר מן הרגיל" בשמים בין כוכבי השבת, וזהו הסימן המובהק שהוא קרוב אלינו במיוחד (ראה תמונה 8). מתוך חישובים שונים על פני לוח הצילום ניתן לחשב את מסלולו המדויק של האסטרואיד ולהיווכח אם אכן הוא עלול להתנגש בכדור הארץ ביום מן הימים.



תמונה 5: האסטרואיד שכינויו "אידה" צולם ע"י החללית גליליאו בדרכה לכוכב הלכת צדק. זהו סלע גדול שאורכו הוא כשישים קילומטר. שים לב למכתשים הרבים שעל פניו שנוצרו מהתנגשויות עם אסטרואידים קטנים יותר.

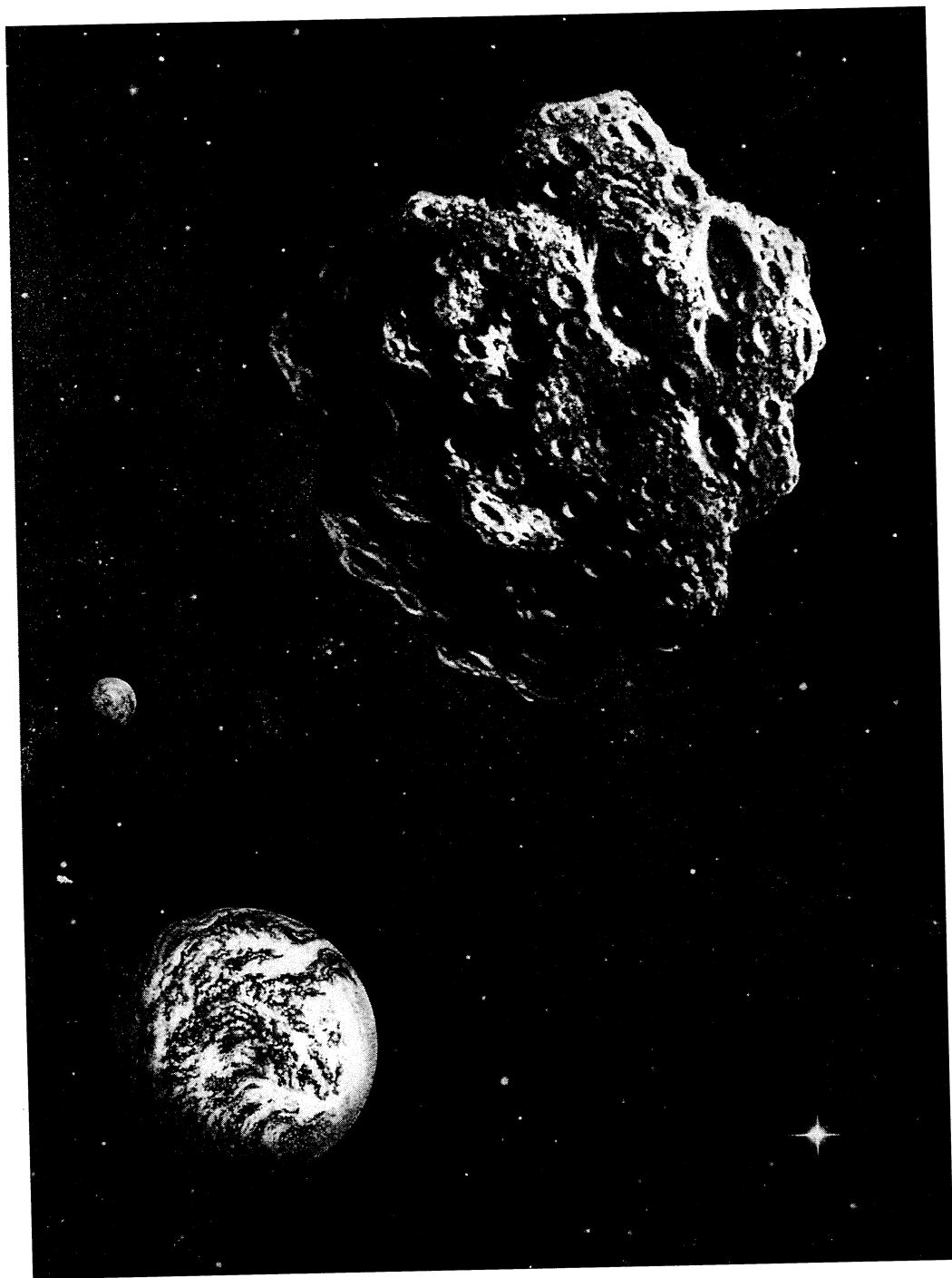


תמונה 6: האסטרואיד שסימונו 1997 xf11 חוצה את מסלול כדור הארץ בשני מקומות המסומנים ב-א' ו-ב'.

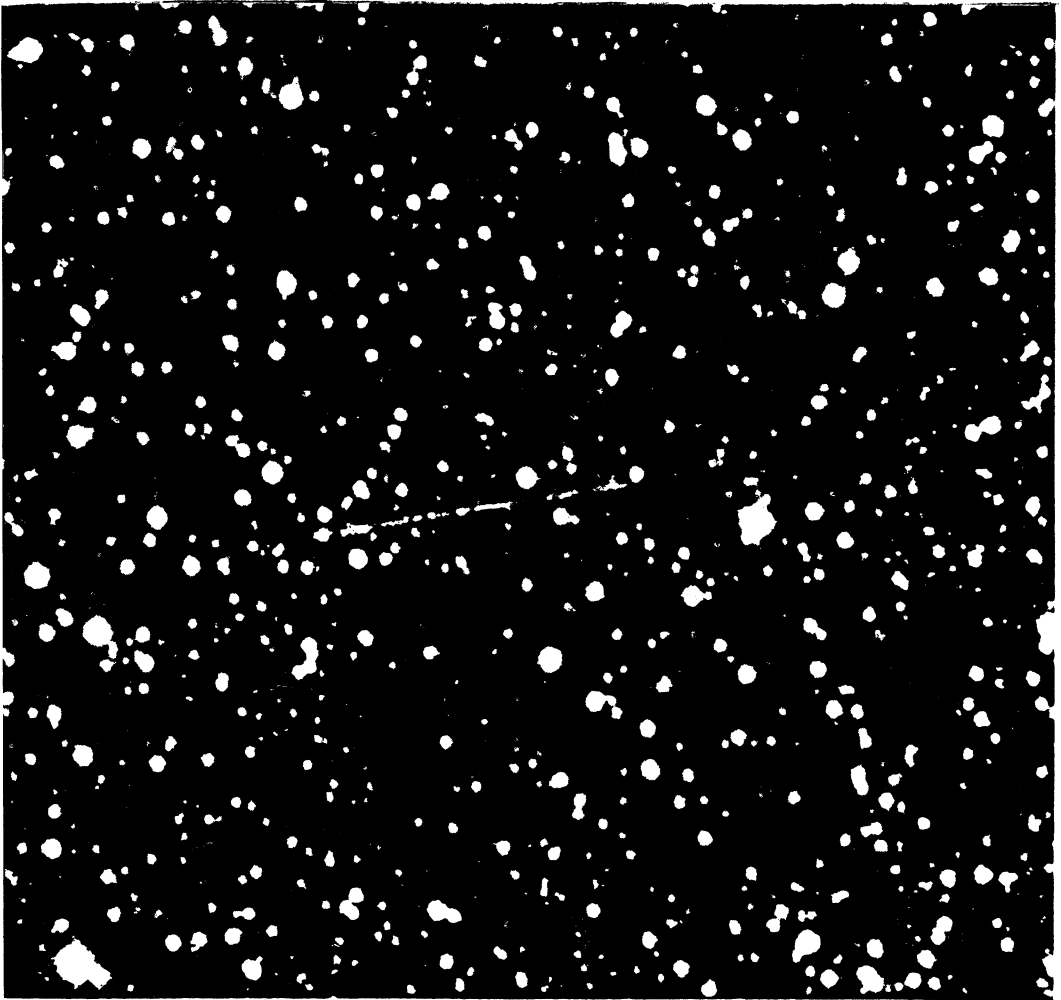
האסטרונומים גילו עד היום כ-350 אסטרואידים כאלה שקוטרם כחצי קילומטר כל אחד שהם קרובים במיוחד לכדור הארץ והם נחשבים למסוכנים בכח עבורנו. אבל משערים שישנם בסך הכל כ-9000 אסטרואידים כאלה המהוים סכנה בכח לכדור הארץ. האסטרואידים הבלתי ידועים האלה הם המסוכנים ביותר, כי הם יכולים להגיע לפתע פתאום מאן דהו ולגרום לאסון גדול.

כיום ישנם אסטרונומים שפתחו תוכנות מחשב המחשבות מהו גודל הזעזוע שיתחולל על כדור הארץ אם אסטרואידים בגדלים שונים היו מתנגשים בו. למשל התנגשות באסטרואיד שגודלו כחצי קילומטר בלבד יכול להחריב שטח של אלפי קילומטרים על פני כדור הארץ. אבל עוד לפני שהאסטרואיד יגיע לכדור הארץ, הוא יתחמם ויהיה כדור אש ענקי שישרוף את כל רואיו עד למרחק של אלף קילומטר. כאשר הוא יתנגש בפועל הוא מסוגל להעיק גושים גדולים מאד של אדמה כלפי מעלה שיחזרו לכדור הארץ ויחריבו את סביבתם.





תמונה 7: ציור דמיוני של אסטרואיד בדרכו לעבר כדור הארץ.



תמונה 8: אסטרואידי הנע במהירות משאיר פס אור על לוח הצילום. ככל שהפס ארוך יותר סימן שהוא נע מהר יותר ולכן הוא קרוב אלינו ביותר.

האבק שיווצר באוויר יכסה את כל האטמוספירה של כדור הארץ למשך מספר חודשים, ויווצר חורף ארוך וקר על פני כדור הארץ כלו. שכבת האוזון פשוט "תעוף" מן האטמוספירה ולא יהיה מה שיגן על החי מפני הקרינה האולטרא סגולה הקטלנית. גושי סלעים גדולים יתאדו לחלוטין מן החום הרב ויווצרו גזים רעילים בכמויות אדירות. לבסוף, הזעזוע לכדור הארץ עצמו יהיה כמו

רעידת אדמה שתחריב ישובים במרחק של אלפי קילומטרים מנקודת ההתנגשות עצמה. הטבלה הבאה מראה תוצאות של חישובים של התנגשויות של אסטרואידים בגדלים שונים. למשל, אסטרואיד בינוני שגודלו בין 200 לבין 2000 מטר ישחרר אנרגיה כמו פצצה שמשקלה בין 100000 לבין 100 מיליון מגטון של ט.נ.ט. (מגטון הוא משקל של מיליון טון) כאמור פצצה כזו יכולה להחריב איזורים נרחבים על פני יבשת.

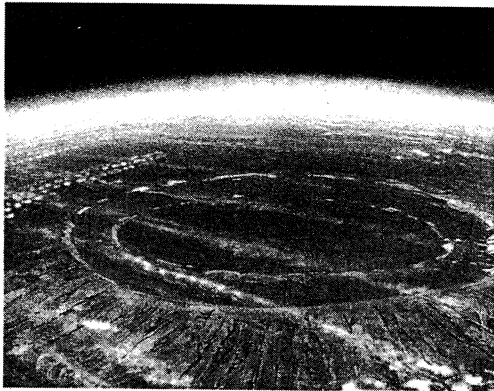
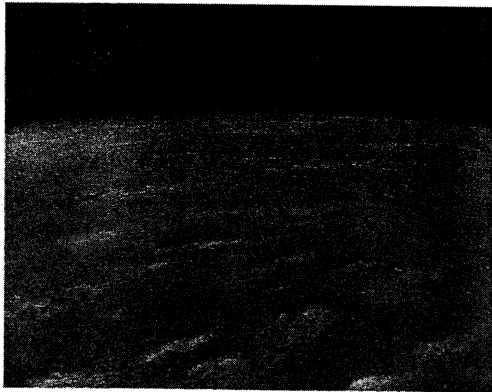
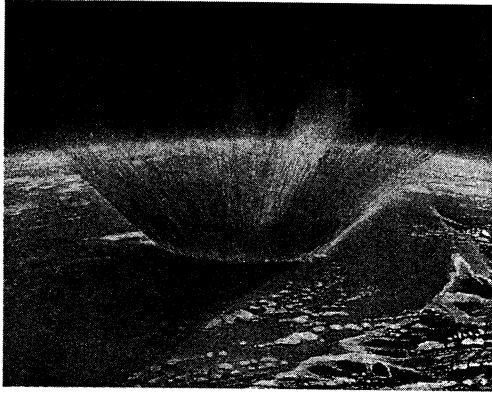
הנתונים הבאים מראים את היחס בין גודל האסטרואיד לגודל החורבן שהוא עלול לזרוע וכן למשקל פצצה השווה לו ביכולת ההרס רח"ל:

| גודל (ק"מ) | כמו פצצה (במגטון) | תוצאה  |
|------------|-------------------|--|
| 10         | 100 מיליון        | חורבן כללי של כדור הארץ ושל החי והצומח.          |
| 2          | 100 אלף           | חורבן כללי של כדור הארץ. חלק מן החי והצומח שורד. |
| 200        | 1000              | חורבן איזורי. סכנה לחי ולצומח.                   |
| 30         | 500               | חורבן מקומי.                                     |
| 10         | 3                 | זעזוע מקומי.                                     |

החישובים הנ"ל נעשו במקרים שהאסטרואיד נופל על יבשה. אבל אם הוא נופל ישירות על עיר כמו ניר יורק, (תמונה 9 צבעונית, לוח 4) הרי האבדן בנפש וברכוש הוא הרבה יותר גדול, ואם הוא נופל על תחנת כח גרעינית הרי הדבר חמור ומסוכן לכל היבשת כלה.

חישובים של נפילת אסטרואידים על פני האוקיינוס מראים תופעות אחרות לגמרי. למשל, אסטרואיד שקוטרו 5 ק"מ שיפול באמצע האוקיינוס שבין אירופה לארה"ב ייצור גל אדיר של מים שיציף לחלוטין את כל פורטוגל וחלק גדול מצרפת מצד מזרח, ומספר מדינות בחוף המזרחי של ארה"ב מצד מערב. (תמונה 10) לעומתו, אסטרואיד בגודל של 200 מטר כאשר יפול במהירות של





תמונה 10: ציור אמנותי (למעלה) של גל באוקינוס שנוצר ע"י נפילת אסטרואיד. הציור האמצעי מראה את שכבת האבק שנוצרה באטמוספירה ואשר מסתירה את קרני השמש מלהגיע לאדמה. הציור התחתון מראה את המכתש שנוצר בקרקעית האוקינוס כפי שיראה לאחר כאלף שנה.

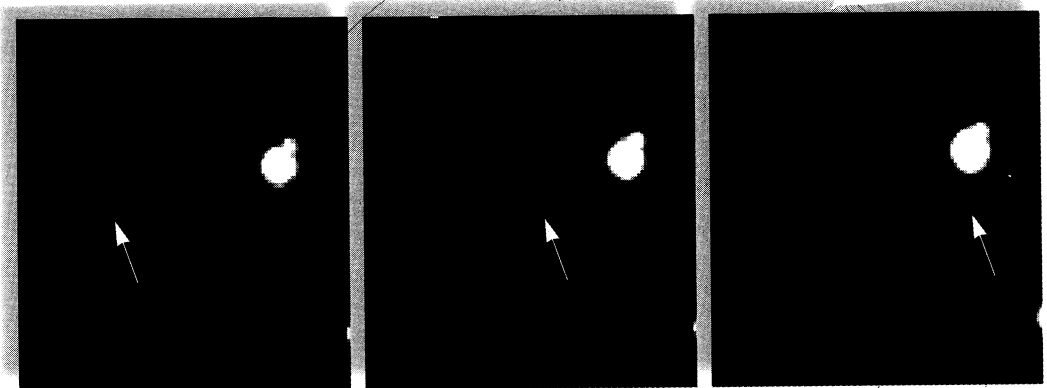
50 קילומטר בשניה לתוך אוקינוס שעומקו 5 קילומטר ייצור גל ענקי בגובה 35 קילומטר תוך 40 שניות בלבד.

במשך השנים האחרונות היו כעשרים אסטרואידיים שהתקרבו בצורה מסוכנת לכדור הארץ. הקרוב ביותר שבהם היו האסטרואיד שכינויו 1994 XM1 שנתגלה בחודש דצמבר 1994 ואשר מרחקו מכדור הארץ הגיע לכדי 100,000 קילומטר בלבד. ואכן בזמנו דובר עליו הרבה, אבל לא נשקפה ממנו סכנה כל שהיא.

נציין כאן עובדה מעניינת ששני כוכבי הלכת הגדולים ביותר במערכת השמש הלא הם צדק ושבטאי "מצליחים" ע"י משיכתם להוציא החוצה אסטרואידיים רבים שלא יחדרו למערכת השמש הפנימית ששם נמצא כדור הארץ, והם כביכול בבחינת שני העמודים "יכין ובוועז" שהקב"ה הציב להגן על החיים כאן.

#### אדר תשנ"ח

מכל האסטרואידיים האפשריים שהזכרנו עד עתה, הרי האסטרואיד שנתגלה בשנת תשנ"ז (1997) הוא היחיד שיצר "גלים" "וזעזועים" רציניים ב... תקשורת העולמית (תמונה 11). אומנם הוא נתגלה לפני כשנה, אבל רק בחודש אדר תשנ"ח (מרץ 1998) חיטבו האסטרונומים לראשונה את מהלכו בשמים.



תמונה 11: שלושה צילומים של האסטרואיד שכינויו 1997 xf11 בתנועתו בין הכוכבים. האסטרואיד מסומן בחץ ורואים כיצד הוא הולך ומתקרב לעבר הכוכב הבהיר. שלושת הצילומים נלקחו במשך שעה אחת בלבד.

בחישובים אלה התברר כי גודלו הוא כשניים וחצי קילומטר, והוא נע סביב השמש במחזור של 1.7 שנים. בכל מחזור כזה הוא אכן מגיע "לסביבה הקרובה" של כדור הארץ (ואחרי כן חוזר לטבעת האסטרואידים) ואז רואים אותו בכל פעם מחדש. כך היה בשנים 1957, 1971, 1976, 1983, ו-1990. אבל, אסטרואיד זה אינו חוזר על מסלולו בדיוק בכל מחזור אלא המסלול סוטה במעט בכל פעם, כך שלפי החישובים התברר כי בשנת תשפ"ח (2028) הוא אכן יחזור כהרגלו לסביבת כדור הארץ שלנו, אבל הפעם הוא יתקרב מאד אליו עד כדי 40,000 קילומטר בלבד. יתר כל כן, התברר כי קיימת אי ודאות מסוימת במרחק הזה עד כדי כך שהוא עלול אפילו להתנגש ממש בכדור הארץ. הידיעה על תוצאות החישובים האלה פורסמה בדרך המקצועית הרגילה בין האסטרונומים, אבל היא הגיעה גם מהר מאוד לידיעת העתונות בארה"ב. בעקבות זאת, במשך שבועיים שלושה התהלכה השמועה הזאת אימים של אנשים רבים, שהנה הנה בעוד שלושים שנה הכל הולך ונגמר. התקשורת העולמית הובילה כרגיל את העניין כך שלא ירד מסדר היום, ונכתבו מאמרים רבים על "יום הדין" הקרב ובא, או על "סוף העולם" וכו'. אבל לאחר כשבועיים, לאחר שנוערכו חישובים מדויקים יותר על מסלולו, מתברר כי בשנת תשפ"ח (2028) לא יגיע אסטרואיד זה לקרבה גדולה כזו לכדור הארץ, אלא רק במרחק של כמיליון קילומטר, וחמת התקשורת שככה, ותשקוט הארץ ארבעים שנה.

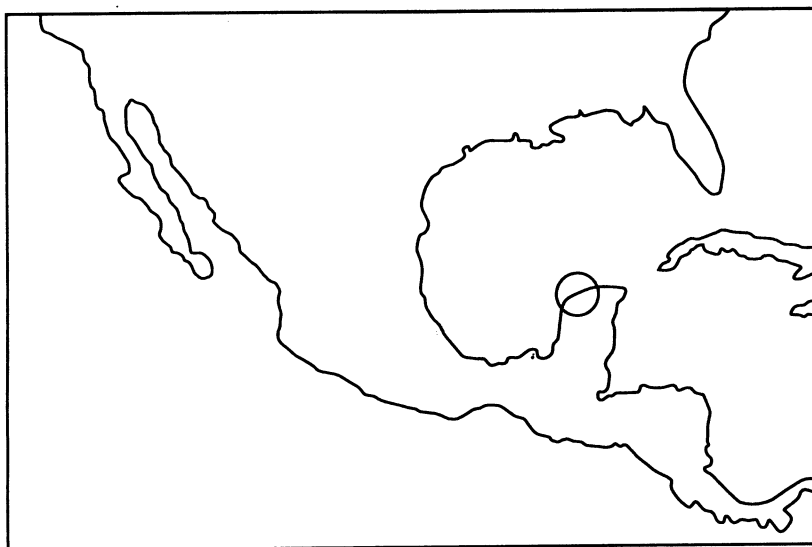
#### האסטרואיד של הגיאולוגים

במקומות שונים על פני כדור הארץ מתגלים מדי פעם שרידי שלדים או עצמות של חיות גדולות מאוד, אשר גודלם (של השלדים) הגיע לשלושים מטר ויותר, וגובהם לכעשרה מטר. לפי הערכת המדענים הגיע משקלן של חיות אלה לכמה עשרות טונות. הם נקראו בשם "דינוזאורים" והם דמו בעיקר ללטאות של ימינו, אבל במימדים הרבה יותר גדולים. לפי השערתם הם ניזונו בעיקר מצמחים. אמנם שלדים אלה הם של עצמות, אבל במשך השנים חדר לתוכן עפר באיטיות רבה עד שהם "התאבנו", דהיינו נעשו לאבן שצורתה היא כצורת העצמות המקוריות.

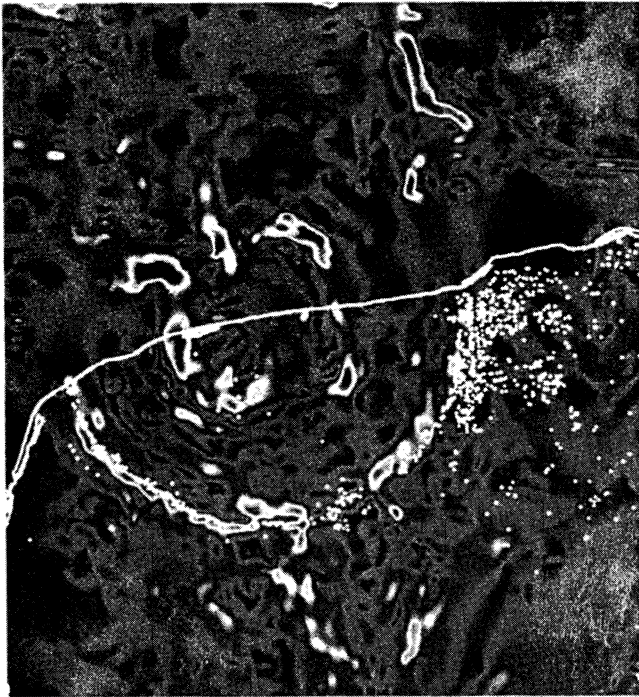
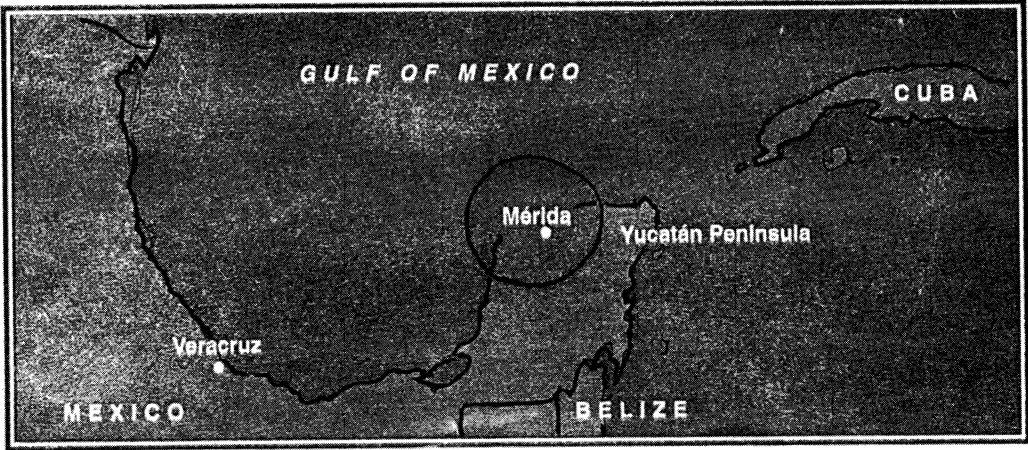
לפי מחקרים שלהם, התברר כי אוכלוסית הדינוזאורים הוכחדה "פתאום" מעל



פני כדור הארץ לפני כשישים וחמישה מיליון שנה! (ראה לקמן). הם גם טרחו וחקרו מהו הגורם להכחדה "פתאומית" זו. ואכן הועלו השערות שונות להיעלמותם של החיות הענקיות האלה, אבל דוקא ההשערה המשונה שבין כלן, דוקא היא הולכת ותופסת תאוצה במחקרים שלהם כיום. מישהו העלה את ההשערה שאסטרואיד אחד התנגש בכדור הארץ בעבר הרחוק והחריב חלק גדול ממנו וגם ובעיקר הכחיד את הצמחיה על פני כדור הארץ. כך "הרג" הממציא של התאוריה הזאת את הדינוזאורים על ידי "שהרעיב" אותם מחוסר צמחיה (בבחינת "הפה שהתיר הוא הפה שאסר"). הרעיון הדמיוני הזה הלהיב כמה מדענים אחרים, והם אף הלכו וחיפשו את "המקום" בו נפל האסטרואיד הדמיוני הזה. ואכן הם "מצאו" את שרידי האסטרואיד הזה מהר מאוד, ולדעתם של החוקרים האמריקאים האלה הוא שוכן כבוד לא פחות ולא יותר מאשר במפרץ מקסיקו, ("מאחורי החצר, קרוב לבית") כשאפרו שקוע חציו בים וחציו על היבשה (תמונה 12 וכן 13), וקוטרו מגיע לכמאתיים קילומטר. כמובן היתה להם בעיה האם המכתש הזה נוצר מנפילת אסטרואיד או שהוא פשוט מכתש גדול של הר געש קדמון. אבל כיון שהם כבר קבלו על



תמונה 12: מקום נפילתו של האסטרואיד הדמיוני שגרם "לחיסול" אוכלוסיית הדינוזאורים בחצי האי יוקטן בדרום מפרץ מקסיקו.



תמונה 13: השרטוט העליון מראה את מקום נפילתו של האסטרואיד הדמיוני במפרץ מקסיקו שגרם לחיסול אוכלוסיית הדינוזאורים. התמונה התחתונה מראה את השרידים של המכתש העגול כשהוא שקוע חציו בים וחציו על היבשה. הקו הלבן העובר מצד שמאל לצד ימין הוא קו החוף בין הים לבין היבשה.

עצמם לכתחילה את הרעיון שהאסטרואיד הוא הסיבה להכחדת הדינוזאורים, לכן הם כבר "מצאו" את העובדות לכך בשטח עצמו, שהמכתש אכן נוצר מנפילת אסטרואיד ולא מהר געש.

### ההסבר שלנו- המבול

על עצם קיומן של חיות במימדים גדולים כאלה שהיו בעבר אין לנו כל עוררין. כי אכן ידוע בספר הזוהר ובמקומות אחרים בחז"ל שדור המבול היו ענקים ואפילו הרבה יותר גדולים מן הדינוזאורים האלה, ככתוב (זוהר פרשת נח סב.) "רבי חייא ורבי יהודה הוו אזלי בארחא, ומטו לגבי הרין רברבן, ואשכחו ביני טורייא גרמי בני נשא דהיו מאינון בני טופנא ופסעו תלת מאה פסיען בגרמא חדא. (תרגום: רבי חייא ורבי יהודה היו הולכים בדרך, והגיעו להרים גבוהים ומצאו בין ההרים עצמות של בני אדם שהיו של דור המבול, ופסעו שלוש מאות פסיעות לאורך עצם אחת). והרי שלוש מאות פסיעות הם יותר ממאה מטר. כלומר הגובה של אנשי המבול הגיע לכמה מאות מטר, ויש לשער שהיו גם חיות בגודל דומה, כך שהדינוזאורים של הגיאולוגים כיום הם אך כחגבים ביחס לגודל אנשי המבול. אבל המפליא ביותר הוא מדוע נזקקים בכלל הגיאולוגים למאורעות משונים כאלה כמו נפילת אסטרואיד בכדי להכחיד את אוכלוסיית הדינוזאורים, ועוד בתאריך דמיוני לפני "כשישים וחמישה מיליון שנה", כשאפשר למצוא בספר תנ"ך (שתורגם כבר ליותר ממאה שפות) בפרשת נח שהיה מבול שהכחיד את כל החי על פני הארץ לפני לא יותר מארבעת אלפים ומאה שנה! כך שאין צורך לא באסטרואיד וגם לא בהיסטוריה דמיונית של שישים וחמישה מיליון שנה. אולי זוהי דוגמא מובהקת לכך כיצד מרכיבים מדענים דיעה קדומה משלהם על האסטרואיד או הסבר אתר שאין שום הכרח בקיומו, ומאידך הם דוחים כתובים מפורשים על מה שקרה בזמן המבול. ועל ענין העצמות של החיות של דור המבול כותב המלבי"ם בפרשת נח (בראשית ז', כ"ג):

"והנה שהרבה נשארו עצמותיהם החזקים כמטילי ברזל ולא נמוחו, בכ"ז נמחו מן הארץ כי ע"י שטף המים הובלו הפגרים לתוך העמקים ורובם נבלעו בעמקי תהום, אשר האדמה פצתה את פיה מעומק תהום רבה וירדו כמה אלפים אמה לעמקי שאול, עד שבצאת נח מן התיבה לא מצא שום רושם מפגרי בעלי חיים



ועצמות הענקים ובעלי חיים הגדולים שהיו קודם המבול. ועדות ה' נאמנה מחכימת פתי להשיב דבר לחכמי הגעאלאגיה, שחופרים במעמקי האדמה ומוצאים עצמות גדולות מענקים ובע"ח (בעלי חיים) גדולים שנאבדו מן הארץ ואינם עוד מימי המבול ואילך, והם מוכיחים מזה קדמות העולם, כי יחשבו את האדמה שעשויה מינים מינים, שבכל עומק ידוע יש מין אדמה אחרת, ויחשבו לפי איכות האדמה שימצאו העצמות שם, ולפי חשבון כמה היה צריך עד שיולדו שטחי האדמה שהעולם קדמון מרובא שנים, ושכבר היו בע"ח מימי קדם קודם לזמן היצירה שלנו. וכ"ז הבל וריק, כי בעת המבול פתחה האדמה את לועה ע"י הרעשים שבאו מעומק שאול ותהום רבה והפכה תחתונים למעלה ועליונים למטה והורידה פגרי הבע"ח עמוק עמוק, ונבקה חכמת הדורשים והחופרים לדעת איכות המהפכה הזאת אשר עשתה נפלאות במשך ק"ץ יום של עמידת המים, עד שכל הסדרים שסדרו להן החוקרים מאיכות האדמה בכל שטח וכל חשבונותיהם בזה נתבלבלו אז וכל השערותיהם ודמיונותיהם ישא רוח יקח הבל, ולו חכמו ישכילו זאת ויראו מעשי ה' ונפלאותיו במצולת שאול איך מחה את כל היקום מעל פני האדמה ויטביעם בשאול תחתית עדי אובד". עכ"ל.

אם כי השיטות של הגיאולוגים כיום הן שונות מאד מאלו שהיו בזמן המלבי"ם, והן מראות שהחיות האלו היו כביכול לפני עשרות מיליוני שנים, הרי נימוקו של המלבי"ם עדיין שריר וקיים, דהיינו, שבזמן המבול נשתנו לחלוטין כל סדרי בראשית, ותהליכים שהיו לוקחים מיליוני שנים באופן טבעי נעשו תוך שעות או ימים בלבד, וכך למשל עברו העצמות של החיות האלו תהליך של התאבנות מהיר ביותר אשר באופן טבעי היה נמשך מיליוני שנים, אבל עקב הלחצים האדירים שפעלו על העצמות האלו אשר החדירו את העפר במהירות עצומה לתוכן הן התאבנו לאבנים שצורתן כצורת העצמות של החיות כפי שרואים היום.

אשר לעצם המבול, נעיר בדרך אגב כי המדענים החוקרים את טבעות העצים מצאו סוף סוף את מה שהיה ידוע לנו זה מכבר בכתובים. מניתוח של טבעות עצים עתיקים ששרדו במקומות רבים בעולם, התברר כי לפני כארבעה אלפים שנה בערך אכן כל העצים העתיקים האלה מראים בבירור כי באותן שנים היה עודף מים גדול מאד על פני האדמה, דהיינו, רוחב הטבעות באותן שנים היה הרבה יותר גדול משאר הטבעות.

נעיר גם כי דעתו של הפילוסוף היוני אריסטו היא שהעצמות הדינוזאורים האלה (שהיו ידועות היטב גם בעולם הקדמון, כמו דעת הזהר לעיל) הם עצמות של עוברים נפילים של חיות שלא הגיעו מעולם לידי חיות ונשארו כגלמים, בבחינת עפר, אמנם נתגבלו מעפר לצורות דמויי חיות אבל לא הגיעו ממש לכדי יצורים חיים.

### בהלת הגויים והשקפת עולמנו

הבהלה שנתקפו בה האומות לפני כחודשיים בכל רחבי תבל בגין נפילה אפשרית של אסטרואידי בעוד כשלושים שנה, היא אולי דוגמה מובהקת להלכי הרוח השוררים אצלם. הבהלה היא כה גדולה עד שמספר מוסדות אסטרונומיים מכובדים הקימו מצפי כוכבים מיוחדים לחיפוש אחרי אסטרואידיים העלולים לפגוע באחד מן הימים בכדור הארץ. בתחילה הם מגלים אותם בצילומים ואחרי כן הם עוקבים במדויק אחרי מסלוליהם.

אנשי מדע חישבו כיצד לעצור אסטרואידי אם אכן יתקרב לכדור הארץ בצורה מסוכנת: הם ישלחו טיל עם ראש חץ גרעיני עם מטען נפץ מספיק שיפוצץ את האסטרואידי רחוק רחוק עוד לפני שיגיע לכדור הארץ! רעיון אחר הוא שידביקו לאסטרואידי כזה מפרשים ענקיים שרוח השמש תשא אותם הרחק הרחק ממסלולם.

לנו נראה כי הפחדים האלה שלהם שהקב"ה יחריב להם את עולמם במחי יד של אסטרואידי אחד, וכן מחשבותיהם כיצד להתגונן נגד אסון גלובלי כזה, הרי הם מזכירים מאד רעיונות דומים של דור המבול. גם הם היו חזקים מאד ומאורגנים היטב, וככתוב שם בהמשך (זוהר בראשית כב) "דאינון לא היו מסתפי מדינא דקב"ה כמה דכתיב (איוב כ"א) ויאמרו לו סור ממנו ודעת דרכיך לא חפצנו. מה עבדו סתמו ברגליהו מבועי דתהומא ומיין נפקין רתיחן ולא יכילו למיקם בהו עד דהוו נשמטין, ונפלו בארעא ומתיין" (תרגום: ולא פחדו מדינו של הקב"ה, ויאמרו לאל: סור ממנו ודעת דרכיך לא חפצנו. מה עשו? היו סותמים ברגליהם את מעיינות התהום. ומים רותחים נבעו והם לא יכלו לעמוד נגדם עד שנפלו על הארץ ומתו).

אם באמת הקב"ה היה שולח אסטרואידי בכדי להחריב את העולם, הרי כל ההתחכמויות שלהם כיצד לבטל גזירת האסטרואידי הזה עוד לפני בואו, הרי

הם מזכירים בדיוק את ההתחכמויות שניסו דור המבול לעצור את ארובות השמים מלמעלה בידיהם, ואת מי התהום שנבעו מלמטה ברגליהם, וכמובן שהדבר לא עזר להם, וגם לא יעזור בעתיד. אלא שאנחנו עם ישראל מאמינים בני מאמינים, לנו יש כבר הבטחה מהקב"ה שהוא לא יכחיד את עולמו, לא במי מבול וגם לא באסטרואיד או בכל אמצעי אחר, ככתוב (בראשית ח', כ"א):

"וַיֹּאמֶר ה' אֵל לִיבּוֹ לֹא אֶסַף לְקַלֵּל עוֹד אֶת הָאָדָמָה בְּעִבּוֹר הָאָדָם כִּי יֵצֵר לֵב הָאָדָם רַע מִנְעוּרָיו וְלֹא אֶסַף עוֹד לְהַכּוֹת אֶת כָּל חַי כַּאֲשֶׁר עָשִׂיתִי".

ולא רק הבטחה זו של הקב"ה מקיימת את העולם בפני אסונות כאלה, אלא עם ישראל עצמו כשומר הברית בכל מובניה הוא בולם את האסונות האלה מרעות האדם ככתוב (הושע ב'):

"וְהָיָה מִסֵּפֶר בְּנֵי יִשְׂרָאֵל כְּחֹל הַיָּם אֲשֶׁר לֹא יֵחַד וְלֹא יִסְפָּר וְגו'" ועל זה מצינו בזוהר (שמות רכ"ה) "מהו כחול הים? תרין גוונין אינון הכא: חדא כחול הים דימא: כד סלקין גלוי בזעפא ורוגזא ואינון גלין סלקאן לשטפא עלמא, כד מטאן וחמאן חולה דימא, מיד אתברו ותבין לאחורא ומשתככי ולא יכלין לשלטא ולשטפא עלמא. כגוונא דא ישראל אינון חולא דימא וכד שאר עמין דאינון גלי ימא מרי דרוגזא, מרי דדינין קשין בעאן לשלטאה ולשטפא עלמא, כד מטאן וחמאן חולא דימא. מיד אתבאו ותבין לאחורא ומשתככי ולא יכלין לשלטא ולשטפא עלמא. כגוונא דא ישראל אינון חולא דימא וכד שאר עמין דאינון גלי ימא מרי דרוגזא, מרי דדינין קשין בעאן לשלטאה ולשטפא עלמא, חמאן להוי לישראל דאינון מתקשרן בקב"ה ותבין ומתברי קמייהו ולא יכלין לשלטאה בעלמא". תרגום: מהו כחול הים? שני אופנים להסביר זאת: הסבר אחד הוא כחול הים, שכאשר עולים גלי הים בזעף וברוגז, והם עולים לשטוף את העולם, כאשר הם רואים את החול שעל שפת הים, מיד הם נשברים וחוזרים לאחוריהם ונרגעים ולא יכולים לשלוט ולשטוף את העולם. כך באותה דרך ישראל הם כחול אשר על שפת הים, וכאשר שאר העמים שהם גלי הים בעלי הרוגז, בעלי הדינים הקשים רוצים לשלוט ולשטוף את העולם, הם רואים את עם ישראל שהם קשורים בקב"ה והם חוזרים לאחוריהם ונשברים לפנייהם, עכ"ל. כך באותה מידה עם ישראל באמונתו ובעבודת ה' יתברך הם בולמים את הדינים מלשלוט בעולם, שח"ו לא יקרה אסון כזה, ככתוב, "תולה ארץ על בלימה", דהיינו, אם לא בריתי יומם ולילה חוקות שמים וארץ לא שמת. אבל



הגויים מדמיינים עולם ללא כל בלימה, שהכל נמשך ונמשך באופן טבעי ללא כל השגחה ולכן סוף העולם שלהם יבוא לדעתם באופן טבעי ע"י אחת מהקטסטרופות שהטבע יביא עליהם, וזהו סוף עולם של חורבן וכליה.

אבל אנו להיפך, אנו רואים סוף אחר לגמרי, זהו סוף שיגיע עם ביאת משיח צדקנו ואז תמונת העולם שתשקף לעינינו לא תהיה ח"ו תמונה של חורבן וכליה, אלא בדיוק ההיפך: החורבן והכליה יעלמו, ובלע המוות לנצח, והאור והאמת ישלטו בעולם, ומלאה הארץ דעת ה', והיה ביום ההוא יהיה ה' אחד ושמו אחד.

## פרק שלישי

# אותות השמים

אמר פרעה למשה ואהרן (שמות י', י'): "ויאמר אליהם יהי כן ה' עמכם כאשר אשלח אתכם ואת טפכם ראו כי רעה נגד פניכם". ופירש רש"י: ומדרש אגדה שמעתי, כוכב אחד יש ששמו רעה. אמר להם פרעה רואה אני באיצטגנינות שלי אותו כוכב עולה לקראתכם במדבר והוא סימן דם והריגה. כשחטאו ישראל בעגל ובקש הקב"ה להרגם אמר משה בתפילתו, למה יאמרו מצרים לאמר ברעה הוציאם, זו היא שאמר להם, ראו כי רעה נגד פניכם. מיד וינחם ה' על הרעה, והפך את הדם לדם מילה שמל יהושע אותם. והו שנה' היום גלותי את חרפת מצרים מעליכם, שהיו אומרים לכם דם אנו רואין עליכם במדבר" עכ"ל. ולפי זה אי אפשר לשנות את אותות השמים לאחר שכבר נראו, אלא שיש בכחו של הקב"ה לשדד את המערכות בשמים, "והפך את הדם לדם מילה שמל יהושע אותם."

מאז ומתמיד היו סדרי השמים מופלאים בעיני בני אדם. השמש והירח והכוכבים נעים במסלולים מופלאים בדיוקם, והם נבראו לכתחילה ע"י הבורא יתברך לקביעת מועדים, ימים ושנים. אבל פרט לקביעות המופלאה הזו מששת ימי בראשית, הרי ברא הקב"ה את גרמי השמים גם ליצירת מאורעות מיוחדים במינם, יוצאי דופן המעידים על רצון הבורא יתברך לזעזע את האדם מן הרגילות שבה הוא נתפס, ולעוררו לחשיבה נוספת ולפשפוש במעשיו, שהרי נאמר באותו פסוק במפורש, שלא רק למועדים, ימים ולשנים נבראו המאורות, אלא גם לאותות, ככתוב: " ויאמר אלקים יהי מאורות ברקיע השמים להבדיל בין היום ובין הלילה, והיו לאותות ולמועדים ולימים ולשנים". (בראשית א', י"ד).

עבור האסטרונום איש המדע הרגיל בתצפיותיו ובמחקריו על גרמי השמים, אותות אלה הם מאורעות שמימיים, אמנם מיוחדים ויוצאי דופן, אבל הם בסך הכל מאורעות הראויים למעקב ולמחקר מדעי. אבל, עבורנו, אנו בני ישראל מאמינים בני מאמינים, אלה אינם סתם מאורעות, אלא הם בעיקרם אותות מן השמים, אשר גם הם חלק מגילוי רצונו של הבורא יתברך במהות

השגחתו על ברואיו. ואמנם כל ברואיו יושבי חלד צריכים לירוא ולפחד מן האזתות האלה בשמים, אבל לא כן עם ישראל, שהם קשורים ישירות לבורא עולם ולא לשריו, וכל זמן שהם דבוקים בו באמת הרי אין למאורעות שמימיים אלה שליטה עליהם, כפי שאמר הנביא (ירמיהו י', ב'): "מאותות השמים אל תחתו", בעשותכם רצון הקב"ה, אין אתם צריכים לדאוג מן הפורענות (סוכה כ"ט).

אמנם סדרי השמים הקבועים הרי הם ידועים לכל אחד, דהיינו, זריחת השמש בכל יום במזרח ושקיעתה במערב, חילוף העונות במשך השנה, מולדות הירח וקביעת החודשים, אבל, מה הם המאורעות בשמים המשמשים "כאותות"?

#### אותות השמים לסוגיהם

האמת היא שאותות השמים הם מרובים עד לאין ספור. ובפרט עבור אלה המסתכלים בשמים בטלסקופים, הרי בכל יום ובכל שעה הם צופים באיזה מאורע יוצא דופן בשמים. מתברר יותר ויותר כי "הסביבה" בחלל החיצון בין הכוכבים היא רוחשת וגועשת במאורעות בזה אחר זה. רובם ככולם של מאורעות אלה הם "אלימים" ביותר עבור יצורים כמונו. זוהי סביבה, כפי שקוראים לה כיום, מאוד "עוינת" לאדם, ואשרנו וטוב חלקנו שהבורא יתברך שם אותנו על "כוכב" הלכת שלנו שהוא שקט כל כך (יחסית) ואשר בו נוכל לעבוד אותו ולקיים את מצוותיו כפי שצונו. אבל, עבור אדם הצופה בעין רגילה הרי מאורעות שמימיים מיוחדים הם תופעה נדירה הרבה יותר. ועל "אותות" כאלה הנראים בשמים בעין רגילה בלבד אנו מייחדים מאמר זה. הנה בתמונה מס' 1 (צבעונית, לוח 5) אנו מראים צילום של כוכב שהתפוצץ לפני כתשע מאות שנה (כפי שנצפה ע"י הסינים). כיום זוהי מסה אדירה של חומר מתפזר בחלל לכל עבר במהירות פנטסטית של כאלף קילומטר בשניה. כיום אנו מכירים מאות מאורעות כאלה של התפוצצות כוכבים בשמים. אומנם רוב ההתפוצצויות האלו נצפו בטלסקופים, אבל מדי כמה שנים ניתן לראות "כוכבים חדשים" כאלה גם בעין רגילה כפי שראו זאת הסינים לראשונה. התפוצצויות אלו כל כך רחוקות מאתנו, כאלפי שנות אור, ולכן אנו רואים רק זיק קטן של אור למשך מספר חודשים, ואחר כך זיק זה נכבה (צבא השמים ב', עמ' 177). תמונה 1 (צבעונית, לוח 5) מראה גם בועת גז

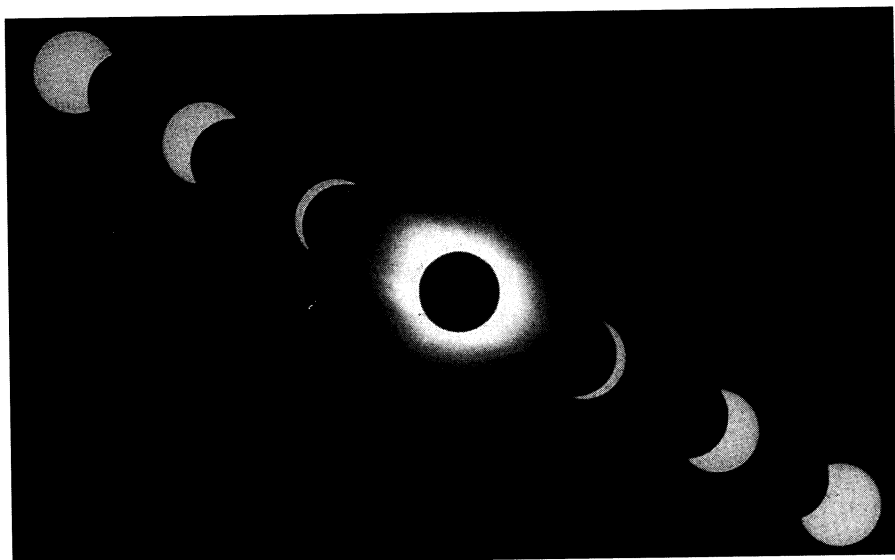


אחרת שנוצרה לפתע פתאום במרכזה של גלכסיה רחוקה. מאורעות אחרים ויותר פופולאריים הם כוכבי השביט (תמונה 2), אשר שמשו במשך כל ההיסטוריה כאותות ומופתים לכל העמים. כיום ידוע שכוכב שביט הוא גוש קרח גדול (כעשרה קילומטר) המופיע לפתע בשמים כאשר מאחוריו זנב גדול מאוד (באורך מיליוני קילומטרים!) (ראה צבא השמים חלק א'). הופעתם של כוכבי השביט הגדולים גרמה בדרך כלל לבהלה גדולה ולפחד מן העתיד.



**תמונה 2: כוכבא דשביט דרבי יהושע (הוריות י'). המכונה כיום בשם "שביט הלוי", כפי שהופיע בשמים בשנת 1910 למנינם.**

לעומת שני סוגי המאורעות הנ"ל, הרי ליקויי המאורות היו אותות תדיריים הרבה יותר. בכל שנה נמנים מספר ליקויים של השמש (תמונה 3) והירח, אשר בהם "נכבים" שני מאורות אלה לזמן מה ואחרי כן הם מאירים שוב (תיאור מפורט לקמן). כוכבי השביט וליקויי השמש והירח היו האותות התדיריים ביותר במשך כל ההיסטוריה, ואכן הם צוינו במספר מקומות בדברי חז"ל (ברכות נ"ט, סוכה כ"ט). מאוחר יותר הביא גם הצמח דוד (בן דורו של הרמ"א) את סדר המאורעות השמימיים שהיו עד לימיו, וכדבריו בהקדמתו לחלק השני של ספרו: "ראיתי להזכיר מקצת אותות השמים, כוכבים חדשים



**תמונה 3: סדרת צילומים של ליקוי חמה שנעשו בזה אחר זה. בצילום המרכזי בסדרה רואים כי השמש כוסתה לחלוטין.**

(כוכבי שביט או כוכבים מתפוצצים) וליקויי המאורות שהיו במקצת השנים ומה שקרה והגיע אחר זה. והתועלת בזה לעורר את לב הקורא על מאמר חז"ל בפרק הישן (סוכה כ"ט) כשלקו המאורות סימן רע לעולם, ע"ד מה שכתב ראש המפרשים (רש"י) בספר קהלת בפסוק (ג', י"ד): "והאלקים עשה שיראו מלפניו", וז"ל: "כל אשר עשה הקב"ה במעשה בראשית ראוי להיות לעולם, וכשנשתנה, האלקים צווה ועשה בדבר שישתנה כדי שיראו מלפניו".

ע"כ. עיין שם כי האריך יותר. על כל כשיהיה עוד כדבר הזה נתפלל אל ה' להעביר מעלינו את רוע המערכת. כי על כן אמרו חז"ל אין מזל לישראל, ופרש"י: שעל ידי תשובה נשתנה המזל". הצמח דוד מפרט במקרים רבים את הקשר שבין ליקוי החמה לבין רעשי אדמה חזקים או אסונות אחרים, כלשונו: "בימי הקיסר הזה (קיסר רומי, בשנת ארבעת אלפים ואחד לבריאה) היה קדרות לשמש עד שהדליקו נרות להאיר בעצם היום, וזולת זה נראו אותות השמים נוראים ונפלאים, אשר בעת ההיא נפלו ערים רבים מפני הרעש ומתו ברעש ההוא עם גדול ורב. וגברו המים בעת ההיא אשר משטפם טבעו אדם ובהמה רבה וקנינים לאין מספר. גם היה דבר כבד מאד ומתו ברומי ביום אחד חמשת אלפים נפש אדם". קאעסיוס סימן י"ט (סופר רומאי המתאר זאת). "בימים ההם (בזמן הקיסר שמלך אחריו בשמונה שנים) היה ליקוי השמש כל כך גדול עד שבעצם היום הוצרכו להדליק נרות, ואחר הליקוי היה רעש גדול ונורא שהארץ רגזה ממקומה וערים רבים נפלו עד היסוד, ומת ברעש עם רב." גם בשנת התקס"ז (תת"ז לנוצרים) היו ארבעה ליקויי מאורות באותה שנה, שלושה ללבנה ואחד לחמה, ואחר זה בשנת ה'תק"ע (תת"י לנוצרים) היו גם כן ארבעה ליקויים, שנים לחמה ושנים ללבנה, ושפטו החוזים לרעות רבות, למיתות מלכים, למלחמה ולדבר, וכן היה. קאעסיוס סימן ע"ב. גם בשנת ה'ת"ד (תת"מ לנוצרים) היה ליקוי חמה ואחריו רעש אדמה ואסונות". עד כאן מדברי הצמח דוד. גם בימינו בערב ר"ח אלול ה'תשנ"ט היה ליקוי חמה גדול שנראה היטב בארצות אירופה ואסיה. שבוע לאחר מכן היה רעש אדמה גדול שהחריב מספר ערים בתורכיה וגם נספו כחמישים אלף איש. אמנם קשה מאד להוכיח באופן מדעי את הקשר בין ליקויי החמה לבין רעשי אדמה, אבל כל המאורעות שציינו לעיל נרשמו בספרי הגויים עצמם והם הודו בכך כדברי הגמרא: "לקוי חמה - רע לאומות העולם" (סוכה כ"ט). אנו מאמינים בני מאמינים, אנו מאמינים בהשגחה העליונה, כך שאף אם המדע אינו מגלה עדיין את הקשר הסיבתי הגשמי, הרי קבלה בדינו שאין מקרה בעולם סתם ככה אלא כל דבר הוא תחת השגחתו יתברך, ולפעמים הוא יגלה למדענים את הסיבות והמסובבים ולפעמים לא יגלה להם דבר ואז הם כסומים בארובה, ויכחישו כל קשר סיבתי למאורעות. ובאותו ענין כתב גם יוסף בן מתתיהו הכהן (המכונה בשם יוסיפוס פלביוס) לאחר חורבן הבית השני בספרו



מלחמת היהודים (ספר ו' פרק ה') על ההתעלמות מן התופעות המשוונות שקרו בטבע לפני חורבן הבית השני, ובלשונו "וכנגד זה לא שמו לב ולא האמינו לאותות המוקדמים והברורים של החורבן הממשמש ובא. וכאילו היו מוכי רעם ונטולי עיניים ונפש התעלמו מאזהרותיו הברורות של ה'. זה היה בשעה שעמד מעל לעיניהם כוכב שהיה דומה לחרב ושביט שהיה כל השנה, ואף זה ארע לפני המרד, ולפני שקמה התנועה שהביאה לידי מלחמה". ובכל זאת כבר נאמר בסוכה כ"ט: "ובזמן שישראל עושים רצונו של מקום אין מתיראין מכל אלו שנאמר כה אמר ה' אל דרך הגויים אל תלמדו ומאותות השמים אל תחתו כי יחתו הגויים מהמה, עובדי כוכבים יחתו ואין ישראל יחתו". ואכן, כדברי הגמרא, ידועים מקרים מפורסמים בדברי ימי האומות אשר בהם חרדו העכו"ם ממאורעות השמים האלה כפי שנביא לקמן.

#### פחד העמים מאותות השמים

כידוע, הסינים הם עם עתיק מאוד. עוד לפני כארבעת אלפים ושמונה שנה היו להם כבר מלכים חשובים אשר בחצרותיהם ישבו גם תוכנים (אסטרונומים) שידעו לחשב את הזמנים של ליקויי החמה והלבנה. המלכים האלה החשיבו מאוד את הליקויים האלה כי הם פחדו מאוד מסימניהם לעתיד מלכותם. והנה קרה המקרה, והיה ליקוי חמה שהתוכנים של המלך לא חישיבו ולא הזהירו עליו כלל. כאשר חיפש המלך אחרי תוכניו, הוא מצא אותם שתויי יין ובגילופין. המלך כעס כל כך שהוא צווה מיד להורגם!

הסינים ועמים עתיקים רבים האמינו שבזמן ליקוי, כאשר נעלמה החמה (או הלבנה), הרי חיה שמימית בדמות תנין נחש בריח בלעה ואחרי כן הקיאה אותה מתוכה בחזרה. הרבה תרבויות פיתחו לעצמם גם "שיטות" כיצד "להציל" את החמה או הלבנה מן התנין שבלע אותן: הם התאספו במרכז הכפר וצעקו בקולי קולות וגם עשו רעש בתופים כדי להפחיד את התנין שירפה מטרפו. הציניקנים אומרים שזה כנראה "עזר", ועובדה היא שהשמש חזרה להאיר להם!

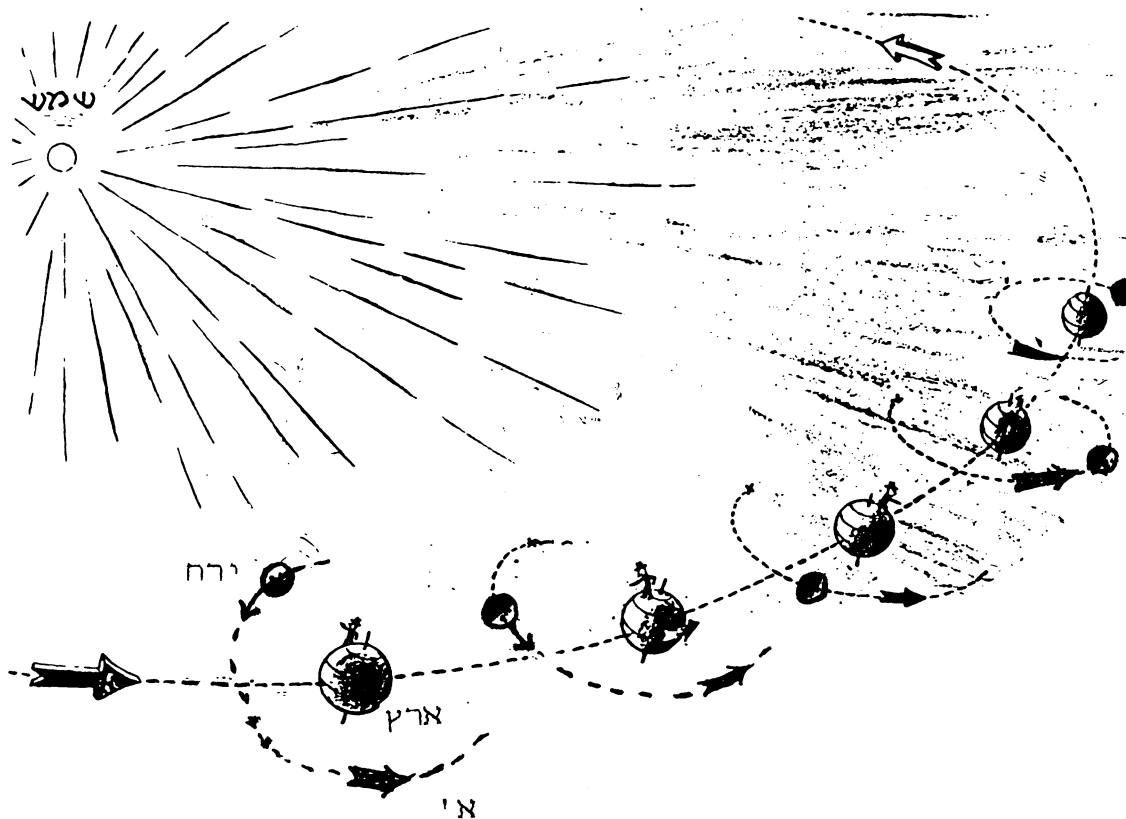
מסופר גם שלפני כאלפיים וחמש מאות שנה התחוללה מלחמה עזה בטורקיה של היום, בין שני צבאות של הלודים ושל המדים. היסטוריון יווני כותב שבאמצע הקרב נפלה באמצע היום עלטה וחושך על העולם. זה היה ליקוי

חמה מלא. שני מצביאי הצבאות הלוחמים הגיעו מיד למסקנה כי מעשיהם בשמים אינם רצויים והם הפסיקו את הקרב ועשו שלום ביניהם.

אבל הסיפור המענין ביותר (שקרוב אלינו יותר) הוא מה שקרה לקולומבוס מגלה יבשת אמריקה לפני כחמש מאות שנה. כידוע, כאשר פורשים הימאים לים, הם נעזרים במפות כוכבים בכדי לדעת באיזה מקום הם נמצאים על פני כדור הארץ (קוי רוחב ואורך גיאוגרפיים). והנה קולומבוס נהג לקחת אתו בכל מסע את טבלאות הכוכבים של התוכן היהודי רבי אברהם זכותא (בעל ספר היוחסין), שהיה אסטרונום ידוע (וגם לימד באוניברסיטת סלמנקה). בטבלאות אלו נכללו גם מאורעות מיוחדים בשמים כגון זמני ליקוי לבנה העתידיים לקרות בשמים. במסעו הרביעי של קולומבוס אל יבשת אמריקה הוא הגיע לאיי ג'מאיקה (אמריקה המרכזית) ושם התברר לו שהעץ באוניותיו היה אכול כלו בתולעים, ולא יוכל לשוב לספרד. השהות הממושכת באיים גרמה לחיכוכים קשים עם הילידים המקומיים עד שסירבו לספק אוכל לקולומבוס וצוותו. קולומבוס היה אובד עצות, עד שראה בטבלאותיו של רבי אברהם זכותא שבאחד הלילות הקרובים היה צריך לחול ליקוי לבנה מלא. מתוך יאושו הוא תיכנן תעלול, ומיהר להודיע לילידים כי אם לא יתנו לו ולצוותו מזון למחיה, הרי הוא "יכבה" להם את הלבנה עוד באותו לילה. הילידים חשבו שהוא מהתל בהם ואף לעגו לו. אבל, זה מה שקרה באמת: הלבנה לקתה, ופחד גדול נפל על הילידים, ומיד ספקו לקולומבוס מזון וגם כבדו אותו מאד, עד שהגיעה אניה חדשה ולקחה אותם חזרה לספרד. אולי כדאי לציין גם שיהודי נוסף סיפק את הכסף לבניית האוניות עבור קולומבוס שגילה בהן לראשונה את יבשת אמריקה, הלא הוא שר האוצר של ספרד בזמנו, דון יצחק אברבנאל, שהמליץ לפני המלכה איזבלה להקציב כסף לצורך המסע המיוחד. כך יוצא ששני יהודים הובילו לגילוי אמריקה, האחד הקציב את הכסף למסע והשני סיפק את המפות להתמצאות בדרך. (ויש אומרים גם שקולומבוס עצמו היה צאצא של אנוסים). מכל אותות השמים למיניהם הנראים לנו, הרי ליקויי המאורות הם התדיריים ביותר בשמים. ולכן בהמשך המאמר נתרכז בהסברת התופעה הזאת. ובכן, מה הם ליקויי החמה והלבנה בכלל?

## ליקויי חמה ולבנה

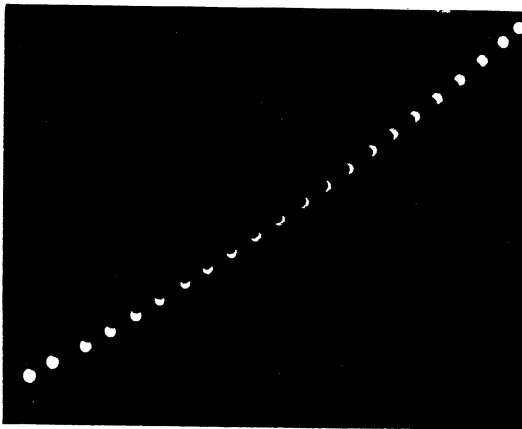
הירח מקיף את כדור הארץ אחת לחודש במסלול כמעט מעגלי ובמרחק של כשלוש מאות שמונים אלף קילומטר. תמונה 4 מראה את תנועת הירח ביחס לכדור הארץ ולשמש. הארץ נעה סביב השמש (לפי התמונה המודרנית כיום) והירח נע סביב הארץ דוקא. תוך כדי תנועת הארץ סביב השמש הרי היא "סוחבת" אתה את הירח הנע סביבה. (כל השיקולים להלן הם תקפים גם לפי תמונת הקדמונים אשר בה הארץ במרכז והשמש נעה סביבה). כאמור, הירח מקיף את כדור הארץ אחת לחודש. תוך כדי הקפתו הוא חולף בין כדור הארץ



תמונה 4: כדור הארץ משלים הקפה אחת סביב השמש בשנה אחת. תוך כדי הקפתו הוא "סוחב" איתו את הירח סביבו.

לבין השמש. התוצאה תהיה שהירח יסתיר את קרני השמש, והצופה על כדור הארץ לא יראה את השמש. כמובן שתהליך הכיסוי של השמש לא יחול באופן פתאומי אלא בהדרגה, כי הירח נע באיטיות עד שהוא מכסה מאתנו את עין השמש כלה (תמונה 3). זהו מה שמכנים בשם "ליקוי חמה". (ראה נספח בסוף פרק זה). באותה מידה, ישנו גם מצב שני אשר בו דוקא הירח הוא שלוקה: כידוע, הירח אין לו אור משל עצמו, ובעצם הוא מואר ע"י קרני השמש הנופלות עליו. לכן יתכן מצב שתוך כדי הקפתו, תחלוף הארץ בדיוק בדרך של קרני השמש האלו ואז הירח יסתר מעינינו לזמן מה. זהו מה שמכנים בשם "ליקוי ירח". ישנו גם מצב של "ליקוי חמה חלקי" או "ליקוי לבנה חלקי". מצבים חלקיים כאלה אשר בהם רואים רק חלק מן השמש או חלק מן הירח (כתוצאה מן ההסתרה דוקא) נוצרים בגלל שרק חלק מקרני השמש מוסתרות בלבד. בלשון מדעית אומרים כי כאשר השמש לוקה סימן הוא שכדור הארץ "נכנס לתוך הצל של הירח", וכאשר הירח לוקה סימן שהוא "נכנס לצל של כדור הארץ".

תמונה 5 (צבעונית, לוח 6) מראה ליקוי חמה מלא, דהיינו כאשר כדור הארץ נכנס לצל המלא של הירח. אמנם דיסקית השמש מכוסה היטב, אבל רואים סביבה צורת עטרה של גזים לוחטים המתפשטת למרחק של מיליוני קילומטרים מן השמש. תמונה 6 מראה סדרת צילומים בזמן התכסות השמש.



תמונה 6: סדרת צילומים של ליקוי חמה חלקי. שים לב שהצילום המרכזי בסדרה מראה כי "פלח" מן השמש עדיין מואר, ולכן זה נקרא ליקוי חמה חלקי.



אבל ליקוי חמה זה הוא חלקי בלבד: הצילום המרכזי בסדרה מראה כי השמש לא כוסתה לגמרי אלא חלקית בלבד. תמונה 7 (צבעונית, לוח 6) מראה את אחד המראות המדהימים ביופיים במשך ליקוי חמה מלא: כאשר הירח עומד להשלים את כיסוי השמש וכאשר נשארה עדיין נקודה מאירה אחרונה של השמש שלא כוסתה, רואים אז צורה של "טבעת יהלום", אשר בה היהלום הוא הנקודה הזוהרת, והעטרה החלשה יותר היא "הטבעת". ליקוי חמה יכול לקרות רק בראשית החודש (היהודי), כאשר הירח מכסה את השמש, שהוא כאמור גם רגע המולד (האמיתי). ליקוי ירח יכול לקרות בהפרש של שבועיים (לפניו או אחריו) מליקוי חמה, דהיינו, באמצע החודש (היהודי), כאשר הירח צריך להיות מלא. זוג כזה של ליקוי חמה וליקוי לבנה היה בחודש אדר תשנ"ח, אולם שניהם לא נראו בארץ ישראל. בדרך כלל אמצעי התקשורת מודיעים מספר ימים מראש על מועדי הליקויים ובאיזה מידה יראו בארץ ישראל.

ליקויים של החמה והלבנה אינם רק מאורעות מיוחדים בשמים. חכמי ישראל וחכמי אומות העולם השתמשו בהם לצרכי לוח העיבור, ואף נוצרה מחלוקת חריפה ביניהם, ואשר נוגעת להשקפתנו בענין הנבואה בישראל. עד עתה הסברנו מה הם אותות השמים בכלל וליקויי החמה והלבנה בפרט. עתה נתאר את השימושים של הליקויים והמשמעות שלהם.

#### א. אורך חודש הלבנה

כידוע, אורך החודש של הלבנה הוא כ"ט יום, י"ב שעות, ותשצ"ג חלקים, וביחידות הזמן הידועות כיום: 29 יום, 12 שעות, 44 דקות ו-3.3 שניות. דהיינו, לאחר תקופה זו תחזור הלבנה בהקפתה סביב כדור הארץ לאותו מקום (ביחס למקום השמש). זהו זמן ההקפה של הלבנה המצוין במקומות רבים בדברי חז"ל (ר"ה כ"ה, פרקי דרבי אליעזר פרק ח', ברייתא דשמואל הקטן). אבל חז"ל ידעו כי זמן ההקפה הזה אינו זמן ההקפה האמיתי סביב כדור הארץ, אלא זהו זמן הקפה ממוצע בלבד (ובלשון חז"ל: זמן הקפה אמצעי) האמת היא שזמן ההקפה האמיתי משתנה מאוד מחודש לחודש ואף משנה לשנה. למשל, זמן ההקפה האמיתי בעשר השנים האחרונות (ה'תש"ן-ה'תש"ס) היה קצר או ארוך יותר עד שש או שבע שעות מן הממוצע. כאמור שינויים אלה

היו ידועים היטב לחז"ל, כפי שהוזכר שם ע"י רבן גמליאל "פעמים בא בארוכה ופעמים בא בקצרה" (ר"ה כ"ה). ובאותו ענין אמר שם ר"ג "כך מקובלני מבית אבי אבא אין חידושה של לבנה פחותה מל"ט יום וחצי ושתי ידות השעה וע"ג חלקים" (כלומר, בסה"כ תשצ"ג חלקים). ואמנם הוא ציין "שאינה פחותה" אבל נראה שכוונתו היתה להכחיש שם את העדים שראו כביכול את הלבנה החדשה קודם זמנה (ע"י שימוש בערך הממוצע דוקא), אבל זהו באמת הערך הממוצע המדויק הידוע בכל דברי חז"ל, כך יוצא שבאותו מקום בגמרא ציין ר"ג בעצמו הן את אורך החודש הממוצע, והן את העובדה שבמציאות פעמים הירח בא בארוכה ופעמים בא בקצרה מן הערך הממוצע הזה. המפליא בדבר הוא שאף על פי שבמציאות "ירח לא ידע מבואו" (ר"ה כ"ה). דהיינו הוא משנה את מחזורו בלי הרף, הרי זמן המחזור הממוצע הוא מדויק להפליא על פני אלפי שנים! כלומר זמן ההקפה הממוצע הוא דוקא אחד מקבועי הטבע על אף שהוא מספר תיאורטי לחלוטין שהוא עצמו לא קיים במציאות כמעט בשום חודש, ובמציאות החודש האמיתי הוא תמיד קצר יותר או ארוך יותר ממנו. בהתאם למסורת שבידינו, חשבון העיבור נמסר לראשונה לאדם הראשון. חשבון זה מבוסס על אורך החודש הממוצע דוקא של כ"ט יום שתיים עשרה שעות ותשצ"ג חלקים. (זהו גם אותו חשבון עיבור הנמצא כיום בידינו). ענין זה נמצא בפרקי דרבי אליעזר פרק שמיני: "בעשרים ושמונה באלול נבראו חמה ולבנה. ומנין (מנין מלשון מספר) שהוא שנים וחודשים וימים ולילות שעות וקצים ותקופות ומחזורות. ועיבורין היו לפני הקב"ה והוא מעבר את השנה. ואח"כ מסרן לאדם הראשון בגן עדן שנאמר (בראשית ה') "זה ספר תולדות אדם", מנין עולם לכל תולדות בני אדם. עכ"ל. ועל זה מפרש הרד"ל "שזה ספר תולדות אדם" הכוונה היא אולי שספר הוא מלשון מספר ומנין, שנמסר לאדם הראשון מנין ומספר של כל תולדות האדם שינהגו בהן עלי אדמות, דהיינו מספרים ומנינים לחודשים ושנים. אבל לפני בריאת העולם היה הקב"ה בכבודו ובעצמו "יושב ומחשב חשבונות ומעבר עיבורין ומקדש השנים ומחדש חודשים ודרש לה מקרא: רבות עשית אתה ה"א נפלאותיך ומחשבותיך אלינו, חשבונותיך אלינו, ור"ל מה שהיית אתה מחשב בעצמך תחילה כל עיקרן היה בשביל למסור החשבון אלינו אח"כ. וכך הוא גם בירושלמי (פ"ק דר"ה ה"ג)". כאמור לעיל, כל חשבון

העיבור מבוסס על אורך החודש הממוצע בן כ"ט יום שתיים עשרה שעות ותשצ"ג חלקים. למשל, כאשר אנו מכריזין בבית הכנסת בשבת מברכין על זמן המולד של החודש, הרי זמן המולד שנכריז עליו בשבת מברכין של החודש אחריו הוא בדיוק כ"ט יום שתיים עשרה שעות ותשצ"ג חלקים אחריו זמן המולד שהכרזנו עליו בחודש הקודם, והוא הוא גם הזמן המקודש כיום לצורך קיום המצוות התלויות בכך. (ולא זמן המולד האמיתי!). כך כל חודש אנו מוסיפים על המולד הקודם את זמן החודש הממוצע וכך עשו זאת מאז האדם הראשון ועד היום. (פרט אולי לתקופות שהיו מקדשים לפי הראיה). אבל, במשך שלושת אלפי השנים האחרונות, מאז תחילת תקופת בית ראשון, החלו חכמי הגויים לערער על כך שאורך החודש הממוצע הנ"ל אכן נמסר בנבואה לאדם הראשון. טענתם היתה (ועד היום!) שניתן לחשב את אורך החודש הממוצע הזה גם באופן מעשי ע"י מדידת ותצפיות בשמים, ושכביכול אין צורך אפילו בנבואה ח"ו. טענתם היתה כי אכן הם מדדו את אורך החודש הממוצע במדויק ע"י שימוש בליקויי הירח. ועל זה יצאו חכמינו הראשונים בשצף קצף והוכיחו בדברים ברורים מהי השקפתנו אנו בענין זה. אבל לפני כן נתאר כיצד ניתן באמת לחשב את אורך החודש הממוצע ע"י תצפיות בליקויי הירח באופן מעשי.

אמנם הקדמונים ידעו לחשב את זמן המהלך הממוצע של הירח סביב כדור הארץ בדרכים ישירות, כמו למשל ע"י מדידת מרווחי הזמן שבין ירח מלא אחד לבין ירח מלא בחודש שאחריו, אולם דרך חישוב זו היתה מאד לא מדויקת. ננקטו גם דרכים אחרות שדרשו תצפיות למשך עשרות שנים, אבל הדרך המדויקת ביותר היתה דוקא זו שהשתמשה בליקויים של הירח, כי רגע החושך הגמור של הירח בזמן הליקוי ניתן למדדו יחסית באופן מדויק יותר. ואכן, כבר הבבלים הקדמונים לפני כאלפיים ושבע מאות שנה (בזמן הבית הראשון) היו רושמים בצורה מדויקת יחסית את הזמן של הליקויים של הירח שהתרחשו בזמנם (נמצאו לוחות חרס רבים על כך). כיום ידוע לנו על תוכן בבלי בשם "קידינו" שהשתמש בשיטת הליקויים של הירח למדידת אורך החודש הממוצע. מאוחר יותר השתמש גם התוכן היווני היפרכוס בשני ליקויים שהיו בהפרש של כ-350 שנה וחישוב גם הוא את אורך החודש הממוצע, וזהו החשבון הידוע מאז הקדמונים: הוא מצא שמאז הליקוי

הראשון ועד לליקוי שהיה בזמנו הוא, עברו 126,007 יום ושעה אחת, וכן עברו 4267 חודשים מלאים. חלוקת אורך הזמן הזה במספר החודשים שעברו נותן את הערך הממוצע של אורך החודש הירחי, ואכן חלוקת שני המספרים האלה נותנת ערך קרוב מאוד לזה של חז"ל, אבל ערך זה הוא קטן יותר במידה זעירה ביותר של כמה מאיות (של חלק) בלבד ממה שהיה ידוע לחז"ל. גם כיום במדידות המודרניות מתברר כי הממוצע הוא באופן ברור קטן עוד יותר ממה שמדדו הקדמונים, כך שההפרש הקטן הזה לעומת חז"ל הוא אכן משמעותי ואי אפשר לפטרו כלאחר יד. ועל זה כתב ר' יצחק בן יוסף הישראלי מטוליטולא - תלמיד הרא"ש ז"ל בספרו "יסוד עולם" (מאמר שלישי, פרק י"ב) שחכמי אומות העולם אכן מצאו ממדידותיהם שאורך החודש הממוצע הוא קצר יותר במידה זעירה מהערך של חז"ל, "ועד כאן הגיע דיוק חכמי האומות במידת זמן החודש האמצעי. והנה יש לך לדעת ולהאמין שמידתו המדויקת שעליה יש לחשוב חדשי העולם ושנותיו היא המידה המסורה בידינו מפי ר"ג שקבל מאבותיו מבית דוד ע"ה. ועתה הוי יודע כי לפי שראה רבן גמליאל כי חכמי האומות קצרה ידם מלצמצם (לדייק) מדת זמן החודש הורו כי היא פחותה כדי המידה שהיתה קבלה בידו (מחז"ל), לפיכך עמד כנגדם וגזר (ר"ה כ"ה). שאינה פחותה מתשצ"ג חלקים מתתר"ף בשעה יותר על כ"ט ומחצה, ולא כפי שחשבו הם (בעזרת הליקויים). ועל אמיתת המידה הזאת המסורה בידינו, הם יעידו המופתים העיוניים הלקוחים מצד לקיות הלבנה כמו שיתבאר זה במקום אחר. ודע כי יש לאמר שאבותיו של ר"ג נתגלה להם סוד זה (ענין התשצ"ג חלקים בדיוק ולא פחות כדברי התוכנים) ע"פ מחקרם העיוני מצד לקיות הירח או לקיות החמה כמו שעשו חכמי האומות, אבל בדיוק גדול יותר מהם כפי שכלם הזך ולבם הרחב, או משום צד אחר מדרכי המחקר והביקור שהיה ידוע אצלם, או שמא מפי נביא צדק היה זה קבלה בידם והוא הנכון לומר. ובשביל זה היתה המידה הזאת בידם כל כך נכונה ומצומצמת (מדויקת) בלי שום קירוב, שלא יכלו חכמי האומות לצמצם כל כך. ויש לאמר כי מתחילה נמסר להם מדרך הנבואה..."

כלומר, לפי דברי "היסוד עולם" הרי מתחילה נמסר לחז"ל בקבלה הערך הממוצע של החודש, אבל גם הם מדדו אותו בתצפיות של ליקויים כמו חכמי אומות העולם, אבל שיטות המדידה של חכמינו (שהיו משוכללות יותר), אכן



הראו כי המספר תשצ"ג חלקים שהיה קבלה בידם הוא אכן מדויק ביותר ולא פחות מזה כפי שהם טענו, ובכך חכמי ישראל אישרו במו ידיהם ע"י דרך המדידה המדויקת שלהם כי אכן המספר שקבלו מאבותיהם הוא הנכון והמדויק, ואין צורך להפחית ממנו כהוא זה כפי שסברו חכמי אומות העולם. ובאותו ענין כתב גם רבי אברהם בר חייא הנשיא אשר חי כשלוש מאות שנה לפניו (דור אחד או שניים לפני הרמב"ם) בספרו ספר העיבור (מאמר שני, שער שני) "ויהיה מנין החודש לעצת החכמים האלה כ"ט יום י"ב שעה תשצ"ג חלקים, כאשר בידינו מסורת מרבתינו ז"ל דאמרו, אמר להן רבן גמליאל כך אני מקובל מבית אבי אבא שאין חודשה של לבנה פחותה מכ"ט יום ומחצה ושתי ידות שעה וע"ג חלקים (סך הכל תשצ"ג חלקים). ולא הבאתי כל הדרוש להביא חוזק לדברי רבותינו ז"ל כי דבריהן אינן צריכות חיזוק, הן מתחזקין בדברי תורה וכתבי הקודש, וחס ושלוש שיתחזקו בדברי חול. אבל הענין הזה להודיע שכל חכמי גויים המשכילים בדבר חכמה למדו החכמה ההיא מרבתינו כי אברכ"ש (היפרכוס היווני) אשר שנה אותו בטלמוס (תוכן מפורסם בזמן רבי) אמר עליו כי בדיקתו לענין הזה היתה בשנת שמונים ממיתת אלכסנדרוס מוקדון אשר היתה מלכותו שש שנים והיתה תחילת מלכותו סוף ארבעים שנה מבנין בית שני, ונמצא זמן אברכ"ש זה בשנת קכ"ו שנה לבנין בית שני, וההלכה הזאת היתה בידו מאבות אבותיו, ובידוע שאבות אבותיו של רבן גמליאל היו בתחילת בית שני, ותמצא אברכ"ש זה אשר מפיו שמעו האומות האלה מידת החודש הנכונה מתאחר מזמניהם של רבותינו ז"ל. ואם תרחיב בדבר ותאמר היה בזמנם, תדע שהוא למד מהם ושאב ממעינותיהם, וכן כל חכמה וחכמה הבקיאין בה למדו אותה מרבתינו ז"ל, כי הענין האחד אשר ראינו בעינינו יהיה מעיד על שאר ענינים. וכל דבר שאני מביא עליו ראייה מדברי חכמי גויים, איני מביא אותה אלא לחזק את הטעם הזה". עכ"ל. במילים אחרות, גם רבי אברהם בר חייא הנשיא וגם רבי יצחק הישראלי תלמיד הרא"ש בדיעה שגם חכמי ישראל מדדו את מידת אורך החודש האמצעי, אבל בניגוד לחכמי אומות העולם הם דוקא קבלו את הערך המדויק שקבלו אבותיהם בנבואה, ולא הערך הקטן יותר שקבלו חכמי אומות העולם. אפשר לאמר שגם המדידות המודרניות כיום נופלות באותה קטגוריה כמו המדידות של חכמי אומות העולם הקדמונים, ודברי חז"ל הם מוסמכים

יותר מאותם שיקולים כפי שהסברנו לעיל מדברי הראשונים. (ניתן גם לתרץ את הסיבה לכך בפשטות והיא שיתכן שחכמינו השתמשו בבסיס הרבה יותר ארוך של אלפי שנים לקביעת הממוצע, בשעה שבסיס המדידות של האסטרונומים כיום הוא של כמה מאות שנים בלבד ומכאן ההפרש ביניהם).

### ב. מצוות התלויות במולד

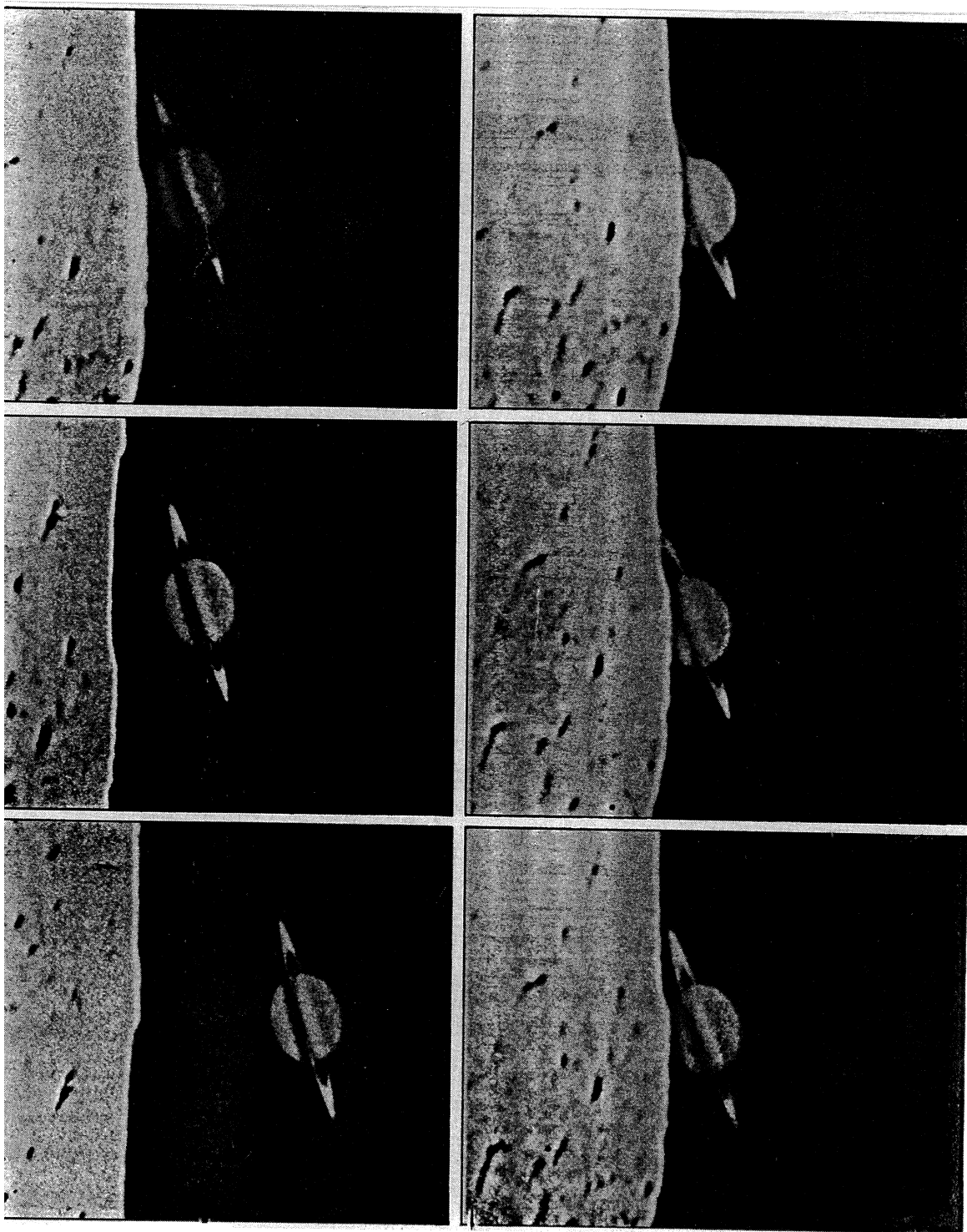
חז"ל והקדמונים עשו שימוש נרחב באורך החודש הממוצע. הם "הרכיבו" ציור מיוחד אשר בו הירח מקיף את הארץ במעגל מדויק מאוד ובתקופה קבועה של הממוצע עצמו דהיינו, בכל 29 יום 12 שעות ותשצ"ג חלקים מקיף "ירח דמיוני" כזה את הארץ. אמנם אין במציאת מעגל מדויק כזה וגם לא חודש ירחי אמיתי כזה, אבל הרעיון הזה התאים מאוד לחשבון העיבור, כפי שנראה לקמן. בעקבות זאת ניתן מעכשיו לפי ציור זה להגדיר גם "מולד אמצעי", דהיינו כאשר הירח הממוצע הזה נמצא בדיוק בין השמש לבין הארץ, או "ירח מלא ממוצע" דהיינו כאשר לפי חשבון ממוצע זה הירח אמור להיות מלא, וכו'. אבל מולד אמצעי זה בודאי שאינו זהה למולד האמיתי, אלא המולד האמיתי יחול כמעט תמיד לפני או אחרי מולד אמצעי זה. למשל בחודש אייר תשנ"ח הכריזו בשבת מברכין על המולד (אמצעי) שיהיה ביום ראשון בשעה 3 אחה"צ 15 דקות ו-10 חלקים. בשעה שהמולד האמיתי היה אמנם ביום ראשון אבל מוקדם יותר בשעה אחת וארבעים דקות אחה"צ. הפרש כזה אמנם אינו מורגש כל כך עבור מי שצופה בירח, אבל כאשר מפרסמים באמצעי התקשורת על ליקוי חמה שיחול בקרוב, מודיעים גם על השעה המדויקת אשר בה זה יחול, ושעה זו היא בדיוק שעת המולד האמיתי, כך שכל מי ששמע בשבת מברכין בבית הכנסת על השעה שבה יחול המולד, בודאי שם לב להפרש בין השעות שבו יחולו שני המולדות האלה. למשל בעוד כשמונה שנים ביום רביעי בשב"ק כ"ט באדר ה'תשס"ו (29.3.2006) יחול ליקוי חמה חלקי שיראה בכל ארץ ישראל שיגיע למקסימום חושך בשעה אחת בצהריים, והוא יארך כארבע דקות. לעומת זאת, בשבת מברכין הודיעו בבית הכנסת שזמן המולד הוא ארבע שעות ושלוש עשרה דקות, והשומע הנבון הבחין בקלות בהפרש שבין שני המולדות. המשמעות המידית מההפרש שבין שני המולדות הוא בקיומן של מספר מצוות: למשל יש הנוהגין

לברך את הלבנה לאחר שלושה או שבעה ימים בדיוק מעת לעת, ואם ההפרש בין המולד האמיתי לבין המולד האמצעי הוא ניכר, אז יתכן שיצטרכו לדחות את הברכה או להקדימה לפי המולד שישתמשו בו לחשבון המעת לעת. יש גם המקפידים לא לאמר תיקון רחל בחצות לילה לאחר המולד. לאיזה מולד יכוונו למולד אמצעי או למולד אמיתי יש כאלה שאינם מברכים את הלבנה אחרי מילואה באמצע החודש, לאיזה ירח מלא יכוונו, האמיתי או הממוצע ועוד מצוות כאלה התלויות במולד. בעיה זו ידועה היטב בדברי חכמינו, והוזכרה למשל בשו"ת המהרי"ל סימן קנ"ה: וימים רבים נסתפקתי אם אית לן למיזל בתר ניגוד האמיתי (ירח מלא אמיתי) דחשבון שש כנפיים לענין קידוש לבנה להקל או להחמיר. אבל בטוש"ע תכ"ו מכריע הבית יוסף (בשם המהרי"ל) כי המולד האמצעי דוקא הוא המקודש והוא הקובע וכלשונו: אבל סתמא סמכינן אחשבונוני שמסדרו לנו רבותינו שהוא המולד השווה (הממוצע) אפילו אם היה ליקוי חמה שהוא מולד אמיתי קודם לשלנו או אחריו, כי הרמב"ם כתב שרבותינו כיוונו לפגוע באמיתי ע"י הדחיות (לא אד"ו ראש, וכו').

גם המקובלים נוהגים לפי שעת המולד האמצעי שהוא הוא המקודש. יתר על כן הם אף מקפידים על מעת לעת מדויק (כך נוהגים בני עדות המזרח) מן השעה המוכרזת בבית הכנסת בשבת מברכין, וזאת על אף שיש כמה שערערו על אמיתת השעה של היום, כי מנהג אבותיהם בידיהם ואין לשנות.

### ג. ליקויי מאורות אחרים

ליקויי מאורות אינם חלים רק בחמה או בלבנה. כיום מכירים היטב גם ליקויים של כוכבים אחרים, אשר בהם הירח, תוך כדי מסלולו סביב כדור הארץ, מסתיר אותם מאיתנו. תמונה 8 (צבעונית, לוח 7) מראה את כוכב הלכת נוגה (כוכב השחר) כשהוא יוצא מאחורי הירח בדיוק לאחר שלקה (דהיינו, הירח הסתיר את נוגה למשך זמן מה). תמונה 9 מראה סדרה של שישה צילומים המראים כיצד כוכב הלכת שבתאי יוצא בהדרגה מאחורי הירח. כיום, השימושים העיקריים בליקויים כאלה הם בחקירת האטמוספירה הדקה שמסביב לכוכבים הנלקים, וכן בגילוי טבעות חומר, ירחים או אף כוכבים חלשים נלוים אחרים לכוכבים הנלקים.



תמונה 9: סדרת תמונות של כוכב הלכת שבתאי כאשר הוא יוצא בהדרגה מליקוי ע"י הירח.



#### ד. מדידת מהירות האור

לפני כמאתיים וחמישים שנה נתגלתה תגלית חשובה ביותר מתוך תצפיות בליקויים של הירחים של כוכב הלכת צדק. כבר בזמנם נתגלו בטלסקופים ארבעה ירחים שהקיפו את כוכב הלכת צדק, זאת כמו שהירח שלנו מקיף את כדור הארץ (כיום ידועים כששה עשר ירחים המקיפים את צדק, ראה צבא השמים א', עמ' 267) תוך כדי סיבובם של ירחים אלה סביב צדק, הם נכנסים מדי פעם לצל של צדק עצמו והם אז לוקים ונעלמים מעינינו, עד שהם מופיעים לאחר זמן הליקוי מן הצד השני של צדק. והנה אסטרונום דני בשם רימר שם לב בזמנו כי כאשר צדק הוא רחוק מכדור הארץ, אז זמן ליקוי הירח שלו הוא ארוך יותר מאשר אורך זמן הליקוי כאשר צדק קרוב יותר אלינו, הוא הסיק מזה כי קרן האור עוברת דרך ארוכה יותר עד שהיא מגיעה אלינו, ולכן זמן הליקוי נראה כביכול ארוך יותר. על פי מערכת המרחקים שהוא הכיר הוא חישב את המהירות האור בחלל הריק וקבל שהיא שלוש מאות אלף קילומטר בשנייה.

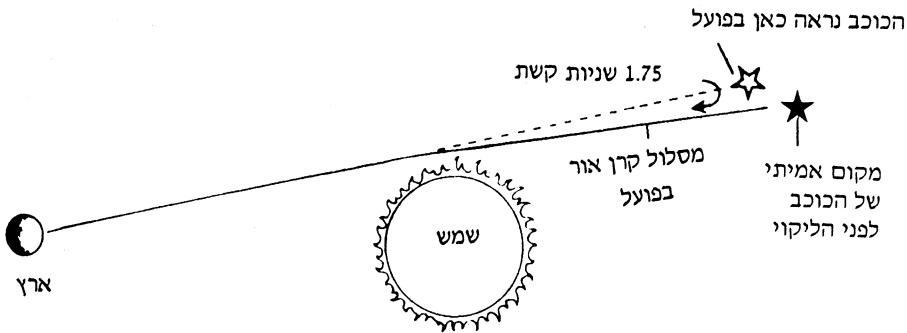
החשיבות של מדידת האור היא היסטורית כי עד אז ניטש ויכוח האם האור מתפשט במהירות אינסופית (כך טען אריסטו היווני), או שלוקח זמן (אפילו זעיר ביותר) עד שהאור מגיע לנקודה רחוקה יותר, ואם כן מהי מהירותו. הרבה מדענים בהסטוריה ניסו למדוד מהירות זו, אבל כיון שהמרחקים הארציים הם יחסית קטנים, אז תמיד קבלו במדידותיהם שהאור מגיע מיד לכל הסביבה. עד שבא האסטרונום רימר והראה כי במרחקים אסטרונומיים אפשר לראות כי אכן לוקח זמן לאור להגיע מכוכב לכוכב, ואף מדד את המהירות הזו כפי שהסברנו לעיל. כאמור מהירות האור היא כה גדולה שבאופן מעשי נראה לנו כביכול שהאור מגיע מיד לכל מקום.

#### ה. אישור לתורת היחסות הכללית של איינשטיין

אחד השימושים המענינים ביותר של ליקוי החמה הוא אישור של תורת היחסות הכללית של איינשטיין. כידוע לפי החשיבה המקובלת כיום, השמש מושכת אליה לא רק את כוכבי הלכת כך שינועו סביבה, אלא כל גוף הבא מן החלל החיצון הנקלע לסביבת השמש גם הוא נמשך על ידה. ענין זה נכון אפילו עבור קרן אור המגיעה מכוכב רחוק והחולפת על פני השמש, גם היא

נמשכת אליה, ולכן גם מעקמת את מסלולה המקורי במעט לכוון השמש (תמונה 10).

בשנת 1919 לפי מנינם (ארבע שנים בלבד אחר המצאת תורת היחסות הכללית של איינשטיין) חל ליקוי חמה מלא, ואז בגלל החושך הגמור הצליחו לראות לא רק כוכבים מסביב לשמש הלוקה, אלא אף ראו כוכבים שלפי החישובים לא היו צריכים להיראות כלל לנו, כי הם עמדו מאחורי השמש ממש והיא היתה אמורה להסתירם בזמן הליקוי. העובדה הזו שאף הכוכבים שאחורי השמש נראו בפועל מעידה על כך שקרני האור המגיעות מכוכבים אלה אכן התעקמו ולכן אפשר היה לראות אותם אפילו כשהם נמצאים מאחורי השמש הלוקה (כמו לראות עצמים "מאחורי הפינה"). מתברר כי מידת ההתעקמות של הקרניים שנמדדה מאשרת באופן ברור את תורת היחסות הכללית של אינשטיין.



**תמונה 10: קרני האור של כוכבים שמסלולן קרוב אל השמש נמשכות אליה ומתעקמות.**

### 1. קביעת תאריכים בזמן הקדמונים

נציין שימוש מענין נוסף לליקויים והוא קביעת תאריכים מדויקים של מאורעות היסטוריים בעבר שאנו יודעים רק בקירוב על תקופתם. כיום אפשר לחשב בדיוק רב את הליקויים של השמש והירח שהיו במשך ההיסטוריה במשך שלושת אלפים שנה האחרונות. אם מוצאים לוח חרס עתיק המציין מאורע חברתי כל שהוא שאנו יודעים רק בקירוב מתי הוא חל (מלחמה, הכתרת מלך וכו') ומצוין גם שהמאורע חל באותה שנה שהיה ליקוי חמה או

לבנה, אז ע"י הערכות שונות אפשר אז לקבוע בדיוק את זמן המאורע הזה. אם כי יש בזה כמובן ענין רב, הרי לפעמים הספקולציות הן מוגזמות והספק נשאר עדיין רב. למשל, היו הסטוריונים שהניחו שברית בין הבתרים חלה כביכול בזמן ליקוי חמה באמצע היום, והסתמכו על הפסוק "והנה אימה חשיכה גדולה" נפלה על אברהם, ולפי הערכתם, זהו ליקוי החמה הגדול שהיה אז בארץ כנען כ 1764 שנה לפני ספירתם. אבל לדמיונות אלה אין בסיס וגם ההנחה שהחשיכה הגדולה היא עקב ליקוי חמה דוקא היא בדיה מן הלב. לצערנו זו דרכם של אלה המנסים תמיד "להסביר" את המאורעות בספרי הקודש בדרך "הטבעית".

#### ז. האטת סיבוב כדור הארץ סביב עצמו

המערכת של כדור הארץ, ירח והשמש אינה יציבה כל כך. מתברר שהירח הולך ומתרחק יותר ויותר מכדור הארץ, אמנם במידה זעירה ביותר. משמעותה של עובדה זו היא שעם הזמן הירח יכסה פחות ופחות את גלגל השמש בזמן ליקוי, כי ככל שהוא מתרחק מאתנו הוא גם נראה לנו קטן יותר ולכן הוא לא יכסה את עין השמש במלואה כמו היום. (מתברר גם שכדור הארץ אינו מתרחק מהשמש באותה מידה כך שתאזן תופעה זו). שינוי חשוב אחר במערכת זו הוא האטת סבוב כדור הארץ סביב עצמו כפי שנסביר לקמן:

הבבלים הקדמונים נהגו לרשום על חרסים גם את זמני הליקויים שנראו בזמנם. לפני כאלפיים שנה הם ראו ליקוי חמה מלא ביום 15 באפריל בשנת 136 (לפני מנינם). האסטרונומים היום "הריצו" את תכנת המחשב שלהם "אחורה" בזמן בכדי לחשב את נתוני הליקוי הזה שהבבלים ראו. ואכן, החישובים הראו כי באותו יום היה ליקוי חמה מלא, אבל, להפתעתם הוא היה צריך להיראות על פני האי מיורקה (מזרחית לספרד) ולא בבבל! המסקנה היא שכדור הארץ הסתובב בזמנם סביב עצמו מהר יותר לעומת סיבובו היום, ולכן הבבלים ראו אותו 3.25 שעות מוקדם יותר (כי הליקוי תמיד נע ממערב למזרח, כך שאם ראו אותו בבבל לראשונה שהיא במזרח, סימן הוא שהקצב של הסיבוב היה מהיר יותר מהיום, תמונה 11 צבעונית, לוח 7). מכאן מסיקים שכדור הארץ האיט את קצב סיבובו ב- 3.25 שעות באלפיים שנה. כך יוצא

למשל, שהנץ החמה כיום הוא 3.25 שעות מאוחר יותר מהנץ החמה בסוף תקופת בית שני. כלומר אנו מתפללים כיום בהנץ החמה כמו בהנץ החמה בימי שני, אלא שזה 3.25 שעות מאוחר יותר.

### המשמעות הפנימית של ליקויי המאורות

בפרק ב' דסוכה (כ"ט, א') כתוב: "על ד' דברים חמה לוקה על אב"ד שמת ולא נספד כהלכה, ועל נערה מאורסה שצעקה בעיר ואין מושיע לה, ועל משכב זכר, ועל שני אחים שנשפך דמם כאחד. ובשביל ד' דברים מאורות לוקים על כותבי פלסטר, ועל מעידי עדי שקר ועל מגדלי בהמה דקה בא"י ועל קוצצי אילנות טובות". ופירש רש"י "לא שמעתי טעם לדבר זה". ואכן ישנן כאן שלש שאלות יסודיות: השאלה הראשונה היא מדוע העבירות בכלל גורמות לליקויי מאורות. השאלה השנייה היא מדוע עבירות אלו דוקא גורמות לליקויי חמה או לליקויי מאורות. והשאלה השלישית היא כיצד זה יתכן שעבירות כאלו יכולות לגרום לליקויים של מאורות שאנו יכולים לחזות מראש על פי חשבון. על השאלה הראשונה מצאנו תשובה של המהר"ל בספרו באר הגולה, הבאר השישי, עמ' ק"ו, שסיבת הליקויים היא מעשי בני אדם, והם מחשיכים את העולם בעוונותיהם, ולכן הם פוגמים במאורות, ובלשונו: "וסבות אלו שנתנו בלקות המאורות לפי דעתם יכחיש החוש הנגלה, כי ידוע שלקות המאורות תלוי במהלך המאורות, בחבורם ובנגודם, בהתרחקם ובהתקרבם, באורך וברוחב, וא"כ איך אפשר לומר שיהיה לקות המאורות תלוי בדברים כאלו, שהאדם יודע זמן הלקות שהם על פי החשבון ואיך יתקן הלקות בחטא המעשים. וגם דבר זה הוא טעות, שאין מדרך חכמים ז"ל להסיר הסבה הקרובה שודאי תלוי לקות המאורות במהלך המאורות, אבל סבת הסבה נתנו הם ז"ל. כי אם לא היה החטא בעולם לא היה דבר זה, כי אין ספק שלקות המאורות הוא פחיתות גדול וחסרון בעולם, ואם לא היה החטא נמצא בעולם לא היה סדר הבריאה נותן שיהי' לקוי המאורות שהוא פחיתות וחסרון כמו שמוסכם מכל אדם. וכמו שתמצא במעשה בראשית שאלמלי לא חטא האדם, היה מקום האדם בג"ע ומזונותיו פירות ג"ע, ובשביל שחטא אז סידר השם יתברך ענין האדם כמו שספרה התורה קוץ ודרדר תצמיח לך, הרי שהש"י סידר הנהגת האדם לפי מדריגתו ומעלתו. ומפני כי העולם שייך בו חטאים



אלו, ולפיכך מתחלת בריאת עולם לא נתן השם ית' להם אור שלא יקבל לקוי, ובזולת חטא לא היה סדר זה, סוף סוף בשביל חטאים אלו הוא לקוי המאורות. ואולי תאמר, אם כן מוכרח האדם לחטוא. אין זה קשיא, שאין ספק כי אין כלל העולם כולו צדיקים עד הזמן שיקוים ומל ה"א את לבבך ואת לבב זרעך וגו' (דברים ל') ואז לא יהי' לקות המאורות חסרון כלל, כי אז נאמר (ישעי' כ"ד) וחפרה הלבנה ובושה החמה וגו' והיה ה' לך לאור עולם, אבל בעולם הזה אין העולם נקי מן החטא. כלל הדבר כי השם יתברך סדר העולם במדריגה הראוי לבני אדם, כי כל הנמצאים משמשים האדם כפי מה שהוא אדם, ולפיכך בשביל חטא הנמצא בעולם נתן להם אור כמו שראוי להם. ולכך אמרו שם: "תנו רבנן בזמן שהחמה לוקה סימן רע לכל העולם. משל למה הדבר דומה למלך ב"ו שעשה סעודה לכל עבדיו והניח פנס לפניהם. כעס עליהם. אמר לעבדו טול הפנס מפניהם והושיבם בחושך". ע"כ. וביאור ענין זה, כי המלך מכבד את עבדיו ועושה להם סעודה לכבוד, וכאשר כועס עליהם מפני שמרדו בו נוטל המאור מלפניהם כי המאור הוא כבוד הסעודה. וכן הקדוש ברוך הוא כאשר הוא כועס על העולם בשביל פחיתת חטאם וחסרונם נוטל כבודם, כי המאור הוא כבוד העולם. ודבר זה ברור כי האור הוא כבוד העולם, וכמו שתקנו "אל ברוך גדול דעה הכין ופעל זהרי חמה טוב יצר כבוד לשמו", וכן בתחלת הבריאה ברא השם יתברך את המאורות כפי מה שהם ראויים לזה. ולפיכך החושך שהוא לילה שהוא העדר טבעי אין בזה דבר העדר במה שהוא טבעי. אבל כאשר יש חושך שהוא העדר בלתי טבעי כמו לקות המאורות, כי אף שלקות המאורות הוא כסדר עולם, מכל מקום הוא בטול והפסד אל המציאות והוא האור, כמו שיקרא לקוי, לכך אי אפשר שיהי' דבר זה, כי אם שהעולם מוכן בצד עצמו אל ההעדר, יוצא מן הסדר מצד שיש בו חטא, ולפיכך היה האור שלהם ג"כ בעניין זה שיש בו העדר בלתי טבעי. כי האור מתיחס לעולם, שכפי מדריגת העולם ומעלתו האור זורח עליו. ומפני כי האדם יש בו חסרון ובשביל זה נוטה אל ההעדר מצד עצמו, ולכך האור של העולם שייך בו העדר ג"כ.

תשובה לשאלה השניה נמצאת במהרש"א (שם): כי האב"ד דומה לחמה שמאיר לכל בתורה וע"כ משה שהיה אב"ד אמרו בו פניו כפני חמה... ועל נערה מאורסה שצעקה, דהיינו שהיה ברור לכל כשמש צעקתה ולא היה

מושיע לה. ועל ארבעה דברים מאורות לוקין דהיינו לבנה וכוכבים כפרש"י. יש לתת טעם ע"פ מ"ש ספ"ק דשבת מאן דנולד בלבנה רזוהי כסן (סודו מכוסה), אם גנב - מצלית. והשתא ארבעה דברים דחשיב: כותבי פלסתר ומעידי שקר ומגדלי בהמה דקה וקוצצי אילנות, אינם דברים מפורסמים ובכלל רזוהי כסן וגניבה הן, ועל כן מזלו הן לבנה וכוכבים לוקים. עכ"ל.

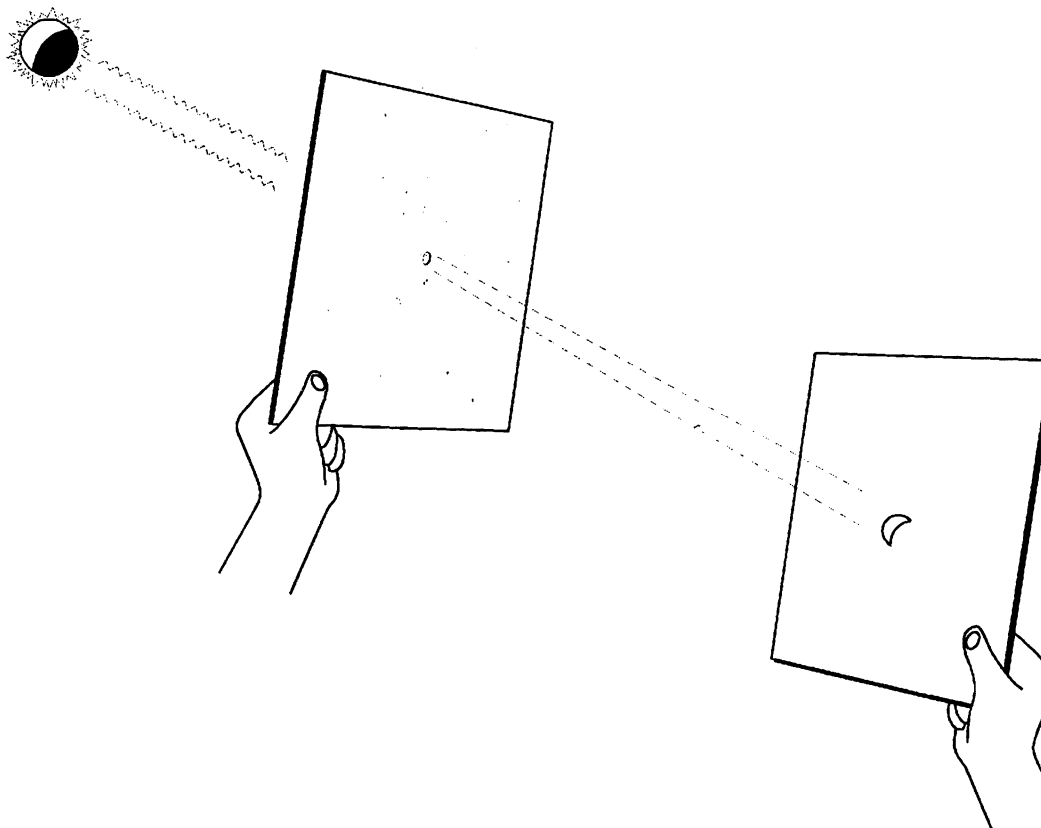
אשר לתשובה לשאלה השלישית, נראה לנו כי אכן ניתן לחשב את זמני ליקויי המאורות מראש, ואכן, בשעת הליקוי, מפאת החושך הנופל על העולם, יש דין מתוח בעולם. והעובדה שהדין הזה בא במחזוריות קבועה אינה קושיה, כי ישנן תופעות טבעיות מחזוריות שזמנן ידוע היטב מראש וגם הן ידועות כשעות של דין, כגון היום ידוע כשעות של חסד, והלילה כשעות של דין. דהיינו, בשעות הלילה החוזרות ונשנות בכל יום אנו אכן נזהרים יותר מן הדין אם במעשה ואם בנושאי הלימוד. כך גם בגרמי השמים, הם מודיעים לנו מראש על שעות שבהם הדין מתוח בעולם. אבל כאמור עבור בני ישראל שכל בטחונם הוא בה' יתברך לבדו כבר אמר הנביא: מאותות השמים אל תחתו, כי יחתו הגויים מהמה... כי לא ירעו וגם היטיב אין אותם" (ירמיהו פרק י' פסוקים ב', ה').

### תיאור ליקוי החמה הגדול שחל בערב ר"ח אלול ה'תשנ"ט

להלן אנו מתארים בצורה מפורטת ליקוי חמה מלא והתופעות הנלוות אליו. ביום רביעי, בש"ק ערב ר"ח אלול ה'תשנ"ט חל ליקוי חמה גדול, אשר התחיל בארץ ישראל בשעה 1:30 בצהריים (שעון קיץ), הגיע לשיאו בשעה 2:40, והסתיים בשעה 3:30 (בערך). הליקוי בארץ ישראל בשיאו לא היה מלא אלא הוא כסה כ- 80 אחוז בלבד מגלגל השמש. העולם סביבנו החשיך מעט, כאילו עננים גדולים כיסו את השמש. אבל במקומות רבים באירופה ראו ליקוי חמה מלא, דהיינו, השמש ממש "כבתה" להם במשך מספר שניות דקות (בשיא הליקוי). המראה של ליקוי חמה מלא הוא מרשים ביותר, ולפעמים גם מבהיל בני אדם: החמה מתכסה לחלוטין למשך מספר דקות, ולילה יורד על העולם (צבעונית, לוח 6) (תמונה 5). אבל בארץ ישראל אפילו בשיא הליקוי עדיין ראו כ 20 אחוז מגלגל השמש.

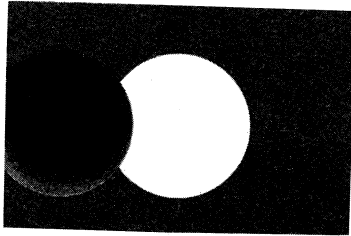
עתה נתאר בפרוטרוט את מהלך הליקוי וכן הדרכה מלאה לקורא במה לצפות

וכיצד לצפות בכל רגע ורגע של ליקויים דומים בעתיד. ובכן, כיצד יש להסתכל בלקוי חמה ומה בכלל אפשר לראות? כלל ראשון הוא שאין להסתכל ישירות בעין השמש. עוצמת האור היא כה חזקה עד שהיא יכולה להזיק "ולשרוף" את החלק הרגיש לאור שבתוך העין, עד כדי גרימת עוורון מלא או חלקי לכל החיים ר"ל (וכבר קרו מקרים כאלה). לכן יש להסתכל בשמש ע"י משקפים מיוחדות שניתן להשיג לפעמים בחנויות לרגל הליקוי. דרך בטוחה יותר היא להקרין את דמות השמש על מסך קרטון לבן כשקרני השמש עוברות דרך קרטון שני אשר בו נקב קטן שקוטרו כעפרון או עט (תמונה 12). כך מסתכלים בדמות השמש המוקרנת על הקרטון (תמונה 13) ואין חשש לפגיעה בעין. יש להחזיק את שני הקרטונים שיהיו שניהם מקבילים זה לזה והם פונים שניהם אל מול פני השמש. אם רוצים תמונה



**תמונה 12: שיקוף דמות השמש על פני קרטון היא דרך בטוחה יותר לעיניים בזמן תצפית.**

חדה יותר אפשר להשתמש במשקפת כך שתעמוד במקום הנקב, דהיינו להעמיד את המשקפת כך שדמות השמש תחדור (בדיוק) דרכה ותשקף את דמות השמש על פני הקרטון השני. בכדי להבליט את דמות השמש המוקרנת על הקרטון, אפשר לקחת ארגו קרטון ולהקרין את הדמות לתוכו, וכך נוצר צל חזק יותר מסביב דמות השמש תבלוט יותר על פניו.



**תמונה 13:** בזמן הליקוי דמות השמש המשתקפת על הקרטון "הולכת ונאכלת" באיטיות לקראת שיא הליקוי. זוהי הסיבה שהקדמונים תיארו בצורה ציורית כאילו נחש בריח בולע את השמש בזמן הליקוי ואחרי כן הוא מקיא אותה בחזרה.

עתה נתאר את מהלך הליקוי לפרטיו וכן מה הן התופעות הנלוות בכל אחד משלביו: תמונה 3 מראה צילומים רצופים של שלבי הליקוי השונים, מצד שמאל נראה צילום הראשון של גלגל השמש כשעתיים לפני שיא הליקוי ורואים שגלגל השמש הוא כמעט במלואו. בצילום השני משמאל רואים כי הצד הימני של גלגל השמש אכול מעט, זהו התחלת הליקוי. ככל שעוברים מן הצילומים בצד שמאל לצד ימין רואים כי הצד הימני של גלגל השמש הולך "ונאכל" בהדרגה עד שבתמונה המרכזית ביותר נתכסה לחלוטין כל גלגל השמש כלו. זהו זמן הליקוי המלא. לפעמים רגע לפני הליקוי המלא ניתן לראות נקודת אור אחרונה מצד שמאל של גלגל השמש, ואז נדמה שרואים צורה של "טבעת יהלום" (תמונה 7 צבעונית, לוח 6).

כפי שהסברנו כבר במאמרינו הקודמים, ליקוי החמה נגרם בגלל שהירח במהלכו סביב כדור הארץ עושה את דרכו וחוצה את קו הראיה בינינו לבין השמש (תמונה 14), ואז גלגל השמש מתכסה מאתנו באמצע היום. את הירח עצמו שמכסה את גלגל השמש אי אפשר לראות בשעת הליקוי כי צידו החשוך בלבד פונה אלינו, (וצידו המואר כולו פונה אל השמש ולא אלינו),



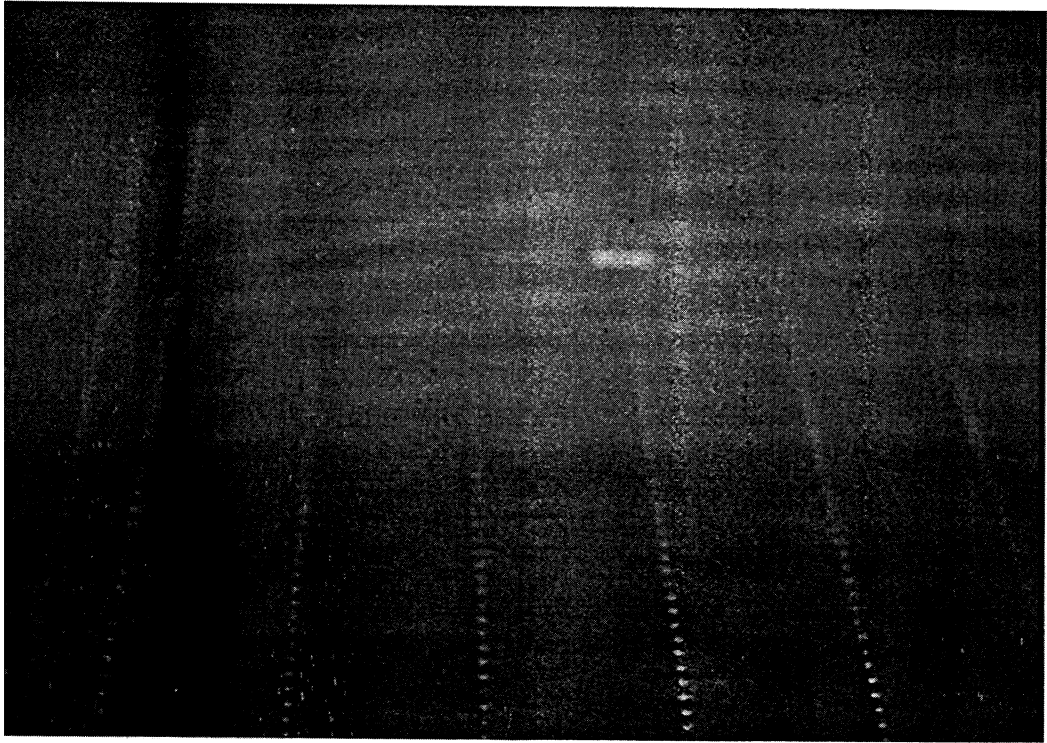
אבל בכל זאת הצליחו לצלם את הירח אפילו במצב זה עם מעט האור שהוחזר אליו מכדור הארץ עצמו (תמונה 15 צבעונית, לוח 8). רואים בתמונה 3 כי החלק "האכול" של השמש אכן יש לו בעצמו צורת קשת, כי הירח הוא עגול והוא מכסה בהדרגה את גלגל השמש באיטיות, עד שהוא מכסה אותו כולו. אחרי רגע הליקוי המלא מתגלה גלגל השמש בהדרגה עד שהירח מתרחק ממנו לגמרי ואינו מסתירו כלל.



**תמונה 14: ליקוי חמה נוצר כאשר הירח חוצה את הדרך בין כדור הארץ לשמש**

עתה נתאר מספר תופעות מעניינות המתרחשות קצת לפני הליקוי וגם בזמן הליקוי עצמו:

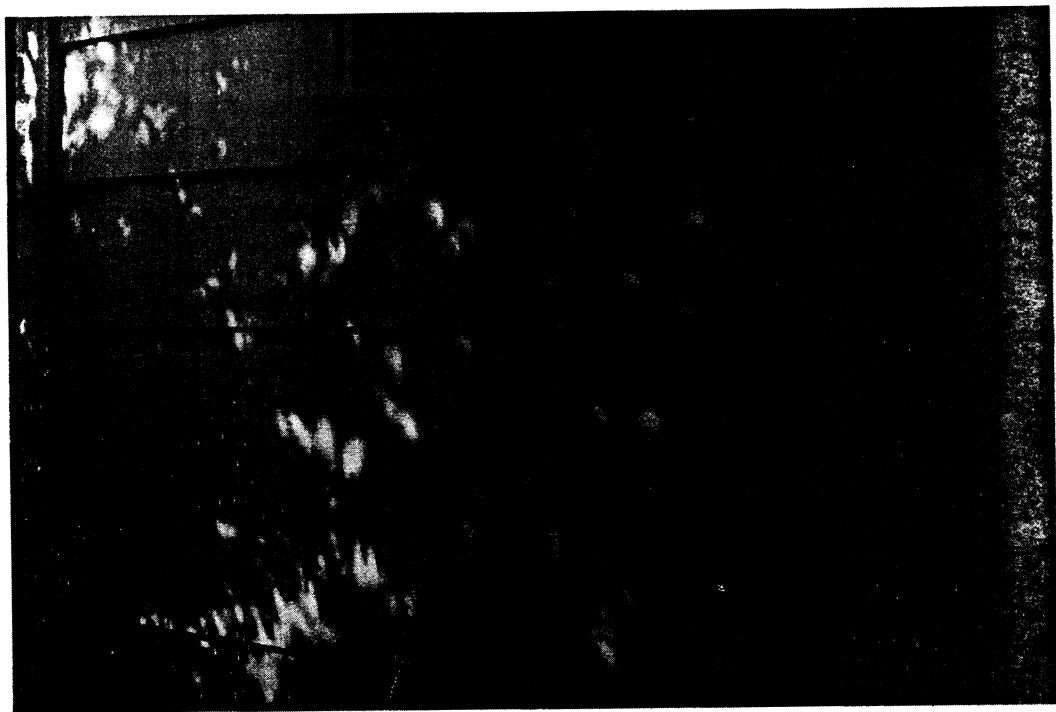
כבר לפני הליקוי המלא מרגישים בירידה משמעותית של הטמפרטורה כמו בשעות הערב. הציפורים מתחילות לחזור לקיניהן ואף שומעים את הצינץ שלהן בין העצים כמו בכל יום בשעות הערב. כאשר קרני השמש הולכות ונחלשות, רואים לפעמים "פסים של צל" רצים על פני האדמה כמו הצללים הרצים שרואים בקרקעיתה של בריכת מים לא עמוקים. תמונה 16 מראה צילום של תופעה זו. אבל האמת היא שצריך הרבה מזל בכדי להבחין בה. בכל אופן היא מופיעה מספר דקות לפני הליקוי המלא. הסיבה לתופעה זו הוא שבירת קרני האור של השמש על ידי מערבולות אוויר הנמצאות באטמוספירה הגבוהה של כדור הארץ.



**תמונה 16: צללים רצים על פני האדמה בזמן ליקוי.**

כאמור לעיל, הליקוי נוצר ע"י הירח ההולך ומכסה בהדרגה את גלגל השמש מעינינו. תופעה אחרת ונראית לעין לכל היא יצירת עשרות דמויות של שמש לוקה בין הצללים של ענפי העצים על האדמה (תמונה 17). הסיבה לכך היא שהמרווחים הקטנים שבין העלים של העצים פועלים כל אחד כמו הנקב שבתמונה 12 וכך כל אחד מהרווחים פועל כנקב לבדו ומשקף את השמש על האדמה, וכך נוצרות דמויות של שמש לוקה על האדמה. בעצם כל אחד יכול לעשות את הניסוי הזה במו ידיו: קח קרטון כמו בניסוי לעיל ותחורר בו הרבה חורים בגודל של עפרון כל אחד. העמד את הקרטון מול פני השמש. על הרצפה יופיעו עשרות דמויות של השמש הלוקה (כמו בניסוי לעיל). הענן הוא שבין עלי העצים נוצרים הנקבים האלה כך שרואים על האדמה באופן טבעי את הדמויות השמש הלוקה.

מספר שניות לפני הליקוי המלא, ניתן לראות כיצד הצל האדיר (של הירח)



תמונה 17: דמויות של שמשות לוקות בין העלים.

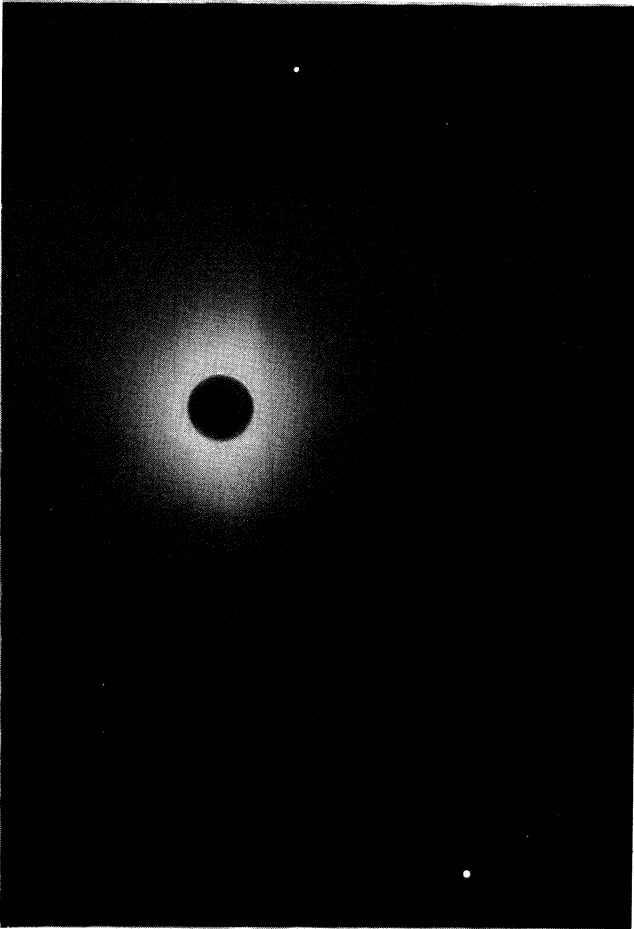
הולך ומתקרב אליך מצד מערב במהירות עצומה (של 2500 קילומטר בשעה!) עד שהוא מגיע אליך ממש ואז אתה נכנס לתוך "הלילה" של הליקוי עצמו (למשך מספר דקות).

המראה המרשים ביותר בזמן הליקוי עצמו הוא ההילה של האור מסביב לשמש (תמונה 5, לוח 6). את ההילה הזאת אי אפשר לראות כרגיל מפאת עוצמת האור של גלגל השמש שהיא הרבה יותר חזקה ממנו. מתברר כי הטמפרטורה של ההילה מגיעה לשני מיליון מעלות חם (בשעה שגלגל החמה עצמו שרוי רק בטמפרטורה של 6000 מעלות חם). אבל כיון שהגז בהילה הוא דליל ביותר לכן בסך הכל אור ההילה הוא חלש מאד על אך חומה הרב. הילה זו היא בעצם עטרה של גזים חמים מאד המתפשטים עד לעשרות אלפי קילומטרים מפני השמש. עד היום לא ברורה הסיבה לחומה הרב של עטרה זו, אם כי משערים שגלי הלם הבוקעים מפני השמש הם הם המחממים את העטרה הזו.

לפעמים ניתן לראות בשעת הליקוי עצמו התפרצויות חזקות של גזים מפני השמש החוצה (צבא השמים חלק א').

תופעה מרשימה נוספת היא שניתן ממש לראות כוכבים בזמן ליקוי חמה מלא. בתמונה 18 רואים צילום של ליקוי חמה וכוכב חמה (למעלה) וכוכב הלכת צדק (למטה).

תמונה 19 צבעונית, לוח 9: מראה את מהלך הליקוי המלא שהיה בתאריך הני"ל כאשר הוא נע ממדינה למדינה מאירופה בכוון מזרחה. המקום הראשון בו ראו את הליקוי היתה בעיר קורנוואל במחוז ויילס באנגליה. כאמור הליקוי עבר ממקום למקום מזרחה במהירות של כ- 2500 ק"מ בשעה כאשר רוחבו הוא כמאה קילומטר בלבד. מחוץ לפס זה ראו רק ליקוי חלקי.



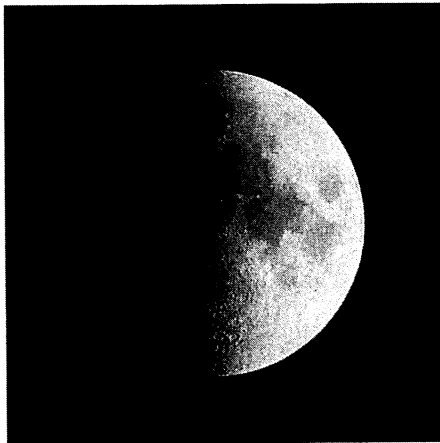
תמונה 18: צילום של ליקוי חמה. רואים את כוכב חמה (למעלה) וכוכב הלכת צדק (למטה).



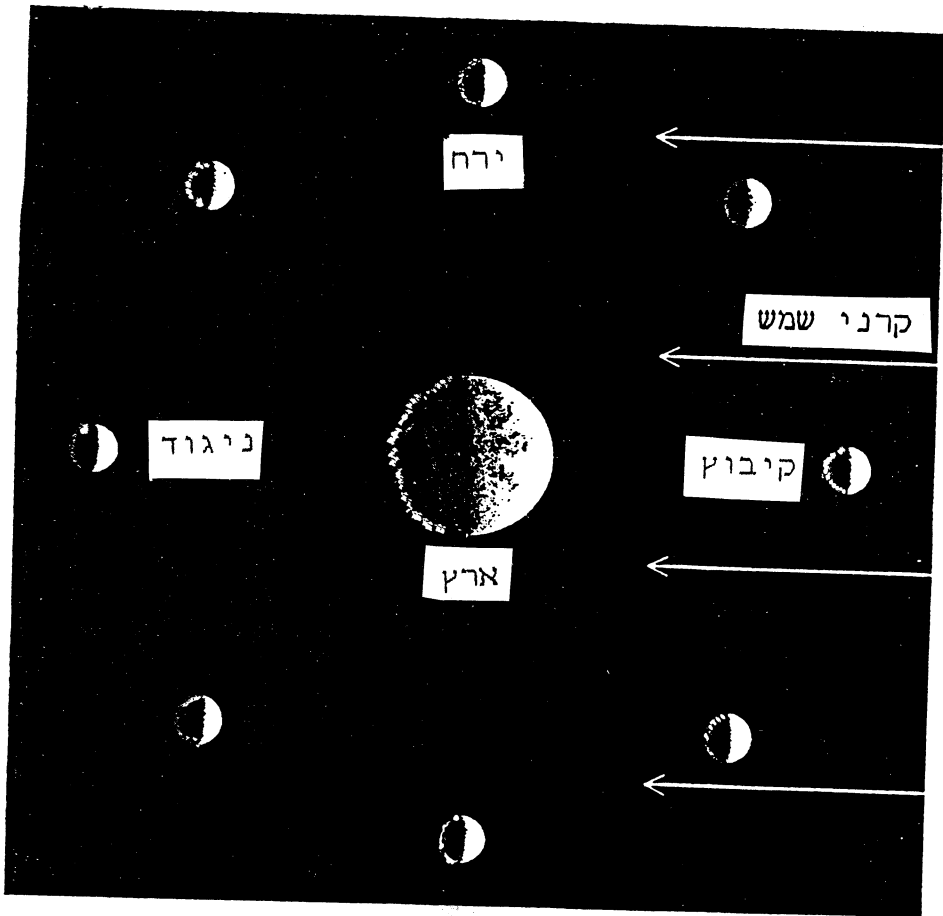
## נספח

# תנועת הירח סביב כדור הארץ

לכדור הארץ ולירח אין אור משל עצמם. הם מוארים ע"י קרני השמש הנופלות עליהם. אבל אותו צד (חצי כדור) של הירח או של הארץ הפונים אל השמש הם הם המוארים בלבד, והצד השני שלהם הוא אפל. יתר על כן, אותו צד מואר מחזיר אלינו בחזרה את קרני השמש שנפלו עליו, ולכן אנו רואים אותו. הצד האפל אמנם קיים, אבל אין אנו רואים אותו כי הוא חשוך. תמונה א' מדגימה את תופעת ההארה החד צדדית הזאת של הירח והארץ. דהיינו, רק אותו צד הפונה אל השמש הוא הוא המואר. צד זה נקרא בשם "יום" והצד האפל נקרא "לילה". כאשר אנו על כדור הארץ מסתכלים בירח, לא תמיד אנו רואים אותו, כי רק אם הצד המואר של הירח, או לפחות חלק ממנו, נמצא בזווית כזאת שנוכל לראותו. כאמור, על הצד האפל של הירח לא נופלות עליו קרני שמש כלל, ולכן כעקרון אי אפשר לראות דבר ממנו. למשל כאשר הירח נמצא בצד הימני ביותר בתמונה ב' (בדיוק בין כדור הארץ לבין השמש) אז כל הצד המואר של הירח נעלם לגמרי מאתנו ורק הצד האפל המואר כולו של הירח פונה אלינו ואנו רואים אז "ירח מלא". מצב כזה נקרא בשם "ניגוד", דהיינו שהירח נמצא בצד השני ההפוך והארץ נמצאת אז בדיוק



**תמונה א': כל החצי הימני של הירח הפונה אל השמש הוא מואר, והחצי השני חשוך.**



**תמונה ב':** מהלך הירח סביב כדור הארץ. קרני השמש (מימין) מאירות תמיד רק את הצד של הירח וכן הצד של כדור הארץ הפונים אליה.

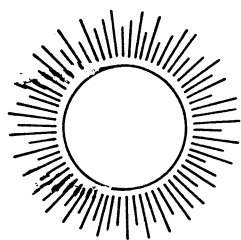
בין השמש לבין הירח. בסיכום יוצא, כי כאשר הירח נמצא בין כדור הארץ לבין השמש הוא רגע המולד, ואין רואים דבר מן הירח, וכאשר כדור הארץ נמצא בין השמש לבין הירח אנו רואים ירח מלא. בין שני המצבים האלה של תחילת החודש ועד לאמצעו, אנו הצופים מכדור הארץ רואים מצבי ביניים של החלק המואר של הירח (תמונה א'), כלומר, אנו רואים בכל פעם פלח בלבד (עבה או דק) מתוך החצי המואר של הירח, וזוהי הסיבה שבמשך החודש נראה הירח בגדלים שונים כל לילה (ראה צבא השמים חלק א', עמ' 108). נציין כאן במיוחד שכאשר הירח אינו נראה כלל בזמן המולד או שהוא קטן מאד בימים הראשונים של החודש או בסופו, הרי אין זה נקרא ליקוי ירח,

אלא שפשוט בגלל זוית הראיה שלנו אין אנו רואים את כל החצי המואר של הירח אלא רק פלח מואר בלבד. בכל אופן, כאשר אנו מסתכלים בירח (תמונה א') ורואים רק "פלח" בלבד מן הצד המואר, הרי כל המשך העיגול של הירח הוא אכן קיים אבל הוא אפל. החלק האפל הוא הנקרא ע"י חז"ל בשם "פגימת הירח" וגודלה שם פגימה זו משתנה בהתאם לגודל הפלח שאנו רואים באותו יום במשך החודש.

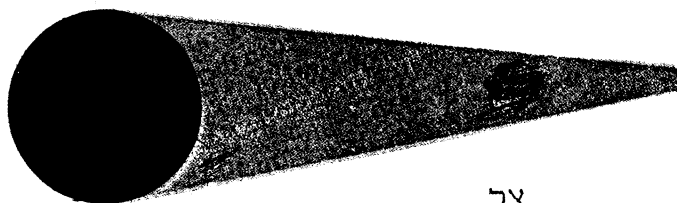
### ליקוי ירח

כידוע, כל גוף אטום העומד מול קרן אור יוצר צל מאחוריו. כך באותה מידה הארץ וגם הירח, בהיותם בחלל מול קרני השמש הם יוצרים איזור של צל בחלל שמאחוריהם. דהיינו, כדור הארץ יוצר צל בחלל שמאחוריו אשר גודלו וכן אורכו של צל זה תלויים בגודל כדור הארץ, ובמרחקו מן השמש. כך גם הירח יוצר צל כזה, אבל בהיותו קטן יותר הרי גם גודל הצל ואורכו הם קצרים יותר משל כדור הארץ.

כאמור הירח מקיף את כדור הארץ. אם תוך כדי סיבובו יכנס הירח לתוך איזור הצל המלא הרי לא נראה אותו כי קרני השמש מוסתרות (תמונה ג') מעינינו בגלל כדור הארץ העומד בדרכן. זהו מה שמכנים בשם "ליקוי ירח" מלא, דהיינו, כאשר כדור הארץ נמצא בדיוק בין השמש לבין הירח, אז נוצר צל על הירח (בגלל כדור הארץ המסתיר את קרני השמש) והירח נעלם מעינינו. אבל תהליך זה קורה באיטיות רבה, שהרי הירח נע לאט לאט סביב



שמש



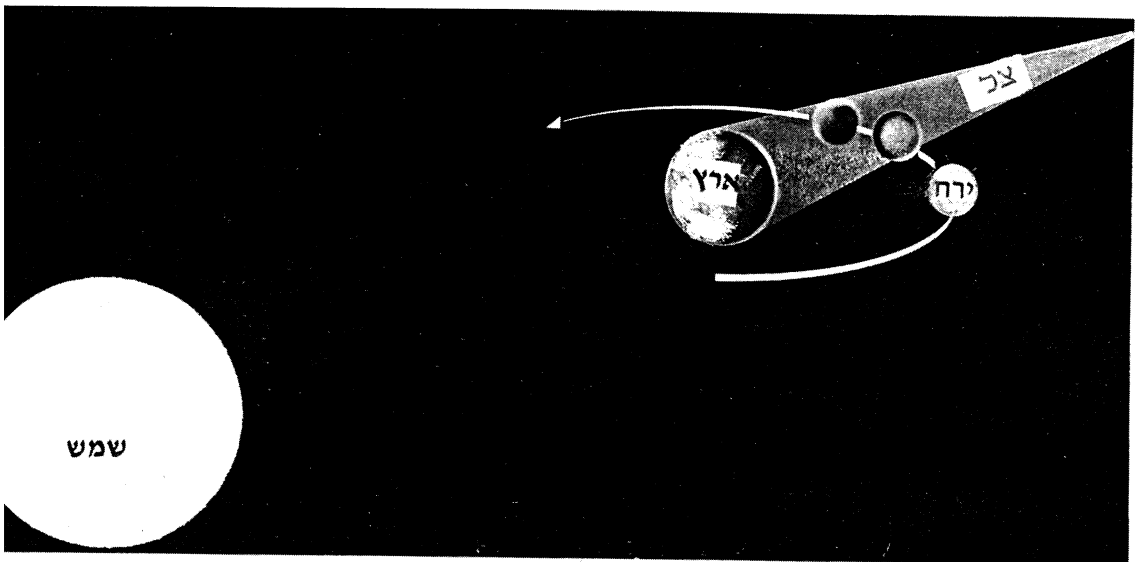
ארץ

צל

תמונה ג': צל כדור הארץ נוצר בחלל שמאחוריו.

כדור הארץ (ומשלים סיבוב אחד פעם בחודש) וכך גם הוא נכנס באיטיות כזאת לתוך הצל שנוצר ע"י כדור הארץ והוא הולך ונעלם באיטיות לעינינו במשך כשעתיים שלוש (תמונה ד').

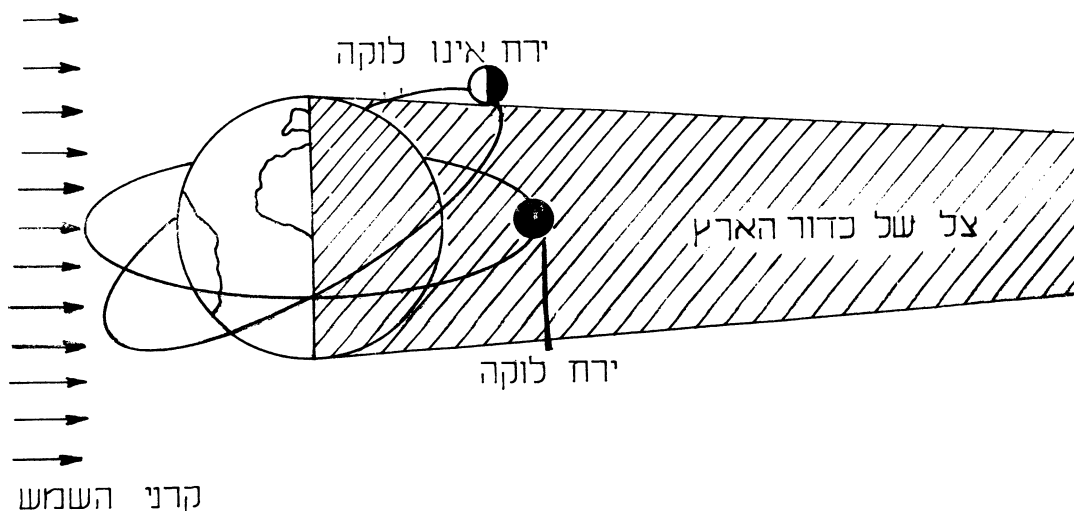
אם מצב הדברים היה בדיוק כפי שתיארנו קודם, הרי שבכל מחצית חודש, כאשר הירח הוא במצב ניגוד, דהיינו, הירח נראה לנו מלא, הוא היה צריך ללקות באופן מלא שהרי אז הוא נמצא בדיוק בתוך הצל של כדור הארץ. אבל במציאות אין זה כך. האמת היא שסיבוב הירח סביב כדור הארץ אינו באותו



**תמונה ד': תוך כדי הקפתו של הירח הוא נכנס מדי פעם לצל של כדור הארץ.**

מישור, אלא הוא לפעמים "למטה" ולפעמים "למעלה" כמו בתמונה ה'. רק כאשר סיבוב הירח הוא בדיוק בתוך הצל רק אז יש ליקוי ירח מלא, ואין זה קורה בכל חודש. אבל, בכל 18.6 שנה כאשר משלים מישור הסיבוב את עלייתו למעלה ולמטה, חוזר הסיבוב לקדמותו כך שכל הליקויים שהיו במשך 18.6 שנה חוזרים שוב על עצמם (כמעט) במחזור הבא של 18.6 שנה. המחזור הזה היה ידוע היטב לקדמונים וקראו לו בשם מחזור ה"סארוס", והם אף ניבאו על פיו את ליקויי הירח כסדרם ובזמנם. נעיר עוד שבכל זאת, על אף



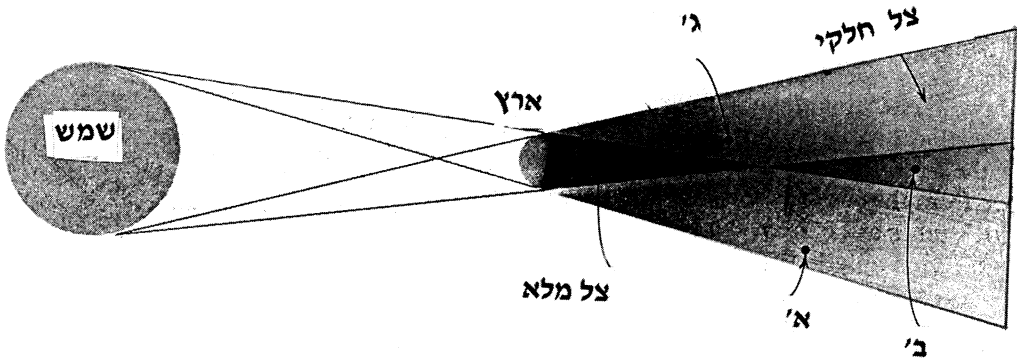


**תמונה ה': הירח מקיף את כדור הארץ כל פעם במישור אחר. כאשר הירח נמצא ממש בתוך הצל של כדור הארץ מתחולל ליקוי ירח מלא. אולם כאשר מישור הסיבוב של הירח הוא גבוה יותר, לא יתחולל ליקוי ירח כלל.**

שבלקוי ירח מלא קרני השמש אינן מגיעות ישירות אל הירח עצמו, הרי הוא בכל זאת מואר באור אדמדם חלש מאד אפילו באמצע זמן הליקוי המלא ממש (תמונה 6). הסיבה לכך היא שמגיעות אליו קרניים אדומות שעברו דרך האטמוספירה העליונה של כדור הארץ. קרניים אלו גם מתעקמות בגלל "השבירה" באטמוספירה ומאירות את הירח באור האדמדם הזה בזמן הליקוי המלא, כפי שרואים זאת בפועל. פרט לליקויי הירח המלאים שתיארנו קודם, כאשר הירח נכנס לתוך הצל המלא של כדור הארץ, הרי הירח נכנס מדי פעם במשך מחזור הסארוס גם לאיזורי הצל החלקי (תמונה ו'), במקרה כזה רואים ליקוי לבנה חלקי בלבד, ושוב הדבר קורה רק במחצית החודש כאשר הירח הוא במצב "ניגוד" וצריך היה להיות ירח מלא.

לעומת ליקוי הירח, הרי ליקוי חמה, דהיינו, כאשר השמש נסתרת במשך מספר דקות לעיני כל רואיה, הוא מאורע הרבה יותר מרשים. ליקוי ירח קורה במשך הלילה, אבל הסתרת הירח אינו כה מבהילה כי בכל מקרה עדיין שוררת אפילת הלילה. לעומתו, ליקוי חמה הוא "כיבוי" השמש, והיום הופך להיות דומה מאוד לשעת ערב מאוחרת אחרי השקיעה. ניתן אפילו לראות כוכבים

במשך הליקוי, ואף הציפורים וחיות השדה נראות מתכוננות ללינת הלילה. ליקוי חמה הרשים תמיד את האוכלוסיה, ובזמנים קדמונים שררה אז דאגה ובהלה רבה.



תמונה ו': מערכת הצללים שיוצר כדור הארץ. ישנו צל מלא וצל חלקי. כאשר הירח נכנס לצל המלא של כדור הארץ-יש ליקוי ירח מלא, בצל החלקי- ליקוי ירח חלקי.

### ליקוי חמה

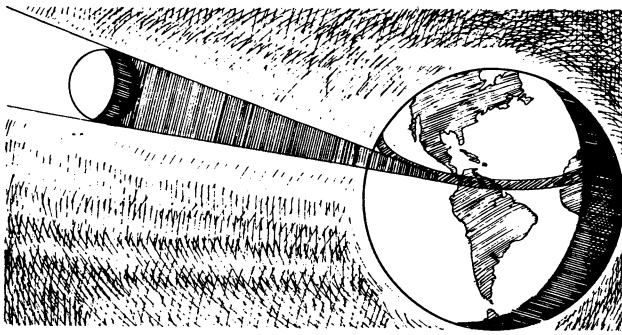
כאשר הירח בהקפתו סביב כדור הארץ נמצא בדיוק בין השמש לכדור הארץ, הוא מונע מקרני השמש להגיע אל הארץ. תמונה ז' מראה את שני המצבים של הירח, האחד במצב "ניגוד", דהיינו הארץ יכולה להסתיר את הירח ואז מתחולל ליקוי ירח, והשני במצב "קיבוץ" כאשר הירח מסתיר את קרני השמש מלהגיע אל כדור הארץ במשך היום, ואז מתחולל "ליקוי חמה". מצב זה הוא גם רגע המולד (האמיתי), כי רגע אחרי זה יזוז הירח בסיבובו, והחצי המואר יתחיל "להוולד" (באופן תיאורטי) ולהיראות לצופה על כדור הארץ, אבל עדי קידוש החודש לא יראו אותו בפועל לפי דברי חז"ל אלא אחרי כשש שעות לפחות ("שית שעו מכסי סיהרא מחדתא" (ר"ה כ). כיום "השיא העולמי" לראית הירח אחרי המולד הוא כארבע עשרה שעות, ובראייה בעזרת טלסקופ כשתים עשרה שעות (ראה תמונה 20). יש לצפות ש"השיאים צבעוניות, לוח 8

העולמיים" האלה ישברו בעתיד. אבל תמונה זו מראה גם הבדל עקרוני חשוב בין ליקוי חמה לבין ליקוי ירח. כפי שרואים, הצל שעושה כדור הארץ בחלל שמאחוריו הוא הרבה יותר גדול וגם ארוך יותר כך שכאשר הירח נכנס לאיזור הצל הרי שכל הצופים הנמצאים בצד החשוך של כדור הארץ ("לילה") יראו אותו כמעט ללא יוצא מן הכלל. לעומתו, הצל שיוצר הירח בחלל שמאחוריו הוא הרבה יותר קצר, ובקושי מגיע קצהו של צל זה אל פני כדור הארץ. כך יוצא כי רק איזור קטן מאוד על פני כדור הארץ רואה ממש ליקוי חמה.

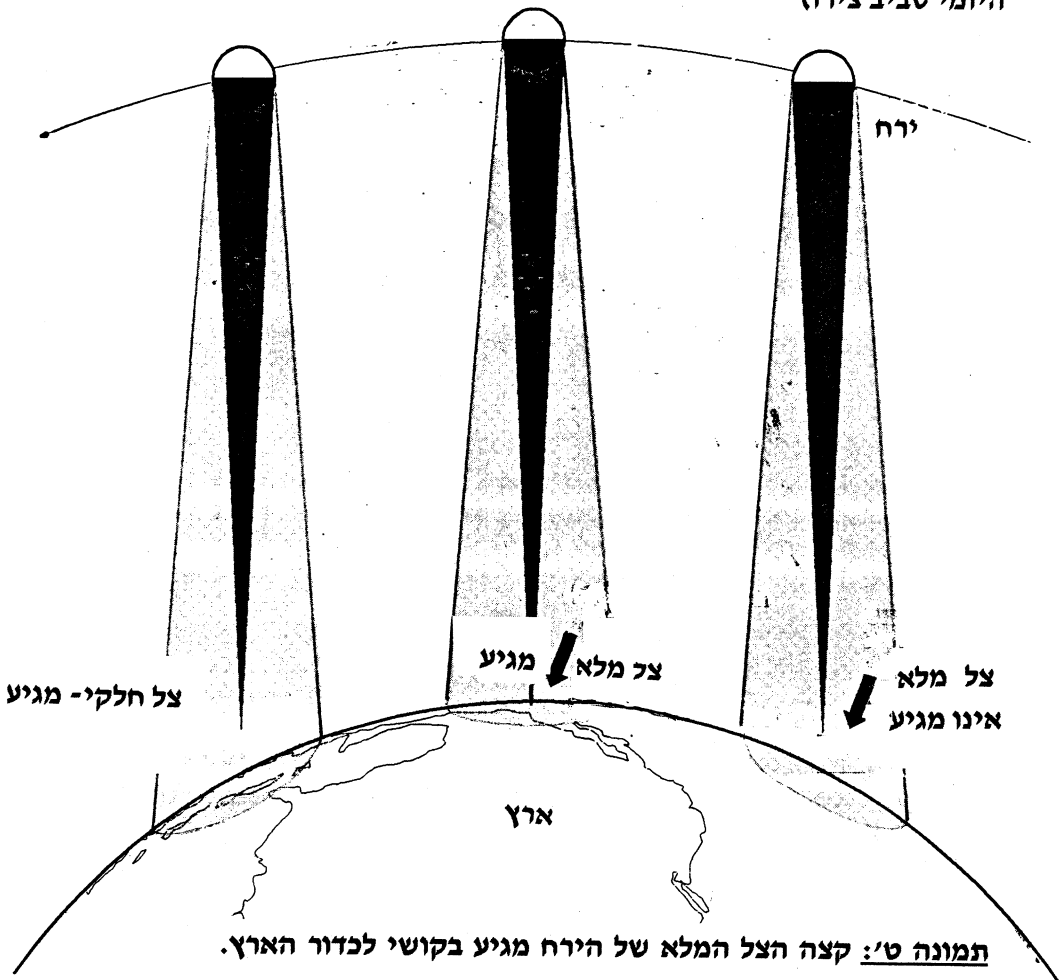


**תמונה ז': הצל שמטיל כדור הארץ מאחוריו הוא הרבה יותר גדול מהצל שמטיל הירח מאחוריו. לכן הצל של הירח בקושי מגיע לארץ.**

וכאשר כדור הארץ מסתובב סביב צירו (במשך היום) אז פס קצר מאד של איזורים על פני כדור הארץ נעלם מהם אור השמש למספר דקות (תמונה ח'). תמונה ט' מדגימה עוד יותר את קוצר זנב הצל שיוצר הירח, וכיצד הוא מגיע בקושי לאיזור כל שהוא על פני כדור הארץ. בתמונה זו גם מודגמים איזורי הצל החלקי של הירח, שכאשר נכנס כדור הארץ לאיזור הצל החלקי אז רואים רק ליקוי חמה חלקי, דהיינו רק חלק מהשמש נעלמת מן העין.



תמונה ח': הצל של הירח נופל על פס דק על כדור הארץ (תוך כדי סיבובו היומי סביב צירו)



## פרק רביעי

## המחברת הגדולה

"ויאמר אלקים יהי מארת ברקיע השמים להבדיל בין היום ובין הלילה והיו לאתת ולמועדים ושנים. והיו למאורת ברקיע השמים להאיר על הארץ ויהי כן. ויעש אלקים את שני המארת הגדולים את המאור הגדול לממשלת היום ואת המאור הקטן לממשלת הלילה ואת הכוכבים".

הנה מפשט הדברים נראה מן הפסוק הראשון ששני המאורות נקראו "גדולים" משמע שנבראו שווים בגודלם (ראה חולין ס'). יתר על כן, בפסוק שאחריו נאמר שהם נבראו להאיר על הארץ, ועדין לא נזכרו הכוכבים כלל. בפסוק השלישי כבר מתברר שאחד מהם נעשה "קטן" השני נשאר "גדול", וזהו הבסיס למדרש הידוע שהלבנה קטרגה בינתיים והלכה ומיעטה עצמה, לאחר שבתחילה נבראה שווה בגודלה לחמה. והנה בכדי לפייסה ברא הקב"ה את הכוכבים, שהרי באותו פסוק שצוינה הלבנה כמאור "הקטן", באותו פסוק גם נזכרו הכוכבים לראשונה. משמע לצורכה בלבד נבראו. ועל זה נכתב (בחומש רב פנינים, עניני מעשה בראשית א' ט"ז): "יש להבין בפשט הכתוב שלא זכר מעניין הכוכבים מאומה מסדר המאמר, כי אם בגמר העשיה, כמו שכתוב "ויעש אלקים את המאור הגדול לממשלת היום ואת המאור הקטן לממשלת הלילה ואת הכוכבים". לאחר שזכר את המאור הקטן לממשלת הלילה נמצאו פתאום הכוכבים, כמו שכתוב "ואת הכוכבים". כאלו מטעם הכתוב להגיד שכל הכוכבים נטפלים הם אגב המאור הקטן לממשלת הלילה. והמדרש נשא משל על זה מן ההנהגה המדינית (בראשית רבא, פרשה ו', ד') "אמר רב אחא משל למלך שהיו לו שני אפוטרופסים, אחד שולט בעיר ואחד שולט במדינה. אמר המלך הואיל וזה מיעט עצמו להיות שולט בעיר, גוזר אני עליו בשעה שהוא יוצא יהיו כל האוכלוסין יוצאים עמו, ובשעה שיהא נכנס תהא בולי ודימוס (פירש הערוך מיני חילות) נכנסים עמו, ובהמשך המדרש נאמר שם: אמר רבי אחא למה נקרא שמו יקטן? שהיה מקטין עסקיו. ומה זכה? זכה להעמיד שלוש עשרה משפחות גדולות. ומה אם יקטן על ידי שהיה מקטין את עסקיו, כך גדול שהוא מקטין את עסקיו על אחת כמה וכמה".



דוגמת זה בשני המאורות: השמש הוא השליט הכללי בהויה הטבעית (כמו שכתב הכוזרי מאמר ב' סימן נ"ג) הוא המאור הגדול לממשלת היום לבדו, אין מקום להארת הכוכבים שיהיו נלווים עמו, כי כלם נכללים ובטלים בהגעת אורם אצל אורו, אבל בירח בבחינת חוק המתפעל מתלויים בשליטתו כל הכוכבים המאירים העוזרים בשליטת הירח על יד כל הדברים המתפעלים כמו שכתוב בזוהר הקדוש נהורא דנגיד ונפיק כל אינון שמיא דלתתא וחיליהון ומגדלין צמחים ואילנין, ועלמא אתרבי בכלהו ואפילו מיא וזוזי ימא כלהו ברבו יתיר. ועל זה אמרו אמר הקב"ה הואיל והלבנה הזו נתמעטה ממני להיות שולטת בלילה, גוזר אני עליה בשעה שהיא יוצאת שיהיו הכוכבים יוצאים עמה, כאילו בעבור מידת ענוה זכתה לכבוד. וכן נקבע חוק המתפעל, הוא היותר מוכן לקבל שפע כבוד וגדולה. על כן בתחילה קודם קטרוג הלבנה שהיה השמש והירח שולטין בשוה לא היה מן הצורך לכוכבים, ואחרי שנתמעטה הלבנה נתן לה הקב"ה גם כן הכוכבים כנ"ל. עכ"ד.

ממבט ראשון נראה כי בריאת הכוכבים לצורך הלבנה אינו חייב להרשים אותנו במיוחד, שהרי הכוכבים הם "בסך הכל" נקודות זעירות המאירות בשמיים, ואם כי נקודות אור אלו הן רבות מאד, הרי אור הירח בלילה חזק מכלם יחד. אבל, האמת היא שהתגליות של האסטרונומיה המודרנית על גודל מספר ומהות הכוכבים האלה, מעמידות את המדרש שהבאנו לעיל באור חזק הרבה יותר: מתברר שהכוכבים הנראים לנו אך כנקודות זעירות ונוצצות בשמי הלילה, הן בעצם "שמשות" כמו השמש שלנו, ויש ביניהם אפילו גדולים ממנה אף עשרת מונים, אלא שמפאת מרחקם הרב מאתנו הם נראים לנו רק כנקודות אור זעירות. יתר על כן, האסטרונומיה המודרנית גילתה בעזרת הטלסקופים הגדולים כי מספר הכוכבים הוא אכן עצום ורב לאין ספור, הרבה יותר ממה שנראה לעין. (בעין רגילה רואים מאות ולכל היותר כמה אלפי כוכבים, בשעה שבטלסקופים הגדולים רואים מיליארדי כוכבים).

לכן, אמור מעתה כי משמעות המדרש הוא שהקב"ה ברא את כל היקום העצום הזה שיש בו כוכבים לאין מספר וכל אחד מהם בגודל שונה ופי כמה מן השמש והירח עצמם, וכל קבוצות הכוכבים המכונות בשם צבירים או גלכסיות שיש בהם מאות אלפי ומיליארדי כוכבים בכל אחד, הרי כל זאת ברא הקב"ה רק בכדי לפייס את הלבנה על ענוונותה שהלכה ומיעטה עצמה.

### הסדר בעולם הכוכבים

והנה הקב"ה לא ברא את עולם הכוכבים שמסביבנו בפיזור אקראי, דהיינו הוא לא פיזר אותם בחלל הריק בכל כוון ובכל מקום במידה שווה. אלא הוא סידר אותם גם מערכות מערכות, מהם בקבוצות קטנות ואחרים בקבוצות גדולות. כבר הקדמונים ידעו שאכן "יש סדר" בשמים, והם סידרו את כל הכוכבים כלם על גבי שמונה "גלגלים" בלבד שהם בעצם צורות של כדורים כדורים, אחד בתוך השני כגלדי בצלים, והכוכבים נמצאים על גביהם. ראה תמונה 9 בפרק ראשון. בהתאם להשקפת הקדמונים (ראה למשל הרמב"ם, הלכות יסודי התורה, פרק שלישי) כל הכוכבים מסודרים בשתי קבוצות גלגלים עיקריות: מצד אחד קבוצה של שבעה גלגלים שעל גביהם שבעה כוכבים הנקראים בשם "כוכבי לכת" והם מקיפים את כדור הארץ לפי סדר זה: ירח, כוכב, נוגה, חמה, מאדים, צדק ושבתאי, כשכל אחד מהם יושב לבדו על פני "גלגל" אחד, וכל שבעת הגלגלים האלה מקיפים את כדור הארץ שהוא במרכז כל היקום כלו. מסביב מקיף גלגל שמיני את כל שבעת הגלגלים ועל גביו שמו הקדמונים את כל שאר הכוכבים כלם שאנו רואים בשמי הלילה. הגלגל הזה נקרא גם בשם "גלגל המזלות", ובגלגל זה מפוזרים כל הכוכבים כלם שאנו רואים בכל הכוונים (וזאת בניגוד לכוכבי הלכת שכל אחד מהם "יושב" על גלגל אחד לבדו), כך יוצא כי שבעת כוכבי הלכת מקיפים את כדור הארץ בשבעה "גלגלים" שלהם, והגלגל השמיני מכיל את כל שאר הכוכבים שביקום מסביב. כל אחד משבעת כוכבי הלכת מקיף את כדור הארץ במרחק אחר ונע בקצב שונה.

ואכן, בבראשית רבא (פרשה י', ד') נאמר: יש מזל (גם כוכבי הלכת נקראו בשם מזלות, פרט לשנים עשר המזלות הידועים) שגומר הילוכו לשלושים יום והיא לבנה, ויש מזל שגומר הילוכו לשנים עשרה שנה והוא צדק, ויש מזל שהוא גומר הילוכו לשלושים שנה והוא שבתאי, חוץ מן כוכב נוגה ומאדים שאין גומרין הילוכן אלא לד' מאות ושמונים שנה. לעומת תנועתם של כוכבי הלכת, הרי כל הכוכבים שבגלגל השמיני אין להם כל תנועה משלהם בתוך הגלגל השמיני, אבל מעבר לגלגל השמיני שהכיל את כל הכוכבים עמד גלגל אחרון והוא הגלגל התשיעי שכל שמונת הגלגלים קשורים אליו והוא "מכריח" את כולם להסתובב ממזרח למערב פעם בכל יום. כך יוצא למשל שהשמש מקיפה את הארץ 365 יום בגלגל שלה (הרביעי), אבל פרט לתנועתה זו הגלגל התשיעי

שולט גם בה ומכריח אותה גם להסתובב יחד אתו פעם אחת ביום ממזרח למערב, וכך השמש זורחת ושוקעת אחת ל - 24 שעות בגלל שכאמור הגלגל השייך אליה סר גם לפקודתו של גלגל התשיעי הזה שמכריח את הגלגל הרביעי שלה לבצע את הסיבוב היומי של השמש בכל יום מעל לראשנו (ראה "צבא השמים" חלק א' עמ' 131).

המרחקים בין הגלגלים האלה הוערך באופנים שונים על ידי הקדמונים, מתוך מדידות אסטרונומיות שונות שלא נפרטן כאן (ראה פרק חמישי על גודל היקום). כך הם העריכו מהו המרחק אל הירח, אל השמש וכו', ומרחקים אלה הם למעשה המרחקים הגשמיים בינינו לבין גלגל הירח או גלגל חמה. היו גם הערכות שונות גם לגבי המרחק אל הגלגל השמיני, בכל אופן, מערכת המרחקים הזאת שבין הגלגלים היתה תלויה במפורש במדידות אסטרונומיות. ואלה השתנו מדור לדור בהתאם לשיטות והאמצעים שהיו בידיהם, ולכן מרחקים אלה אינם מקודשים ח"ו, וגם הרמב"ם עצמו מביא את המרחקים האלה, כגון מרחקי השמש והירח (או קוטרם) בהתאם למה שידעו וחישבו חכמי הגויים, ובודאי שאלה אינם קודש. כיום המרחקים אל כוכבי הלכת הם שונים מאד וגם תמונת העולם של הקדמונים, דהיינו, שהארץ היא במרכז הגשמי השתנתה בהתאם לממצאים האסטרונומיים, וגם בעניין זה אין שום קדושה אם להניח אותה במרכז הגשמי כשיטת הקדמונים או להניחה בגלגל השלישי מסביב לשמש שהיא מרכז מערכת השמש כיום (ראה "צבא השמים" חלק א' עמ' 181-200).

הנקודה העיקרית כאן היא שהויכוח אם כדור הארץ או השמש היא במרכז העולם הוא ויכוח מובהק שהיה נטוש אלפי שנים בין חכמי הגויים שנשאו ונתנו על הצד הגשמי בלבד של המציאות, וזו השתנתה לדבריהם בהתאם למדידות שהיו בכל דור ודור. אבל ויכוח זה (עם כל העניין הרב שבו) הרי לא שמעו עליו מעולם בין חכמינו כעיקר באמונתנו. וגם משה רבנו לא הזכיר עניין זה וגם עניינים גשמיים "חשובים" לא פחות כגון חשמל, או המבנה האטומי והגרעיני של האטום, כי כל העניינים הגשמיים "החשובים" האלה אינם נוגעים כלל לעיקרי אמונתנו, שהיא בעיקרה עוסקת בעולמות הרוחניים האמיתיים, וכיצד הם "מזיזים" באמת את העולמות הגשמיים על ידי מעשה המצוות שלנו, ותהא המציאות הגשמית שמסביבנו אשר תהא, אם יש בה מכשירים חשמליים

או לא, מטוסים או לא, פיזיקה גרעינית או לא, כי כל אלה הם עניינים גשמיים הטפלים למהות הכרתו והיותו הרוחנית של היהודי, כי הקשר להקב"ה והעולמות העליונים האמיתיים הם שמזיזים את העולם והם אינם תלויים כלל בתמונת העולם הגשמי הטכנית המתחלפת בכל פעם בתגליות גשמיות שבכל דור ודור. ולכן, בודאי שמשה רבינו וחז"ל לא ראו צורך לפרט, אלא הם בקדושתם נגעו שור בקרניו בלבד ואת חקר הגשמיות לכל פניה השאירו בכל דור בידי הגויים, שהם מטבעם ראויים לזה יותר. אבל חלילה לערבב ואפילו לנסות להשתמש בממצאים גשמיים מסוג כל שהוא בכדי "לנגח" את תורתנו הקדושה, ומי שעושה זאת הוא תלמיד שטעה בהבנת דברי חז"ל, או עם הארץ, או סתם מסית ומדיח (ראה לקמן). ואפילו אם נמצא פה ושם מדברי חז"ל שהם מתארים בדבריהם עניינים גשמיים שונים כגון מבנה הגלגלים בשמים או עניינים דומים גשמיים אחרים, הרי אין אלה דברים שבמהות אלא רק עניינים שהיו אז "באופנה" בכל העולם בהבנה היום יומית הרגילה המתאימה לכל דור, ולא היה בדברים אלה שום עיקר באמונתנו הרוחנית ח"ו.

הנה בכל מה שהבאנו לעיל, ציינו כי הכוכבים נמצאים על "גלגלים", דהיינו, כדורים המונחים זה בתוך זה. ולכן היה ניתן לדבר על המרחק בין הגלגלים שכל אחד מהם נשא כוכב לכת אחד. אבל נציין כאן במפורש שהמערכת הגשמית הזאת של הגלגלים שתיארו הקדמונים אינה בשום פנים ואופן זהה למערכת הרקיעים שתיארו חז"ל במקום אחר (ראה למשל בחגיגה י"ב). למשל בגלגל השביעי כאמור לעיל עומד כוכב הלכת שבתאי, אבל ברקיע השביעי נמצא "ערבות" שבו צדק משפט וצדקה, גנזי חיים וגנזי שלום וגנזי ברכה, ונשמתן של צדיקים, ורוחות ונשמות שעתיד להבראות וטל שעתיד להחיות בו מתים וכו' שנאמר: "סולו לרוכב בערבות ב'ה שמו". ואלה כלם עניינים רוחניים השייכים לרקיע השביעי אבל בשום מקום לא אמרו חז"ל שברקיע השביעי יושב שבתאי, אלא נאמר שהוא יושב בגלגל השביעי ולא ברקיע השביעי. דהיינו מערכת הגלגלים היא שונה לחלוטין ממערכת הרקיעים, והאמת היא שכל מערכת הגלגלים כולה נמצאת בצד הגשמי של הרקיע השני דוקא. (ראה פרק חמישי על גודל היקום).

כך ברור כי מערכת הרקיעים היא רוחנית ולא גשמית, ומערכת הגלגלים היא מערכת גשמית (של הקדמונים) ולא רוחנית. ובגמרא פסחים צ"ד מוזכר

שהמרחק בין רקיע לרקיע הוא חמש מאות שנה וגם עוביו של כל רקיע חמש מאות שנה. ולצערנו, הרבה טעו וחשבו שחמש מאות שנה אלה הם מרחקים גשמיים של הולך רגל בינוני, וטעותם היא שהם חשבו שהגלגלים האלה הם הרקיעים, ולא היא! חז"ל דיברו על מרחק בין הרקיעים דוקא ולא על מרחק בין הגלגלים, וברור שמרחק בין רקיעים שהם מהות רוחנית, אינו נמדד באופן גשמי, וחמש מאות שנה אלה אמנם באים מלשון "שנה", דהיינו, לשנות, לחזור (מלשון שני) אבל כל שנה כזאת אינה 365 יום גשמיים אלא "שנה" אחרת רוחנית לגמרי.

לצערנו קמו לאחרונה כמה אנשי בליעל שבלבלו את כל המושגים, והם מביאים את המדידות האסטרונומיות כיום כדי לנגח את חמש מאות השנים של דברי חז"ל (שנאמרו על הרקיעים ולא על הגלגלים) והם גרמו למבוכה רבה בקצה המחנה. לא רק בעניין זה הם טעו ומטעים, אלא בכל דבר שהביאו ניכר הבלבול שלהם בחוסר והבנת הנושא המדעי עצמי וכן בחוסר הבנת דברי חז"ל.

ועל עניין זה של בלבול מושגי הגלגלים לעומת הרקיעים צעק המהר"ל בספרו "באר הגולה" עמ' קי"א "אבל עניין גלגל ועניין רקיע כל אחד בפני עצמו, כי הרקיע שהוא על התחתונים (מבחינה רוחנית הוא מרוקע ושורה עליהם כמו מכסה). ודבר זה נקרא רקיע בדברי חכמים, והוא רקיע שנאמר בתורה, 'כי לא בא שם רקיע על הגלגל כלל'. עכ"ל. ואחרי כן מסביר המהר"ל בדרך זו את כל עניין "המרחקים" בין הרקיעים, שכל העניינים האלה לא דובר עליהם כלל בעניין הגלגלים, אף על פי שבעולמנו התחתון יש להם השלכה אפילו לגבי הזריחה והשקיעה וזמן בין השמשות, אבל צריך לדעת שאין לחבר את המושגים הרוחניים עם מדידות מדעיות שאין להם שום שייכות. אמנם מאמרנו זה אינו עוסק בדיוק בענייני המרחקים בין כוכבי הלכת, אבל ראינו צורך להבהיר עניין זה מפאת חשיבותו, ואכן עניין מאמר זה הוא לא במרחקים של כוכבי הלכת מאתנו, אלא דווקא במהירות תנועתם של כל אחד בגלגלו, כפי שנתאר לקמן.

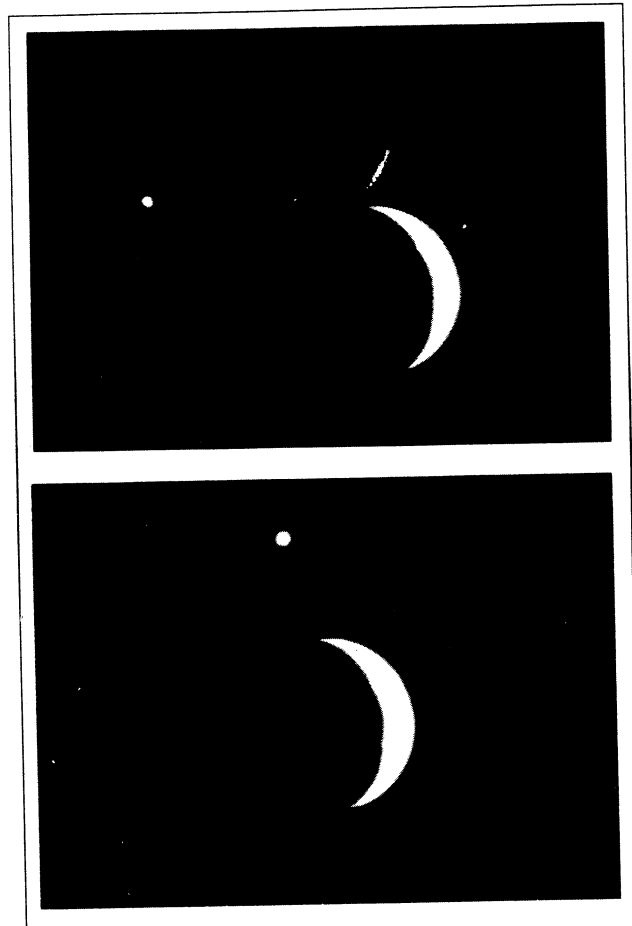
### התקבצות כוכבי הלכת

הסיבה לכך שהקדמונים הפרידו בין שבעת הגלגלים הראשונים מצד אחד לבין הגלגל השמיני, מצד שני, דהיינו, שהניחו על כל אחד משבעת הגלגלים הראשונים את אחד מן הכוכבים שבתאי, צדק, מאדים, חמה, נוגה, כוכב ולבנה



(ובראשי תיבות שצ"מ חנכ"ל) לבין כל שאר הכוכבים בשמי הלילה, הוא ששבעת הכוכבים האלה ניכר בהם שהם זזים בכל לילה על פני רקע הכוכבים. למשל, תמונה 1 מראה שני צילומים של הירח ביחס לכוכב שנלקחו בהפרש של שעה אחת בלבד. ניכר כי הירח אכן זז ביחס לכוכב.

כך כל שבעת הכוכבים האלה ניכרת לעין תנועתם ביחס לרקע הכוכבים, דהיינו הם משנים בצורה ברורה את מקומם ביחס לרקע הכוכבים שמאחוריהם. זוהי הסיבה שהם נקראים בשם "כוכבי לכת" (ראה "צבא השמים" חלק א' עמ' 214).



תמונה 1: שני צילומים של הירח שנלקחו בהפרש של שעה אחת בלבד. רואים כי הוא זז ביחס לכוכב שבתמונה למעלה (הכוכב הוא כוכב הלכת נגה).

לעומתם, כל שאר הכוכבים שאנו רואים בשמי הלילה כמעט ואינם זזים ביחס לרקע של שאר הכוכבים, ולכן הם נקראים "כוכבי שבת". זוהי הסיבה שהקדמונים "שמו" את כל כוכבי השבת בגלגל אחד שהוא הגלגל השמיני כאמור לעיל. יתר על כן, הקדמונים כבר ידעו ששבעת הכוכבים שצ"מ חנכ"ל לא רק סתם זזים ביחס לרקיע הכוכבים של שמי הלילה, אלא שהם גם נעים מרקע כוכבים אחד למשנהו. ולאחר זמן מה הם חוזרים שוב לאותו רקע, מה שמלמד שהם נעים דווקא מסביבנו. למשל הירח חוזר לאותו רקע כוכבים סביבנו לאחר כשלושים יום, השמש חוזרת לאותו רקע כוכבים אחת ל- 365 יום וכו', כדברי המדרש לעיל. לאחר שנבנו הטלסקופים הראשונים התברר כי ישנם עוד כוכבים הנעים סביבנו במהירות ניכרת. הגדולים שבהם הם אוראנוס, נפטון ופלוטו. אבל ישנם עוד מיליארדי גרמי שמים במערכת השמש שלכולם "הזכות" להקרא גם בשם "כוכבי לכת", כי גם הם זזים במחזוריות שלהם על פני רקע הכוכבים הרחוקים. אבל כל אלה הם בלתי נראים לעין, ורק אלה השבעה שצ"מ חנכ"ל רק אלה רואים בעין רגילה עד היום.

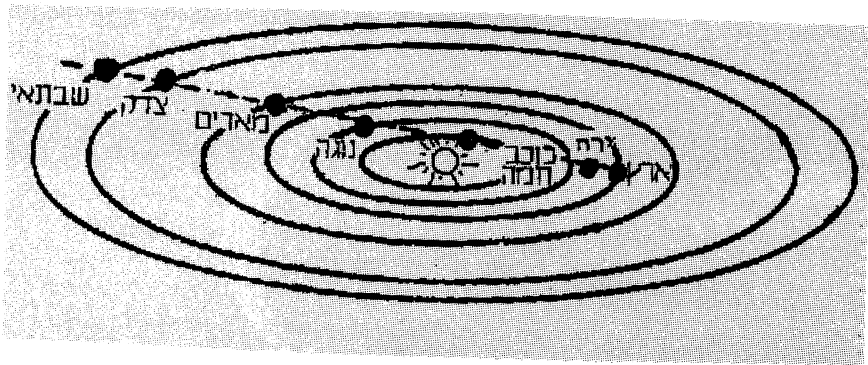
אם כי רק את שבעת הכוכבים האלה שצ"מ חנכ"ל כינו הקדמונים בשם "כוכבי לכת" הרי האסטרונומיה המודרנית עשתה שלושה שנויים גדולים שבאו ליישב ביתר דיוק את התצפיות בין לבין עצמן:

- א. הם נאלצו "להוציא" את השמש ממסלולה הרביעי סביב כדור הארץ "ולהניחה" דוקא במרכז.
- ב. הם "הזיזו" את כדור הארץ ממרכז המערכת "והניחו" אותו במסלול השלישי מסביב לשמש.
- ג. הם "ביטלו" את הירח ככוכב לכת בפני עצמו ועשו אותו "כוכב לוויין" של כדור הארץ. אמנם היה זה קופרניקוס שהציע מודל זה לפני כחמש מאות שנה, אבל היו לפניו שהציעו את אותו מודל, כגון היווני אריסטרכוס מסאמוס כאלף ושבע מאות שנה לפני קופרניקוס. אבל מאז קופרניקוס הלכו והצטברו תצפיות שהעידו שאכן המודל של השמש במרכז "פועל" טוב יותר, דהיינו, הוא מיישב את כל התצפיות זו עם זו ללא סתירות, מה שלא היה כן במודל הישן שבו כדור הארץ נמצא במרכז. (ראה בעניין זה גם דעתו של הרמב"ם על מהותם של מודלים כאלה בכלל כפי שהבאנו במאמרנו על "גודל היקום").

שני המודלים, דהיינו הן זה של כדור הארץ במרכז והן של השמש במרכז, אינם משנים כמובן את העובדות הבסיסיות עצמן שהזכרנו קודם. כאמור ישנם רק שבעה כוכבי לכת והם שצ"מ חנכ"ל שאפשר לראות בבירור בעין רגילה שהם נעים לילה לילה ביחס לרקע הכוכבים שמאחוריהם, וכל אחד בקצב שלו כמובן. תנועת הירח היא המהירה ביותר ולכן ניתן לראותה בקלות, כאשר הוא משנה בהדרגתיות את מקומו בין הכוכבים אפילו מדי שעה. לעומתו, כוכב שבתאי הוא האיטי ביותר מבין כלם, ולוקח לו כ-29 שנה לחזור שוב לאותו רקע כוכבים. בכל אופן, העובדה הבסיסית הזאת שבה כל שבעת הכוכבים האלה נעים סביבנו כל אחד בקצב משלו, מביאה בעקבותיה גם לתופעות תצפיתיות מיוחדות במינן בשמי הלילה.

לא פעם רואים ששני כוכבים (או יותר) מבין השבעה מתקרבים זה אל זה מאד ואחר כך הם מתרחקים זה מזה. במקרה כזה כוכב לכת אחד מבין השבעה משיג את רעהו ועובר על פניו. אנחנו על פני כדור הארץ אין לנו אפשרות להבחין בעין רגילה מהם המרחקים של כל אחד מן הכוכבים האלה, כי מפאת מרחקם הרב מאתנו יש לנו אשליה אופטית שכלם נמצאים כאילו על יריעה אחת גדולה הפרושה מאופק לאופק, וכל הכוכבים כלם "זרועים" על פני יריעה זו. (זה מה שנאמר: "נוטה שמים כיריעה"). אבל האמת היא ששבעת הכוכבים האלה כל אחד נמצא בעומק שונה מאתנו. וכאשר אנו רואים שכוכב אחד מתקרב לכוכב שני מבין השבעה, הרי בעצם הוא חולף על פניו במרחק גדול מאד ממנו בעומק המרחב, כשכל אחד נמצא במסלולו הוא. אבל לנו נראה כאילו הם נדבקים או מתקרבים מאד זה לזה, כיון שהם נמצאים באותו כוון ראייה.

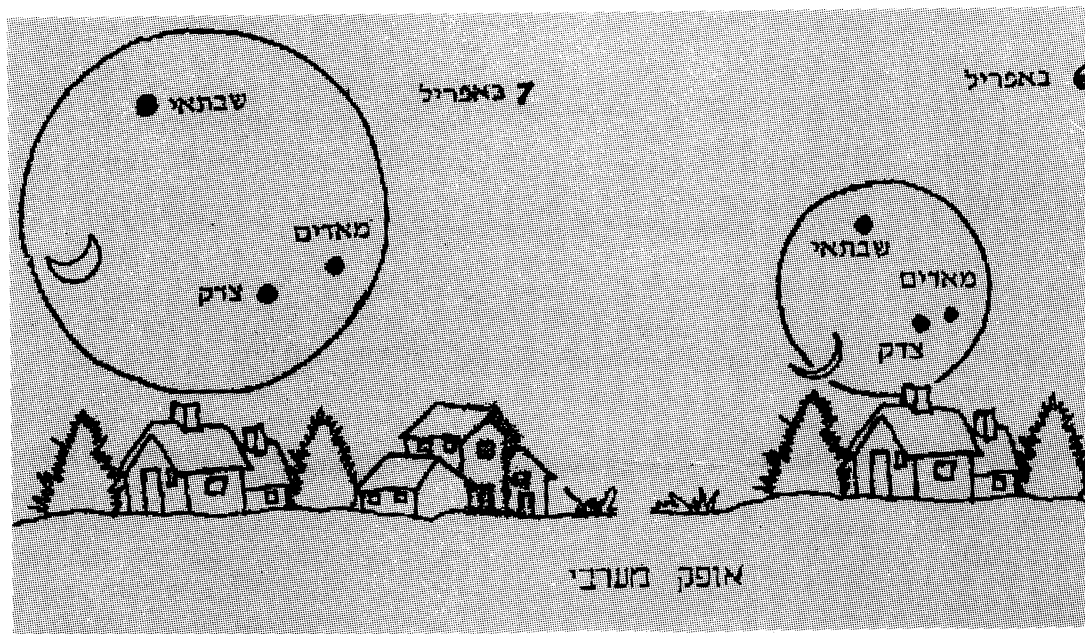
מכל ההתקבצויות האלה של כוכבי שצ"מ חנכ"ל, כמובן המעניין ביותר היא כאשר כל השבעה ללא יוצא מן הכלל מתקרבים מאד זה לזה, ופירושו הוא שבעומק המרחב הם מתיישרים בכוון אחד בשורה אחת כל אחד בתוך הגלגל שלו כמו שורת חיילים (תמונה 2). כעקרון זו אינה יותר מאשר תופעה תצפיתית מעניינת מיני רבות בשמים. אבל יש כאלה המעוניינים לדחוק את התופעה הזאת הרבה מעבר לכך, והם מנצלים את סקרנות הציבור בכדי ליצור פאניקה ולנצל זאת לצרכים מסחריים.



תמונה 2: אמנם כל כוכב לכת מסתובב בגלגל שלו ובקצב שלו, אבל יתכן שבזמן מסוים כל שבעת הכוכבים שצ"מ חנכ"ל יסתדרו בשורה אחת. זהו מה שמכנים בשם "ההתקבצות" או "המחברת" (מלשון חיבור) הגדולה.

ובכן מהו עניין ההתקבצות הזאת בכלל, וכיצד אפשר לנצל אותה לצרכים מסחריים?

כבר בתחילה יש לציין שהסיכוי שכל שבעת הכוכבים שצ"מ חנכ"ל אכן יעמדו בכוון אחד כמו שורת חיילים בעומק החלל ושפילו יסתירו זה את זה, הרי סיכוי זה הוא כמעט אפס מוחלט. שאלה אחרת מציאותית הרבה יותר היא אם יש סיכוי שכל שבעת הכוכבים שצ"מ חנכ"ל תוך כדי תנועתם יתקרבו זה לזה ויהיו בכוון אחד וימצאו בתוך עגול שקוטרו (נאמר) 10 מעלות או אולי 3 מעלות קשת בשמים (תמונה 3). כמובן שככל שנקטין את העגול יותר ויותר אז הסיכוי שבמציאות הם יתקרבו עד כדי כך הוא קטן יותר ויותר. ואכן, לפני כארבעים שנה, החלו מספר אסטרונומים לחשב תאריכים מיוחדים כאלה שהיו בעבר או שיהיו בעתיד אשר בהם כל שבעת הכוכבים נמצאים קרובים מאד זה לזה, כך שבעין רגילה ניתן לראות את כל השבעה בפינה אחת בשמים. אולי נעיר כבר עכשיו כי מפאת זוהרה של השמש אי אפשר לראות במשך היום התקבצויות כאלה אלא לאחר שקיעת השמש, שאז ניתן לראות את כל שאר השישה קרובים לאופק המערבי מקובצים יחדיו קרוב למקום שקיעת השמש. יתר על כן, ההתקבצות בהכרח תהיה בתחילת החודש העברי שאז הירח החדש נמצא בדיוק מעל לאופק המערבי קרוב לשמש השוקעת.



תמונה 3: בתאריך 7 באפריל שנת 2000 למנינם עמדו שבתאי, צדק, מאדים והירח בתוך עגול שקוטרו 14 מעלות קשת, בשעה שיום אחד לפני כן עמדו ארבעתם בעגול שקוטרו בארבע מעלות קשת בלבד (השמש היתה אחרי השקיעה מתחת לאופק).

הקדמונים התענינו בהתקבצות כזו של כל שבעת הכוכבים, אבל מפאת אי הדיוקים לא יכלו לחשב זאת לאורך תקופות ארוכות. כיום ניתן לחשב בדיוק יחסי רב את התאריכים של התקבצויות מיוחדות כאלה. הקדמונים קראו לתופעת ההתקבצות הזאת של כל שבעת הכוכבים שצ"מ חנכ"ל בשם "המחברת הגדולה" (מלשון חיבור הכוכבים זה לזה). לעומתה, במידה והיו שניים או שלושה כוכבים בלבד קרובים זה לזה קראו לזה בשם "המחברת הקטנה" (שו"ת חתם סופר, קובץ תשובות, סי' כ"ו, ז). טבלה 1 מראה את חישובי התאריכים של 30 ההתקבצויות של כל שבעת הכוכבים באזור אחד קטן בשמים שהתחוללו או שיחולו במשך ששת אלפים שנה, שאפשר היה לראותם בעין רגילה, כאשר כל הששה מספיק רחוקים מן השמש על מנת שאפשר לראותם.



טבלה 1

תאריכי התקבצויות של שבעת הכוכבים שצ"מ חנכ"ל הקרובות ביותר שחלו במשך ששת אלפי שנים. (סימן מינוס לפני השנה פירושו לפני הספירה למנינם).

| שנה   | חודש | יום | קוטר<br>העגול |
|-------|------|-----|---------------|
| -3917 | 6    | 12  | 9.1           |
| -3720 | 1    | 27  | 10.9          |
| -3242 | 4    | 19  | 10.7          |
| -3063 | 5    | 22  | 8.9           |
| -2726 | 10   | 23  | 7.8           |
| -2249 | 1    | 2   | 10.6          |
| -2209 | 5    | 4   | 10.2          |
| -1952 | 2    | 25  | 3.0           |
| -1436 | 9    | 8   | 9.5           |
| -1197 | 11   | 6   | 9.9           |
| -1058 | 5    | 27  | 5.1           |
| -958  | 11   | 19  | 9.3           |
| -582  | 8    | 21  | 12.1          |
| -184  | 3    | 24  | 6.1           |
| -144  | 7    | 27  | 7.8           |
| -46   | 11   | 28  | 8.6           |
| 133   | 12   | 1   | 11.6          |
| 332   | 10   | 4   | 7.2           |
| 710   | 6    | 25  | 5.3           |
| 1166  | 9    | 17  | 8.8           |
| 1524  | 2    | 18  | 9.0           |
| 1624  | 8    | 31  | 10.4          |
| 2040  | 9    | 8   | 7.7           |

העמודה הראשונה בטבלה היא השנה אשר בה חלה ההתקבצות (לפי מנינם). העמודה השנייה היא החודש, והשלישית היא היום באותו חודש. העמודה הרביעית היא גודל העגול במעלות קשת שבו נמצאו כל שבעת הכוכבים שצ"מ חנכ"ל. ניכר מיד בכל הטבלה כי בשנת 1952 לפני הספירה היתה ההתקבצות הצפופה ביותר שהיתה (ותהיה) אי פעם בהיסטוריה, כאשר כל שבעת הכוכבים נמצאו בעיגול קטן שקוטרו שלש מעלות קשת בלבד!

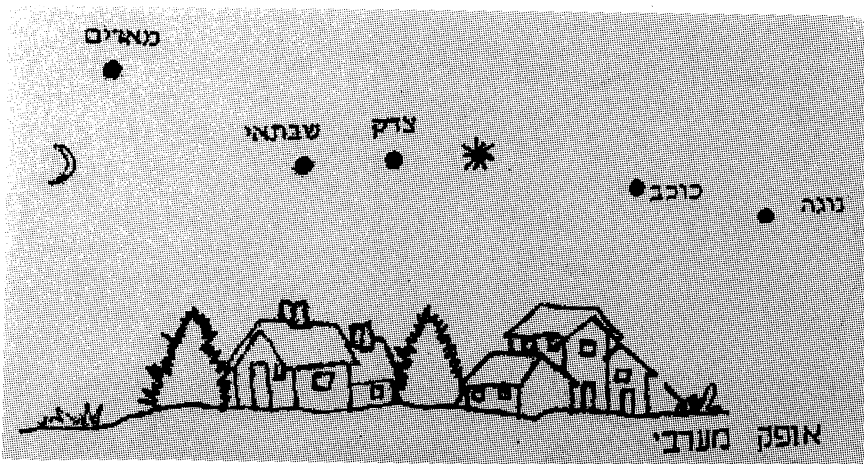
כאמור, ניתן היה לראות התקבצות זו רק מיד לאחר שקיעת השמש כי אור היום אינו מאפשר לראות את כל שאר ששת הכוכבים. כך אמנם השמש היתה בתוך העגול, אבל היה צורך לחכות דוקא עד להיעלמותה מתחת לאופק במערב על מנת שאפשר לראות את הירח (אם בכלל, שהרי לפי הגמרא בר"ה כ': הירח נראה לעדים רק אם הוא רחוק לפחות שלוש מעלות קשת מהשמש) ושאר חמשת הכוכבים שבקבוצה. בהתאם למה שידוע לנו בהיסטוריה הרי תאריך זה חל בזמן שלטונו של נמרוד, וכמאה ושלושים שנה אחרי המבול, ואולי כשש עשרה שנה לפני התקבצות מיוחדת זו (ראה "דבר בעתו" תש"ס לרב מ. גנוט עמ' תשכ"ז). בכל אופן יש לשקול בזהירות רבה הן את הזיהויים ההיסטוריים עצמם והן דיוק התאריכים שלהם. גם לתוכנת המחשב שקבעה את התאריכים הנ"ל שבטבלה יש בה אי דיוקים שהולכים וגדלים ככל שהתאריך הנידון הוא רחוק יותר ויותר בעבר (או בעתיד), אמנם ודאי הדבר שהיו התקבצויות כאלה אבל התאריך והשעה המדויקים וגודל העיגול ניתן מעט לשינוי מפאת אי הדיוקים.

זיהוי היסטורי אחד של התאריך המיוחד הנ"ל (בשנת 1952-) לפני הספירה נעשה לאחרונה ע"י שני חוקרים אמריקאים כדלקמן: הם מצאו כתב יד סיני עתיק מלפני כ-1800 שנה שבו מצוין שהלוח הסיני העתיק של שושלת ז'ואן-כסו החל בתחילת האביב כאשר השמש והירח החדש (של ר"ח) וחמשת כוכבי הלכת התקבצו בשמיים על רקע קבוצת כוכבים הנקראת בשם פגסוס. הם הלכו וחישבו בעזרת תוכנת מחשב האם באמת חלה התקבצות כזאת בשמים בסביבת תאריך התחלת הלוח הסיני הנ"ל הידוע כיום. ואכן הם מצאו שבשנת 1952 (לפני ספירתם) כלומר לפני כארבעת אלפים שנה מהיום חלה התקבצות כזו. מכאן הם הסיקו שהאסטרונומים

הסינים של השושלת הנ"ל ראו לנכון להתחיל את ספירת השנים שלהם מהתקבצות זו של שבעת הכוכבים שצ"מ חנכ"ל, כאילו זה היה "התחלת העולם", או שלפי האסטרוטולוגים שלהם זוהי התחלה "טובה" ובעלת מזל שכדאי להתחיל ממנה את לוח השנים של השושלת.

אמנם 30 ההתקבצויות שהבאנו בטבלה לעיל הן המרשימות ביותר, אולם ישנן התקבצויות רבות אחרות שמרשימות גם הן את עין הצופה. והן אינן ברשימה זו כלל. הנה בימים אלה של חודש ניסן ה'תש"ס ועוד חודשים רבים לפני כן, ישנם צופים רבים ששמו לב שכוכבי הלכת (הנראים לעין) שבתאי, צדק ומאדים, הולכים ומתקרבים זה לזה מיום ליום בפינה אחת בשמיים בכוון מערב. למשל, תמונה 3 מראה את ההתקבצות של שלושת הכוכבים האלה וכן הירח החדש בתחילת חודש ניסן תש"ס

(6 באפריל 2000). אמנם גם השמש היתה "קרובה" להתקבצות זו, אלא שהיא נמצאת כבר מתחת לאופק (על מנת שאפשר לראות את הכוכבים האלה). בלילה זה ששת הכוכבים היו בתוך עגול מרשים שקוטרו כתשע מעלות קשת בלבד, אבל השמש עצמה נמצאה מתחת לאופק ובמרחק יחסי גדול יותר של 25 מעלות קשת מצדק. התקבצות זו הגיע לשיאה דוקא בסביבת יום ל' בניסן תש"ס (5.5.2000) (תמונה 4), כאשר כל שבעת הכוכבים שצ"מ חנכ"ל היו בעגול שקוטרו כ-26 מעלות קשת בלבד, אבל



תמונה 4: ההתקבצות ההיסטורית של שבעת הכוכבים שצ"מ חנכ"ל שחלה ביום א' דר"ח אייר תש"ס (ל' בניסן תש"ס). קוטר העגול הוא 26 מעלות קשת.

מתמונה זו כבר ברור שהצופה לא התרשם במיוחד מהתקבצות זו בגלל מספר סיבות:

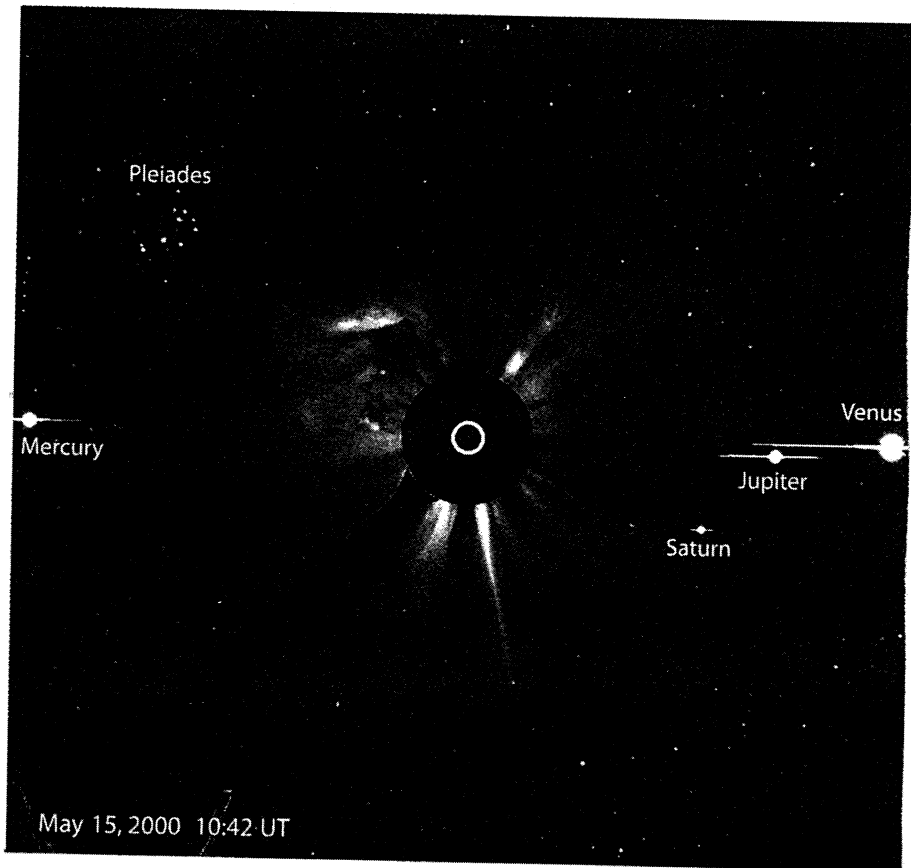
- א. הכוכב נוגה שקע עוד לפני השמש ולכן לא נראה כלל.
- ב. הכוכבים שבתאי, צדק וכוכב חמה היו קרובים מדי לשמש, כך שעד שקיעתה גם הם שקעו.
- ג. רק הכוכב מאדים נמצא ממזרח לשמש יחד עם הירח של תחילת חודש אייר. כך יוצא כי אכן היתה התקבצות מרשימה של כל שבעת הכוכבים, אבל בגלל מצבם המיוחד ביחס לשמש אפשר היה לראות רק את מאדים ואת הירח החדש באופק המערבי בתחילת הלילה של ב' דר"ח אייר (5.5.2000).

ובכל זאת, תמונה 5 מראה צילום ישיר מהחללית בשם "סוהו" שהיתה במרחק של מיליון וחצי קילומטר מכדור הארץ, ואכן, היא צילמה את המאורע המיוחד הזה כשהשמש (במרכז מכוסה באופן מלאכותי ע"י מסך עגול) ולידה רואים ארבעה כוכבי לכת שבתאי, צדק, נוגה וכוכב חמה בתוך עיגול של 15 מעלות קשת.

התקבצויות כאלו חלו כבר פעמים רבות בהיסטוריה. ובפרט בשנים האחרונות בשנת תשכ"ב (1965) או בשנת תשמ"ב (1982) במידה זו או אחרת של צפיפות. אולם אין ספק שזו שתחול בסוף חודש ניסן תש"ס היא המעניינת ביותר מבחינה אסטרונומית. אבל זוהי גם הסיבה שהאסטרוולוגים או מדענים מתחזים למיניהם, או מגידי עתידות או תקשורתנים עומדים "ליפול" עלינו בכדי "לבשר" לנו מה "באמת" עומד לקרות בעולם בעקבות מאורע שמימי זה.

### ההשפעה של ההתקבצויות

- א. ההשפעה הגשמית. אין ספק שהעובדה ששבעה כוכבים הקרובים אלינו ביותר, כאשר הם מתקבצים בכוון אחד בשמים הרי המחשבה הראשונה תהיה האם יכולה להיות השפעה פיזיקאלית גשמית בשמים על כדור הארץ שלנו. כידוע, כל שני גופים בחלל בעלי מסה מושכים זה את זה בכח המכונה "כח הגרביטציה" (ראה צבא השמים חלק א' עמ' 47, 231). כך האדמה מושכת



תמונה 5: צילום ישיר של ההתקבצות ביום 15 למאי שנת 2000 שנלקח מהחלל החיצון ע"י החללית המכונה בשם "סוהו". השמש (במרכז) מכוסה באופן מלאכותי ע"י דיסקית במצלמה, אבל רואים את הגזים של עטרת השמש מסביבה.

בכח זה את כל הגופים הנמצאים על פניה, כך השמש "מחזיקה" בכח זה את כוכבי הלכת שיחוגו סביבה, וכן כל אחד מכוכבי הלכת מושך גם הוא ונמשך ע"י שאר כוכבי הלכת שבסביבתו. אמנם כח המשיכה הזה (הגרביטציה) הוא כח חלש יחסית, אבל הוא קיים בכל מרחב היקום והוא כח פיזיקאלי חשוב ביותר לפי סברת האסטרונומיה המודרנית (ראה צבא השמים חלק ב').



במצב הרגיל במערכת השמש, כל אחד מכוכבי הלכת נע לו במסלולו סביב השמש ורוב הזמן הם מפוזרים פחות או יותר מסביב לשמש, או מסביב לכדור הארץ, כך שכח המשיכה שכל אחד מפעיל על כדור הארץ מתאזן פחות או יותר על ידי כוכב אחר במצב נגדי המושך בכיוון הפוך. אבל, אם כל כוכבי הלכת יהיו יחד בצד אחד של כדור הארץ, ובפרט אם כוכבי הלכת הגדולים נמצאים כלם בצד אחד, אז היה אולי מקום לחשוש שהנה משיכתם של כל אלה פועלת עתה מצד אחד בלבד ואולי יכול הדבר להשפיע על כדור הארץ הקטן שלנו.

ואכן, כעקרון ישנן שתי תופעות שיש לבדוקן מבחינה מדעית פיזיקאלית:

א. האם יתכן שכל המשיכה של כל כוכבי הלכת ביחד הנמצאים בצד אחד יכולה לגרום לתזוזת כדור הארץ שלנו בכיון אליהם וכך להוציא ממסלולו סביב השמש?

ב. כיום ידוע שכח המשיכה של הירח על כדור הארץ הוא הסיבה העיקרית לתופעת הגאות והשפל של הימים והאוקיינוסים. כיון שהמים המפוזרים על פני כדור הארץ הם במרחקים שונים למעשה (במידה קטנה אבל חשובה) מן הירח, התוצאה היא שהמים נמשכים בכל מקומותיהם במידה שונה ע"י הירח. התוצאה היא שפני המים עולים במקום אחד (גאות) ויורדים במקום אחר על פני כדור הארץ (שפל). השאלה היא באיזה מידה יפעילו כוכבי הלכת גם הם כחות גיאות ושפל כאלה.

כלומר, שתי התופעות הנ"ל נובעות בעצם מכח המשיכה, אלא שבמקרה הראשון אנו מדברים על כח משיכה של כל כוכבי הלכת מצד אחד שימשכו אליהם את כדור הארץ כולו כגוף אחד בחלל, בשעה שבמקרה השני אנו מדברים על כח המשיכה של כל כוכבי הלכת שיגרמו אולי לתופעת גאות ושפל של הימים והאוקיינוס בדומה ואולי גם חזקה הרבה יותר מזו של הירח בלבד.

במקרה הראשון, אם כדור הארץ כלו יזוז ממסלולו הרי זה יכול לשנות לחלוטין את החיים כאן, שהרי המרחק של כדור הארץ מן השמש קובע את כמות החם והקרינה שאנו מקבלים על פני כדור הארץ. אם יתרחק כדור הארץ אך במעט מהשמש, הרי הוא יתקרר והשינויים בטמפרטורה

עלולים לגרום לשינויים ביכולת בעלי החיים לשרוד. באותה מידה התקרבות אל השמש תביא להעלאת הטמפרטורה על פני כדור הארץ וגם בכך יש סכנה לחיים כאן.

במקרה השני גאות הימים יכולה אולי להציף חלק מהיבשות על פני כדור הארץ ואולי גם להציף ערים גדולות השוכנות על החופים. יתכן גם שגאות המים תציף את הקטבים של כדור הארץ ואז הקרח ימס שם ביתר מהירות ופני המים באוקיינוסים יעלו יחסית.

יתר על כן, כאשר כל כוכבי הלכת נמצאים במקרה מצד אחד של השמש, הם יכולים אולי להפעיל גם הם כחות גאות ושפל על השמש עצמה שהיא כידוע מורכבת כלה מגזים בוערים (צבא השמים חלק א'). כפי שכחות אלה פועלים על נוזלים (ימים ואוקיינוסים) הם פועלים גם על הגזים שעל פני השמש ואולי כך יגרמו גם לסערות מגנטיות על פני השמש אשר תוצאותיהן יגיעו עד לכדור הארץ שלנו.

יש כאלה שאפילו ניבאו שגם האטמוספירה שלנו תתחיל "להשתולל" ויווצרו רוחות חזקות ביותר, רעידות אדמה התפרצויות הרי געש ואולי אפילו התפוררות של כל כדור הארץ כלו לרסיסים.

כאמור, בעקרון כח המשיכה של כוכבי הלכת אכן פועל על כדור הארץ וגם כחות הגאות והשפל גם הם קיימים. אלא שחישובים פשוטים מראים שכחות אלה הם זניחים ביותר. אולם לא רק החישובים, אלא שגם הנסיון מאלפי שנים שעברו מראה בפועל, שכל ההתקבצויות של כוכבי הלכת שהיו, לא ניכר רישומם כלל. בכל אופן, לא דווח על אסונות מיוחדים בתקופות אלו.

טבלה 2 מראה את תוצאות החישובים של כוחות המשיכה וכוחות הגאות והשפל של כל אחד מכוכבי הלכת על כדור הארץ. כיון שהירח הוא הקרוב ביותר אלינו, לכן גם השפעתו היא החזקה ביותר הן בכח המשיכה והן בכוחות הגיאות והשפל שהוא מפעיל את כדור הארץ.

טבלה 2

חישוב כח הגרביטציה וכן כח הגיאות והשפל שמפעילים שבעת כוכבי הלכת שצ"מ חנכ"ל על כדור הארץ.

|       | כח<br>הגרביטציה | כח גאות<br>ושפל |
|-------|-----------------|-----------------|
| כוכב  | 0.00008         | 0.0000003       |
| נוגה  | 0.006           | 0.00005         |
| מאדים | 0.0002          | 0.000001        |
| צדק   | 0.01            | 0.000006        |
| שבתאי | 0.0007          | 0.0000002       |
| ירח   | 1.0             | 1.0             |

לכן אם נסמן למשל את עוצמת כח זה כיחידה אחת (1.00 בטבלה), אז עוצמת כח המשיכה וכוחות הגאות והשפל של כל אחד מכוכבי הלכת האחרים הפועלים על כדור הארץ הם אפסיים ממש כפי שמראה הטבלה. למשל, כוכב הלכת צדק שהוא הגדול ביותר מבין כוכבי הלכת כלם, (מסתו היא פי 200.000 מכדור הארץ) מפעיל בסך הכל מאית (0.01) מכח המשיכה שמפעיל הירח על כדור הארץ, וכן הוא מפעיל רק 0.000006 מכח הגיאות והשפל שהירח מפעיל. הסיבה לכך היא שמרחק כוכב הלכת צדק הוא גדול מאד מאתנו, וכך גם כל שאר כוכבי הלכת, שהם אמנם מסיביים יחסים, אבל מרחקם הרב מקטין מאד את השפעתם, ואפילו אם יהיו רובם ככולם יחד בצד אחד של כדור הארץ לא תהיה שום השפעה ניכרת על פני כדור הארץ, כפי שגם הנסיון של ההתקבצויות מוכיח, כאמור לעיל.

המסקנה היא שמבחינה מדעית אין כל בסיס לנבואות השחורות שמכינים לנו כל מיני מדענים מתחזים. אם כי הם מסכימים שכוחות המשיכה הפועלים הם קטנים ביותר וזניחים כפי שהראנו לעיל, הרי לעומת זאת למדענים מתחזים אלה יש כח משיכה עצום דוקא לתקשורת, ואלה תמיד מחפשים סיבה למסיבה.

### השפעות אחרות

אולם האסטרולוגים "מנבאי העתידות" אינם מוותרים. הם אולי יכולים להודות שמבחינה גשמית אכן כח המשיכה של כל כוכבי הלכת כאשר הם כולם בצד אחד של כדור הארץ הוא אכן זניח, אבל לדעתם מבחינת מערכת המזלות יש להתקבצויות אלה דוקא משמעות על גורל בני אדם על כדור הארץ. אלה הם כביכול הדברים הרוחניים שכוכבי הלכת האלה יכולים להשפיע על יושבי חלד, אם ברעידות אדמה, הרי געש וכו'. ועל דברים מסוג כזה כמובן אי אפשר להתווכח. כי הם תמיד יקשרו מאורע פוליטי או אסון טבע כל שהוא שגרמו התקבצויות של הכוכבים. ובלשון הגזמה נאמר שאפילו עכבר קטן שנמעך בין שתי קופסאות קרטון בחנות מכולת יכול להיות המאורע שכוכבים אלה גרמו, וכך הוליד ההר את העכבר.

אבל חלילה לנו לכפור באסטרולוגיה עצמה אשר בזמן אבותינו אכן היתה בה ידיעה מעמיקה ונכונה, שהרי מערכות הכוכבים בודאי מעידות על השגחתו על כל ברואיו יתברך, אלא שהחכמה הזאת נעלמה מאתנו במשך הזמן ואין בידינו ידיעות שעברו אלינו בקבלה מרב לתלמיד או מאב לבן, ככתוב: אותתנו לא ראינו, אין עוד נביא ולא אתנו יודע עד מה (תהילים ע"ד). ולכן כל המתחזים לדעת או להבין באסטרולוגיה אין להם על מי שיסמוכו, והאווילות של כל ההורוסקופים למיניהם רק מוכיחה עד כמה נפש יהודי צריכה להתרחק מהם. ואפילו אם יש אמת כל שהיא שחדרה בטעות לתוך נבואות האסטרולוגים כיום, אין להכשיר אותם ואת דרכי חשיבתם כי יש איסור בדבר, שהרי כבר אמר הנביא "כה אמר ה' אל דרך הגויים אל תלמדו ומאותות השמים אל תחתו כי יחתו הגויים מהמה. עובדי כוכבים יחתו ואין ישראל יחתו (סוכה כ"ט).

## פרק חמישי

# גודל היקום

בימי החנוכה אנו מדליקים איש וביתו את נרות החנוכה, לזכר אותו נס שנעשה לנו בפך השמן של נר התמיד בימים ההם בזמן הזה. אותו נר תמיד שהכהן הגדול היה מדליק בכל יום בבית המקדש, הוא סימל את דבקותו של עם ישראל בקב"ה ובאורו בלבד, ולכן היתה חביבה מצווה זו אף על הקב"ה, כי זו היתה עדות על אהבתם אותנו, והוא אף בחר בה יותר מכל מעשה בראשית, והיה מניח את כל פמליותיו ושמשיו המאירים בשמים ובוחר רק בזו, כדאיתא במדרש רבה (סדר בהעלותך, פרשה ט"ו, ח'). משל למה הדבר דומה למלך שהיה לו אוהב ואמר לו המלך: הוי יודע שאצלך אני סועד - התקן לי מקום. הלך והתקין לו מקום כפי כחו. כיון שבא המלך, באו עמו שמשים וסנקליטין מכאן ומכאן, ומנורות של זהב מכאן ומכאן. כיון שראה אוהבו כל הכבוד הזה, נתבייש והטמין כל מה שהתקין לו. אמר לו המלך: לא אמרתי לך שאצלך אני סועד, ולמה לא התקנת לי כלום? אמר לו: אדוני המלך, ראיתי כל הכבוד הזה שבא עמך ונתביישתי והטמנתי כל מה שהתקנתי. אמר לו המלך: חייך, שאני מניח את כל שהבאתי עמי ואיני משתמש אלא בשלך, בשביל אהבתך!

אמרו ישראל, הקב"ה ברא חמה ולבנה שמאירים את העולם כלו - והוא חפץ שנדליק לפניו נרות!

אמר להם אנטיוכוס ראש צוררי ישראל מבין היוונים לחיילותיו: "מצוה אחת יש בידם, אם אתם מבטלין אותה - מיד כבר הם אבודים. ואיזה? זה הדלקת מנורה שכתוב בה להעלות נר תמיד. כל זמן שמדליקין אותן תמיד הם עומדים וכו'. עמדו וטמאו כל השמנים". (ברייתא, מביאו הב"ח בהלכות חנוכה). ועכשיו שלא כיבה את הנר הזה, הרי הנר הזה מאיר ודולק בכל בתי ישראל בכל מושבותם שמונה ימים בשנה. שישראל אומרים לפני הקב"ה: טוב לי נר קטן משלך מאלפי נרות של בריותיך. והקב"ה משיב להם: מניח אני כל פמליותי ואיני משתמש אלא בשלך. אין דרך הטבע לישראל, אלא רצונו של המטביע לכל טבע. ואם הטבע פעמים מעכב - יידחה הטבע ולא תידחה



האהבה שבין ישראל לאביהם שבשמים – יבוא הנס ויאיר שוב את הנר הקטן הזה שהוא מכלה את כל המאורות הגדולים! (ספר התחזעה).

ובאמת, השמש והירח וכל הכוכבים שהקב"ה ברא בשמים הרי הם מאירים בעוצמה הרבה יותר גדולה מאותו נר תמיד קטן ומזערי שבהיכל. כיום ידוע שהשמש שלנו לבדה מאירה בעוצמה גדולה פי מיליארד מיליארד מיליארד מאותו נר תמיד, וכל הכוכבים שאנו רואים בשמים (פרט לשבעת כוכבי הלכת) מתברר לנו כיום שהם שמשות מאירות בעצמן כמו השמש שלנו, ויש כאלה עשרה מיליארד שמשות סביבנו במה שמכונה "שביל החלב", ורחוק יותר מעבר לשביל החלב נמצאות הגלקסיות שכל אחת מהן מכילה כעשרה מיליארד שמשות כאלו, ועד עכשיו ספרו האסטרונומים כעשרה מיליארד גלקסיות כאלו ביקום הנראה דרך הטלסקופים, וכל אלה הם שמשיו ופמליתו של הקב"ה, והוא עוזב את כל המאורות האסטרונומיים העצומים האלה ואומר לעם ישראל, במטוטא מכס, אני מבקש שתדליקו עבורי את אותו נר תמיד כל יום בהיכל, שהוא לא רק אור זעיר שבזעירים, אלא קמצוץ שבקמצוצים, אבל בו אני חפץ דוקא, ואם אין לכם מספיק שמן, הרי אני משנה את הטבע כלו, את כל חוקי הבריאה בשבילכם, ואני אעשה שהנר שלי - שלכם יבער אפילו שמונה ימים.

הנה ככל שנכיר יותר את גודל היקום כך נוכל להעריך יותר עד כמה הקב"ה מוכן לעזוב את פמליתו הענקית והמדהימה הזאת ולהתפנות דוקא לעם ישראל אהובו. ככל שהיקום שסביבנו הוא גדול יותר כך יחס הבחירה של הקב"ה בעם ישראל הוא מדהים יותר.

ומהו באמת גודלו של היקום סביבנו? האם יש כיום תשובה לשאלה זאת?? האם יש סוף מקום וגבול אשר מעבר לו אין כוכבים! או שאלה נוקבת יותר, האם יש בכלל מקום בכלל "לדעת" מהו גודל היקום? ומהי בכלל השקפת חז"ל בענין זה?

#### הנבואה והמופת לעומת ידיעת הטבע

הנה ישנו מדרש בפרקי דרבי אליעזר (פרק ג', וכן בבראשית רבה פרק ה' וכן חגיגה י"ב:) האומר: "שהשמים בתחילה היו נמתחים והולכים (במעשה

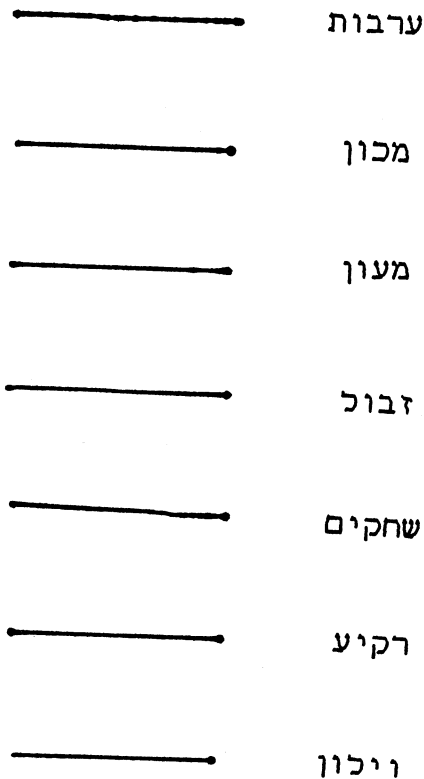
בראשית) עד שאמר להם די, ועל כן נקרא שמו שדי - שאמר לשמים די - ועמדו". אמנם חז"ל מציינים כאן במפורש שאכן יש גבול לשמים והם נעמדו, אבל אין לנו יודעים מהו הגבול הזה, ויתכן גם שבעקרון אין לנו בו כל השגה. אין ספק שמאמר של חז"ל נאמר בדרך נבואית והגיע אלינו במסורת בלבד, וזוהי בדרך כלל דרכם של הקדמונים שידיעתם באה להם לא דרך חקירה ומדע אלא דרך נבואית או בדרך מופתית ישירה. (וכן בחגיגה י"ב. נאמר על אדם הראשון שראה את העולם כלו מסופו ועד סופו. על איזה סוף מדובר? ) ובספר הכוזרי נאמר בתשובת החבר שם (מאמר שני) "ואל תטעון עלי באלה התוכנים המביטים שהם גונבי החכמה, ולא היתה כוונתם לגנוב, אבל מצאו חכמות מסופקות מעת שנפסקה הנבואה והתחכמו משכלם וחברו חיבורים אשר נתנה סברתם..." , כלומר מאז שנפסקה הנבואה החלו בני אדם, (במידה מסוימת כבר מחוסר ברירה, כיון שלא נשאר בידם כלי אחר) החלו להשתמש בשכלם בכדי לדעת על הטבע ודרכי פעולתו, כי נעלמה הנבואה מהם כפי שהיתה בידי הקדמונים ובמקומה החל להתפתח המדע. אולי הדוגמה המובהקת ביותר לכך נמצאת דוקא בענין קדוש החודש, כדאיתא בפרקי דרבי אליעזר (פרק נ"א) "וכן בראשי חודשים היו ישראל עומדין שם ורואים את הדלתות (במקדש) נפתחים מאליהן ויודעים שבאותה שעה נולדה הלבנה ומקדשין את החודש, שסימן ראש מולד הלבנה לבני ישראל, וכיון שהיו עומדים שם ורואין את הדלתות נפתחים מאליהם, יודעים ששכינתו של הקב"ה בו..." כלומר, שהיו זמנים שבהם לא היה דרוש כל חישוב לידיעת רגע המולד, אלא פשוט לעמוד ולראות את המופת בשערי המקדש ברגע המולד. וכל אותם חשבונות שהרמב"ם מביא בהלכות קידוש החודש (מפרק י"א עד פרק י"ט) פשוט לא היו צריכים אותם, וגם לא היו דרושים בזמנם, אלא המופת מתרחש לעיניהם, וזהו כאשר השכינה שורה בישראל.

### עולם הרקיעים

ובכן, פרט לאותו מדרש שציינו קודם שבמעשה בראשית שהיו השמים הולכים ונמתחים עד שאמר להם הקב"ה די, ועמדו, הרי אין בידינו מסורת על גודלו הגשמי של היקום, וגם הדברים עצמם במדרש זה גם סתומים, כי אמירת הדי לא פרשה אחריה את המידה הגשמית של היקום אשר בה נעמד, ושתהיה

מובנת גם לנו. שמדרש זה נאמר גם בדרך סתומה כדרך עניני הסוד (ראה פירוש מתוק מדבש, תיקוני זוהר, עמ' תש"ן).

אבל ישנם בכל זאת במקומות אחרים דיון מסוים ועקיף על גודלו של היקום כמו בחגיגה י"ב: במחלוקת שבין רבי יהודה לבין ריש לקיש (וכן בסוגיא שלאחריה בעמוד י"ג). "אמר רבי יהודה: שני רקיעין הן, שנאמר, הן לה' אלקיך השמים ושמי השמים. ריש לקיש אמר שבעה ואלו הן: וילון, רקיע, שחקים, זבול, מעון, מכון וערבות" (תמונה 1). לדעת המפרש (ר' עובדיה בן דוד) של הרמב"ם על הלכות יסודי התורה פרק ג' הלכה א', הרי שאין בעצם מחלוקת בין רבי יהודה לבין ריש לקיש, וכלשונו: "וכשתבונן תמצא שאין בין רבי יהודה לבין ריש לקיש מחלוקת, אלא שרבי יהודה מנה השמים הנראים (הגשמיים) בלבד, וריש לקיש מנה השמים הנראים הגשמיים, וכן מנה דברים



תמונה 1: ציור סכמטי של שבעת הרקיעים.

רוחניים שהם למעלה מן השמים הגשמיים במדרגה, וקרא לכל מעלה מהם שמים".

ואכן אם נתבונן בתיאור של ריש לקיש על חמשת הרקיעים האחרונים מתוך השבעה, נראה שכלם הם באמת רקיעים רוחניים: הרקיע השלישי, שחקים, שם שוחקים מן לצדיקים. הרקיע הרביעי, זבול, עוסק בירושלים של מעלה. הרקיע החמישי, מעון, שם כתות של מלאכים. הרקיע השישי, מכון, אוצרות השפע. הרקיע השביעי, ערבות שהוא רוכב על כלם. וכך נשאר הרקיע הראשון, וילון שאינו ממלא שום תפקיד (במובן של שאר ששת הרקיעים, אבל יש לו כן תפקיד, ראה למשל ישועה בישראל, שם) והרקיע השני. אבל ברקיע השני הזה, כפי שמתואר בגמרא שם, ישנם החמה והלבנה וכל צבא השמים כלם. כלומר, כל מה שאנו רואים בעינינו בשמי הלילה נמצא בסך הכל ברקיע השני בלבד, וכל חמשת הרקיעים מן השלישי ומעלה עד השביעי הם כלם רקיעים רוחניים, כלומר כל הכוכבים שמסביבנו בשמים נמצאים רובם ככלם ברקיע השני ולא יותר. אמנם שרטטנו בתמונה 1 את הרקיעים זה מעל זה, אולם הם נבדלים זה מזה בדרגה ולא במרחק גשמי כפי שנבאר עוד לקמן. ונמצא גם סיוע מפורש לדברים הנ"ל בבראשית רבה (פרק ו', ו'). "היכן גלגל חמה ולבנה נתונים? ברקיע השני, שנאמר, 'ויתן אותם אלקים ברקיע השמים' (בראשית א'). רבי פנחס בשם רבי אבהו אמר מקרא מלא (מפורש יותר) הוא, ואנשי כנסת הגדולה פירשו אותו 'אתה הוא ה' לבדך אתה עשית את השמים שמי השמים וכל צבאם' וגו' (נחמיה ט'), היכן הוא כל צבאם נתונים? ברקיע שהוא למעלה מן השמים" (כלומר הרקיע השני אחרי השמים - שהוא הראשון ולפי דברינו לעיל - וילון).

### עולם הגלגלים

עתה נשאלת השאלה הבאה: ובתוך הרקיע השני הזה, אשר בו כל גרמי השמים כולם, האם ידוע על סדר כל שהוא בין החמה והלבנה ושאר גרמי השמים לבין עצמם?

ואכן, הקדמונים ציירו סדר מסוים אשר בו מונחים החמה הלבנה ושאר כוכבי הלכת וצבא השמים. הם ראו שאמנם כל הכוכבים עומדים במקומם זה ביחס לזה, אבל ישנם שבעה כוכבים, הירח, כוכב, נוגה, חמה, מאדים, צדק ושבטאי

שהם מקיפים את כדור הארץ במעגלים גדולים מאד, כל אחד בקצב אחר. למסלולי המעגלים האלה קראו בשם "גלגלים" (תמונה 2ב). בגלגל הראשון הקרוב לכדור הארץ נע כוכב הירח. בגלגל השני מעליו נע כוכב הלכת בשם "כוכב". בגלגל השלישי מעליו נע כוכב הלכת נוגה. בגלגל הרביעי מעליו נעה החמה.



תמונה 2 ב': תמונת העולם של הקדמונים לפיה נמצא כדור הארץ במרכז וסביבו נעים שבעת כוכבי הלכת בשבעה גלגלים. הגלגל השמיני מכיל את כל שאר הכוכבים (כוכבי השבת). הגלגל התשיעי נקרא בשם הגלגל החוזר והוא גורם לתנועה היומית ממזרח למערב של כל הגלגלים כולם. גלגל העשירי הוא גלגל הנותן את הכוח הפנימי לתנועת הגלגלים כולם.



בגלגל החמישי מעליו נע כוכב הלכת מאדים. בגלגל השישי מעליו נע כוכב הלכת צדק. בגלגל השביעי מעליו נע כוכב הלכת שבתאי. ובגלגל השמיני מעל כל השבעה האלה נמצאים כל הכוכבים והמזלות שאנו רואים בשמים. מתברר כי כל שבעת הכוכבים שמינו קודם (בשבעת הגלגלים הראשונים) נעים כלם סביב כדור הארץ בכוון ממערב למזרח, שהוא כוון הפוך לזריחת ושקיעת השמש היום יומית. הקדמונים הניחו שהגלגל התשיעי לא היה בו אמנם דבר, אבל הוא היה זה שהניע את כל שאר שמונת הגלגלים שמתחתיו בכוון ממזרח למערב כפי שאנו רואים בכל יום בזריחת ובשקיעת השמש. כלומר, הגלגל התשיעי הזה מסובב את כל העולם כלו (כל מה שברקיע השני) ממזרח למערב מדי יום ביומו, אבל כל אחד משמונת הגלגלים שבתוכו יש לו גם קצב אחר אופייני לו. (ראה גם תמונת עולם אחרת בתמונה 2 צבעונית, לוח 10).

כאמור, כל עולם הגלגלים הזה נמצא ברקיע השני (ראה תמונה 3). אם כי

ערבות



מכון



מעון



זבוכ



שחקים



רקיע



(עולם הגלגלים

כל גרמי השמיים).

ויכון



תמונה 3: עולם הגלגלים כולו נמצא בתוך הרקיע השני. כל חמשת הרקיעים שמעליו הם רוחניים.

חכמי אומות העולם הגשימו את גרמי השמים וכן הגלגלים בסוג חומר חמישי, הרי חז"ל לא אמרו על זה דבר. אף יותר מזאת, הרמב"ם אמנם תיאר בספריו את מערכת הגלגלים הזאת במפורט, אבל הוא הסתייג מן הממשיות שלהם כפי שכתב זאת במורה הנבוכים בסוף פרק כ"ד בחלק השני. (ראה פרק תשיעי כאן על יצורים חיים במרחבי היקום). הוא ראה במערכת הגלגלים הזאת רק תיאור נוח מסוים בכדי לחשב את הזמנים של תופעות בשמים (כמו מולדות וליקויים וכו'). אבל לא שיש בתמונת עולם זו ממשות אמיתית כל שהיא (ראה גם פרק י"א חלק שני שם). ואכן, גם בתמונת העולם המקובלת כיום באסטרונומיה אין צורך כלל בגלגלים אלה.

גם רבי חיים ויטאל בספרו עץ חיים שער מ"ב פרק ב' כתב בלשונו: "וילון הוא... המכניס ומוציא. והבן זה שאינו משמש כלום אלא כניסה ויציאה. והרקיע הוא יסוד דעשיה ובו קבועים חמה ולבנה כוכבים ומזלות... ובזה הרקיע יש בו כל ט' הגלגלים המקיפים העולם והם שהזכירו הפילוסופים בספריהם. ובשבע תחתונות הם שבעה כוכבי הלכת ובשמיני שאר הכוכבים והשנים עשר מזלות. ובתשיעי גלגל היומי המקיף כלם בכ"ד שעות ממזרח למערב. וכל אלה התשעה גלגלים קבועים ברקיע (השני) רמז לדבר ויתן אותן אלקים ברקיע השמים, ולא אמר ברקיעים".

כך יוצא כי כל שבעת הרקיעים של ריש לקיש לעיל הם כלם רוחניים והן ספירות דעשיה, וכל גרמי השמים שאנו רואים סביבנו וכן גלגליהם הם רק חלק בספירה השניה שהיא יסוד דעשיה. זהו המקום של היקום הגשמי כלו בתוך מערכת העולם הרוחני של ספירות דעשיה. (הרמב"ם בהלכות יסודי התורה פרק ג' כותב שתשעת הגלגלים הם הנקראים בשמות כגון רקיע, שמים, זבול, והוא מתכוון לכך שהעולם הגשמי כלו של כל תשעת הגלגלים לפעמים נקראים בכתובים במילה אחת כללית כגון רקיע שמים וכו', אף על פי ששמות אלה הם דוקא של רקיעים מסוימים כפי שראינו לעיל, אבל הוא מתכוון לכך שאלה הם שמות מקובלים בשימוש רגיל בכדי לציין את כל העולם כלו שמעלינו המכיל את כל תשעת הגלגלים כלם, ואין להם כל נגיעה כאן לעולם הרקיעים הרוחניים ממש שתיארנו לעיל).

## רקיעים וגלגלים

אבל פרט למבנה המפורט הזה של מערכת הרקיעים ומערכת הגלגלים (שברקיע השני) אמנם צוינו בדברי חז"ל גם מידות ומרחקים. בגמרא חגיגה י"ג מדובר על "המרחק" של כל רקיע מחבירו וכן "עוביו" של כל רקיע, כדכתיב שם: "תניא אמר רבן יוחנן בן זכאי מה תשובה השיבתו בת קול לאותו רשע (נבוכדנצר) בשעה שאמר אעלה על במתי עב, אדמה לאל עליון. יצתה בת קול ואמרה לו: רשע בן רשע, בן בנו של נמרוד הרשע, שהמריד כל העולם כלו עליו במלכותו. (ובכלל) כמה שנותיו של אדם?! שבעים שנה?! שנאמר ימי שנותינו בהם שבעים שנה, ואם בגבורות שמונים שנה. (ולא יתכן שאדם יוכל להספיק בימי חייו להגיע לגובה כזה בשמים, שהרי) והוא מן הארץ עד לרקיע מהלך חמש מאות שנה, וכן בין כל רקיע ורקיע. למעלה מהן חיות הקודש: רגלי החיות – כנגד כולן. קרסולי החיות – כנגד כולן. שוקי החיות – כנגד כולן, רכובי החיות – כנגד כולן, ירכי החיות – כנגד כולן, גופי החיות – כנגד כולן, צוארי החיות – כנגד כולן, ראשי החיות – כנגד כולן. קרני החיות – כנגד כולן, למעלה מהן כסא הכבוד: רגלי כסא הכבוד – כנגד כולן. כסא הכבוד – כנגד כולן. מלך אל חי וקיים רם ונישא שוכן עליהם. ואתה אמרת אעלה על במתי עב, אדמה לאל עליון?! אך אל שאול תורד אל ירکتני בור!"

לאור מה שאמרנו לעיל, קשה לחשוב כי המרחק של ת"ק שנה הוא מרחק גשמי, שהרי מדובר כאן על הרקיעים שהם רוחניים, וחז"ל דברו כאן אמנם בשפה גשמית, אבל התכוונו לציין מדרגה מהותית בין הרקיעים, כשהמרחק ת"ק שנה הוא מידה רוחנית. וכפי שכתב זאת המהר"ל מפראג בספרו באר הגולה, הבאר השישי: "ובני אדם מבינים אלו הרקיעים הנאמרים הם הגלגלים כמו גלגל חמה ולבנה כוכבים ומזלות, ולפיכך אמרו כי לדעת רז"ל יש רקיע בין רקיע לרקיע. אבל כבר אמרנו לך שכל הדברים האלו הם טעות, כי הרקיע הנאמר פה אינו גוף ממושש, אבל הרקיע הוא תחילת העולם, זהו עניין הרקיע הנאמר במעשה בראשית. ור"ל כי שבעה הבדלים יש מן התחתונים לעליונים, כל כך מובדלים העליונים מן התחתונים. וכל הבדל והבדל מן אלו ז' הבדלים הוא כמו הבדל מן הארץ שהיא מתחתונים עד הרקיע שהוא ההבדל הגמור. ולפיכך לא קשיא, מה שאמרו כי בין כל רקיע לרקיע כך וכך, שאין כאן גוף ממושש כי אין הרקיע הזה גשמי, וכן כל הרחקים הנאמרים כאן אין שעור

מורגש. וכאשר יאמרו כי מן הארץ עד הרקיע ת"ק שנה. ר"ל שיש לעולם מהות שעור זה ת"ק שנה, כי כ"כ הוא ההבדל בין זה לזה. כי לא דברו חכמים כלל מרוחק המורגש, רק כל דבריהם מופשטים מן הגשמות. וכבר נתבאר זה פעמים הרבה, ובני אדם יחשבו כי כל זה נאמר על רוחק גשמי, ואין הדבר כך ולפיכך טעו בדבריהם מאוד. כלל הדבר בזה, כי כל דברי חכמים הם מצד השכל, והם חושבים כי כל דבריהם הנאמרים בשעור הגשמי המוחש. ועוד טעו בשם הרקיע הנאמר בדברי חכמים, כי הרקיע הנאמר בדברי חכמים כמו הרקיע הנאמר בתורה, ואין הרקיע הוא הגלגל, אבל שם הרקיע נאמר על המבדיל בין עליונים ותחתונים. ועוד יתבאר זה, כי זה העיקר שלא הבינו הם, אלו ז' רקיעים כמו שאמרנו, ודי בזה למבינים וליודעי מדע הנכנסים בחדרי החכמה הפנימית" (וכדאי לעיין בספרו בדבריו שלפני כן).

לעומת דעת המקובלים ר' חיים ויטאל, המהר"ל וסיעתם, נקטו הגאונים והרמב"ם בדרך אחרת. הם זיהו את מערכת שבעת הגלגלים ממש עם מערכת שבעת הרקיעים. אולם הם לא הביאו זאת כמסורת שקבלו בידם אלא שנראה להם שהדבר כך, וכפי שהובא באוצר הגאונים (במסכת חגיגה י"ב: י"ג. פירושים, עמ' 55 שם) "וכתב רבינו האי גאון ז"ל דקאמר ריש לקיש שבעה רקיעים הם. קרוב לדבריו מה שחקרו החוזים בכוכבים להיות שבעה גלגלי שמים לשבעה כוכבי לכת וכו'". ונראה מדבריו כי שבעת הרקיעים של ריש לקיש הם הם כביכול שבעת הגלגלים של כוכבי הלכת.

גם הרמב"ם במורה הנבוכים חלק ראשון פרק ע' נוקט בדיעה זו, ובמורה הנבוכים חלק ג' פרק י"ד הוא אפילו מציין שהמרחק של ת"ק שנה בין רקיע לרקיע הוא מרחק גשמי. אבל דיעה כזאת היא בלתי מובנת לנו ואפילו תמוהה. ואכן, הרמב"ם עצמו במורה הנבוכים בחלק שני פרק כ"ד ציין במפורש שעולם הגלגלים אין בו ממש אלא זהו תיאור מתימטי נוח בלבד לחישובים ואין בו כל מציאות. ולכן, נראה לנו שלפי דעתו אין הכרח אמיתי לזהות את עולם הרקיעים של ריש לקיש לעולם הגלגלים של כוכבי הלכת. נראה לנו שתהיה זאת טעות אם אדם יחשב את המרחק אל כוכבי הלכת על פי מהלך אמיתי של אדם בינוני בשנה, כאילו הת"ק שנים הוא מרחק גשמי ממש, ולהשוות מרחקים אלה עם מה שידוע כיום באסטרונומיה. כי, כאמור, לפי דעת המהר"ל, אין מקום להשוואה כזו כלל, כי המרחק של ת"ק שנה אינו אלא מדרגה פנימית מסוימת בין רקיע לרקיע ולא מרחק גשמי כלל.

### גודל היקום לפי דעת הקדמונים

כאמור, עולם הגלגלים מכיל את כל השמים הגשמיים כלם. הגלגל השמיני מכיל את כל גרמי השמים כלם בשעה ששבעת הגלגלים הראשונים מכילים את שבעת כוכבי הלכת. כך יוצא שכל היקום הגשמי בשמים נמצא בתוך אותו נפח עצום של שמונת הגלגלים. לפי זה קצה היקום היה למעשה עד לגלגל השמיני. לכן השאלה מהו גודל היקום היה פירושה בעיני הקדמונים מהו המרחק הגדול ביותר, דהיינו, מהו המרחק אל הגלגל השמיני אשר בו המזלות, הכוכבים, וכל צבא השמים. ואכן, כאמור, חכמי אומות העולם סברו סברות, מדדו מדידות וגם חישובו את המרחק אל שבעת כוכבי הלכת ואפילו אל הגלגל השמיני. האסטרונום הידוע ביותר בימי קדם היה תלמי (בטלמיאוס). הוא סיכם את כל הידוע בזמנו באסטרונומיה וכן חידש את חידושיו בספרו הידוע בשם "אלמג'סט". הוא חי בתקופתו של רבי, ויש אומרים שאף למד ממנו. (האברנאל על התורה (פרשת בא, החודש הזה לכם) מציין שתלמי התפעל מאד מן החכמה של לוח השנה היהודי וכך התקיים הפסוק "כי היא חכמתם ובינתכם לעיני העמים". איזה היא חכמה שהיא לעיני העמים, הוה אומר זהו חישוב תקופות ומזלות" (שבת קט"ו). בספריו נמצאים מרחקי הגלגלים ודרך חישובם. להלן טבלת המרחקים (הממוצעים) שלו אל שבעת הגלגלים של שבעת כוכבי הלכת וכן המרחק של הגלגל השמיני אשר בו המזלות וכל צבא השמים.

| שם כוכב                 | מרחק ק"מ    |
|-------------------------|-------------|
| לבנה (בגלגל ראשון)      | 353,00 ק"מ  |
| כוכב (בגלגל שני)        | 843,000     |
| נוגה (בגלגל שלישי)      | 4,500,000   |
| חמה (בגלגל רביעי)       | 8,870,000   |
| מאדים (בגלגל חמישי)     | 36,943,000  |
| צדק (בגלגל שישי)        | 84,324,000  |
| שבתאי (בגלגל שביעי)     | 124,800,000 |
| כוכבי שבת (בגלגל שמיני) | 146,600,000 |

### המרחקים כיום

כיום מערכת המרחקים שנמדדו אל השמש וכוכבי הלכת היא שונה מאד מזו שהבאנו לעיל. המרחק אל הירח הידוע כיום הוא 380,000 קילומטר (לעומת מרחק של 352,000 ק"מ של תלמי) והוא "כמעט" לא השתנה מאז, אבל המרחק אל השמש "קפץ" כיום למאה וחמישים מיליון קילומטר, לעומת כתשעה מיליון קילומטר בלבד אצל תלמי. אף יותר מזאת, בשעה שקצה היקום של הקדמונים המרחקים האלה הם גדולים מאד ולכן השתמשו בזמנם ביחידת מרחק גדולה מן הקילומטר, והיא המהלך של אדם בינוני במשך שנה אחת (לפי-80 ק"מ ב-24 שעות). מתברר שבשנה אחת מהלך כזה הוא כ-29,200 ק"מ. אי לכך המרחקים אל הגלגלים הם:

| שם כוכב             | מרחק   |
|---------------------|--------|
| לבנה (בגלגל ראשון)  | 12 שנה |
| כוכב (בגלגל שני)    | 29     |
| נוגה (בגלגל שלישי)  | 156    |
| חמה (בגלגל רביעי)   | 303    |
| מאדים (בגלגל חמישי) | 1264   |
| צדק (בגלגל שישי)    | 2886   |
| שבתאי (בגלגל שביעי) | 4271   |
| כוכבי שבת (בגלגל)   | 5017   |

כלומר, ההערכה של הקדמונים היא שכל היקום כלו, דהיינו כל גרמי השמים שבכל שמונת הגלגלים כלם, מגיע לכל היותר למהלך של כחמשת אלפים שנה (של מהלך אדם בינוני).

כמובן שמרחק זה נחשב לקטן מאד יחסית למה שידוע כיום. אבל האמת היא שהמחקר האסטרונומי מאז ועד היום הלך "ונפח" יותר ויותר את מימדי היקום. רק במאה העשרים בלבד "גדל" היקום הנראה פי 10 ויותר, וזאת לאור הממצאים שהתגלו בתצפיות. כלומר הנטיה של המחקר מבחינה היסטורית היא שגודל היקום נמצא כל הזמן "בעליה" דוקא, ויש לצפות לכך שאפילו



המדידות של היקום כיום יראו ננסיות לעומת המדידות שיהיו בעוד 100 או 300 שנה. (לא שהיקום בעצמו "מתנפח", אלא שהמדידות הן "נכונות ומדויקות" יותר לעומת אלו הקודמות). בכל אופן, יקום שגודלו כמהלך של כחמשת אלפים שנה הוא בודאי מרשים ביותר, וביחס לתנועה האיטית של בעלי החיים ששימשו בזמנו לתעבורה ממקום למקום, הרי עבורם זהו באמת מרחק פנטסטי.

(הגלגל השמיני) היה מהלך של כחמשת אלפים שנה בלבד, הרי כיום המהלך הוא שלוש מאות מיליון מיליארד שנה! (של מהלך אדם בינוני). ובכלל, כל המרחקים אל הכוכבים כיום הם באמת "אסטרונומיים", ולכן, במקום להשתמש ביחידת המרחק שציינו עד עתה שהיא "מהלך של אדם בינוני במשך שנה" (כ-29,200 קילומטר) מעדיפים להשתמש כיום ביחידת מרחק הרבה יותר גדולה הלא היא מרחק של "שנת אור", דהיינו, לא המרחק שאדם בינוני עובר במשך שנה אחת, אלא מה שקרן אור עוברת בשנה אחת. ומהי יחידת מרחק חדשה זו?

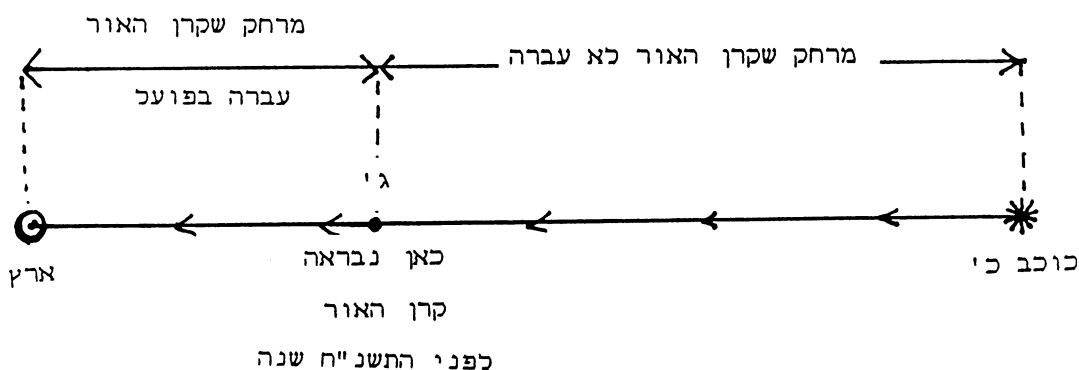
ובכן, מתברר שמהירות האור בחלל הריק היא שלוש מאות אלף קילומטר בשניה (השווה זאת ל-80 ק"מ ביום של אדם בינוני). דהיינו, בשניה אחת עוברת קרן אור מרחק של שלוש מאות אלף קילומטר! וכיון שבשנה אחת יש 31,557,600 שניות, הרי המרחק הכולל שעוברת קרן אור בשנה אחת הוא כעשרת אלפים מיליארד קילומטר. (לעומת 29,220 קילומטר שעובר אדם בשנה). למשל, כוכב השבת הקרוב ביותר אלינו המכונה בשם "אלפא צנטאורי" נמצא במרחק של "כארבע שנות אור" מאתנו, דהיינו, קרן אור שאנו רואים ממנו היום, יצאה ממנו לפני ארבע שנים. לעומתו, גרמי השמים הרחוקים יותר נמצאים (לפי סברתם) במרחק של עשרות, מאות, אלפים, מיליונים ואף מיליארדי שנות אור (ראה לקמן). קצה היקום הנראה כיום בטלסקופ האבל (המשייט כיום בחלל מעל פני כדור הארץ) הוא במרחק של עשרה מיליארד שנות אור! דהיינו, קרן אור היוצאת מכוכב הנמצא בקצה היקום הנראה כיום מגיעה אלינו כביכול לאחר מסע של כעשרה מיליארד שנה! מכאן הם הסיקו בפשטות רשלנית, שכיון שקרן אור המגיעה אלינו כיום מקצה היקום נשלחה לפני כעשרה מיליארד שנה, הרי משמעות הדבר הוא שהעולם קיים כביכול כעשרה מיליארד שנה! אבל חלילה לנו לחשוב כך. כי פרט לכך שזה נוגד את

עקרונות השקפתנו, הרי גם עצם מסקנתם אינה הכרחית מבחינה הגיונית כלל וכלל, ואנו נראה לקמן כי ניתן לתאר יקום שגודלו כעשרה מיליארד שנות אור (כדבריהם), ובכל זאת הוא נברא "רק" לפני התשנ"ח שנה. התיאור לקמן אינו התיאור האפשרי היחיד, אלא הוא בא רק להראות כי מסקנתם הם אינה הכרחית כלל.

#### עולם גדול מאד שנברא לפני התשנ"ח שנה

כאשר ברא הקב"ה את כל היקום בששת ימי בראשית, דהיינו, את השמים ואת הארץ, השמש והירח וכל צבא השמים, הוא ברא אותו במימדיו העצומים. אמנם השמש והירח נראים קרובים אלינו יחסית, אבל שאר הכוכבים מפוזרים בעומק החלל ובמרחקים גדולים מאד מאתנו. עולמנו משעת בריאתו היה עצום ורב, וכל הבריאה הזאת נעשתה בעשרה מאמרות בלבד, אולם היא גדולה מאד במימדיה וכאמור הכוכבים מפוזרים בחלל במרחקים של מאות ואלפי שנות אור מאתנו, והרחוקים ביותר הנראים לנו יכולים להיות במרחקים של מיליארדי שנות אור. אבל חלילה לטעות ולחשוב שכוכב הנמצא במרחק של, למשל, כעשרת אלפים שנות אור מאתנו, פירוש הדבר יהיה שעברו עשרת אלפים שנה ממש עד שקרני האור שיצאו ממנו הגיעו בפועל כיום אלינו, שהרי הקב"ה ברא את כל היקום כלו לפני התשנ"ח שנים בלבד, ולכן בהכרח יש לאמר כי אמנם ברא הקב"ה את הכוכב הזה במרחק של עשרת אלפים שנות אור מאתנו, אבל לא שקרני האור שיצאו מן הכוכב אכן עברו את כל המרחק הזה בפועל, אלא שבשעת הבריאה לא נברא רק הכוכב הזה, אלא גם קרני האור שלו נבראו כשהן כבר מנותקות ורחוקות מן הכוכב, ולמעשה הן בדרכן ובמעופן כבר בדרך אלינו (ראה תמונה 4).

כלומר, כפי שנברא הכוכב במרחק של עשרת אלפים שנות אור מאתנו, כך הקב"ה גם ברא את קרן האור "השייכת" אליו כאשר היא כבר בנקודה יותר קרובה אלינו, דהיינו, קרן האור היתה כבר במרחק של התשנ"ח שנות אור מאתנו ולא יותר. כך יוצא כי הבריאה היתה אמנם עצומה במימדיה עד אינסוף, אבל היא נבראה כאשר הכל כאילו היה פועל מקדמא דנא, דהיינו, הכוכבים במסילותם וגם קרני האור כשהן כבר במעופן אלינו. כך היה החלל בשעת הבריאה, לא רק מלא בכוכבים אלא גם בקרני האור שנבראו גם הן כאשר הן בדרכן אלינו.



**תמונה 4:** שירטוט דמיוני של שעת הבריאה: הכוכב כ' נמצא במרחק רב מאוד מכדור הארץ, אבל הקרן "השייכת לו" נבראה בנקודה ג', הרבה יותר קרובה אלינו, וכאילו היא יצאה בעצם ממנו. גם הכוכב וגם הקרן נבראו ביחד, זה במקומו וזו כבר בדרך אלינו.

יוצא איפוא כי המרחקים העצומים האלה (אם הם נכונים!) אל הכוכבים רק מאדירים ומפארים עוד יותר את מעשיו וגדולתו של הקב"ה, דהיינו שעולמנו זה שנברא בששת ימי בראשית הוא גדול ועצום ואין לו סוף. לכן מעתה נשתמש באלפי ומיליוני שנות אור בכדי לציין מרחקים אסטרונומיים ללא כל בעיה בהשקפת עולמנו, אלא להיפך, אף כאמצעי נוסף להאדרת שמו ופועלו של הבורא יתברך.

מעתה יכולים האסטרונומים גם לגלות שקצה היקום אינו "רק" במרחק של עשרה מיליארד שנות אור (כדבריהם היום) אלא אף להגדילו כאוות נפשם וכיד הפנטזיה הטובה עליהם. הסבר מן הסוג הנ"ל הוא מספיק טוב עבור כל מרחק שיעלה בדעתם. כל מה שאמרנו לעיל הוא כמובן בהנחה שהמספרים שלהם על מיליארדי שנות אור הם בכלל נכונים. למשל הם מניחים בכל חישוביהם שמהירות האור היתה קבועה כל הזמן במשך מיליארדי שנים. ומי ערב להם על כך? ואולי גם חוקי הטבע עצמם השתנו גם הם עם הזמן ואינם בדיוק החוקים של היום?

### שיטות מדידת מרחקים ביקום

כאשר אנו מסתכלים בכוכבים בשמי הלילה, אנו רואים אותם כאילו כולם נמצאים על פני יריעה אחת המתוחה ככדור גדול מעל לראשנו. ואכן הרושם הוא שכל הכוכבים נמצאים על פני אותה יריעה ולכן כלם כביכול באותו מרחק מאתנו. אולם מדידות מדויקות מראות כי הירח הוא קרוב אלינו והשמש רחוקה יותר וכל שאר הכוכבים גם הם מפוזרים בעומקים שונים בחלל מסביבנו.

בעית המרחקים אל גרמי השמים היתה תמיד אחת הבעיות הקשות והמרכזיות באסטרונומיה. ואכן, דרושה מידה רבה מאד של תיחכום בכדי להסיק את המרחקים אל עצמים רחוקים שאין אנו יכולים להגיע אליהם. ממבט ראשון נראה שאולי אפשר למצוא את המרחקים באותה דרך הנדסית מקובלת למדידת מרחקים על פני כדור הארץ, דהיינו אותה שיטה הנדסית ידועה למודדים, אשר בה הם יכולים לחשב את רוחבו של נהר גם מבלי שיחצו אותו בפועל כלל, על פי נתונים אלה ואחרי כן הם מחשבים מהו המרחק אל הגדה השנייה גם מבלי שיגיעו אליה כלל. הם עורכים מדידות שונות של מרחקים וזויות שהם מודדים רק באותה גדה בצד אחד בלבד של הנהר. ואכן כך חשבו הקדמונים למדוד מרחקים גם אל הכוכבים, אלא שהזויות אל הכוכבים היו כל כך קטנות שלא הצליחו אפילו למדדן. רק לפני כמאה וחמישים שנה, הצליחו למדוד שינויי זויות קטנות ביותר, ואז הצליחו לחשב את המרחקים אל מספר כוכבים קרובים ביותר, בדיוק באותה שיטה כפי שעושים המודדים בחישוב רוחבו של נהר מרחוק, מבלי לעבור אל הגדה השנייה שלו (ראה צבא השמים חלק ב, פרק א').

לאחרונה השתפרה מאד מדידת המרחקים בשיטה זו בעזרת חללית מיוחדת, וכיום ידועים מרחקים מדויקים של כוכבים עד למרחק של חמש מאות שנות אור.

ובכל זאת, עבור כוכבים רחוקים יותר, שהם מעבר למרחק של חמש מאות או מעבר לאלף שנות אור, גם המדידות של החלליות אינן מספיקות, ולכן דרושות שיטות אחרות למדידת מרחקים גדולים יותר.

עוצמת האור החלשה המגיעה אלינו מן הכוכבים היא היא המפתח להסגרת מרחקם מאתנו. אבל, הבעיה היא שכוכב הנראה לנו חלש אינו בהכרח רחוק

מאתנו, אלא יתכן דוקא שהוא קרוב מאד, אלא שעוצמת אורו העצמית היא היא החלשה. כך יוצא כי עוצמת האור של הכוכבים הנראית לנו בפועל אינה מעידה לא על מרחקם וגם לא על עוצמת אורם האמיתית, לכן, לא נוכל לסמוך על עוצמת האור של הכוכבים בלבד כמדד מהימן למרחקם מאתנו.

אבל, עוד בתחילת המאה העשרים, כאשר חקרו את תכונות הכוכבים (על ידי פיצול אורם לצבעים דרך פריזמה) התברר כי כל הכוכבים כלם מחולקים "לטיפוסים". גם השמש שלנו שייכת לטיפוס מסוים של כוכבים (המכונה בשם טיפוס ספקטרלי G). מתברר כי כל הכוכבים מאותו טיפוס הם פחות או יותר בעלי אותה עוצמת הארה אמיתית. כך יוצא שאם אנו מגלים כוכב רחוק מטיפוס כזה כמו השמש שלנו, הרי הוא בהכרח בעל אותה עוצמת הארה עצמית כמוה, אלא שאורו הוא חלש מפאת מרחקו הרב מאתנו בלבד. ואכן, אם עוצמת אורו של אותו כוכב הוא פי מיליון חלש יותר מעוצמת אור השמש, אנו מסיקים (מחוקי ההארה ממרחק) כי מרחקו הוא פי אלף ממרחק השמש מאתנו (שהוא כמאה וחמישים מיליון קילומטר) (ראה צבא השמים חלק ב').

למה הדבר דומה? אם היינו לוקחים נורת חשמל סטנדרטית (שאנו מכירים היטב את עוצמת הארתה) ומניחים אותה במרחקים שונים מאתנו, הרי עוצמת הארתה תיראה לנו חלשה יותר ויותר ככל שתתרחק מאתנו. אף ידוע מחוקי ההארה בפזיקה כי אם נרחיק את אותה נורה סטנדרטית למרחק גדול פי שנים, הרי עוצמת אורה שתגיע אלינו תהיה קטנה פי ארבעה.

כך יוצא כי הבעיה האמיתית באסטרונומיה היא לגלות טיפוסים מסוימים של כוכבים שישמשו לנו כנורות הסטנדרטיים של היקום, דהיינו, אנו מבססים קודם כל את העובדה שיש קבוצת כוכבים מטיפוס מסוים, ואז כאשר אנו מגלים כוכבים כאלה מאותו טיפוס שיש להם עוצמת אור חלשות יותר, אנו יכולים לחשב את המרחק אליהם ע"י השוואת עוצמת אורם לעוצמתם האמיתית הידועה לנו.

ואכן כיום מצאו מספר קבוצות כאלה של כוכבים שאנו יודעים שכלם בעלי עוצמת הארה דומה. וכאשר מוצאים אחד מהם שהוא חלש ביחס להארתו האמיתית (כמו כל הכוכבים מאותו טיפוס) הרי אנו יכולים לחשב מיד את מרחקו מאתנו.

למשל, כדוגמה, נחזור שוב לשמש שלנו. כידוע, השמש היא כוכב בינוני

ביקום. היא נראית לנו גדולה וזוהרת רק בגלל קרבתה היתרה אלינו. אבל האמת היא שאם היא היתה במרחק של עשר שנות אור מאתנו, היא היתה נראית כמו כל כוכב בינוני אחר המנצנץ בשמי הלילה. מתברר כי כאשר מנתחים את האור המגיע אלינו מן השמש (ע"י פריזמה) רואים שהיא דומה מאד להרבה כוכבים מאותו טיפוס כמוה. כך אם אנו רואים כוכב חלש יחסית שיש לו אותן תכונות אור (בפריזמה) כמו אור השמש שלנו, אנו אומרים שגם כוכב זה הוא בעצם כמו השמש שלנו, ויש לו אותה עוצמת אור אמיתית כמו השמש, אלא שבגלל מרחקו הרב מאתנו הוא נראה חלש יותר. חולשת עוצמת אורו ביחס לעוצמת אור השמש מסגירה את מרחקו מאתנו. למשל אם עוצמת אורו היא קטנה פי מיליון מזו של השמש סימן הוא שמרחקו הוא פי אלף ממרחק השמש מאתנו.

אבל לפעמים "הטיפוס" של הכוכבים נקבע גם בדרך אחרת. הנה מתברר שישנם כוכבים המשנים את עוצמת אורם באופן מחזורי כל כמה ימים או שבועות. מתברר ממחקרים כי ככל שזמן המחזור הוא ארוך יותר סימן הוא שעוצמת האור האמיתית (הממוצעת) היא גדולה יותר. בעזרת קשר מתימטי כזה ניתן לחשב את מרחקם של כוכבים כאלה ביקום.

אף יותר מזאת, ישנם כוכבים אשר לפתע "מתפוצצים" בשמים. כמובן שאין אנו מרגישים בהתפוצצות כזאת כי היא רחוקה מאד מאתנו אלפי ומיליוני שנות אור. אבל אנו רואים בשמי הלילה כי לפתע, תוך מספר שעות (או ימים), מתחיל כוכב מסוים להאיר בעוצמה הרבה יותר גדולה ביחס לקודם (ראה תמונה 5). אחרי כן העוצמה דועכת במשך מספר חודשים עד שהכוכב אף נעלם מעינינו לגמרי (אף בהסתכלות דרך טלסקופ). מתברר כי עוצמת ההארה המקסימלית אליה מגיע הכוכב היא פחות או יותר זהה בכל הכוכבים המתפוצצים. כך יוצא שאם הכוכב המתפוצץ הוא קרוב אלינו יחסית, הרי אנו נראה עוצמת אור גדולה יחסית, ואם הוא רחוק יותר מאתנו, אנו נראה עוצמת התפוצצות קטנה יותר, אף על פי שעוצמת האור של ההתפוצצות היא זהה בשני הכוכבים, אלא שהמרחק אל הכוכב השני הוא הגורם לכך שאנו נראה עוצמה מקסימלית חלשה יותר. כך יוצא שעוצמת ההתפוצצות היא הנורה הסטנדרטית שאנו יכולים בעזרתה למדוד מרחקים של כוכבים אלה.





תמונה 5: צילום של כוכב "מתפוצץ" (משמאל) בגלקסיה המכונה בשם NGC 4096. בצילומים קודמים לא נראה כוכב זה כלל.

#### סדר המרחקים ביקום

לפי תמונת העולם המקובלת כיום בין האסטרונומים, השמש היא היא הנמצאת במרכז, ושאר כוכבי הלכת נעים סביבה. כדור הארץ נע במסלול השלישי מן השמש, והירח אינו נחשב ככוכב לכת, אלא הוא נע סביב כדור הארץ (ותוך כדי כך הוא מקיף גם את השמש). תמונת עולם כזו אינה סותרת את עקרונות אמונתנו, אף על פי שבמקומות רבים בכתבי הראשונים והאחרונים מתוארת התמונה הישנה אשר בה כדור הארץ הוא במרכז. (הרמב"ם הלכות יסודי התורה פרק ג') (ראה גם פרק תשיעי כאן על יצורים חיים ביקום, וכן ספר צבא השמים חלק א').

בהתאם לתמונה החדשה, השמש היא כוכב מסדר גודל בינוני ביקום, וכל הכוכבים בשמי הלילה הם בעצמם "שמשות" כמו שלנו, אלא שהם רחוקים מאד מאתנו.

אם נרחיק לכת מן "הסביבה הקרובה" של השמש אל מרחבי היקום נתקל בגרמי שמים שאינם דוקא כוכבים. תמונה 6 (צבעונית, לוח 11) מראה ענן גז גדול המשייט לו בחלל בין הכוכבים, והוא מואר ע"י כוכבים בהירים מאד המאירים את כל הגז שבסביבתם. תמונה 7 מראה קבוצת כוכבים שיש מפרשים שהיא היא מזל כימה (ברכות נת:), והיא נמצאת במרחק של כ-380 שנות אור. תמונה 8 (צבעונית, לוח 11) מראה "צביר כוכבים כדורי" המכיל כמאה אלף כוכבים והוא נמצא במרחק של כעשרת אלפים שנות אור! כל המרחקים האלה נקבעו בשיטות שתיארנו קודם. אולם, ככל שמתרחקים יותר ויותר, הרי הספק בדיוק המדידה הולך וגדל. למשל במרחק של כעשרת אלפים



תמונה 7: קבוצת הכוכבים המכונה בשם פליאדים (כימה?).

שנות אור, הרי הספק הוא כעשרים אחוז, דהיינו המרחק האמיתי הוא כאלפיים שנות אור פחות או יותר (מעשרת אלפים).

אבל, "גרם השמים" הגדול ביותר הנראה בשמי הלילה (במקומות חשוכים במיוחד) הוא מה שמכנים בשם "שביל החלב" (תמונה 9 צבעונית, לוח 12). זהו פס אור גדול מאד החוצה את השמים כמעט מאופק לאופק, ונראה כמו חלב שנשפך (מכאן שמו). אבל בטלסקופים (אפילו קטנים יחסית) ניתן לראות שהוא מורכב בעצם ממיליארדי כוכבים קטנים ומערפיליות גז רבות (שתיארנו קודם). יש המכנים אותו גם בשם "נהר דינור" (אבל זה אינו בהכרח אותו "נהר די נור" המוזכר בזוהר, אלא שם מושאל בלבד).

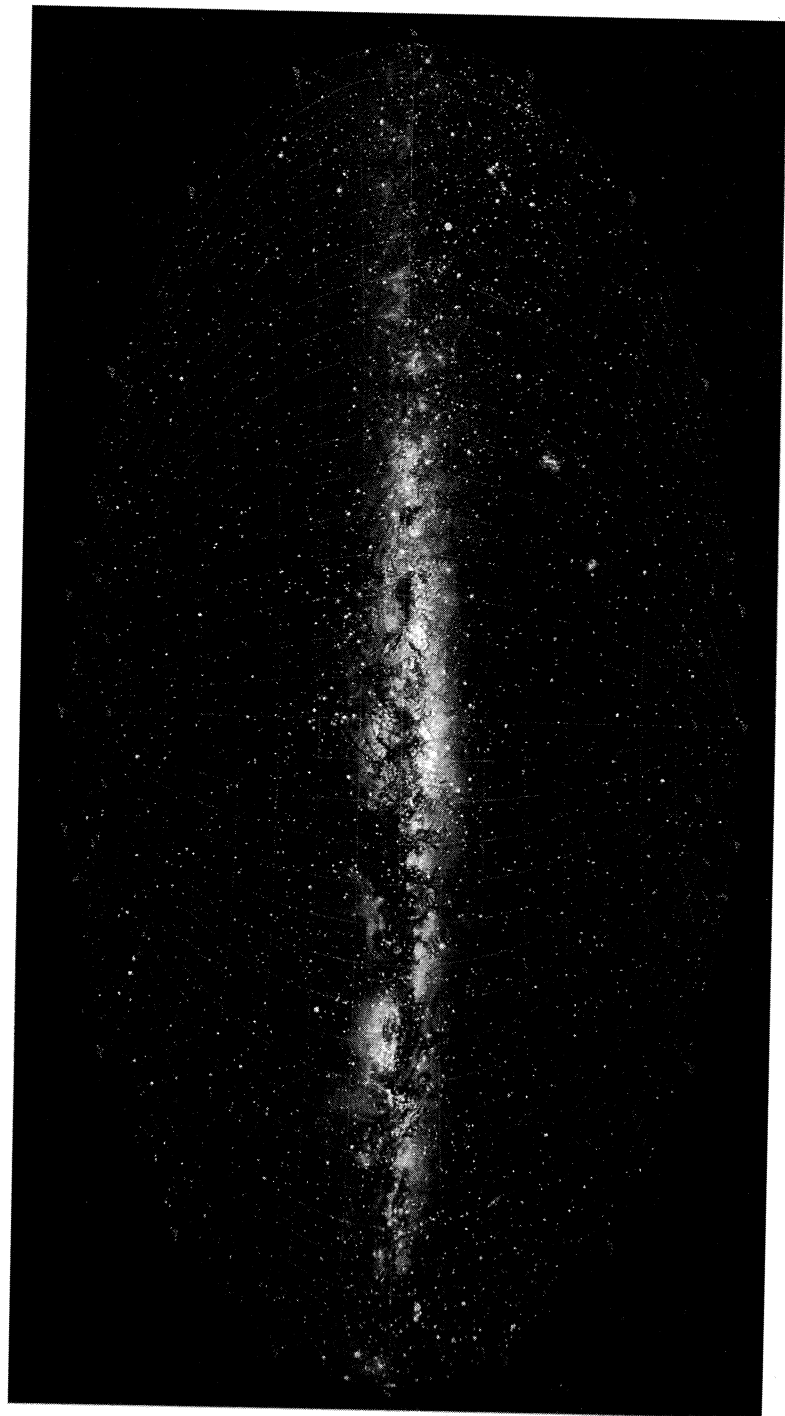
מהו מרחקו של שביל החלב מאתנו?

עוד בתחילת המאה העשרים, כאשר היו ידועים המרחקים של כמה מאות כוכבים בלבד, ניסו למפות את המצב היחסי של הכוכבים במרחב בתמונה תלת מימדית. כל אחד מהכוכבים האלה היה ידוע מרחקו וכן כווננו מאתנו. ולכן, כאשר שרטטו את המפה התלת מימדית הזאת וכיצד היתה נראית לנו כצופים "מן החוץ", התבררה תמונה מפליאה ביותר: כמעט כל הכוכבים וגרמי השמים שאנו רואים בשמי הלילה, כמעט כלם מצטופפים סביב אותו שביל חלב, והם בעצם שייכים אליו. כיום כאשר בידינו המרחקים אל עשרות אלפי כוכבים מתבררת עוד יותר העובדה המפליאה הזאת כפי שרואים בתמונה 10.

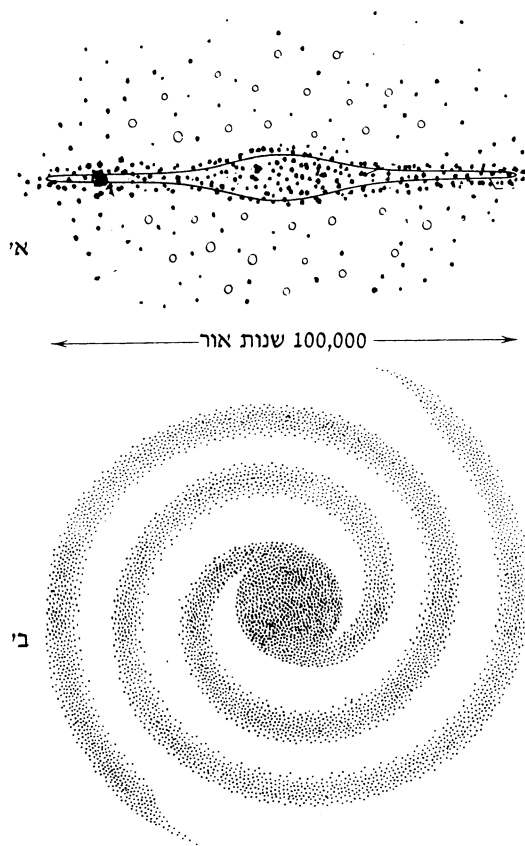
התמונה המרחבית התלת מימדית הזו אינה פשוטה להבנה, כי היא אכן דורשת ראייה תלת מימדית. (ראה צבא השמים, חלק שני, פרק ארבעה עשר) אבל המסקנה היא שכל כוכב שאנו רואים בעינינו אכן שייך לאותו פס אור הנראה בתמונה 10 (אם היינו מסתכלים על כל המערכת הזאת "מבחוץ").

כיום מתברר שמערכת שביל החלב מכילה כעשרה מיליארד כוכבים הדומים לשמש שלנו. מימדיה (ראה תמונה 11) הם עצומים: קוטרה של "הדסקיית" הוא כמאה אלף שנות אור ועוביה כשש מאות שנות אור בלבד. השמש שלנו נמצאת במרחק של כשישים אלף שנות אור ממרכז שביל החלב.

מן התמונה ששרטטנו עד עתה נראה כאילו שביל החלב היא מערכת הכוכבים המכילה את כל הכוכבים הנראים, וכי זהו כל היקום סביבנו, ומאחוריו אין כלום, דהיינו קצה היקום הוא בקצה של שביל החלב. אולם, אין הדבר כן. מתברר כי מבעד לשביל החלב ניתן לראות "שבילי חלב" קטנים רבים כאלה



תמונה 10: "תמונה" של שביל החלב אם היינו יוצאים מחוצה לו. כל הכוכבים והערפיליות מרוכזים במישור אחד בצורת דיסקית. כאן הדיסקית כאילו מצולמות במבט מן הצד.



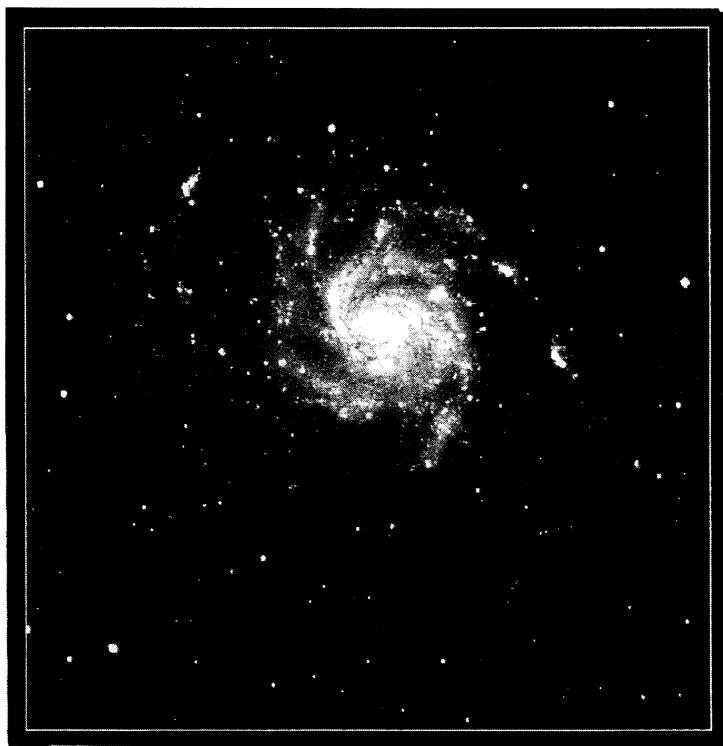
תמונה 11: "צילום" של שביל החלב אם היינו רואים אותו. א. במבט מן הצד. ב. במבט מלמעלה. השמש שלנו נמצאת בתוך שביל החלב ומסביבה כל הכוכבים שאנו רואים בשמי הלילה.

כמו בתמונות 12, 13, ואכן המבנה שלהם דומה מאד לשביל החלב שלנו, אם במבט מן הצד או במבט מלמעלה. לכל אחד משבילי החלב האלה קראו בשם "גלכסיה", ושביל החלב שלנו הוא גלכסיה אחת מיני רבות. כל אחת מגלכסיות אלו מכילה מילארדי כוכבים כמו הגלכסיה שלנו, וגם בהן ישנם כוכבים שאמורים להיות בהירים מאד כמו הכוכבים הבהירים בגלכסיה שלנו, אלא שמפאת מרחקם מאתנו הם נראים לנו חלשים ביותר (כך מודדים את המרחק אליהם!).



תמונה 12: "שביל חלב" אחר במבט מן הצד הנמצא מחוץ לשביל החלב שלנו.  
גם בו ישנם מילארדי כוכבים וערפיליות רבות.





תמונה 13: "שביל חלב" נוסף במבט מלמעלה.

כיצד מודדים את המרחקים אל הגלקסיות?  
האסטרונומים מניחים שהכוכבים הבהירים ביותר בגלקסיות הם זהים בעוצמת אורם האמיתית לעוצמת אורם של הכוכבים הבהירים ביותר בגלקסיה שלנו. לכן, אם עוצמת אורם האמיתית זהה, ובכל זאת הכוכב הבהיר ביותר בגלקסיה רחוקה נראה לנו הרבה יותר חלש, סימן הוא שהגלקסיה היא רחוקה מאד, ואף ניתן לחשב לפי זה את מרחקה מאתנו.  
המרחקים גם נמדדים בשיטות אחרות כגון כוכבים מחזוריים וכן כוכבים שמתפוצצים בגלקסיות אלו (ראה לעיל).  
שיטה אחרת בעלת עוצמה מיוחדת במינה למדידת מרחקים אל גלקסיות נתגלתה עוד בתחילת המאה העשרים. מתוך תצפיות ומדידות רבות מתברר כי רוב הגלקסיות דוקא מתרחקות מאתנו במהירויות גדולות. התברר שככל

שמהירות הבריחה שלהן משביל החלב היא גדולה יותר הרי גם מרחקן הוא גדול יותר. כך הפכה המדידה של "בריחת הגלקסיות" מאתנו לאמת מידה מהימנה יחסית לחישוב המרחק של הגלקסיות מאתנו.

תופעת "בריחת הגלקסיות" עצמה הביאה להשערה שכנראה כל הגלקסיות ביקום כלן מתרחקות זו מזו כמו בתהליך של "התפוצצות", ומכאן התפתחה התאוריה של "המפץ הגדול" של היקום. התיאוריה הדמיונית הזו שלטת היטב כיום בעולם המדעי (עם כל הפנטזיה שבה).

במקרים רבים רואים כי הגלקסיות יוצרות "צבירי גלקסיות" בני עשר, מאה ואף אלפי גלקסיות בצביר אחד. לאחרונה נערך צילום מיוחד במינו ע"י טלסקופ החלל על שם האבל ובו פתחו את עין המצלמה במשך עשרה ימים רצופים בכדי לצלם את גרמי השמים החלשים והרחוקים ביותר האפשריים. תמונה 14 (צבעונית, לוח 13) מראה את התוצאה. כל עגול קטן הוא כוכב, אבל כל צורה מאורכת או מפותלת היא גלקסיה. לדעת האסטרונומים כיום, זהו הצילום של הגלקסיות הרחוקות ביותר ביקום, ומרחקן הגדול ביותר מגיע לכעשרה מיליארדי שנות אור.

לפי התיאוריות האסטרונומיות כיום, הרי ככל שהצילומים יהיו עמוקים יותר, אמנם נראה יותר ויותר גלקסיות רחוקות שמתווספות בצילום, אבל במרחק, נאמר, של כשנים עשר מיליארד שנות אור, כבר לא יתווספו יותר גלקסיות בצילום, כי לפי דעתם יש אכן סוף לגלקסיות, ואחרי כן יש רק קרינה (אור) בלבד. לפני מספר שנים הם אף התיימרו לצלם קרינה זו (קרינת גמא) ע"י חללית, ולפי דעתם זוהי גם הקרינה שהיתה עוד לפני שנוצרו הגלקסיות ביקום (תמונה 15 צבעונית, לוח 10). כאן מצאו מקום כמה מדענים בעלי דמיון פורה

לזהות כביכול את הקרינה הזאת עם האור של יום ראשון במעשה בראשית. אם כי המדידות וחישוב של המרחקים של מאות ואולי גם אלפי שנות אור הם מדויקים יחסית, ויש להם על מה שיסמוכו, הרי המרחקים אל הגלקסיות אינם פרי של מדע מדויק. בדרך בדרך נעשו הנחות רבות שכל אחת מהן יכולה להשתנות במרוצת השנים של המחקר המדעי. לכן יש להתיחס בזהירות רבה מאד למספרים האבסורדיים האלה של מיליוני ומיליארדי שנות אור שאין הדעת סובלתן. בכל אופן, הם אינם נוגדים את עקרונות אמונתנו, אלא להפך, ככל שהאסטרונומים "ינפחו" את היקום במספרים גדולים יותר ויותר, כך

הדבר מגדיל ומאדיר יותר ויותר את גודל מעשיו ושמו של הקב"ה בעיני ברואיו, שהרי כתוב במדרש (בראשית רבה ס"ח ט') שהוא מקומו של עולם ואין עולמו מקומו, ולכן האדרת עולמו של הקב"ה הוא האדרתו יתברך. האסטרונומים ימשיכו במחקריהם המפליאים והמדהימים, ואנחנו נחזק בכך את אמונתנו עוד יותר מתגליותיהם דוקא. ובמידה ותהיה בעיה כל שהיא הנוגדת את אמונתנו, הרי בתוך כל כך הרבה ספקולציה ופנטזיה, קל מאד ליישב את הדברים בפנטזיה נגדית משלנו שתיישב את כל הקושיות במסגרת השקפתנו.

פרק שישי

## שרידים ממעשה בראשית

רבי אליעזר בן הורקנוס פתח (פרקי דרבי אליעזר, פרק ג'): "מי ימלל גבורות ה' ומי ישמיע כל תהילתו (תהילים ק"ו), וכי יש אדם בעולם שהוא יכול למלל גבורותיו של הקב"ה או להשמיע כל תהלתו? אפילו מלאכי השרת אינן יכולים לספר אלא מקצת גבורותיו. יש לנו לדרוש במה שעשה ובמה שהוא עתיד לעשות, למען יתרום שמו של הקב"ה בברייתו שברא מסוף העולם ועד סופו, שנאמר, 'דור לדור ישבח מעשיך' (תהילים קמ"ה). עד שלא נברא העולם היה הקב"ה ושמו הגדול בלבד. ועלה במחשבה לברוא את העולם והיה מחריט את העולם ולא היה עומד. משלו משל למה הדבר דומה, למלך שהוא רוצה לבנות פלטרים שלו. אם אינו מחריט בארץ יסודותיו ומובאיו אינו מתחיל לבנות. כך הקב"ה החריט לפניו את העולם ולא היה עומד עד שברא את התשובה". עכ"ל.

ומה ענין התשובה לקיומו של העולם? ועל זה פירש הרד"ל (שם) שלא ראה במחשבתו (הקב"ה) יתברך קיום לאדם שהוא עיקר העולם מפני שהוא עתיד לחטוא. (דהיינו, מפני חטאיו של האדם לא יהיה קיום לעולם, ולכן ברא גם את התשובה, על מנת שאדם יחזור בתשובה וכך העולם יתקיים). שהתשובה מגעת עד כסא הכבוד, שהאדם יאסוף לבו רוחו ונשמתו (הנשברים באורותיהם ע"י ששקעם בתאות חטאיו) למעלה, לעורר שירדו עליו מוחין חדשים לחדש אורם כבראשונה. וזה שאמר "תשב אנוש עד דכא", שדכא הוא לשון שבירה כשבירת הכלים, ואח"כ יתאמר שובו בני אדם, וכד"א "לב נשבר ונדכא אלקים לא תבזה". אבל, אף לאחר שכבר נבראה התשובה, אמרה תורה שבכל זאת צריך שיתגלה גם מידת ארך אפים בעולמו, להאריך אפו עד שיעשה תשובה. דהיינו לשתף גם את מידת החסד והרחמים, ושלא רק הדין ישרור בעולם, עד שיחזור האדם בתשובה, כי כאמור, ע"פ מידת הדין בלבד לא יהיה קיום לאדם וגם העולם יחרב בגינו. ואכן מצינו במספר מקומות שהקב"ה שיתף את מידת החסד והרחמים ורק בגין זה נתקיים העולם,

שנאמר (בראשית ב', ד') "אלה תולדות השמים והארץ בהבראם ביום עשות ה' אלקים ארץ ושמים". ועד לפסוק זה מוזכר שם "האלקים" בלבד, שהוא מידת הדין, אבל מידת יוד קא ואו קא שם הויה' יתברך שהוא מידת החסדים לא נשתתף עד אז אלא החל מפסוק זה והלאה.

ובאמת כיצד היה נראה העולם בתחילת מעשה בראשית אילו נתקיימה בו רק מידת הדין. איתני הטבע היו בודאי פועלים כל אחד בכוחו הוא כפי שהקב"ה האציל בהם, זה מושך וזה מעקם וזה זורק וזה עוצר. בעולם העשיה הגשמי היה זה בודאי מצב שבו כל דאלים גבר. כוכבים נוצרים ולפתע מתפוצצים ומתמוטטים, ענני חומר עפים לכל כוון ומתנגשים בזה ובוזה בכוחות אדירים, חום וקור עזים שוררים בחלל בערבוביה ונאבקו זה בזה ואין יציבות בשום מקום. אולי אפשר לדמות את המצב הזה בזעיר אנפין כאשר מתחוללת ח"ו רעידת אדמה חזקה, והכל מסביב מתמוטט ועף לכל רוח. אין במה להחזיק ואין לאן לרוץ, כי כוחות הדין פועלים בכל מקום וניתן רשות למשחית להשחית ל"ע.

והנה כאשר מסתכלים בטלסקופים במרחבי היקום, ניתן עדיין לראות "פינות" כאלה אשר שוררת בהם הערבוביה וגם מאורעות קטסטרופליים כאלה אשר בהם הכל שם מתמוטט, ואולי אלה הם שרידים של אותם מעשה בראשית שנתרו עדיין בעולם, וכל תפקידם הוא לאפשר לאדם לראות במו עיניו ולהתפעל מגודל מעשיו יתברך.

ואכן "עולמות מעורבבים" כאלה רואים ממש בטלסקופים, צילום אחר צילום, ואף עוקבים אחריהם במשך שנים רבות. תמונה 1 מראה צילום של מרכז הגלכסיה שלנו (המכונה בשם "שביל החלב") אשר בה ניתן לראות כיצד עננים וכוכבים משמשים שם באנדרלמוסיה גמורה. ואכן מאותו איזור נקלטים אותות רדיו חזקים מאד, וערבוביה גדולה של קרינות של אנרגיות גבוהות ביותר בעוצמה של פצצות גרעיניות אבל חזקות פי מילארדים ומילארדים יותר מאלה שאנו מכירים על פני כדור הארץ. זוהי "סביבה עוינת" ביותר ששום כוכב לכת שלנו לא היה עומד בה. כוכבים נוצרים ומתמוטטים שם בן רגע ואין קיום לשום דבר פרט לתוהו ובוהו עצמו. בתוך "סביבה" כזאת אכן צריך מידת



תמונה 1: צילום של כוכבים וערפיליות בערבוביא גמורה במרכז הגלקסיה שלנו (המכונה בשם "שביל החלב").

חסד ורחמים גדולים מאד מהקב"ה עצמו יתברך על מנת שישרוד משהו ויהיה בר קיימא לאורך זמן.

תמונה 2 (צבעונית, לוח 14) מראה צילום חדיש מטלסקופ החלל ע"ש האבל המראה את הכוכב "הפעיל" שכינויו "איתא קרינא". כוכב זה הולך ומתחסל ממש לנגד עינינו והוא מתנפח ויוצר שני "בלונים" גדולים ושני סילונים קטנים

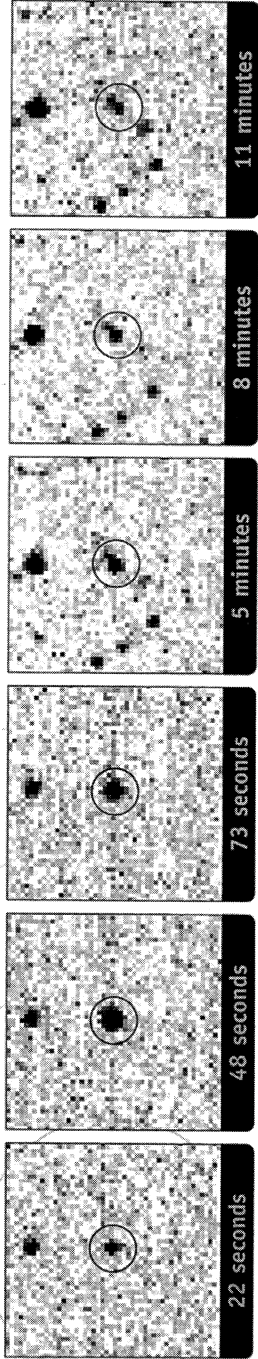


יותר היוצאים מן המרכז. אבל הוא אינו עושה זאת בגלל כוחות חיצוניים מסביבו אלא הוא עצמו אינו יציב כלל ואולי יגרום לחיסולו העצמי המוחלט. אבל עוצמות של התפוצצויות כוכבים יוצאת דופן באמת החלו להתגלות בשמים רק לפני כשנתיים. אמנם ידועה היטב ההסטוריה של כוכבים מתפוצצים (סופרנובות) במאת השנים האחרונות (ראה צבא השמים חלק ב', עמ' 165). אבל לאחרונה נתגלו התפוצצויות שהן באמת "מעולם אחר" לגמרי, והאסטרונומים עומדים ומשתאים למראה עיניהם.

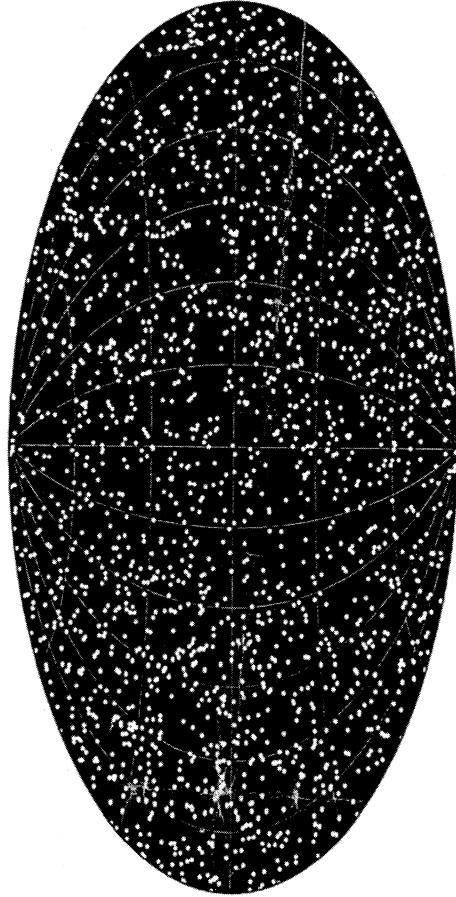
### התפרצויות של קרינת גאמא

בהתפוצצות של ניסוי פצצה גרעינית עשויה בידי אדם משתחררים סוגים שונים של חלקיקי חומר ושל קרינה. האור שרואים בעיניים בזמן ההתפוצצות הוא אך סוג אחד של קרינת אנרגיה, והיא אך חלק קטן בלבד מכל קרינות האנרגיה הרבות המשתחררות. עיקר הקרינה משתחררת בצורת קרינה אולטרא סגולה, קרינת X וקרינת גאמא, (שהיא גם האנרגטית והקטלנית מבין כל הקרינות). קרינות אלו הן קטלניות והחום שנוצר בעקבותן מגיע לכדי כמה מיליוני מעלות חום (ראה סקירה של סוגי קרינה בספר צבא השמים חלק א' עמ' 24) כל סוגי הקרינות האלה לא נמצאים רק בהתפוצצויות גרעיניות, אלא ניתן לייצר אותן בצורה מבוקרת גם במעבדות על פני כדור הארץ, ואף ניתן למדוד את עוצמתן בצורה מדויקת על ידי מיכשור מתאים. (יש להן גם שימושים רבים ברפואה ובשטחים טכנולוגיים רבים אחרים).

לפני כשלושים שנה העמיד צבא ארה"ב מערכת של לויינים בחלל מעל כדור הארץ אשר נשאו על גבם מכשירים למדידת קרינת גאמא. תפקידם של מכשירים אלה היה לגלות התפרצויות של קרינת גאמא על פני כדור הארץ אשר יעידו על קיום של פיצוץ גרעיני במקום כל שהוא, ובדרך זו לפקח על הניסויים הגרעיניים של כל המדינות. והנה להפתעתם של עורכי הניסוי, נמדדו התפרצויות של קרינת גאמא אשר התברר (לאחר בדיקה) שלא היו ולא נבראו על פני כדור הארץ. אבל המכשירים על גבי הלויינים המשיכו להראות כל הזמן שאכן ישנן התפרצויות של קרינת גאמא שנמשכו מספר שניות ואף מספר דקות. (תמונה 3). אז הועלתה ההשערה שאולי התפרצויות אלה אינן על פני כדור הארץ, אלא הן מתחוללות אי שם בעמקי החלל החיצון. ואכן התברר כי



תמונה 3: צילום רצוף של התפרצות של קרינת גאמא (בעגול).



תמונה 4: מיקום כאלפיים מאורעות של התפרצויות קרינת גאמא בשמים.

הכוונים שמהן מגיעות ההתפרצויות האלו של קרינת גאמא הם בכלל בכוון הפוך לכדור הארץ, כלומר מאי שם בשמיים. מאז הופנו כמה טלסקופים למדידת קרינת גאמא והתברר כי אכן נמדדות התפרצויות כאלה בקצב של פעמיים או שלוש ביום, והן מגיעות בכל פעם מכוון אחר בחלל. ההתפרצות יכולה לארוך זמן של חלקיק שניה ועד למספר דקות, ומה שמאפיין אותה עוד שהיא אינה קבועה במשך זמן קצר זה, אלא היא בעלת עוצמה "מהבהבת" הלוך ושוב, כשכל הבהוב הוא קצר מאד הנמשך כאלפית השניה בלבד.

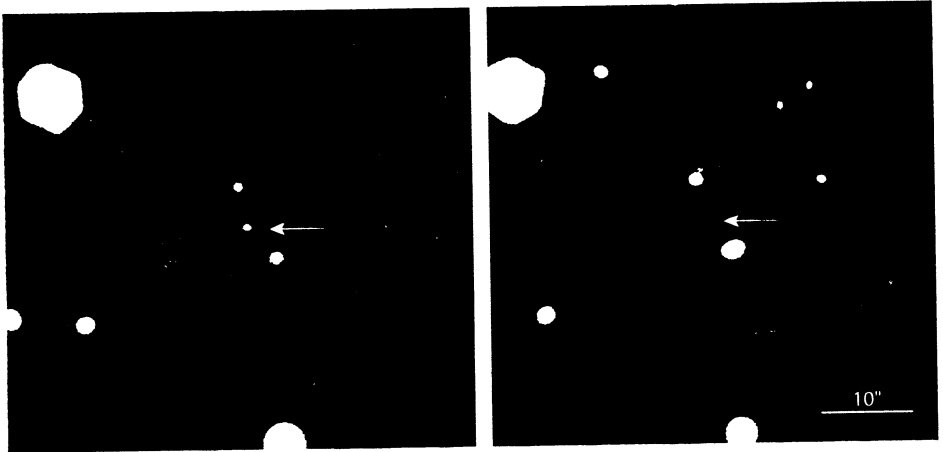
במשך כשלושים שנה (עד לפני כשנה וחצי) ניסו לזהות מה הם הגופים השמימיים הגורמים להתפרצויות אלו, האם הם כוכבים, ערפיליות או גלכסיות, או אולי הם מתחוללים במערכת השמש שלנו. אבל, כאשר הסתכלו בדקדוק רב בטלסקופים הרגילים באותם כוונים מהם מגיעה קרינת גאמא, לא ראו כלום, רק חושך מוחלט ללא כל שריד אפילו עמום ביותר של אור (אבל מסביב אכן היו כוכבים וגלכסיות רבות אחרות אבל הם לא עמדו בדיוק בכוון ההתפרצויות האלו). אמנם ידועה היטב תופעה אחרת של התפוצצות של כוכבי סופרנובה, אבל אלה קורות אחת לחודש וגם אנו רואים אותן היטב בעיניים, וגם הבזק האור שלהן נמשך מספר חודשים ולא שניות או דקות כפי שצינינו לעיל.

לפני כשבע שנים נשלח טלסקופ מיוחד לחלל (שכינוי BATSE) שתפקידו היה לצפות ולמדוד מקורות שמימיים של קרינת גאמא. הוא אמנם מכונה בשם "טלסקופ", אבל הוא אינו משמש לראיה בעין אלא הוא "רואה" רק קרינת גאמא בלבד, כי המכשירים שלו הם כלם רגישים אך ורק לסוג קרינה זה ולא לקרינת אור רגילה שאנו רואים בעין. למשל, אם אנו נסתכל בעינינו דרך טלסקופ כזה לא נראה דבר, אבל המכשירים שעליו כן "יראו" קרינת גאמא וגם ימדדו את עוצמתה. גם הרדיו טלסקופ הוא "טלסקופ" שתפקידו לצפות ולמדוד גרמי שמים המקרינים גלי רדיו בלבד. ישנם גם "טלסקופים" העורכים תצפיות בקרינת X או בקרינה אולטרא סגולה או אינפרא אדומה. וכל אחד מהטלסקופים האלה רגיש אך ורק לקרינה שהוא נועד לצפות בה בלבד. עתה מובן הקושי בזיהוי של גרמי שמים הפולטים קרינת גאמא, כי בשעה שטלסקופ של קרינת גאמא קולט מקור של קרינה כזאת, הוא אינו מסוגל לקלוט אור רגיל הנראה לעין, ויש צורך בטלסקופ רגיל (אופטי) "שיסתכל" גם הוא באותו

רגע בדיוק על מנת שנדע מי הוא גרם השמים הפולט את קרינת הגאמא. ובכן, אותו טלסקופ של קרינת גאמא שנשלח לפני כשבע שנים הצליח לקלוט כאלפיים התפרצויות גאמא כאלה. תמונה 4 מראה "מפת שמים" תלת מימדית של כל ההתפרצויות. המקום של כל אחת מן ההתפרצויות אינו זהה עם מיקום של כוכבים או גלקסיות הנראות לנו בעיניים דרך טלסקופ רגיל, אלא זוהי "מפת שמים" אחרת לגמרי, ואכן עד לפני כשנה וחצי לא היה ידוע מי הם גרמי השמים אשר בהם מתחוללות התפרצויות של קרינת גאמא כאלה. המיוחד שבמפה זו הוא גם כי ההתפרצויות באו מכל הכוונים בשמים (ראה תמונה 4). הפיזור האקראי הזה בכל הכוונים מעיד על כך שהגופים המחוללים את ההתפרצויות האלו אינם שייכים למערכת השמש שלנו (שהיא מישורית ולא מרחבית) אלא הם סובבים אותנו במידה שווה בכל הכוונים, והם יכולים להיות כוכבים, ערפיליות או גלקסיות רחוקות, או אולי גרמי שמים שלא הכרנו עד כה.

הקושי העיקרי בזיהוי הוא שההתפרצות של קרינת גאמא כזאת אורכת זמן קצר יחסית, לכל היותר מספר דקות. אמנם הכוון בשמים של התפרצות כזאת הוא מדויק יחסית, אבל, כאמור, כאשר הסתכלו אחר כך בטלסקופים הרגילים (אופטיים) לא ראו דבר באותו כוון. לכן היה דרוש מאמץ מיוחד במינו בכדי להכין מספר טלסקופים שיעמדו במצב כוונות ותוך כדי הודעה קצרצרה מהחללית שקולטת התפרצות כזאת, מיד להפנות את הטלסקופים האלה לאותו כוון מתוך תקווה שיראו גם בעיניים אם יש גם התפרצות של אור רגיל מאותו כוון.

ואכן רק לפני כשנה וחצי (שבט תשנ"ז פברואר 97) הצליחו האסטרונומים "לתפוס על חם" התפרצות של קרינת גאמא כשהיא מלווה באותו כוון גם בהתפרצות של אור רגיל שניתן היה לראות בעיניים גם בטלסקופ אופטי רגיל. ואף נקלטה מאותו כוון גם התפרצות בקרינת X וקרינת גלי רדיו. יתר על כן, תוך מספר דקות גם דעכו כל הקרינות גם יחד ונעלמו כלא היו. תמונה 5 מראה צילום שנלקח ע"י הטלסקופ (האופטי) הגדול ביותר בעולם כיום ע"ש קאק והמוצב באי הוואי באוקינוס השקט. הצילום נלקח בדיוק באותו זמן שטלסקופ של קרינת גאמא המוצב בחלל קלט התפרצות כזאת. אמנם האור שנקלט בטלסקופ האופטי היה חלש ביותר, אבל כיון שהטלסקופ הוא גדול



תמונה 5: צילום של התפרצות אור רגיל באותו איזור בדיוק שצפו באותו זמן בהתפרצות קרינת גאמא. החץ מראה את מקום ההתפרצות. הצילום הימני נלקח מספר דקות לאחר מכן - והאור היה כלא היה.

מאד, הצליחו האסטרונומים לא רק לצלמו בצילום רגיל, אלא גם לפצל את אורו לצבעיו ולגלות את אופיו, וגם לחשב את מרחקו המשוער של הגוף השמימי שגרם להתפרצות זו של קרינת הגאמא.

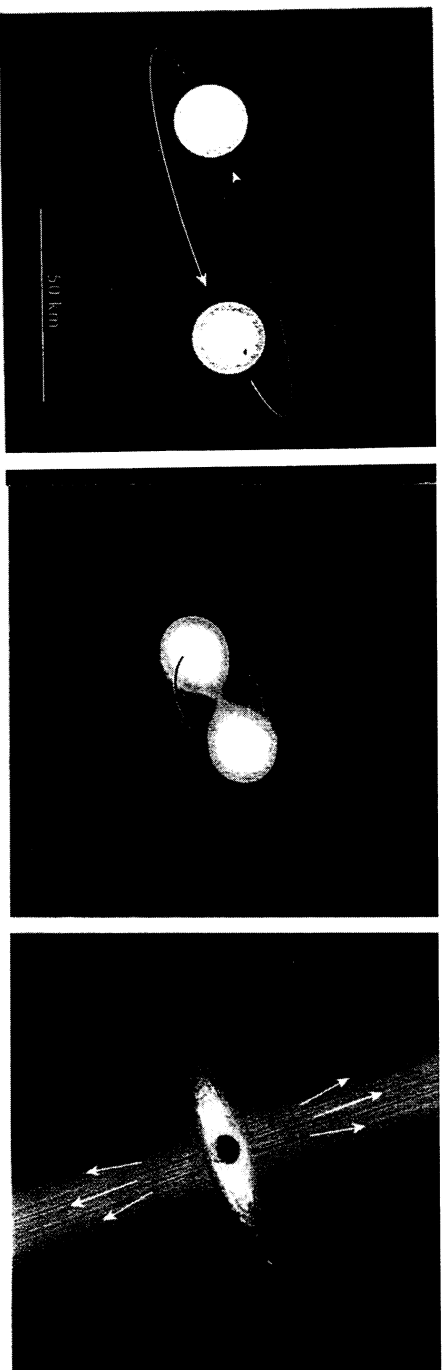
ואכן, התברר כי מרחקו המשוער הוא מרחק קוסמולוגי, דהיינו, מרחק שבין 4 ל 8 מיליארדי שנות אור! (ובלשון האסטרונומים: "ההזזה" של הספקטרום לעבר האדום מתאימה למרחק גדול כזה, כמו בגלכסיות רחוקות ביקום). ההתפרצות הזאת בקרינת גאמא נקלטה גם ברדיו - טלסקופ וגם בטלסקופ של קרינת X. אבל הקליטה של ההתפרצות ברדיו - טלסקופ הגיעה אלינו באיחור של מספר ימים. הסיבה לכך היא שגלי רדיו נעים במהירות איטית יותר במרחבי היקום, והאיחור הרב הזה דוקא מאשר את ההשערה שאכן ההתפרצות הזאת התחוללה בקצה היקום.

עד עכשיו זוהו בודאות שש התפרצויות קרינת גאמא ונראה שכלן התחוללו במרחק שבין 4 - ל- 10 מיליארד שנות אור. כך הולכת ומתחזקת היום הנטייה לחשוב שאכן ההתפרצויות האלו מגיעות מגרמי שמים רחוקים ביותר בקצה היקום הנראה. מרחקם הרב מאתנו הוא מרחק טיפוסי דוקא לגלכסיות הרחוקות ביותר ביקום הנצפה כיום. לכן משערים שאותו גוף שהאיר לפתע

ושצולם בתמונה 5 שייך גם הוא קרוב לודאי לאיזה גלכסיה רחוקה מאד שאינה נראית לנו כלל, אלא שאותה התפרצות בלבד שהתחוללה שם היא הסימן היחידי עבורנו לקיומה של גלכסיה בלתי נראית זו. אבל, במרחקים גדולים כאלה של גלכסיות אפילו הבזק כזה קטן של התפרצות קרינת גאמא מעיד על כך שההתפרצות שם היתה מעל ומעבר לכל מה שהאסטרונומים יודעים כיום. לפי החשבון, במרחק גדול כזה מתברר שכמות האנרגיה שפרצה תוך מספר שניות בלבד הגיעה לכדי פי מאה ויותר מכל התפוצצות של כוכב סופרנובה הידועה לנו עד היום. לכן יש כאלה הקוראים להם בשם "היפר - נובה". יתר על כן אין כיום שום מנגנון פיזיקלי ידוע (אפילו לא מנגנון של פצצות גרעיניות) שיספקו אנרגיה בסדר גודל כזה כמו בהתפרצויות של קרינת גאמא כאלו. ואכן, האסטרונומים כיום עומדים ומשתאים כיצד להסביר את מקור הקרינה האדירה הזאת. בכינוסים הבינלאומיים הדנים כיום בנושא זה כל מרצה פותח קודם כל בהכרזה "איני יודע מהיכן זה בא וכל מה שאומר הוא אולי רק סיפור בעלמא וזה אינו מחייב דבר".

ישנם אמנם מודלים אפשריים של התרחשויות בין כוכבים שיכולים "להוליד" אנרגיות גבוהות, אבל לא אנרגיות כאלו. למשל, ישנו מודל של "נפילת" זוג כוכבים מיוחדים במינם הנקראים בשם "כוכבי ניאוטרונים" הנופלים זה על זה (תמונה 6) ותוך כדי נפילתם נוצרת התפוצצות אדירה באיזה שהוא שלב, ולבסוף נוצר משניהם כוכב משונה אחר בשם "חור שחור", שגם הוא יוכל להיות פעיל וליצור אנרגיה כזו חד פעמית בסביבתו. (על כוכבי ניאוטרונים וחורים שחורים ראה צבא השמים, חלק ב', עמ' 179-190). הבעיה עם מודל כזה שבכל זאת האנרגיה היוצאת מבריחת חלק מן החומר החוצה היא עדיין נמוכה יחסית, ובכדי לספק את האנרגיה שצופים בפועל יש צורך שחומר זה ינוע כמעט במהירות האור. עד עכשיו נתגלו כתמישה זוגות כאלה של כוכבי ניאוטרונים המקיפים זה את זה. לפי חשבון תיאורטי תוך כדי סיבובם הם יפלו בסופו של דבר אחד על השני, ואז יתחולל תהליך של התפוצצות שתיארנו לעיל. חמשת הזוגות האלה של כוכבי ניאוטרונים אינם בקצה היקום אלא בסביבה "הקרובה" שלנו (עד לשלושים אלף שנות אור "בלבד"). אבל, כאמור המודל הזה עדיין אינו מתאים ביותר כי התפוצצות זו עדיין אינה מספקת את האנרגיה של קרינת גאמא שצופים בפועל, אלא אולי להתפרצויות "החלשות" יותר שבהן.





תמונה 6: מודל של שני כוכבי נייטרונים המקיפים זה את זה בסביבה. בסופו של דבר, לאחר זמן רב הם יפלו זה על זה ותוך כדי כך תוצר התפרצות חזקה של קרינת גאמא במשך רבע השעה האחרונה של התמוגות שני הכוכבים. לבסוף נוצר "חור שחור" שהזיסקית סביבו יכולה גם להיות מקור של התפרצות של קרינת גאמא.

בחינה אחרת של אותו מודל אשר בו נופלים זוג כוכבי ניאוטרוניים זה על גבי זה הוא שתוך כדי נפילתם נוצר גם מה שמכונה בשם "גל גרביטציה". תופעה כזאת נוצרת כאשר כוכב אחד או זוג כוכבים משנים לפתע את צורתם או מצבם זה ביחס לזה, כלומר כאשר מסה גדולה מאד נעה לפתע, ואז שדה המשיכה הגרביטציוני סביבם משתנה גם הוא בעקבות זה. כאשר שני כוכבי ניאוטרוניים נופלים זה על זה כמתואר לעיל ומתמזגים בתהליך מהיר שאורך כחמש עשרה דקות בלבד, אכן משתנה כח המשיכה בסביבתם בצורה פתאומית ביותר, והשינוי הזה יוצר "גל גרביטציוני" ההולך ומתפשט בחלל (בדיוק כמו שאבן הנופלת לתוך בריכת מים שקטים יוצרת סביבה גלים ההולכים ומתפשטים רחוק על פני המים). גלים גרביטציוניים כאלה הם חלשים ביותר, אבל בזמן האחרון פיתחו האסטרונומים גם "טלסקופ" של גלי גרביטציה, דהיינו, מתקן שתפקידו "לתפוס" את הגלים הזעירים האלה. ואכן עד עכשיו היתה הצלחה מסוימת לטלסקופים אלה כאשר קלטו את ההתפוצצויות של סופרנובה שנראו בעיניים גם בטלסקופ אופטי. אבל ההתפוצצויות הנובעות ממזיגה של זוג כוכבי ניאוטרוניים היא הרבה יותר חלשה. ולכן ישנם כיום מספר טלסקופים בתהליך של הרכבה אשר יוכלו להבחין בהתפוצצויות כזאת עד לקצה היקום הנראה כיום. בדרך כלל, טלסקופ גרביטציוני מבוסס על כך שכאשר מגיע גל גרביטציוני אליו, הוא מזעזע את תוכו של גוף מאורך מסוים (מקצר ומאריך אותו מעט מאד) וגודל הזעזוע ניתן למדוד באמצעות קרני לייזר בצורה מדויקת ביותר. כמות האנרגיה העצומה של קרינת הגאמא של מקורות אלה חושבה בעצם על סמך ההנחה שהיא מגיעה לא רק אלינו אלא לכל המרחב כלו ולכל הצדדים, מתקבלת בחישוב כזה כמות אנרגיה עצומה שהיתה כביכול אצורה בגרם שמימי אחד. אבל לאחרונה החלו לחשוב על האפשרות שכל פעם שאנו רואים התפרצות כזו, יתכן מאד שבאותו רגע בלבד מפנה אלינו אותו גרם שמימי אותו חלק על פניו שמקרין קרינת גאמא חזקה. הדבר דומה, למשל, למגדלור מסתובב שבכל פעם שקרן האור מגיעה אלינו רק אז אנו רואים אותו. במקרה כזה האנרגיה היא מצומצמת במקום אחד בלבד על פניו ואינה נובעת לכל הצדדים, וזאת בניגוד להנחה שהקרינה מתפשטת בכל הכוונים בכל המרחב כלו. יתכן מאד שמודל כזה הוא מתאים יותר כי הוא פותר את הבעיה בדרך קונבנציונלית

כיום באסטרונומיה. האסטרונומים מקוים שבשנים הקרובות יוכלו לקלוט התפרצויות של קרינת גאמא שיופיעו בד בבד גם בטלסקופים אופטיים, קרינת X, רדיו וגם בגלי גרביטציה. כל האמצעים האלה יוכלו לתת תשתית של עובדות אשר בעזרתם יפתחו מודל תיאורטי אפשרי של המאורע המחולל את כל הקרינות האלו.

כדרכם של אנשי המדע בשנים האחרונות, אי אפשר שלא להלך עלינו אימים גם בענין זה. מספר אסטרונומים בעולם (ולצערנו בראש כלם עומדים דוקא מספר אסטרונומים מן הטכניון בחיפה) החלו לחשב מה יקרה לכדור הארץ אם התפרצות כזאת של קרינת גאמא תתחולל "לא הרחק" מאתנו. הם מתארים בפרוט רב מה היה קורה לנו כאן אם זוג כוכבי ניאטרונים היו נופלים זה על זה, למשל, כשמרחקם מאתנו הוא כשלושת אלפי שנות אור. (ואכן, נתגלה כבר זוג כוכבי ניאטרונים כזה במרחק של כאלף ושש מאות שנות אור בלבד מאתנו, אלא שהמזיגה של זוג זה לא תתחולל לפי חשבונם אלא בעוד כשלושה מיליארד שנה). לפי חשבונותיהם, כאשר יגיע ההדף הראשון של ההתפוצצות אלינו, "יטבול" כדור הארץ "באמבטיה" של קרינת גאמא במשך מספר דקות. אבל למזלנו, האטמוספירה שלנו תגן עלינו, וכל מה שיראו בשמים הוא פס כחול זוהר בלבד לזמן קצר. ישנם אסטרונומים שטוענים ששלב זה לא יגמר בכך בלבד, אלא שהרכבה של האטמוספירה העליונה של כדור הארץ ישתנה לחלוטין: שכבת האוזון למשל תתמוטט, וגם יוצרו תרכובות אויר חדשות שיחשיכו את העולם. עד עתה אלו הן "הבשורות הטובות". לאחר מספר ימים ישטוף זרם של חלקיקים קטלניים לחי ולצומח והם יחדרו לכל מקום ובפרט למי הימים והנהרות. תהליך זה יימשך כחודש ימים בלבד, ובכך יגווע כמעט כל החי. כדור הארץ יהיה אז גוש סלע רדיואקטיבי כמו אחרי פצצה אטומית. חוקרים אלה משערים גם כי יתכן שהדינוזאורים הוכחדו בהתפרצות גאמא כזאת, ולא בהכרח ע"י אסטרואיד, כפי שתיארנו בפרק שני כאן. כמו בענין האסטרואידים ישנם גם אסטרונומים שכבר הציעו איך "להתגונן" מפני התפרצות כזאת באופנים שונים ומשונים (בדיוק כפי שניסו דור המבול להתחכם בכדי להנצל מן המים שנבעו מארובות השמים וממעיינות תהום רבה והתמוטטו שם).

אבל פרט לעובדות של התצפיות שתיארנו לעיל, הרי כל שאר הרעיונות הם

פנטזיות של אסטרונומים הוזים בהקיץ. אמנם בקיץ תשנ"ט נרשמה קרינת גאמא וקרינת X חזקה ששטפה את כדור הארץ, שהאסטרונומים מאמינים שהיתה קשורה להתפרצות כוכב במרחק 15000 שנות אור מאתנו, אבל לא היה בקרינה זו אלא כדי לשבש במעט את מערכת התקשורת.

וכבר כתבו חז"ל על הפסוק (ישעיהו ב'. כ"ב) "חדלו לכם מן האדם אשר נשמה באפו כי במה נחשב הוא", אל תקרי במה אלא במה (בשני קמצים). ועל זה כתב הרד"ק (שם) "כי האדם כאין נחשב כי במעט רגע ימות, כי הנשמה באפו, כלומר קרוב לצאת", וכאשר הוא מעלה מחשבות ורעיונות מן הסוג הנ"ל, אין מטרתו אלא להקים במה לעצמו ולא יותר, ולכן איו מה לירא ממנו וממחשבותיו.

## פרק שביעי

# מסעות אל תוך הזמן

מובא בספר מכתב מאליהו (חלק ב' עמ' 21): כבר ביארנו שלא למזכרת אנו חוגגים את המועדים. אלא חוזרים אנו בהם לתכנס המקורי - לאותה קדושת הזמן שנשפעת גם עכשיו כבעת ההיא. אמר מו"ר זצ"ל (הרב צבי הירש ברוידא זצ"ל מקלם) כי לא הזמן עובר על האדם, אלא האדם נוסע בתוך הזמן. למשל: בשבת הראשונה כאילו נקבעה 'תחנה' ששמה שבת. ובכל שבוע ושבוע מגיע האדם לאותה 'תחנה' עצמה - ממש אותה השפעת קדושה עצמה של שבת בראשית. וכן במועדים: בכל שנה ושנה חוזר האדם ומגיע אל 'תחנת' גאולת מצרים, אשר בזמן ההוא אפשר להשיג השפעת הגילוי של חירות - זמן חירותנו ממש". ובעמ' 29 (שם) "שאינן הזמן עובר על האדם אלא שהאדם נוסע בתוך הזמן. נמצא שבכל חג שבועות מגיעים אנו לאותה קדושת הזמן ממש שהיתה לאבותנו בשעת קבלת התורה ממש כי זמן מתן תורה הוא גם עבורנו", עכ"ל.

והנה הרב דסלר זצ"ל מדבר על המסע הרוחני אל תוך הזמן, דהיינו, שכל אחד מאתנו נוסע ועובר למשל בחג השבועות את אותה תחנה רוחנית הנקראת בשם שבועות שהוא גם חג מתן תורה ולקבל על עצמו מבחינה רוחנית את המאורע הזה שהיה לאבותינו עם כל הנלווה אליו.

אבל ענין אחר לגמרי הוא מסע לתוך הזמן ממש, דהיינו שאדם לא רק ירגיש את החוויות הרוחניות של העבר או של העתיד, אלא ממש לנסוע בעזרת "מכונת זמן" לתקופת הקדמונים שהיו בהסטוריה או להגיע לזמן העתיד לבוא. אולי הדוגמה הידועה לנו ביותר של "מסע אל העתיד" היתה זו של חוני המעגל, שישן שבעים שנה ואחרי כן התעורר וראה סביבו עולם אחר לגמרי. לפי אותו רעיון מנסים כיום מדענים להרדים הרדמה עמוקה ע"י הקפאה גוף של חיה או אדם, אשר מצד אחד לא תהרוג את החי, ומצד שני היא תשאיר בו חיות מסוימת כך שבבוא הזמן שנקבע מראש יתעורר מקפאונו בתקופה

מאוחרת יותר. מחקר זה הוא עדיין בחיתוליו ואין כיום שום בטחון שאדם שנכנס למקפיא כזה יתעורר בכלל לחיים. אבל, כוון אחר לגמרי של מחשבה הוא כאמור, להשתמש ממש באמצעי טכנולוגי הנקרא בשם "מכונת זמן" ולנסוע ממש אל העבר או אל העתיד, בדיוק כפי שאנו נוסעים על פני הכביש במכונית שלנו קדימה או אחורה. הרעיון הוא שכפי שהמרחק הוא בר מדידה, דהיינו, אנו יכולים למדוד מרחק מסוים לפנינו ומרחק מסוים גם מאחרינו, וכך להגיע לנקודה הנמצאת לפנינו או אחרינו, כך באותה מידה ניתן אולי גם לנסוע לנקודת זמן בעבר או לנקודת זמן בעתיד. כלומר, כיון שהזמן הוא דבר מדיד בדיוק כמו מרחק במרחב, לכן ניתן לעשות בו את אותם "התמרונים" שניתן לעשות במרחב, דהיינו, לזוז גם בתוכו קדימה או אחורה.

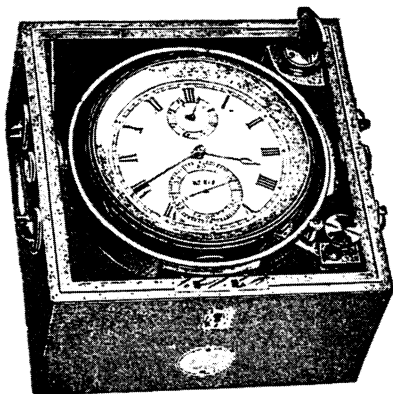
אמנם "הרעיון" הזה הוא באמת פשוט, דהיינו שהזמן הוא בעל תכונות זהות בדיוק לאלה של מרחקים במרחב, אלא שהוא נראה בכל זאת משונה מאד. ממבט ראשון נראים מסעות כאלה לתוך הזמן כדברים בדיוניים לחלוטין, המתאימים אולי לאנשים הוזים ולחולמי חלומות בהקיץ. שהרי לפי פשטות הדברים, האם יתכן שנוכל לנסוע בגופנו ובנפשנו ולחוות למשל את מעמד הר סיני ממש ולהיות שם עם אבותינו ביום מתן תורה? או הנוכל לנסוע לתוך הזמן בעתיד ולהגיע לימות המשיח ממש וכך אולי "לקצר את הדרך" מאורך הגלות והסבל שעתידיים לבוא לפני כן? אמנם שמענו הרבה על "קפיצת הדרך" במרחב שהיתה לאבותינו בהזדמנויות שונות, אבל על "קפיצת הדרך לתוך הזמן" לא שמענו. אבל אולי לא שמענו אין זו ראייה. שאלה לא פחות נוקבת היא, אם נוכל לנסוע אל העבר ואפילו לעמוד ממש באותו מעמד היסטורי, למשל במעשה העגל, האם נוכל אולי גם לעצור את המעשה, ובכך לשנות את כל מהלך ההיסטוריה. או אולי נוכל רק להיות נוכחים שם אבל לא נוכל להשפיע דבר! או האבסורדי מכל, האם יוכל אדם לנסוע אל העבר ולהרוג את סבו רח"ל, ואז כיצד זה ייוולד הרוצח שני דורות לאחר מכן! או אולי מסעות אל העבר הם אסורים ולא יתכנו כלל כי הם מפירים את עקרון הסיבתיות בעולם (כפי שנסביר לקמן). אולי מסעות אל העתיד בכל זאת יתכנו ולא תהיה בהם התנגשות עם עקרונות אחרים ומהי דעת המדע המודרני על מסעות כאלה.

אכן השאלות האלו המתעוררות מראות בעליל שנושא המסע אל תוך הזמן



הוא בעייתי מאד. אבל, לא היינו מציגים את השאלה הזאת בכל חריפותה אלמלא זה כתשעים שנה שאנשי המדע (פיזיקאים ואסטרונומים) מתעקשים על כך שהנוסחאות המתמטיות המתקבלות מתורת היחסות של איינשטיין וכן גם ניסויים לאין ספור הנערכים במעבדות על כדור הארץ, וגם תצפיות אסטרונומיות במרחבי היקום מצביעים על כך שאכן מסעות כאלה לתוך הזמן הם רק "ענין של זמן" עד שיבוצעו בפועל. ובפרט המסע אל העתיד הוא ענין שהם בטוחים בו ביותר (אבל בענין המסע אל העבר ישנן בעיות קשות יותר, ראה לקמן). מאידך, אולי נוכל לאמור כי אמנם כל הניסויים שנעשו עד עתה והתצפיות שנצפו היו כלם על גופים דוממים בלבד, כגון אלקטרונים ופרוטונים, אבל כאשר זה יגיע לאדם עצמו, הרי יתכן שיש איזה מעצור ביולוגי שאז הנוסחאות המתמטיות האלו אינן תופסות כלל, וכל ענין אפשרות של מסעות כאלה של האדם לתוך הזמן מתמוטט מאליו ואינו קיים.

לפני שנמשיך לתאר כיצד מתארים לעצמם המדענים של היום את המסעות האלה בזמן אל העבר או אל העתיד, ננסה בתחילה לברר מהו מושג הזמן כפי שהוא מצטייר בעיני חז"ל ובעיני המדע המודרני.



### מהות הזמן

אנו מרגישים בזמן החולף אך ורק תודות לשעון מסוים המתקתק בתוכנו או בסביבתנו. תנועת השמש היומית והשנתית קובעת לנו את העתים ככתוב: "ויאמר אלקים יהי מארת ברקיע השמים להבדיל בין היום לבין הלילה והיו לאתת ולמועדים ולימים ולשנים". וגם בתוכנו אנו ישנו הלב הפועם וזהו "השעון המתקתק" שבתוכנו. יתר על כן, גם החילופים של עירנות ושינה

לסירוגין גם הם שעון ביולוגי פנימי. ואכן, השעון הביולוגי הזה במהלך היום אינו תלוי כל כך במהלך השמש היומי כפי שהוכח בניסוי: כאשר הושיבו אנשים במערות חשוכות במשך מספר שבועות, התברר שהיום שלהם התארך לכעשרים ושבע שעות, וכל פעולות הגוף נמשכו בקצב מחזורי מאורך כזה, עד שראו שוב את אור השמש, שאז השעון הביולוגי חזר לפעול במחזור של עשרים וארבע שעות. אבל לא רק תנועת השמש או דפיקות הלב או השעון הביולוגי של האדם הם "שעונים", אלא אפילו זרימת המים בנהר היא גם כן סוג של שעון, שהרי בכל רגע ורגע מתחלפים מימיו, ופוק חזי מה דבר עמא, אדם השם רגלו פעם אחת בנהר, הרי בפעם השניה (כאשר הוא ישים שוב את רגלו בנהר) הוא ימצא כבר נהר אחר. דהיינו בכל תופעה או תנועה מתחלפת נוכל לסמן "תקתוק" שעון בזה אחר זה, וכך נקבל את סימוני העתים והזמן, (אם כי שעונים אלה אינם מדויקים, אבל הם מעידים כל אחד בדרכו שלו על עקרון של חילוף העתים). יוצא שידיעת הזמן קשורה קשר הדוק ביותר בתנועה סביבנו, אם זו תנועה מחזורית של שעון, או חילופים אורגניים בגופנו, או אפילו תנועת זרימה של מים בנהר. ואלמלא התנועה החולפת הנראית לנו בעין (או בהרגשת החילופים בגופנו) לא היתה לנו כל אפשרות לדעת בבירור שבכלל חלף או לא חלף הזמן.

התיאור הזה של מושג הזמן כפי שהבאנו כאן הוא הדרך בה נתפס מושג הזמן כיום במדע (בפיזיקה), דהיינו שחילוף הזמן ניכר אך ורק בעזרת אותם תקתוקים או תנועות חולפות הקורות בעולם. ואם העולם היה עומד לחלוטין, לא היה בכלל שייך מושג של זמן. כך יוצא שאין מושג של "זמן אוניברסלי" שהוא מעל לכל התופעות המתחוללות בטבע, ושהוא כביכול זורם מעצמו גם בלי צורך בתופעות ובחילופיהן, אלא הזמן קשור ומוגדר היטב אך ורק אם הוא מעוגן במציאות "המתקתקת" סביבנו בכל מיני אופנים וצורות.

### מושג הזמן אצל חז"ל

עוד הרבה לפני התקופה המודרנית היו הרבה מחכמינו ז"ל שביארו את מושג הזמן בדיוק בדרך המוחשית הזאת התלויה במציאות המתחלפת סביבנו, ושאלמלא המציאות המתחלפת הזו שנראתה כבר בששת ימי בראשית, אי אפשר היה להכיר את חילוף הזמן. (ראה הרב מנחם כשר במאמרו "מושג הזמן בתורה").

כבר בפירושים על הפסוק הראשון בתורה "בראשית ברא אלקים את השמים ואת הארץ" אנו מוצאים שפירוש המילה "בראשית" הוא כמו: "בראשונה", או "בהתחלה", דהיינו, שלפני כן לא היה דבר, והחל מרגע מסוים נבראה וגם החלה כל הבריאה לפעול, וזהו עצם רעיון של חידוש העולם, שהוא אחד מהעקרונות החשובים באמונתנו (וזאת לעומת רעיון קדמות העולם שאנו דוחים). כך כתבו הראשונים וגם הרמב"ם (מורה נבוכים חלק ב' פרקים י"ג ל'): "הזמן מכלל הנבראות, ולזה אמר בראשית, והבית כבית כלי, ופירוש זה הפסוק כן, בהתחלה ברא השם העליונים והתחתונים, זהו הפירוש המסכים לחידוש העולם". הרמב"ם מוסיף כי כמו כל הנבראים, גם הזמן נברא בעת שנברא העולם, ועקרון זה הוא העקרון השני אחרי עקרון הייחוד, וכלשונו: "שהזמן עצמו גם כן מכלל הנבראים, כי הזמן נמשך אחר התנועה", "והוא יסוד תורת משה רבינו בלי ספק והוא שנית ליסוד הייחוד".

ואשר לזמן שהיה כביכול לפני הבריאה, הרמב"ם קורא לו בשם "השערת זמן" או "דמות זמן", ולא זמן אמיתי כפי שאנו מכירים אותו, דהיינו, לדעתו הזמן שלפני הבריאה לא היה קיים במציאות כפי שגם כל הנבראים לא היו קיימים, אלא שאנו רק "משערים" אותו או נותנים לו "דמות" בלבד, אבל לא אמיתות. אפשר שבזה מפרש הרמב"ם את מושג הזמן שלפני הבריאה כביכול כפי שאנו מוצאים במדרשים שונים, כגון שהתורה נבראה אלפיים שנה לפני בריאת העולם. ואכן אין דרך להסביר מדרש זה אלא בדרך הדימוי וההשערה בלבד, שהרי רגע אחד (וכל שכן אלפיים שנה לפני הבריאה) לא היתה מציאות של זמן כלל, אלא שבלשון הדמיה והשערה בלבד דבר המדרש.

בתיקוני זוהר חדש (ראה פירוש הגר"א שם) מבואר שאותם אלפיים שנה הם אך משל לכך שהקב"ה ברא את העולם בחכמה ובתבונה, ככתוב: "ה' בחכמה יסד ארץ, כונן שמים בתבונה", דהיינו שהחכמה והתבונה הם כלי אומנותו ודרך פעולתו של הקב"ה עוד לפני שברא את העולם, וכל אחד מהם הוא מדומה או משוער כדרגת המספר "אלף", ושניהם ביחד לאלפיים. וכך יש לפרש את שאר המדרשים המציינים את הזמן שלפני הבריאה, שהוא "השערה של זמן" או "דמות זמן" כדברי הרמב"ם.

היו גם דיעות אחרות בין חכמינו, שהזמן אינו נובע רק מהמציאות המתחלפת, אלא הוא נמצא גם בהויה הרוחנית, אם כי הוא מתפרסם במציאות בפועל ע"י

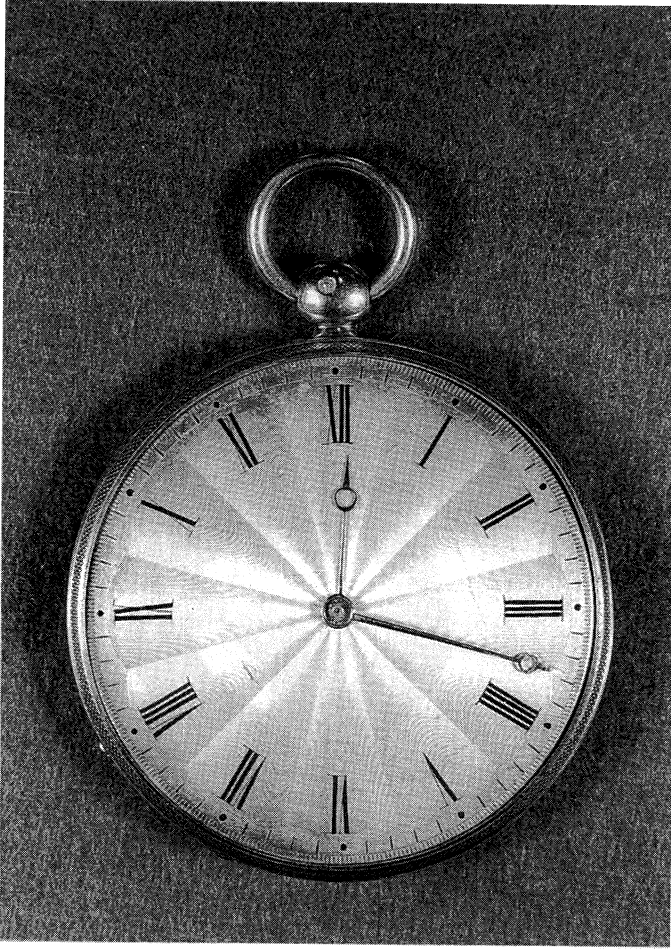
תנועה, שהיא היא המאפשרת את מדידתו המעשית. אבל הזמן עצמו יש לו כביכול מהות רוחנית משל עצמו. בתיקוני זוהר תיקון ס"ט נאמר: דכל נשמתא אית לה עת הוא זמן בגילגולא, כמה שאמר קהלת (קהלת ג'), "לכל זמן, ועת לכל חפץ תחת השמים". ומפורש שם כי יש להבחין בין "עת" לבין "זמן", שהזמן הוא הצד הרוחני הבלתי נמדד, (והוא בשם הויה ברוך הוא), בשעה שהמילה "עת" מורה על הזמן הקצוב והנמדד (ולכן הוא בשם אדנות). כך יוצא שדעת הזוהר היא שאכן יש מושג זמן רוחני למעלה, והוא מתפרסם אצלנו למטה בצד המדוד שבו (ראה פירוש מתוק מדבש חלק ג' עמ' תתרמ"ג). גם קרשקש (בספרו אור ה') אכן נוקט בדרך זו, ולדעתו הזמן הוא המשך ואינו תלוי בתנועה, ונמצא רק בשכל, ורק אותו חלק של הזמן המופיע במציאות הוא קבוע ותלוי בתנועה המתחלפת, אבל יש בו חלקים רוחניים אחרים כביכול שהם במעלה הרוחנית בלבד. עכ"ד.

גישה כזו אינה בהכרח מתנגדת לחידוש העולם, כי רק אותו חלק של הזמן התלוי במציאות המתחלפת הוא בלבד שנברא במעשה בראשית, אבל חלקיו הרוחניים שנשארו בו הם היו ונמשכים מעצמם גם אחרי הבריאה ללא תלות בחילופי המציאות שנבראה. כפי שכל הבריאה כלה נבראה כבר ביום הראשון, אלא שכל דבר התגשם לאחר מכן בפועל כל אחד ביום אחד מששת ימי בראשית (כמו ששני המאורות שנבראו כבר ביום הראשון אלא "שנתלו" ביום הרביעי), כך גם הזמן נברא גם הוא כבר ביום הראשון, אלא שהוא התחיל "להתגלגל" בפועל רק ביום רביעי עם תלית המאורות המסמנים את הימים והשנים. יש להוסיף כאן שבחינת הזמן בשלושת הימים הראשונים לפני תלית המאורות היתה בחינה פנימית נעלמת שנקראה בשם "יום ראשון" "יום שני" או "יום שלישי", ואותה בחינה פנימית נעלמת קבלה את התגשמותה הנגלית ביום הרביעי עם תלית המאורות.

### סדר זמנים

כאמור, עם תלית שני המאורות בשמים נוצרו הימים והלילות (ע"י תנועת השמש היומית) החודשים (ע"י תנועת הירח) והעונות (ע"י תנועת השמש השנתית בין המזלות). את היום אנו מחלקים למרווחי זמן קטנים יותר כגון שעות, דקות ושניות ע"י מתקנים טכניים, כמו למשל שעוני השמש או שעוני

המים או החול שהיו בתקופה העתיקה, או שעון מטוטלת, או השעונים המודרניים כיום ועד לשעון האטומי. כל אלה נועדו לחלק את הזמן הבסיסי של היום בהתאם לצרכינו. אם כי החלוקה הרגילה של הזמן לימים, חודשים ושנים נועדה לצורך המועדים, הרי אפשר היה לחלק את הזמן החולף בעזרת יחידת זמן בסיסית אחת בלבד, נאמר, דקת זמן אחת, ולמדוד את הזמן בעזרתה בלבד. למשל, הדקה הראשונה לאחר תלית המאורות תסומן במספר 1 הדקה השניה שלאחריה תסומן במספר 2 וכך הלאה עד לסיום שיתא אלפי שנין, כך שכל הזמן כלו יסומן במספרים זה אחר זה בדרך רציפה. כך יוצא שכל מאורע שקורה במציאות סביבנו אפשר "לשייך לו" מספר מסוים אשר בו הוא התחולל וזהו בעצם הזמן שבו זה קרה. למשל אנו אומרים שירד גשם (זהו המאורע) בשעה חמש וחצי ביום כ"ה בחודש אייר בשנת תשנ"ט לבריאה, ובעצם אנו משייכים לגשם זמן מסוים שהוא תקתוק מסוים בעל מספר מסוים שספרנו מאז הבריאה. כך כל המאורעות בעולם, אפילו הפשוטים ביותר שבהם אנו משייכים להם תקתוקים מסוימים של שעון ואנו אומרים שאלו הם "הזמנים" אשר בהם קרו מאורעות אלה. כך הוא הדבר בכל אחד ממעשינו היום יומיים, ובפרט במעשי המצוות. אנו מתפללים בשעה מסוימת המסומנת במספר (זמן) מסוים מאז הבריאה, אחרי כן באה התפילה שאחריה המסומנת גם היא בזמן מסוים אחר מאז הבריאה, וכל אחת ואחת מן המצוות שאנו עושים שייך אליה מספר זמן מסוים ורק לה, ואינה דומה מצווה אחת לרעותה, כי כל אחת נעשתה בזמן מסוים משלה, כשהבריאה עמדה אז באותו זמן מסוים מאד אופייני משלה (ואם הפסדנו מצווה אחת, הרי מעוות אי אפשר לתקון, כי הזמן הבא כבר אינו הזמן שהיה, והבריאה כלה עמדה אז במצב שונה). אבל בסדר הזה של סימון הזמן במספרים שוטפים בזה אחר זה.... 1,2,3,4, אנו למעשה קבענו בצורה סמויה גם שהדקה השניה מאז בריאת העולם באה "אחרי" הדקה הראשונה, והדקה השלישית באה "אחרי" הדקה השניה, שהרי "ברור" מאליו שהמספר 2 הוא "מאוחר" יותר מ-1, אבל האמת היא שכאשר סימננו את הדקות של הזמן התכוונו רק לסמנם בלבד בכדי להבדילם זה מזה ולא דווקא לאחרם זה אחר זה, אבל באופן תת הכרתי אנו "מרגישים" שאכן מה שקורה בדקה הראשונה היה "הסיבה" למה שקרה בדקה השניה, ולכן הדקה השניה היא "אחרי" הדקה הראשונה לפי הכרתנו בחושינו.



כך יוצא שאכן הסימון הזה של הדקות מאז בריאת העולם מכיון גם לסדר את המוקדם והמאוחר בזמן, ואכן זוהי הסיבה האמיתית שהזמן זורם רק בכיוון העתיד בלבד, כי הוא סודר על ידנו מראש בגלל עקרון הסיבתיות שבהכרתנו, כך שכל דקה היא "מאוחרת" יותר מזו שלפניה. זוהי דעת המדע כיום. זוהי בעצם גם דעת רבותינו ז"ל. ואכן, בהתאם להשקפתנו (ראה עוד לקמן) אכן סדר הזמנים הזה המשתקף בעולמנו, אינו בהכרח כסדר הזה בעולמות עליונים. כי יתכן שמה שמתחולל אצלנו, למשל, בשתי הדקות ה-32 וה-54 אינם קשורים בשתי נקודות בעולמות העליונים דוקא בסדר הזה, אלא במובן אחר לגמרי.

אבל חז"ל הוסיפו עוד שאלה אחת מעמיקה יותר: מדוע נטע בנו הקב"ה את הרגשת הזמן בדרך כזו שהוא מתגלגל דקה אחר דקה כל אחת בנפרד מקודמתה, ובכלל מדוע "פרט את הזמן לפרטיו" ולא השאיר שכל הדברים יחולו בפעם אחת במקום שיקרו כל אחד בזמנו ולפי סדר זה אחר זה. כאן חז"ל התגדרו "בבקעת הזמן" בצורה מיוחדת במינה והם העמידו את הדברים בצורה פשוטה ונפלאה: הסדר הזה בהתקדמות הזמן נועד להפריד את הזמן לחלקיו ולתחנותיו כך שכל המצוות יעשו על ידינו כל אחת דוקא זו בנפרד מזו, וזו אחר זו, וכך יתקנו בהדרגה כל אחת בזמנה במשך כל שיתא אלפי שנים את כל מה שדרוש לתקן בעולמנו זה. כך יוצא שסיבת בריאת הזמן על ידי הבורא יתברך היא בגלל התיקון ההדרגתי הזה שהוא הכרחי לתיקון עצמו. אלמלא ההפרדה הזו בחלוקת הזמן, בלתי אפשרי היה לבצע את המצוות כל אחת בזמנה ובנפרד. כי אם לא היה הזמן מחולק לחלקיו, הכל היה מתחולל במציאות במכה אחת בלתי מתפרדת, ולא היתה שום תנועה ולא חילופין אלא הכל קורה בפעם אחת, וזה לא היה רצונו של הקב"ה, אלא הוא דוקא רצה להפריד את הזמן כך שיתגלגל לחלקיו לצורך מעשה המצוות כל אחת בזמנה, וזו גם היתה גם תכלית בריאת הזמן לכתחילה. רבותינו ציינו רעיון חשוב נוסף, שהשורש של כל אחד מרגעי שיתא אלפי שנים נעוץ בכל רגע מששת ימי בראשית עצמם, שהם מאירים בכל אחד מרגעי עולמנו זה בדרך שונה בכל רגע ורגע, ולכן הרגעים אינם דומים זה לזה, ותפילה זו אינה דומה לתפילה זו. כך נתבארו דברי רבותינו ז"ל ע"י הרב יצחק בן זכרי שליט"א בספריו "פחד יצחק" על פי דברי הגר"א ור' יצחק חבר, והרמח"ל, וכלשונו: (פחד יצחק, חלק ג', ש"א) "ועתה בא וראה נפלאות גדולות מעמקי התורה הקדושה אשר לא נתגלו לשום נברא רק לישראל עם קדושו ולשרידים אשר ה' קורא. והענין כמ"ש בספרא דצניעותא פרק קמא: שית אלפי שנים תליין בשיתא קדמא". וביאור הדברים, כבר אמרנו שכל סדר ו' אלפי שנים דהוה עלמא, הוא סדר זמנים שנתן המאציל לברואיו, ובאמת הזמן הוא עניין נפלא והוא עצמו נברא, והיינו שכפי חשבון פרטי המאורות שנסדרו באצילות שכל מאור הוא נותן כח לברואים ומנהיג כל העולם ביחד, כך הם מספר הרגעים הנמצאים בו' אלפים שנים האלו, שכל רגע מאיר בו מאור אחד, ובזה נסדר הזמן בחי' עבר ועתיד והוה, שאלמלי היו כל המאורות כולם מאירים בבת אחת לא היה סדר זמנים כלל



ולא היה שייך בו עבר ועתיד והוה, אך כיון שניתן הדרגה אל המאורות שיאירו בהדרגה זה אחר זה, מזה יצא סדר הזמן לפועל. והנה שורש לכל זה נעשה בו' ימי בראשית שאז הוכן מה שיהיה בכל ו' אלף שנים, שכל יום מו' ימי בראשית, הוכן בו מה שיהיה בכל אלף שנים. וכן שבת בראשית הוכן בו סוד המנוחה והעונג והקדושה מה שיהיה באלף השביעי, ועל זה נאמר, "מה שהיה הוא שיהיה, ומה שנעשה הוא שיעשה ואין כל חדש תחת השמש". שכמו שפרטי כל הנבראים היוצאים בכל עת הם מה שהיו תחילה בו' ימי בראשית, שבעת שנברא האילן בו נשרש בגרעין שלו כל האילנות שעתידים לצאת מכל אחד ואחד עד סוף העולם, וכן בדשאים וכן בבעלי חיים, וכן באדם נשרש במוחו כל גופי בני אדם העתידים להיות, שלכן אמרו רז"ל על פסוק, "זה ספר תולדות אדם", שהראה הקב"ה לאדם הראשון דור דור ודורשיו וכו', עד סוף העולם. ועל זה אמר בספרא דצניעותא: דשית אלפי שנין תליין בשיתא קדמאי, והם ו' ימי בראשית, ועל זה אמרו רז"ל: יומו של הקב"ה אלף שנה, ורצו לומר, יום אחד של ו' ימי בראשית שבו ברא עולמו היה תופס שיעור אלף שנים ממש, ונמצא שכל הפרטים של אלף שנים היו בכלל ביום אחד. והרי נכללו פרטי מאורות הרבה שמשמשים בערך יותר משמונים שנה בשעה אחת מימי בראשית, (א"ה: והוא אם נחלק אלף שנים בשתיים עשרה שעות יוצא 83.3 שנים לכל שעה של מעשה בראשית) כמ"ש, שסדר אריכות הזמן הוא לפי התחלקות המאורות לפרטים רבים, וכל מה שהמאורות באים בכלל גם פרטי רגעי הזמן הם בכלל. ולכן כיון שכל פרטי הנבראים וכל מאורעותיהם וענייניהם של ו' אלפי שנין כבר נסדרו בו' ימי בראשית א"כ גם הזמן וריבוי הרגעים של ו' אלפים שנה גם הם נכללו במספר רגעי הו' ימי בראשית. וזה סוד מה שאמרו: שאור הראשון שהיה בו' ימי בראשית היה צופה בו מסוף העולם ועד סופו ואח"כ גנוז. וכתבנו במקום אחר שהאור הזה נגנוז בגוף השמש והזמן של העולם הוא סובב והולך ע"י אור השמש, ולפי שהאור הזה אינו מאיר בבת אחת בכל העולם אלא הולך במדרגה, לכן גם הזמן מתחלק לפרטים רבים, אבל אור הראשון של ו' ימי בראשית היה מאיר מסוף העולם וכו' לכן היה כולל בו פרטים רבים בכלל אחד ונכלל כל הזמן של ו' אלפים שנה בזמן של הו' ימים. ומעתה מובן לנו מה שאמר הכתוב, "יהי אור ויהי אור" רוצה לומר שהוא סוד בריאת האור שמשמש בכל ו' אלפים שנה הוא עצמו האור שכבר היה בו' ימי

בראשית, ולכן אמרו "מלבד שהיה סדר זמנים קודם לכן, שסדר הזמנים של ששת אלפים שנים נכללו כבר בסדר אלו הששה ימי בראשית וכמבואר".

(פחד יצחק, חלק ב', רכ"א) ועתה ע"פ כל ההתקדמות והידיעות שהזכרנו לעיל בוא נבוא להסביר ענין הזמן וגם עניין הנצח המוז' בדברי הרז"ל, והלא לכאורה יפלא כי בעולמות העליונים אין שם זמן ... שמכיון שעיקר סיבת בריאת העולם הוא להיטיב לבריותיו הטבה גמורה ודבר זה מבלי ספק מחייב הכנות רבות ותכנית הנהגתית רחבת ידים אשר עמוד התווך שלה הוא תיקון הרע והקלקולים שבבריאה ע"י האדם, לאט לאט, מדרגה אחר מדרגה, וכפי מה שנקבע ע"פ החכמה עליונה ית"ש, כמה בחי' יתוקנו ע"י אדם זה וכמה ע"י אדם אחר, וזה בכל רגע ובכל שעה ובכל יום ובכל שבוע ובכל שנה וכו' עד שכל הרע יתוקן ויבא משיח צדקנו ואז נחיה חיים אחרים לגמרי מלאים טובה ושלימות אמיתית אשר לא יהיה להם הפסק, כי אז נתעלה למעלה מבחי' הזמן כי אין לנו עוד שום צורך להיות תחת הנהגת הזמן כי כבר הכל בא על תיקונו ושלימותו, ובמילים אחרות הרי שאנחנו אחרי תיקון כל הרע והקלקולים שבבריאה יוצאים מתחת הנהגת הזמן ונכנסים תחת הנהגת הנצח, אלא שאין אתנו יודע איך עניין זה יהיה ויראה כי למעשה, עכשיו אנחנו מוגבלים תחת גדרי הזמן ואין ביכולתנו המוגבלת להשיג המושג של נצח מהו ופשוט. והנה לפי מה שהסברנו לעיל, כל הנז' בסמוך, נובע מהתכנית שתכנן הבורא ית"ש ... כי כבר אמרנו שאין ... שורש כל הקלקולים והחסרונות שבבריאה, נתקן ... בבת אחת ... אלא הוא נתקן בחי' אחר בחי' ופרט אחר פרט ע"י תורה מצוות ומעשים טובים עד לגמר כל הבירורים ... הרי שלפי כל הנ"ל הסברנו בס"ד מהוא עניין מושג הזמן שיש בעולמנו ולא יזו מטרה הוא נברא ושאחרי שישלם מטרתו הוא יעלם מהמציאות ויתגלה עניין הנצחיות, וכן מובן עכשיו איך כל הנ"ל הוא תוצאה ממה שמתרחש בעולם העליון בתהליך התיקון ... וכן מובן עתה מהו הגדר של זמן שיש בעולמות העליונים ואיך זה מתפרש בשמות הקודש ... ואיך דבר זה מוליד אצלנו המושג של הזמן הממשי בסוד ההשתלשלות, כי מכיון שבעולמות העליונים ... נתקן פרט אחר פרט, זה גורם בעולמנו שאין אנחנו יכולים לתקן כל הרע בבת אחת אלא על ידי קיום תורה ומצוות המוגבלים בזמן כי העניין הזה שאין בעולמות העליונים נתקן השם ... כי אם פרט אחר פרט, דבר זה מתבטא אצלנו דרך השתלשלות העולמות

בהכרח במושג של בחי' זמן, ובהזכיר הרז"ל בכל מקום שיהיה המושג של זמן אין כוונתו שכך הוא בעולמות עליונים כי אין שם זמן ממשי וגשמי אלא כוונתו כדלעיל דהיינו על תיקון הבחי' שלב אחר שלב ולא בבת אחת, אשר דבר זה מתבטא אצלנו בזמן ממשי ושם בעולמות העליונים דבר זה מתפרש כפי שיתפרש, ובבאנו להסבירו במושגים שלנו, הוא, כדבר כללי המתחלק לפרטים רבים אשר אין כל אלו הפרטים נתקנים בבת אחת אלא פרט אחר פרט, כי המושגים הרוחניים אשר מתרחשים בעולמות העליונים אין בכוחנו להסבירם כפי מה שהם שם באמת כי אנחנו בהיותנו מוגבלים בבחי' רוחנית, אין לנו פה ולשון להסבירם כי אם במשלים הלקוחים בעולמנו המוגבל, והבן. עכ"ל הפחד יצחק.

אנו נראה לקמן כי המושגים של הפיזיקה והאסטרונומיה המודרנית אכן תואמים להפליא את דברי חז"ל שהבאנו לעיל.

#### מדידת הזמן על ידי שני צופים.

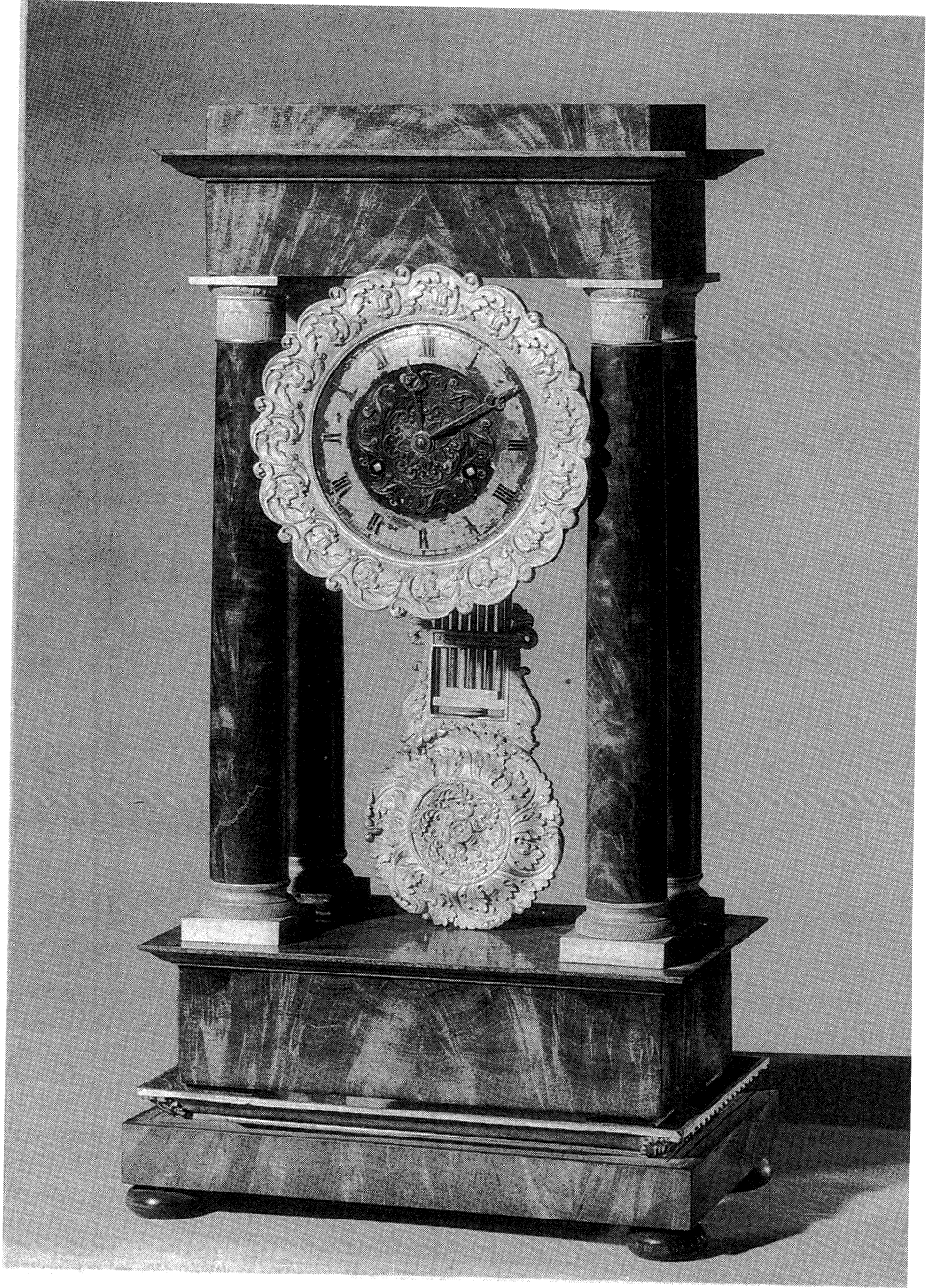
כבר אמרנו בתחילה, שחילוף הזמנים ניכר ע"י "שעון" כל שהוא, אם פנימי בתוכנו או חיצוני. כל "תקתוק" של שעון הוא בעצם שינוי מיכני ברור הנראה לעין אם בתזוזת מחוגים, או תצוגת מספרים רצים על פני מסך, או אפילו דפיקות לב (אבל לא סתם הרגשה שהזמן עובר מהר או לאט). אנו אומרים כי, למשל, "חלפו חמש שניות", כי ראינו (שמענו) חמישה "תקתוקים" כאלה בשעון. בעצם יתכן שמרווחי הזמן שבין כל שני תקתוקים אינם שווים ביניהם, כי כל מה שיש בידינו הוא מספר "תקתוקים" בלבד שהוא הוא הקובע, ולא מה שבאמת התחולל בין כל שני תקתוקים. כי הזמן ניכר שחלף אך ורק בגלל תנועה כל שהיא ואין לנו שום סימן אחר שיעיד על זרימת הזמן אלא "תקתוקים" אלה. אף אם נרכיב שעון עם מספר תקתוקים יותר צפוף המודד, למשל, עשירית או מאית שניה, הרי נשארנו עדיין באותה בעיה: אנו יכולים להרגיש את חילוף הזמן רק בעזרת מספר תקתוקים בלבד ולא מה שחלף בין כל שני תקתוקים שאין לנו שום ידיעה עליו. למה הדבר דומה נניח שיש בידינו שעון אחד ויחיד בכל העולם, ושיש בעיגולו רק סימון של ארבעה רבעים בלבד. שמנו לב שאדם נכנס לחדר כאשר המחוג עמד על סימן אחד של רבע.

וכאשר הוא יצא מהחדר, שמנו לב שהמחוג עמד על סימון הרבע הבא אחריו. הרי לא נוכל בשום פנים ואופן לדעת "כמה זמן" הוא שהה בחדר באמת, כי כל מה שאפשר לאמר הוא שכאשר הוא נכנס אז המחוג עמד על סימון אחד, וכאשר יצא עמד המחוג על הסימון הבא. וכמה זמן עבר באמת בינתיים, לא נדע לעולם, אלא כל מה שנוכל לאמר שבזמן הכניסה עמד המחוג על סימון אחד ובזמן יציאתו עמד המחוג על הסימון הבא, וזה הכל.

תיאור זה מתאים ביותר להשקפתנו כפי שתיארנו לעיל, כי תקתוקי הזמן נועדו בעצם לעשית המצוות, וכל תקתוק כזה "מחובר" באיזה שהוא אופן "לנקודה" מסוימת בעולמות העליונים שאין בהם מושג של זמן כלל, ושם פועלת המצוה את פעולתה. לכן מה שקובע הוא "התקתוק" שהגיע זמן המצוה הפלונית, אבל מה שבאמת קורה בין שני "תקתוקים" של שעון אין לנו צורך ואין לנו הכרה בזה, וכך התקתוקים בעולם באים זה אחרי זה ואנו מקיימים את המצוות כל אחת "בזמנה" ומתקנים מה שצריך לתקן.

עתה, אם נכוון את כל השעונים שבידינו (כפי שאנו עושים בפועל כיום) הרי נקבל מערכת תקתוקים זהה בכל השעונים, דהיינו, כל התקתוקים בכל השעונים חלים כלם ביחד (אנו אומרים כי כל התקתוקים בכל השעונים הם "סימולטניים") אמנם המספרים של השעות בכל המדינות אינם זהים, למשל כאשר השעה היא 12 בצהרים בניו יורק הרי בארץ ישראל השעה היא כבר שבע בערב. הסיבה לכך היא שאנו רוצים (תושבי כדור הארץ) שכאשר השמש עומדת בצהריים מעל לראשו של כל אדם בכל מדינה אז השעה בכל מדינה תקרא "שעה 12". כיון שהשמש עומדת בצהריים מעל לראשו שבע שעות קודם שתעמוד בצהריים מעל ראשם של אלו בניו יורק, לכן זוהי הסיבה שלא רק שעת הצהריים שלנו קודמת בשבע שעות לשעת הצהריים בניו יורק, אלא אנו מקדימים למעשה בשבע שעות את שעוננו ביחס אליהם לאורך כל היום כלו. אבל, מספר התקתוקים בכל שעה ושעה הוא זהה לחלוטין אצלנו וגם אצלם. וגם אורך היום הוא גם כן עשרים וארבע שעות. וכל מרווחי הזמן כאן הם זהים למרווחי הזמן שם בדיוק נמרץ. למשל, שיעור בכתה הנמשך אצלנו 45 דקות יארך בעינינו וגם אצלם 45 דקות, וכך הלאה לגבי כל מרווח זמן שהוא במשך היום.

כך גם באותה מידה חצי שעה שעברה על נוסעים במטוס מכילה בדיוק אותו



מספר תקתוקים כמו אלה הנמצאים מתחתיהם על האדמה. וכך אפילו אדם הטס בחללית במרחק של מיליוני קילומטרים מאתנו, גם אצלו מספר התקתוקים במשך חצי שעה הוא זהה למספר התקתוקים של חצי שעה אצלנו על כדור הארץ. בעצם זוהי תמיד ההנחה שלנו, שהזמן "רץ" בעינינו בכל מקום שהוא באותו קצב כמו על כדור הארץ, אם בחלליות הנעות בין הכוכבים אם על כוכבים או בגלכסיות רחוקות מאתנו אלפי שנות אור, תמיד תמיד מספר התקתוקים נראה לנו שהוא זהה בכל היקום כלו על כדור הארץ. אנו אומרים בקיצור שהזמן הוא "מוחלט" בכל היקום כלו, ושאינן הבדל בעינינו בין מספר התקתוקים שהיו במרווח זמן מסוים עבור שני צופים שונים בכל מקום שהוא בעולם. (נבהיר כאן לכתחילה שאין אנו מדברים כאן על זמנים של "הרגשה", אלא של מדידה מדויקת של מספר תקתוקים. כי כידוע ישנו גם זמן התלוי סתם בהרגשת בני אדם, כמו אדם עסוק מאד שכידוע הזמן עובר מהר עבורו, ולעומתו אדם השרוי בשעמום הרי הזמן עובר לאט מאד עבורו, ואין אנו מדברים על זמנים כאלה, אלא אך ורק על זמן הנמדד באופן אובייקטיבי של מספר תקתוקים שהשעון מתקתק).

הנסיון שלנו הרגיל מחיי יום יום אינו מראה שום שינוי בעינינו בין מספר תקתוקים שלנו לבין של צופה אחר בסביבתנו הקרובה או הרחוקה יותר, ושחילוף הזמן הוא בקצב אחיד ואוניברסלי בכל מקום שהוא בעולם כמו אצלנו, דהיינו אנו אומרים כי בשני שעונים רחוקים או נעים זה ביחס לזה נמדד תמיד אותו מספר תקתוקים כך שהזמן שעבר הוא זהה בשניהם.

ואכן, זה היה מצב הדברים עד לפני כתשעים וחמש שנה, עד שאיינשטיין פרסם את "תורת היחסות" שלו. בעקבות מאמריו בנושא זה התבררה תוצאה מפתיעה: מתברר שהזמן אינו "רץ" בקצב מוחלט כפי שתיארנו קודם עבור שני צופים בכל מקום בעולם, אלא יתכן מצב שצופה אחד יספור מספר מסוים של תקתוקים בשעון שלו, והוא יטען שלצופה אחר יהיה מספר קטן יותר של תקתוקים. אמנם תופעה כזאת לא נראית לנו בחיי יום יום, אבל, אם הצופה השני ינוע, למשל, במהירות גדולה מאד, כמו למשל בחצי מהירות האור (מהירות האור בחלל היא כשלוש מאות אלף קילומטר בשניה), או 80 אחוז ממהירות האור, הרי מתברר לפי תורת היחסות, שצופה על כדור הארץ יטען שמספר התקתוקים אצל הצופה הנע במהירות גדולה כזו ביחס אליו הוא קטן

יותר ממספר התקתוקים שלו, למשל הוא יטען שכאשר הוא ספר אצלו 50 תקתוקים של זמן הרי על השני עברו רק 30 תקתוקים (ובעצם, כיון שכל אחד מן הצופים יכול לטעון שהוא הוא שנח והשני הוא שנע, הרי כל צופה יטען שהצופה השני שנע כלפיו הוא הוא שאצלו מספר התקתוקים של שעונו הוא קטן יותר ממספר התקתוקים שלו). כך נשבר לראשונה מושג של זמן "מוחלט", והתברר כי גם זרימת הזמן היא מושג יחסי כמו כל גודל פיזיקאלי אחר בעולם. שוב נדגיש כי אין זו סתם הרגשה שהזמן עובר מהר או לאט בגלל מצבי רוח של הצופים, אלא זוהי טענה פיזיקאלית אוביקטיבית לחלוטין שהצופה כאן טוען על חברו הנע ביחס אליו שמספר התקתוקים אצל חברו הנע הוא קטן יותר משלו, או במילים אחרות, הזמן אצלו זורם יותר לאט. כאמור, אין אנו מרגישים בהבדלים כאלה בזרימת הזמן, כי בחיי יום יום אין לנו מהירויות גדולות כאלה שנוכל להבחין בשינוי, אבל במהירויות גדולות - יש שינוי בקצב זרימת הזמן של שני צופים.

נבאר זאת ביתר פירוט: אם יש לנו צופה החוקר תהליכים של גוף הנע לפניו במהירות גדולה מאד, מתברר שהתהליכים המתחוללים בגוף הנע הם איטיים יותר מאשר אלה המתחוללים אצלו. למשל, השעון הנמצא בחללית כזו יתקתק באיטיות, גם פעימות הלב של אסטרונואוט הנמצא בחללית כזו יאיט את קצבו, כל תהליכי החיים בגופו גם הם יואטו, האלקטרונים שבאטומים מתנוודדים באיטיות, וכל התהליכים ללא יוצא מן הכלל יקרו בקצב איטי יותר, ופירושו של דבר הוא שהזמן שם חולף באיטיות. נעיר שוב שאין זו "הרגשה" של החוקר על עצמו, אלא כצופה חיצוני הוא רואה שבחללית הזו שלפניו שאחריה הוא עוקב ואשר בה מתחוללים כל מיני תהליכים ביולוגיים או פיזיקאליים, הוא רואה שכל התהליכים האלה נעים בקצב איטי יותר בהשוואה לאותם התהליכים בדיוק הקורים בסביבתו הנחה של החוקר. לעומתו, האסטרונואוט בחללית לא ירגיש בשום שינוי אצלו, אבל כאשר הוא יחזור לאדמה הוא יראה שכל האנשים הם מבוגרים יותר ממנו, כי מספר תקתוקי הלב שלו היה קטן יותר משלהם, ולכן הוא צעיר יותר מהם. שוב נדגיש כי התופעה הזאת של "האטת הזמן" היא בעצם תמיד נכונה, אף כאשר מישהו נע במכונית רגילה ביחס אלינו, אלא שבמהירויות נמוכות כאלה השינוי הוא כל כך קטן וזעיר, שאין אנו מרגישים בשינוי בקצב הזמן. אבל כאשר החללית נעה במרחב



במהירות גדולה מאד כמו מחצית מהירות האור, הרי רואים את האטת הזמן באופן ניכר. היכן רואים זאת למעשה?

### הוכחת תורת היחסות

ובכן, ישנם ניסויים רבים שנעשו במאה הנוכחית המראים בעליל שאכן כך הוא הדבר. נביא כאן חלק מהם:

א. הניסוי הפשוט והישיר ביותר הוא זה שהעמיסו על מטוס רגיל שעון אטומי המסוגל למדוד זמן בדיוק עד כדי החלק המיליון מיליארדית של שניה. לפני הטיסה כוונו אותו היטב עם שעון אטומי אחר על האדמה. והנה כאשר המטוס טס במהירות בטיסה של כ-800 קילומטרים בשעה (בלבד!) התברר לחוקרים על האדמה כי מספר "התקתוקים" של השעון האטומי הטס היה קטן יותר ביחס למספר "התקתוקים" של השעון אטומי שנשאר על האדמה, ולא רק זה אלא השינוי במספר התקתוקים במטוס היה בדיוק כמו זה שחישבו באופן תיאורטי לפי הנוסחה המתמטית של איינשטיין. ואכן, כיון שמהירות המטוס נחשבת "איטית", לכן היה שינוי מזערי ביותר שרק שעון אטומי היה יכול למדוד.

ב. בניסויים אחרים, עקבו אחרי תהליכים המתחוללים במהירות גדולה מאד "במאיצי החלקיקים". אלה הם מתקנים מדעיים גדולים מאד אשר בהם מושקעת טכנולוגיה מאד מתקדמת, ובהם מאיצים חלקיקים יסודיים כמו אלקטרונים ופרוטונים כמעט למהירות האור. כמובן שאם היינו רוצים להאיץ חללית עם כל מה שבתוכה למהירות כזאת הרי למעשה אין (בינתיים) באפשרותנו לייצר את האנרגיה העצומה הדרושה לכך, אבל, החלקיקים היסודיים האלה הם זעירים מאד, ולכן כמויות האנרגיה הדרושות להאצתם ניתנות כיום להשגה (אם כי עלותו של מתקן כזה היא כמה מיליארדי דולרים). ובכן, ישנם חלקיקים יסודיים כאלה הנקראים בשם "פיי מיזון" שתכונתם המופלאה היא שהם נוצרים במתקנים הגדולים האלה והם גם תיכף מתפרקים מאליהם תוך זמן קצר ביותר לחלקיקים אחרים. מתברר שמחצית מהם מתפרקת מעצמה ללא כל סיבה כל מאה מיליונית של שניה בלבד! ומכאן שדרושים מכשירים בעלי דיוק עצום הן בכדי לגלותם, והן בכדי למדוד את "אורך חייהם" שהוא כל כך קצר. כל זה הוא כאשר חלקיקים אלה נעים

במהירות נמוכה יחסית. אבל, כאשר האיכו איתם במתקנים אלה למהירות של 90 אחוז ממהירות האור, התברר שמחצית מהם התפרקה בקצב איטי פי שניים ויותר ביחס למצב כאשר נעו במהירויות הנמוכות. אף יותר מזאת, הקצב האיטי יותר שנמדד בפועל הוא מתאים בדיוק לחישוב התיאורטי של הנוסחאות המתימטיות של תורת היחסות של איינשטיין. במילים אחרות, החוקרים רואים בפועל שחיי החלקיקים האלה "התארכו". כלומר בעיניהם הזמן של החלקיקים האלה חולף באיטיות יותר בגלל מהירותם הגבוהה ביחס לצופה החיצוני. (הרי לא נוכל לאמר שהם עצמם "קצרו את חייהם" בגלל תנועתם, אלא הם בודאי "ירגישו" שקצב חייהם נשאר זהה, אלא שבעיני החוקרים בלבד הוא הוא "שהתארכו חייהם", אבל הם עצמם "מרגישים" אותו דבר).

ג. ישנו חלקיק יסודי אחר בשם "מואון" שנוצר דוקא באטמוספירה שלנו. כידוע כדור הארץ שלנו "מופצץ" כל הזמן על חלקיקים יסודיים הבאים מכל הכיוונים ביקום. לחלקיקים ולקרינה כזו קוראים בשם הכללי "קרינה קוסמית". הקרינה הזאת מתנגשת במעופה בחלקיקי האטמוספירה שלנו ונוצרים חלקיקים יסודיים חדשים וביניהם "המואון" הזה. גם חלקיקים אלה הם כרגיל בעלי "אורך חיים" קצר מאד, והם מתפרקים מעצמם ללא שום סיבה. אבל, כאשר הם נוצרים באטמוספירה הגבוהה הם נעים במהירויות הקרובות למהירות האור, ומתברר שאז "אורך חייהם" הוא כמעט פי שבע מאשר במהירויות איטיות, כי ראו בפועל שהם נעים באטמוספירה מספר קילומטרים, בשעה שכרגיל היו נעים רק מספר מטרים בלבד ומתפרקים מאליהם. אבל בגלל מהירותם הגבוהה מאד באטמוספירה הרי "הזמן" שלהם חולף יותר לאט (כפי שאנו הצופים החיצונים רואים). כלומר אורך המסלול שלהם באטמוספירה מעיד על כך שהם "חיים" יותר באיטיות.

ד. בשני המקרים הקודמים ראינו שהאטת הזמן הוכחה בחלקיקים יסודיים בודדים, אבל עדיין לא ברור שאותה תופעה של האטת הזמן חלה גם על גוף שלם המוכר לנו מן המציאות. ואכן לפני כשלושים שנה נתגלה כוכב רחוק שכינויו SS433 הפולט מתוכו סילון לוחט של גז מימן אל החלל החיצון בקצב אדיר של מיליארד מיליארד טונה בכל שניה, ובמהירות של כשליש ממהירות האור! אכן סילון גז כזה הוא "גוף" לכל הדיעות. והנה גז המימן הזה

כאשר הוא לוחט כרגיל במעבדה כאן על כדור הארץ הוא מקרין אור בצבע מסוים מאד. אבל מתברר שהסילון שהכוכב הזה פולט הוא בצבע אדום יותר ומידת אדמימותו מתאימה בדיוק לחישוב התיאורטי של האטת הזמן בסילון כפי שרואה אותה צופה חיצוני כמונו בהתאם לתורת היחסות של אינשטיין (וזאת בנוסף לשינוי הצבע בעקבות אפקט דופלר הידוע בגופים הנעים במהירות כלפינו).

המסקנה מכל הנ"ל היא שקצב הילוך הזמן הוא מושג יחסי ובמקרים שתיארנו הראנו באופן ברור כי עבור צופה חיצוני המתבונן בגופים הנעים ביחס אליו שקצב הזמן שלהם מואט יותר, וזה קורה באופן ניכר ביותר כאשר מהירות הגופים הנעים האלה קרובה יותר ויותר למהירות האור. אף ראינו שלא רק חלקיקים יסודיים מאיטים את הזמן ביחס אלינו אלא אפילו גופים שלמים (סילון הגז). מכאן ההשערה שכיון שגם גוף האדם מורכב כלו מאטומים המורכבים גם הם מחלקיקים יסודיים, הרי שאם נטיס מכדור הארץ אסטרונוט במהירות גדולה כזו, יש לשער שגם התהליכים הביולוגיים שבתוכו יואטו גם הם כלם ביחס לבני אדם שנשארו על כדור הארץ, ובפרט גם לבו יראה לנו כדופק באיטיות יותר מאשר לבו של עמיתו שנשאר על כדור הארץ, אבל הוא עצמו (האסטרונוט) לא ירגיש בכך כלל וכלל, כי האיטיות הזו במספר "התקתוקים" תורגש כאמור רק על ידי הצופה החיצוני כמו שהנסוי שתיארנו לעיל מראה בפועל, אבל הוא עצמו לא ירגיש שינוי כל שהוא בקצב דפיקות לבו. לא רק שהאסטרונוט לא ירגיש שינוי בקצב חילוף הזמן, אלא כל התופעות וחוקי הטבע בכלל בחללית שלו יהיו זהים בדיוק כמו על כדור הארץ, כך שהוא יוכל אפילו לטעון שבעצם הוא הוא שנח והצופה שנשאר על כדור הארץ הוא הוא שנע לגביו באותה מהירות אבל בכיוון הפוך. הוא אף יטען שלדעתו קצב זרימת הזמן של הצופה על כדור הארץ הוא הוא שזרם באיטיות לגביו כי האסטרונוט הוא צופה חיצוני המתבונן בצופה על כדור הארץ כפי שהסברנו קודם. והיכן האמת? אין אמת מוחלטת, אלא כל אחד יטען שהשני שנע כלפיו הוא הוא שאצלו הזמן חולף לאט יותר. בכל אופן, אם אנחנו ניתן הוראה לאסטרונוט לטוס, הרי ברור גם לו שהוא הוא שנע ולכן לא יתעורר כלל ויכוח כזה, והאסטרונוט אכן יחזור לאדמה צעיר יותר מבני גילו כאן.

הקורא את הדברים האלה לראשונה יכול להיות מופתע מן התוצאות ויתכן שאף ירגיש חוסר בהירות וגם בלבול. אבל, אל לו להתרגש מכך, כי בזה הוא אינו יחידי, ואכן, לקח עשרות שנים לאחר תגליותיו של איינשטיין עד שאפילו קהילת הפיזיקאים בעולם קבלה את דבריו. אולי נציין כאן שאפילו עשרים וחמש שנה לאחר פרסום תורת היחסות יצא לאור ספר בשם "מאה פיזיקאים נגד איינשטיין". כאשר הביאו את הספר לפני איינשטיין הוא רק חייך וענה: "אם התוצאות של תורת היחסות אינן נכונות, הרי מספיק פיזיקאי אחד בלבד שיכחישם". עד היום ישנם כל מיני "משוגעים" המתפרסמים מדי פעם בתקשורת (וזה הרי מחפשת אנשים כאלה ומתפרנסת מהם בכל יום) הטוענים שמצאו סוף סוף את "הטעות" בשיקוליו של איינשטיין. בדרך כלל אלה הם חובבים ולא בעלי מקצוע, ובפרט, כפי שכבר ציינו לעיל, תורת היחסות מתאשרת בכל יום במאיצים הגדולים ברחבי העולם, בקרינה הקוסמית, בכוכבים במרחבי היקום, וגם בכל אחד מהפיצוצים האטומיים הנערכים מדי פעם אי שם בקצה העולם.

עתה נדון באפשרות של ניצול התוצאות הנ"ל "למסע אל תוך העתיד", ובאיזה מדה דברים אלה יכולים אולי להתנגש בתורת ההכרה של האדם (שהיא אולי נפרדת מהתהליכים הגשמיים שתיארנו לעיל).

### מסע אל תוך העתיד

בגלל הקושי להבין את תורת היחסות נכתבו הרבה "הסברים" וגם סיפורי פנטזיות שכביכול נובעים מתורת היחסות. ההדיוטות הבינו שהמרחב שלנו הוא בעל שלושה מימדים וכי הזמן הוא מימד רביעי שהוא כמו שאר שלושת המימדים של המרחב, אלא שאין אנו רואים אותו בחוש, ואולי איינשטיין וחבריו מסוגלים "לראות" את "המימד הרביעי" הזה. אבל האמת היא כי לעולם אף אחד מחוקרי תורת היחסות לא ראה ולא חשב על "מימד הזמן" בדרך כזו, אלא האמת היא שזהו רק סגנון דבור מתימטי שהחוקרים משתמשים בו שלמרחב אכן יש "ארבעה מימדים". הסיבה לכך היא שכאשר החוקרים רוצים לציין מאורע כל שהוא, הם פשוט מציינים את מקומו, דהיינו שהמאורע קרה באורך וברוחב ובגובה מסוים במרחב, וכן בזמן מסוים. כך יוצא שהם מדברים על "רביעיה" של מספרים ששלושה מהם הם אכן במרחב המוחשי מסביב לנו,

אבל המספר הרביעי (שהוא הזמן) רק צורף אליהם בצורה טכנית לחלוטין, אבל אין למספר הרביעי הזה "הכבוד" להיחשב כבעל אותה איכות או הבנה כמו שלושת המספרים הראשונים שהם אורך רוחב וגובה. אבל עם פיתוח תורת היחסות מה שקרה באמת מבחינה מתימטית הוא שאותה רביעיה של מספרים נכנסה בנוסחאות המתימטית "כחטיבה אחת", ואז הגודל המייצג את הזמן "התערב" עם שאר שלושת המימדים והתברר שהוא דומה להם בהרבה מובנים מתימטיים בלבד, כאילו זה "מימד רביעי". כאשר חוזרים מן הנוסחאות המתימטיות חזרה אל המציאות, הרי המספר הרביעי הזה תמיד חייב להימדד בחזרה ע"י שעון ולא על ידי "סרגל" של זמן כי הזמן אינו קיים במרחב, וגם לא ניתן למדוד או לנסוע בו קדימה ואחורה כמו שאנו עושים למשל במרחב. כלומר בלתי נכון לחלוטין יהיה לחשוב שנוכל להרכיב "מכונית זמן" שנסע בה קדימה ואחורה בזמן כמו שאנו עושים זאת במכוונות או במטוס במרחב סביבנו. כלומר תורת היחסות אינה דנה באפשרות כזאת כלל וכלל, אלא על רקע תוצאה אחת מסוימת בלבד (שציינו כבר לעיל) שאפשר לנצל אותה בכדי "לנסוע אל העתיד", אבל בשום פנים ואופן אין מדובר על "מכונית הנוסעת בזמן", אלא מדובר רק בניצול מסוים של תורת היחסות המאפשרת באמת להגיע אל העתיד, אבל לא ע"י מסע בכלי כל שהוא "לאורך הזמן", כי הזמן אינו לא אורך ולא רוחב ולא גובה, ואף אינו דומה להם כלל והוא נקרא "המימד הרביעי" רק בגלל שאנו מצרפים אותו בצורה טכנית מתימטית בלבד לשלושת המספרים המודדים אורך רוחב וגובה במרחב.

אנו עוד נראה לקמן כיצד תורת היחסות מציעה "לנסוע אל העתיד" דהיינו עם "הזרם של נהר הזמן". אבל הנסיעה "נגד נהר הזמן", דהיינו "נסיעה" אל העבר, הרי אפילו לפי תורת היחסות כיום זהו מבצע דמיוני, ויש הרבה חוקרים שמטילים ספק אם בכלל דבר כזה אפשרי. אבל לגבי אפשרות הנסיעה אל העתיד, הרי זה נראה להם הרבה יותר "בטוח", ולדעתם זה רק ענין של זמן שהדבר אכן יבוצע.

כיצד הם מציעים "לנסוע אל העתיד"?

למעשה אנו כבר הסברנו בסעיף הקודם את העקרונות מתורת היחסות שעל פיהם ניתן "לנסוע אל העתיד". כזכור תיארונו גם את הניסויים שנעשו אלפי פעמים במעבדות על כדור הארץ, ובתצפיות בכוכבים, המראים שהתוצאה של

האטת הזמן אכן תיראה בבירור לצופה חיצוני המתבונן בגוף הנע לפניו במהירות הקרובה למהירות האור. כלומר צופה חיצוני יטען שהזמן, למשל, בחללית הנעה קרוב למהירות האור, זורם יותר לאט מאשר הזמן שלו. אף יותר מזאת, ככל שהחללית תנוע במהירות גדולה יותר ויותר קרוב למהירות האור, אז גם האטת הזמן שיראה הצופה החיצוני על מה שמתחולל בחללית, יהיה איטי יותר ויותר ביחס לזרימת הזמן של הצופה החיצוני. במילים אחרות, מספר התקתוקים או דפיקות הלב של אסטרונוט הטס בחללית כזאת יהיה קטן יותר ממספר התקתוקים של מישהו שנשאר על כדור הארץ. כיצד עושים זאת באופן מעשי?

#### לנסוע אל העתיד

לפני כארבעים שנה התפרסמו מספר מאמרים מדעיים אשר תיארו בפרוטרוט כיצד אפשר "לנסוע אל העתיד". התיאור הפשוט ביותר הוא זה של חללית עם אסטרונוט בתוכה הנע במהירות גדולה מאד הקרובה למהירות האור. בתחילת המסע מכוונים היטב את השעונים שבחללית עם אלה שנשארים על האדמה, וכן בודקים היטב שקצב פעימות ליבו של האסטרונוט הוא נורמלי (כשבעים פעימות בדקה). החללית מתחילה את מסעה ומגדילה את מהירותה בקצב קבוע של כעשרה מטרים בשניה בכל שניה. כלומר לאחר השניה הראשונה היא נעה במהירות של עשרה מטרים בשניה, לאחר השניה השניה היא נעה במהירות של 20 מטר בשניה וכך הלאה בכל שניה היא מוסיפה למהירותה עשרה מטרים בשניה. בתאוצה קבועה כזאת ירגיש האסטרונוט שהוא נדחף קדימה ע"י מושבו בדיוק כפי שאנו מרגישים כאשר אנו מאיצים את מכוניתנו על הכביש בתחילת התנועה. הדחיפה הזאת היא בסך הכל נוחה אפילו למסע שיארך עשרות שנים, כי היא נותנת הרגשה כמו כח המשיכה של כדור הארץ, כך שהאברים הפנימיים של האסטרונוט אינם מרגישים במתח מיוחד אלא כעוצמת כח המשיכה הרגיל של כדור הארץ. כך יאיץ האסטרונוט את החללית למשך זמן מסוים (ראה טבלה). אחרי כן הוא יאיט את החללית באותו קצב בדיוק למשך אותו פרק זמן בדיוק עד שתיעצר החללית לחלוטין בחלל, ואז יתחיל את מסעו חזרה לכדור הארץ בתאוצה דומה כנ"ל במשך פרק זמן (שלישי) זהה לשנים הקודמים. אחרי כן שוב יאיט את החללית באותו קצב

בדיוק למשך פרק זמן זהה לשלושת הקודמים, ואז תגיע החללית בדיוק בחזרה אל כדור הארץ במהירות אפס. בדרך כזו בודאי שאנו כלנו יודעים מי הוא שנע: זהו האסטרונוט שעזב את כדור הארץ. כבר הסברנו לעיל שאורך החיים של החלקיקים שנעים במהירות גדולה מתארך בעיני החוקרים על האדמה. דהיינו, ראינו שהחלקיקים האלה מתפרקים מעצמם לאחר זמן פי 3 או אפילו פי שבע מאשר אם היו נעים במהירות איטית. כך גם עבור האסטרונוט שבחללית, שכאשר הוא יחזור, הוא יראה צעיר יותר מאשר בן זוגו שנשאר על כדור הארץ. כאמור, זוהי מסקנת תורת היחסות וגם הנסויים בפועל מוכיחים זאת. אנו אומרים שבעיני אלה שנשארו על פני כדור הארץ, הרי דפיקות הלב של האסטרונוט היו איטיות יותר. למשל, אם על כדור הארץ היו לחוקרים כאן 100 דפיקות לב, הרי בעיניהם היו לאסטרונוט רק 70 או 50 או אפילו 10 דפיקות לב בלבד (תלוי במהירות החללית). האסטרונוט עצמו לא ירגיש דבר. הוא גם לא יוכל לטעון את הטענה ההפוכה שהחוקרים הם הם שנעו ולא הוא, כי לכלם ברור היטב מי הוא שנע.

הטבלה הבאה מראה כמה זמן יעבור על כדור הארץ אם האסטרונוט ינוע במרחב (כפי שתיארנו לעיל) למשך שנה, 10 שנים או אפילו ארבעים שנה לפי שעונו הוא. רואים כי אם האסטרונוט ינוע כנ"ל במשך 10 שנים בכל מסעו הרי על תושבי כדור הארץ יעברו 25.5 שנים! אם הוא השאיר את אחיו התאום כשהם שניהם היו בני 30 שנה, הרי לאחר עשר שנים לפי שעונו כשהוא יחזור הוא יהיה רק בן 40 שנה ואחיו יהיה בן 55.5 שנה. ואם הוא יערוך מסע כזה שיתארך הלוך ושוב ארבעים שנה, הרי על כדור הארץ יחלוף הזמן הדמיוני של 59223 שנה! כאמור לעיל הנוסחה שבעזרתה חושב מספר זה הוכחה בניסויים במעבדות על כדור הארץ ללא שום ספק. כך יוצא שהאסטרונוט, בגין מסעו בחלל, חוזר לכדור הארץ ורואה שהזמן על כדור הארץ תקתק בקצב הרבה יותר גדול מתקתוקי הזמן שלו, וזהו הפירוש של "מסע אל העתיד".

אנו מדגישים את העובדה שהאסטרונוט "נוחת" בזמן בעתיד, ולא שהוא "נסע בזמן" ממש (לאורך מימד הזמן) אלא פשוט נחת בזמן מאוחר יותר משלו, והוא אינו יכול לחזור חזרה אל עברו באותה שיטה כלל, כי לא היה כאן "מסע" ממש, אלא "נחיתה" בזמן מאוחר יותר. דהיינו, על ידי נסיעתו מחוץ לכדור הארץ הוא יצא "מתחום הזמן" של כדור הארץ, והוא נשאר בתחום הזמן שלו



עצמו, וכאשר הוא חזר חזרה הוא חזר לתחום הזמן של כדור הארץ, ומתברר לו אז שזמן זה חלף לזמן מתקדם יותר משלנו.

### טבלה

| <u>זמן על כדור הארץ.</u> | <u>זמן האסטרונוט</u> |
|--------------------------|----------------------|
| 1.01 שנה                 | 1                    |
| 2.09                     | 2                    |
| 6.5                      | 5                    |
| 11.5                     | 7                    |
| 25.5                     | 10                   |
| 339                      | 20                   |
| 4478                     | 30                   |
| 59223                    | 40                   |

### **מסע אל העבר**

ראינו לעיל תיאור של מסע בחללית המאפשר לנוסעים לנחות חזרה אל אנשים על כדור הארץ הנמצאים כבר בעתיד הרחוק, ולעומת זאת הנוסעים שבחללית נשארו עדיין צעירים. מסע כזה נקרא בפי המדענים בשם "מסע בכוון הזמן", כי הזמן, כידוע, "זורם" תמיד קדימה ולא אחורה, ולכן מסע אל העתיד הוא בבחינת "מסע עם כוון הזרם של הזמן", ולא נגדו. אבל מסע אל העבר הוא בבחינת "מסע נגד כוון הזמן" ולא רק שהוא בכוון הפוך, אלא הוא יכול להביא את הנוסע אל מאורעות שהיו בהיסטוריה וששמע עליהם קודם לכן, וזאת בניגוד למסע אל העתיד המביא את הנוסע אל הבלתי ידוע. יתכן שזו היא הסיבה שמסע אל העבר הוא הרבה יותר קשה לביצוע, וגם מעורר תמיהות עקרוניות קשות כפי שנראה לקמן.

במשך זמן רב לא העיזו האסטרונומים והפיזיקאים לחשוב על "מסעות אל העבר" כי זה היה נחשב כפנטזיות השייכות לספרי המדע הבדיוניים בלבד. אבל לפני כעשר שנים פורסמו מספר מאמרים ע"י אנשי מדע ידועים אשר החלו לדון באפשרות המדעית המעשית "לנסוע אל העבר". הדבר עורר סערה בעולם

המדעי וגם התקשורת העולמית לא הניחה ידה מזה כדרכה. ואכן הם הציעו שיטה כיצד לעשות זאת (כפי שנראה לקמן), אבל יחד עם זאת הם הודו כי כמויות האנרגיה העצומות הדרושות לכך אינן בגדר האפשרי כיום, אבל יתכן "שציביליזציה אחרת ומתקדמת יותר מאתנו" יש לה מקורות אנרגיה מפותחים יותר משלנו, ואז יהיה המסע אל העבר בר ביצוע.

הקסם המיוחד של נסיעה אל העבר הוא כמובן גדול מאד. הסיבה לכך היא שאנו כבר מכירים את העבר מן ההיסטוריה הידועה לנו, ומי לא היה משתוקק לעמוד שוב באותם מאורעות היסטוריים גדולים שהיו בעבר ולחוות אותם מחדש? ובפרט אנו עם ישראל שההיסטוריה שלנו מכילה מאורעות בלתי נשכחים כאלה. אבל חלומות לחוד ומציאות לחוד, כי כל מה שנציג כאן הוא רק גישושים ראשוניים ביותר לנושא המסע אל העבר כפי שהמדע המודרני מציג אותו כיום.

כמובן שעבור נושאים "אקזוטיים" כאלה כמו מסע אל העבר, נדרשות גם התוצאות המדעיות האקזוטיות ביותר הנמצאות "בשוק הרעיונות" המתהלכים במסדרונות המדעיים כיום. ואכן הפתח למסע אל העבר נמצא בנושא האקזוטי לא פחות, הלא הוא "החור השחור" (ראה צבא השמים חלק ב' עמ' 188). נסביר מושג זה בקיצור.

כידוע, כל חומר בחלל נמשך אל חומר אחר ע"י כח המשיכה (גרביטציה), בדיוק כמו שכדור הארץ מושך אליו את כל מה שעל פניו או בקרבתו. כך באותה מידה כדור גז ענקי כמו כדור השמש למשל, כל חלקיו מושכים זה את זה והיו "רוצים" כלם ליפול אל מרכז השמש מפאת כובדם זה על גבי זה. אבל מפאת החם העצום שהשמש מפיקה החוצה, נוצר לחץ נגדי המאזן את כח הנפילה הזה, ולכן השמש אינה קורסת תחתיה, והיא נשארת בצורה כדורית בשווי משקל. כך מבינים האסטרונומים כיום מדוע כדורי הכוכבים בכלל הם יציבים ואינם קורסים תחתיהם לתוך המרכז. אבל אם מסיבה כל שהיא תפסק הבעירה הזו המפיקה את החם הפנימי העצום הזה בתוך כוכב גדול במיוחד, הרי לא יהיה לחץ נגדי של חום שיעצור את הנפילה, וכל השכבות שבכדור הכוכב הגדול הזה (נאמר פי עשר מן השמש) יקרוסו כלן זו על גבי זו, והכל יקרוס במהירות עצומה אל מרכזו. הנפילה הזו תמשך עד אינסוף, כלומר כל החומר שבכוכב ילך וידחק לנקודה קטנה יותר ויותר עד אינסוף. מחישובים

תיאורטיים מתברר שכח המשיכה בתוך הנקודה האינסופית הזו (וגם בסביבתה הקרובה) הולך וגדל עד אינסוף עד שאפילו קרן אור נמשכת בחוזקה אל נקודה זו ואינה יכולה לצאת ממנה. מאידך אם קרן אור אינה יוצאת מגוף כל שהוא הרי הוא אינו מאיר, ולכן לא נוכל לראותו בעיינינו כלל, ולכן גוף זה הוא "שחור", דהיינו, הוא חשוך עבורנו. במקרה כזה הנקודה אליה קרס כל הכוכב הפכה להיות נקודה "שחורה", ולא רק שקרן אור לא תוכל לברוח ממנה, אלא כל גוף או קרינה בסביבתה תפול גם היא לתוכה ולא תצא משם. כלומר זהו "בור" נקודתי שהכל נופל לתוכו ואינו יכול לצאת ממנו בגלל כח המשיכה העצום שלו. זוהי הסיבה שקוראים לכוכב כזה שקרס תחתיו עד לנקודה בשם "חור שחור", דהיינו זהו "חור" בגלל שהוא כמו בור הבולע הכל, והוא או בסביבתה הקרובה בלבד, אבל במרחקים גדולים ממנה הרי היא מושכת כמו כוכב רגיל, ולא נוכל אפילו לדעת על קיומה אלא אם היא מושכת כוכב אחר בסביבה ומסיטה אותו ממסלולו במרחב.

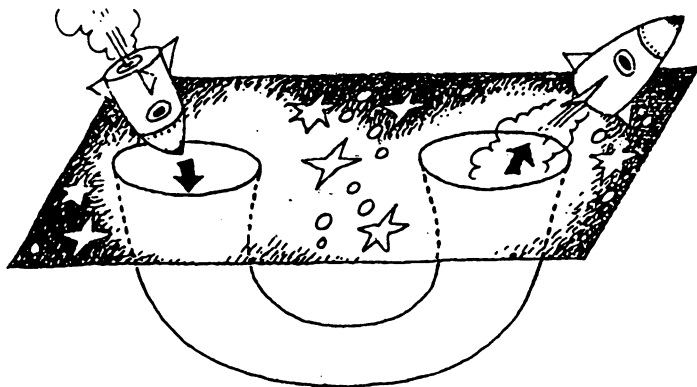
נעיר כאן כי תופעת "החור השחור" נובעת בעצם מן העובדה שאין אנו מכירים כח בטבע שיוכל לעצור את הקריסה האינסופית הזאת של כוכב גדול על עצמו עד שיגיע לנקודה אינסופית קטנה אחת, כך שעצם קיומו של חור שחור נובע מחוסר ידיעה על קיום כח נגדי שיעצור את הקריסה. כיום ישנה אמונה חזקה בין האסטרונומים כי הם כבר גילו את הכוכבים האקזוטיים האלה, דהיינו "חורים שחורים", בין הכוכבים. אנו קוראים לזה "אמונה", כי, אמנם התצפיות מצביעות על אפשרות סבירה מאד שאכן כוכבים אלה אכן קרסו תחתם והגיעו כבר למצב של חורים שחורים, אלא שאין בטחון בכך בהתאם לדרישה המדעית המדוקדקת המקובלת, והוכחת קיומם היא עדיין סברתית בלבד.

יתר על כן, על פי אותו קו מחשבה, מתברר שהחורים השחורים נמצאים לא רק בכוכבים, אלא הגלכסיה שלנו (המכונה בשם גלכסיית שביל החלב) היא עצמה מכילה במרכזה "חור שחור" שכבר "קבר" בתוכו כמה מליוני שמשות כמו שלנו, וכל המסה הענקית הזאת כבר קרסה תחתיה ונדחקה לנקודה אינסופית בקוטנה אי שם במרכז הגלכסיה שלנו עד "לחור שחור".

כמו שיש גופים כמו "חורים שחורים" הבולעים את כל מה שבסביבתם ושום דבר אינו יכול להפלט מהם, כך שמו לב האסטרונומים שישנם גם גופים אחרים בחלל כגון גלכסיות מטיפוס מיוחד שהם דוקא פולטים הכל ממרכזהם

ללא הרף (רואים התפוצצויות מתמשכות במרכזיהם), ולכן כינו אותם בשם "חורים לבנים", כי, כמו "חור שחור" הבולע הכל, כך "חור לבן" פולט הכל ואינו מסוגל לבלוע דבר. כך יוצא כאילו היקום סביבנו זרוע לא רק בכוכבים וגלקסיות אלא גם בנקודות זעירות ביותר שהן או "חור שחור" או "חור לבן" (ומי יודע מה עוד).

כמובן שמבחינה הנדסית קשה לנו מאד לדמיין מצב שבתוך נקודה זעירה כל כך נדחקות לתוכה מסה שלמה של כוכב או מסה של מיליוני שמשות, ולכן המרחב בתוך הנקודה הזעירה הזאת צריך להיות שונה מאד מן המרחב שאנו רגילים אליו. תורת היחסות הכללית של איינשטיין אכן עוסקת בתכונות המרחביות המשוונות שבתוך החורים השחורים עצמם, והיא טוענת שמפאת כח המשיכה העצום "שבמרחב" שבתוכם, הרי שהמרחב הקטן האינסופי הזה הוא "עקום" מאד שם לדבריהם. הפירוש המעשי הוא שנוצר שם מרחב בעל תכונות משונות מאד מהמרחב המקובל בסביבתנו הרגילה. בין השאר משערים כי מבחינה תיאורטית יתכן מאד שלכל "חור שחור" ביקום ישנו בן זוג שהוא "חור לבן" המחובר אליו דרך "מנהרה" המעבירה את כל החומר שנבלע בחור השחור אל החור הלבן הפולט שם בחזרה את הכל (תמונה 1). מציאותה של "מנהרה" כזאת אכן נובעת מן החשבונות התיאורטיים לפי תורת היחסות הכללית, אבל קשה לנו מאד לדמיין היכן בדיוק נמצאות המנהרות המסתוריות האלו בחלל. יתכן שהן נמצאות כאילו מחוץ למרחב שלנו בכלל, וכל מה שאנו



תמונה 1: חומר הנבלע "בחור השחור" נפלט מהצד השני דרך "החור הלבן".

יודעים הוא רק שיש לנו במרחב שלנו שני "לועות", האחד בולע הכל והשני פולט הכל, אבל אין לנו שום הבנה מבחינה מרחבית היכן בדיוק מתבצעת "ההובלה הגשמית" של החומר. החוקרים מציינים שהמרחב שבתוך שני הלועות הוא כל כך "מעוקם" שיש לו אופי אחר לגמרי מן המרחב שלנו, והוא מהווה כאילו מעין יציאה מן המרחב התלת מימדי שלנו ומימד הזמן (שהם ביחד "ארבעה מימדים") אל מימד נוסף המאפשר כביכול "לדלג" בצורה משונה כזאת מנקודה אחת לנקודה אחרת במרחב שלנו, מבלי שנראה מה בדיוק קרה ביניהם, ומה שמחבר את שתי הנקודות במרחב הוא איזה "מנהרה" במרחב בן חמישה מימדים או יותר שאין לנו את היכולת הגשמית לחוש או לראותו, וכל מה שאנו יודעים עליו הוא שהוא מחבר שתי נקודות ("לועות") במרחב הרגיל שלנו, כאשר לוע אחד "קולט הכל" והלוע השני "פולט הכל".

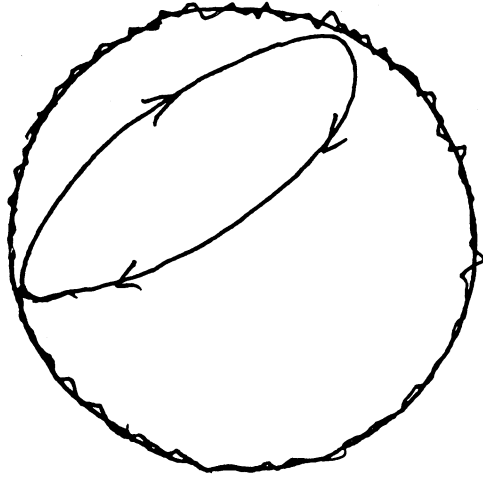
הקורא את הדברים האלה בודאי נדהם מן הדמיון והספקולציות העצומות הגובלות למעשה במיסטיקה מובהקת. אנו נרגיע את הקורא ונאמר שכל המדע הפיזיקאלי כיום אכן עוסק במיסטיקה כזאת והוא קורא לזה בשם "מודלים של חשיבה". כך אין שום הבדל למעשה בין המדע העתיק (שהם כל כך מבקרים) לבין המדע שלהם כיום. אבל נחזור לעניננו.

בכדי לשכנע אותנו יותר, המציאו המדענים גם דרך הדגמה שתעזור לנו "לבלוע" גם את הענין הזה. נתאר לעצמנו יצורים החיים במרחב שיש בו רק שני מימדים, דהיינו אורך ורוחב בלבד, כמו פני גליון הנייר שלפנינו. יצורים כאלה הם שטחיים בלבד, כי אין להם את מימד הגובה (או העומק) כלל. כלומר, אין להם מימד שלישי "שירים" אותם לגובה מעל למשטח בו הם חיים. הם אינם מרגישים כלל בחסרון של המימד השלישי, וכל החיים שלהם מתנהלים "יפה מאד" גם בלעדיו. והנה הם שמו לב שיש להם נקודה מסוימת במישור שהיא בולעת כל מה שנופל לתוכה, ונקודה אחרת במישור הפולטת הכל (תמונה 1). הם אינם רואים את עומק הבורות, כי ראייתם דורשת קיום של מימד הגובה או העומק, מה שאין להם כלל. לעומתם אנו החיים במרחב התלת מימדי רואים בעין ובחוש את המנהרה שלהם המחברת את שני

הבורות, כי יש לנו מימד אחד נוסף על שני המימדים שלהם, ואנו רואים גם לעומק. מצד אחד הם יודעים שיש קשר בין שני הלועות, אבל הם אינם רואים את "המנהרה" המחברת אותם, ורק אנחנו כיון שאנו בעלי מימד נוסף לשלהם אנו רואים את המנהרה שהם אינם מסוגלים לראות. כך בדיוק מסבירים המדענים את המצב שלנו: אנו חיים במרחב תלת מימדי ואנו רואים "לועות" כאלה במרחב התלת מימדי שלנו בצורה של "חור שחור" מצד אחד ו"חור לבן" מצד שני. אבל אין אנו מסוגלים לראות או לדמיין את המנהרה המחברת את שני הלועות האלה, אבל יצור אחר החי במרחב שיש בו מימד רביעי נוסף על שלושת המימדים שלנו, הוא יוכל לראות את המנהרה שלנו בדיוק כמו בדוגמה לעיל.

אבל מי צריך את המנהרות הללו בכלל?

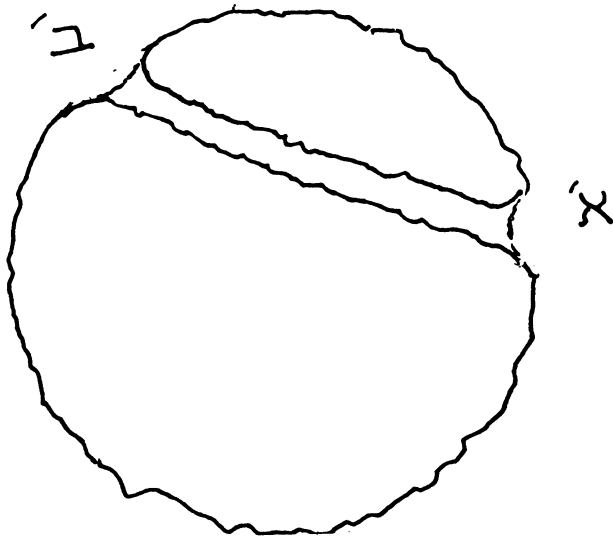
בכדי להבין זאת, נחזור שוב לדוגמה של היצורים החיים על פני משטח דו מימדי, אבל הפעם הם חיים על פני משטח שהוא עצמו כדורי, כלומר, המשטח הוא אותו משטח כמו בדוגמה הקודמת, אלא שהוא אמנם נראה לנו שיש לו בטן לעומק או לגובה (כמו כל כדור), אבל הם אינם יודעים זאת כי עבורם הכל נמצא על משטח אחד. אין ליצורים אלה היכולת "להתרומם" מעל פני הכדור או להכנס לתוכו, כי אין להם מימד שלישי של גובה או עומק. כאשר היצורים האלה מתהלכים על פני המשטח הכדורי הזה הם אינם מרגישים שהם מתהלכים על פני משטח עקום, כי אין להם מימד של עומק שהמשטח יתעקם בתוכו. ליצורים האלה יש גם חוקי הנדסה משונים, כי למשל הם יכולים ללכת על פני המשטח שלהם בקו ישר, ואחרי זמן מה הם ימצאו את עצמם שוב באותה נקודה בחזרה (תמונה 2). אנו כיצורים תלת מימדיים מבינים מה קורה להם, כי אנו חיים במרחב עם מימד נוסף לשלהם, ורואים בחוש בפועל, שהם בעצם נעים לידם בקו ישר, אבל לדידנו הם בעצם נעים במעגל על פני הכדור, וזוהי הסיבה שבתנועה שלהם בקו ישר הם בעצם חוזרים לאותה נקודה. יש עוד תופעות הנדסיות משונות במרחב כזה, למשל שסכום הזוויות במשולש אצלם יכול להיות גם 270 מעלות ולא 180 מעלות כמו אצלנו, ועוד ועוד. אבל הדבר המשונה ביותר אצלם הוא התופעה הבאה: הם יכולים לנסוע למרחקים גדולים בזמן קצר יותר ע"י "מנהרות". למשל, אם יצור כזה היה רוצה לנסוע על פני הכדור למרחק של כמה אלפי קילומטרים (כי זהו כדור גדול מאד), הרי



**תמונה 2: ייצור חי ההולך על פני כדור בכיוון "ישר" יחזור לנקודת מוצאו בגלל עקמימות הכדור.**

במקום לנסוע על פני המשטח הכדורי שהוא רגיל אליו, הוא יכנס לתוך לוע אחד ויצא מן הצד השני דרך הלוע השני, והמסע הזה יהיה כמובן יותר קצר (כי הוא בקו ישר שהוא כידוע קצר יותר מן הקשת שעל פני הכדור, תמונה 3). הוא אמנם אינו מבין את הסיבה לקיצור דרך הזה, אבל אנחנו כיצורים בעלי מימד נוסף לשלו, אנו רואים שהוא פשוט עבר דרך מנהרה בעומק הכדור במקום ללכת בדרך הארוכה שעל פני המשטח הכדורי עצמו. כיצור דו מימדי הוא לא מבין כיצד הוא קיצר את הדרך, אבל "המדענים שלו" יוכלו להסביר לו מה באמת קרה. כך בדיוק "המדענים שלנו" מסבירים לנו כיצד אפשר לנסוע מרחקים גדולים מאד בין הכוכבים ע"י כניסה ללוע אחד, לעבור דרך "מנהרה", ולצאת מן הלוע השני, וכך למצוא את עצמנו במרחק של אלפי שנות אור, וכל זאת תוך מספר שעות בלבד! זהו אחד "השימושים" האפשריים של "לועות" "ומנהרות" שהם מצאו במרחב. ההמחשה בציור 3 היא קצת מוגבלת כי הקשת שעובר הייצור הדו מימדי על פני הכדור אינה הרבה יותר ארוכה מאורך המנהרה המקצרת את הדרך בתוך הכדור. אבל בחשבונות התיאורטיים אפשר להראות כי מנהרות כאלו אכן מקצרות את הדרך בפועל פי כמה מונים, והמסעות אל הכוכבים הופכים אז לפעולה קצרה מאד ובת ביצוע, בשעה





תמונה 3: נוסע המעוניין להגיע מנקודה א' לנקודה ב' יעדיף לנסוע דרך "המנהרה", כי היא קצרה יותר מן הקשת שעל פני הכדור.

שהמסע כזה על ידי חללית שלנו כיום יכול לארוך כמה מאות ואלפי שנים. המנהרה שבתמונה 3 נקראת גם בשם "נקבת תולעת", כי היא דומה לנקב בתוך תפוח שנעשה ע"י תולעת. "נקבת תולעת" או "מנהרת זמן" הם שמות מתחלפים בספרות המדעית, וכפי שראינו לעיל אחד השימושים שלהם הוא קיצור זמן המסעות בין הכוכבים. יתר על כן התבררה גם תוצאה תיאורטית מענינת אחרת: יתכן שאדם שיכנס למנהרת זמן כזאת יצא דרך הלוע השני שלה וימצא את עצמו במקום השייך לעולם תלת מימדי אחר לגמרי שהוא "מקביל" למרחב שלנו, והקשר היחידי בין שני העולמות הוא רק דרך המנהרה הזאת. כלומר, אי אפשר להגיע כלל לעולם המקביל השני דרך נסיעה רגילה בחללית, אלא אך ורק ע"י מעבר דרך המנהרות המשוונות האלו. ומי יודע כמה עולמות מקבילים לשלנו קיימים מסביבנו ואין לנו שום קשר ישיר גשמי אתם אלא דרך המנהרות האלו.

כאן אורבת סכנה לקורא המאמין העלול "לקפוץ" ולחשוב שהנה הנה הוכח סוף סוף באופן מדעי שישנם עולמות אחרים. אבל אין הדבר כך כלל וכלל, כי העולמות המקבילים שהפיזיקאים והאסטרונומים "גילו" באופן תיאורטי הם

עדיין גשמיים במהותם. יתכן גם שהגשמיות שלהם היא אולי גשמיות שאינה בדיוק זהה לשלנו, אבל בכל זאת גשמיות ולא רוחניות כמו העולמות הרוחניים שאנו מאמינים בהם. אמנם תיאור המנהרה שהבאנו לעיל היה קשור קשר הדוק לכך שבצד אחד שלה עומד לוע הבולע הכל ("חור שחור") ובצד השני קיים לוע שני שפולט הכל ("חור לבן"). אבל מחקרים נוספים הראו שמנהרות כאלו נמצאות ביקום גם בלי קשר "לחורים שחורים" שתיארנו קודם, אלא הן יכולות להוצר פתאום מעצמן בחלל הריק, ולהיעלם לפתע כלעומת שבאו. "אורך החיים" של מנהרות כאלו הנוולדות ונעלמות פתאום הוא קצר ביותר (כמיליארדית מיליארדית מיליארדית מיליארדית השניה!) ולכן יכולה להופיע מנהרה כזאת ממש "מתחת לאפיו" ולא נרגיש בה כלל מפאת המהירות העצומה שבה היא נוצרת וגם נעלמת. ישנן עוד תכונות רבות ומשונות של החלל הריק עצמו שהתגלו בשנים האחרונות (אשר לדבריהם הן מחויבות המציאות) וזו אחת מהן. כך יוצא שהחלל הריק שלנו אינו כל כך "ריק" אלא הוא "רוחש ובוחש" בתופעות מהירות מאד ומשונות, אבל תגובת חושינו היא הרבה יותר איטית ולכן אין אנו מרגישים בהם, כך שהחלל סביבנו נשאר עבורנו "חלל ריק". המנהרות האלו שנוצרות מעצמן בחלל הריק הן בעלות תכונות דומות מאד לתכונות המנהרות שתיארנו לעיל, כך שאם יצליחו "לתפוס" מנהרה כזאת, הם יוכלו גם לנצל אותה למסעות בין הכוכבים. פרט למסעות האלה, ניתן לנצל את המנהרות גם למסעות אל העבר, וכאן אנו חוזרים לנושא שבו התחלנו, נבאר זאת בפרוטרוט.

כמו שראינו קודם שאדם הטס בחללית במהירות גדולה מאד, שהשעון שלו מואט ביחס לאדם שנשאר על כדור הארץ, כך באותה מידה מתברר שאדם הנמצא תחת משיכה חזקה (גרביטציה חזקה), גם אצלו השעון הוא איטי יותר ביחס לאדם הנמצא תחת משיכה קטנה יותר. למשל, אדם הנמצא על פני כוכב דחוס מאד שמשכיחו חזקה ביותר, כל מהלך הזמן שם הוא איטי יותר מאשר על פני כוכב רגיל שמשכיחו קטנה יותר. גם תוצאה זו של תורת היחסות של אינשטיין הוכחה בתצפיות אסטרונומיות וגם בניסויים במעבדה. מכאן נפתח הפתח למסע אל העבר, כדלקמן.

בשנים האחרונות התפרסמו מספר מאמרים של מדענים ידועים שהציעו לנצל את האטת הזמן שתיארנו לעיל ע"י שימוש במנהרה שתחבר שני מקומות בעלי

כח משיכה שונה: לוע אחד שלה נמצא במקום שכח המשיכה שלו הוא חלש, והלוע השני נמצא במקום שכח המשיכה שלו חזק יותר. החישובים התיאורטיים מראים כי אדם שיכנס למנהרה כזאת בזמן מסוים דרך לוע אחד, הרי כאשר יצא מן הלוע השני הוא ימצא את עצמו בעבר (ואם יסע בכיוון הפוך הוא ימצא את עצמו בעתיד). זוהי הסיבה לכך שקוראים למנהרה כזאת בשם "מנהרת זמן". המחקר של המתקן הפנטסטי הזה למסע אל העבר (או אל העתיד) הוא לא רק בחיתוליו אלא, אף לדברי המדענים עצמם, אפילו אינו בר ביצוע כיום. הסיבה המרכזית לכך היא שכאשר יצור חי נכנס לתוך הלוע הראשון הוא ימחץ ויתרסק לרסיסים, שהרי כח המשיכה העצום שם הוא כמו של "חור שחור", דהיינו כל מה שנכנס לשם נופל נפילה אינסופית לנקודה קטנה, ואז מה בדיוק ישאר מאותו נוסע מסכן? הוא אמנם יצא מן הלוע השני של המנהרה, אבל לא ישאר ממנו דבר שלם וגם ולא מהשעון שנשא אתו. הפעם הוא יעבור לעולם שהחוקרים לא בדיוק מאמינים בו כל כך, כי הוא יעבור הפעם באמת לעולם שכלו טוב, והחוקרים שנשארו בחוץ, הם ישארו בחיים. האמת היא שהחוקרים אכן יודעים זאת, ולכן הם הלכו וחישבו בדיוק מהי עוצמת ההתרסקות הזאת, והתוצאה היא שדרוש כח נגדי עצום בכדי לעצור אותה. הם אף מודים במאמריהם שאכן יש "לייצב" את הדפנות של המנהרה בחומרים מיוחדים שייצרו כח דחיה שיפעל נגד כח המשיכה העצום שם. הם גם מודים שכמות האנרגיה הדרושה לייצור הדפנות אינה בידינו כלל, אבל הם מצפים שאוכלוסיה מכוכבים אחרים יש בידה אולי האמצעים הדרושים להפקת אנרגיה בכמויות פנטסטיות כאלה. וכך למעשה הם משליכים את יהבם על ענין עוד יותר פנטסטי: מציאת יצורים חיים על כוכבים אחרים שייפתרו להם את הבעיה הטכנית הזאת.

עתה, אפילו אם יצליחו לבנות מתקן כזה (או אחר) למסע אל העבר, בכל זאת אי אפשר יהיה לנסוע אחורה אל העבר אלא עד לתאריך שהמתקן הזה נבנה, וכיון שעד היום לא בנו אותו, הרי שאפילו לדבריהם נסתם הגולל על האפשרות לראות את ההיסטוריה שלנו על כדור הארץ, אלא אם יצורים מן החלל החיצון הרכיבו מתקן כזה כבר בעבר הרחוק, ואולי נוכל להשתמש בו גם אנו. וכך כל הענין הפך באמת למדע בדיוני מובהק שהכל נסמך בו על יצורים אחרים.

נשארה עוד נקודה עקרונית אחת מעניינת: אם יבנו מתקן כזה למסע אל העבר, האם יהיה גם אפשרי להתערב ולשנות את העבר, או שהמתקן יאפשר רק "נוכחות" בלי אפשרות של "התערבות". האפשרות לשנות את העבר גורמת לחוקרים "כאב ראש" גדול. אם באמת קיימת גם אפשרות לשנות את העבר, האם זה לא יפגע במה שכבר נמצא בהווה כיום? שהרי אם מה שנמצא כיום הוא תוצאה מה שנעשה בעבר! אז אם נשנה את העבר האם יעלם פתאום ההווה הקיים ובמקומו יופיע הווה אחר המתאים למה ששונה בעבר אולי הדוגמה הקלסית החריפה ביותר היא שאדם נוסע אל העבר ומסיבה כל שהיא הוא הורג את סבו כשהיה עדיין ילד. כך "חיסל" הנכד במו ידיו את "הסיבה" בגללה הוא נולד. כך הופכת נסיעה אל העבר והתערבות בפועל כמפירה כביכול את עקרון הסיבתיות בעולם.

מבחינתנו אנו כיהודים, ההדיוטות שבינינו גם הם היו אולי "רוצים מאד לתקן" כביכול את מעשי אבותינו, כגון מעשה העגל, שנאת אחים וחורבן הבית, ואז כל העתיד שבא אחר כך היה משתנה לחלוטין! זו הסיבה שהרבה תיאורטיקאים חושבים שאולי באמת תתכן נסיעה אל העבר, אבל כיון שאי אפשר להפר את עקרון הסיבתיות, כנראה שלא יתכן שנוכל לשנות את העבר, אבל להיות נוכח בלבד - זה אולי אפשרי.

יש כאלה שאפילו הצליחו להראות זאת באופן מתימטי, דהיינו, הם תיארו וחישבו מערכת פיזיקאלית מסוימת במעבדה אשר בה הוכיחו כי ברגע הקריטי ביותר, כאשר אחד הגופים שבמערכת עומד לשנות דבר מסוים שהיה בעבר, הוא פתאום נעצר ועושה משהו אחר, כאילו הטבע עצמו אינו מאפשר לו לשנות את מה שכבר הוטבע בו. כלומר, כל מעשה או עובדה שהוטבעה אי פעם בטבע אי אפשר לשנותה, כי מה שנעשה בעבר הופך להיות חלק בלתי נפרד מהטבע עצמו. תוצאה זו נראית שכביכול הטבע מונע בעצמו את הבחירה החופשית, כמו למשל, שברגע שאותו נכד ירים את ידו על סבו, ידו תיעצר פתאום, או שהוא יתחיל להסתובב סביב עצמו (זו היתה התוצאה הספציפית שהתקבלה בחישובים של אותם תיאורטיקאים) וכך הטבע עצמו אינו מאפשר לו את הבחירה החופשית לבצע את זממו. בעצם אין להתפלא על זה כלל, כי אכן הטבע כפי שאנו מכירים אותו סביבנו אכן אינו מאפשר את הבחירה החופשית כרצון כל אדם. הדוגמה הקלסית היא שאדם הרוצה להלך על

התקרה יפול מיד חזרה לאדמה. אמנם הוא בחר מה שבחר, אבל הטבע אינו נותן לו לעשות זאת, וזה פשוט.

אשר להשקפת עולמנו אנו כיהודים, אכן תוצאה זו, על אף צד הפנטזיה שבה, משתלבת היטב באמונתנו. עבורנו חטא אדם הראשון וירידת הבריאה כלה בעקבות החטא, שלושת האבות, גלות מצרים, משה רבנו ומתן תורה, בית מקדש ראשון ושני ועוד, הם חלק בלתי נפרד מהבריאה והם הם הטבע עצמו ואין לשנותו, עם הטוב ועם הרע שקרה בו. ואכן, מעשה אבות סימן לבנים, והם הם הסיבה לכל קיומנו אנו מאז בריאת העולם ועד היום, הכל קשור זה בזה כחטיבה אחת, והיא מתגלגלת ומשתלשלת תחת השגחתו יתברך, והוא שברא, הוא המשגית, הוא הדן יחידי ואין לאף אחד מברואיו שיאמר לו מה תעשה ומה תפעל, לא בעבר שכבר היה ולא בעתיד שיהיה, ובכך הודה אפילו גדול הנביאים שלהם: "לא איש אל ויכזב וכן אדם ויתנחם, ההוא אמר ולא יעשה ודבר ולא יקימנה" (במדבר כ"ג, י"ט).

פרק שמיני

## הצד האפל של היקום

### על גרמי שמים שאינם מאירים

בימים אלה של ראש השנה ויום הכיפורים אנו מחשבים את חשבונות העבר בכדי לחזור בתשובה ולהיטיב את דרכינו. אנו מהרהרים בהשגחה העליונה בפחד ויראה. אלה הן מצוות המיוחדות לימים האלה, ומן הסתם גם יותר מאשר בימים האחרים של השנה. לעומת מצות יראת ה', ישנה מצוה שניה הצמודה אליה והיא אהבת ה' יתברך, וזוהי מצוה שאנו מחויבים בה במשך כל ימי השנה במידה שווה. הרבה נשאלו על מהותה זו של אהבת ה' וכיצד משיגים אותה. הרמב"ם כתב בספר המצוות (מצוה שלישית) שאהבת ה' היא "שיתבונן במצוותיו ומאמריו ופעולותיו עד שנשיגהו ונהנה בהשגתו בתכלית ההנאה וזאת היא האהבה המחייבת". כלומר מתוך לימוד "מצוותיו ומאמריו", דהיינו תורתנו הקדושה, "ופעולותיו", דהיינו פעולותיו בשמים ובארץ, אז "תעלה בידך ההשגה ותגיע ההנאה ותבוא האהבה בהכרח". כלומר, השלב הראשון הוא "ההשגה" המחייב בעקבותיו את "ההנאה". אחרי כן, השלב השלישי הוא כדבריו (שם) "שנהיה קוראים לבני האדם כלם לעבודתו יתעלה ולהאמין בו, וזה (כמו) שאתה כשתאהב איש אחד תספר בשבחיו תרבה בהם ותקרא בני האדם לאהוב אותו", דהיינו השלב השלישי הוא "לספר בשבחיו". השלב הרביעי באהבת ה' יתברך "תקרא לבני אדם לאהוב אותו". ארבעת השלבים האלה, דהיינו, השגה, הנאה, שבחים וקריאת לבני אדם לאהבו, קיים אברהם אבינו ע"ה. וכדברי הרמב"ם "ור"ל כמו שאברהם מפני שהיה אוהב כמו שהעיד הכתוב אברהם אוהבי, וזה בעצם השגתו קרא בני האדם להאמין בשם מרוב אהבתו, וכן אתה אהוב אותו עד שתקרא אליו בני אדם". עכ"ל.

כאמור אחד מארבעת העיקרים של אהבת ה' הוא כדברי הרמב"ם, לספר בשבחיו של ה' יתברך, כמו שאדם מספר על חברו האהוב, כמה הוא חכם, כמה הוא נבון, ראה פעולותיו והנהגותיו בשמים ובארץ. סימן זה של אהבת ה'

יתברך נמצא במיוחד בספר תהילים, אשר חלק מהם אנו אומרים בכל יום בזמירות של תפילת השחר, הללויה, הללויה, בהם אנו מהללים ומשבחים את מעשיו בשמים ובארץ.

מזמור קמ"ג בתהילים מהלל ומשבח במיוחד את פעולתיו יתברך בשמים: הללו את ה' מן השמים, הללוהו במרומים, הללוהו כל מלאכיו, הללוהו כל צבאיו, הללוהו שמש וירח, הללוהו כל כוכבי אור וגו'.

ועל הפסוק האחרון שואלת הגמרא (פסחים ב'.): מיתבי "הללוהו כל כוכבי אור"... הכי קאמר הללוהו כל כוכבים המאירים. (ומקשה הגמרא) אלא מעתה כוכבים המאירים הוא דבעו שבוחי, שאינן מאירים לא בעי שבוחי?! והא כתיב "הללוהו כל צבאיו!" ומסקנת קטע זה היא שלא רק כוכבים המאירים משבחים את ה' יתברך, אלא "כל צבאיו", וזה בודאי כולל גם את הכוכבים שאינם מאירים. עד כאן דברי הגמרא.

וכי תאמר, בשלמא כוכבים המאירים בודאי משבחים את ה' יתברך בעצם הארתם שהם מעידים שהם חיים, שהם בזה מראים את אורם שהוא שבח מעשיו של ה' יתברך, אבל כוכבים שאינם מאירים במה הם משבחים אותו, שהרי הם נחשבים כמתים, וכתוב "לא המתים יהללו יה"?! ובכן, עוד נברר בהמשך מאמרנו זה כי אפילו כוכבים שאינם מאירים גם הם מהללים את ה' יתברך בדרכם שלהם. כי מתברר שגם הם מקרינים קרינה טיפוסית להם, שאמנם אינה קרינה מעליא שיהנו ממנה בני אדם בעיניהם, אבל קרינה כזו שלהם מעידה על פעולותיו ושבחיו של ה' יתברך, אם כי במידה מועטת יותר מהכוכבים המאירים, וכל אחד משבח את ה' לפי השגתו ומדרגתו, וזה מה שנאמר "הללוהו כל צבאיו", דהיינו, כוכבים שמאירים ושאינם מאירים לנו. הנה מן הסוגיא הזו ברור שחז"ל ידעו גם ידעו שביקום שלנו ישנם כוכבים שאינם מאירים. זהו מה שאנו מכנים במאמרנו זה "החומר האפל" דהיינו אותם גרמי שמים קרובים או רחוקים שאין אנו רואים כלל, אבל אנו יודעים על קיומם, כפי שמסרו לנו חז"ל כאן.

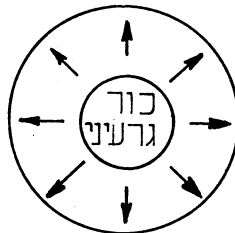
והנה ידיעה זו שהיתה מסורה בידינו כבר אלפי שנים, הנה היא הפכה להיות בשנים האחרונות לאחד הנושאים "הבווערים" ביותר באסטרונומיה מודרנית: טלסקופים גדולים הניצבים על האדמה או כאלה המשייטים בחלל החיצון



ומופעלים בשלט רחוק, אשר עלות כל אחד מהם מגיעה למיליונים ומילארדים של דולרים, כלם מחפשים ותרים אחר אותם גרמי שמים אפלים שאינם נראים כלל. ובאמת, מה ענין יש בזה בכלל, וכיצד זה אפשר לדעת משהו על חומר אפל שאינו מאיר כלל? הרי אנו רואים משהו מרחוק רק מפני שקרני אור מגיעות ממנו אלינו, אז איך אפשר לדעת או לחקור חומר שאינו נראה כלל? ואכן אם היינו משייטים בספינת חלל במרחבי היקום היינו יכולים פתאום להתקל בגרמי שמים אפלים שאינם מאירים ורק כך היינו יודעים על קיומם. למה הדבר דומה, לאדם הנכנס לחדר חשוך לחלוטין ואשר בו חפצים שונים. הוא מגשש באפילה ונתקל מדי פעם בחפץ אחר. לאחר שהוא יוצא מהחדר הוא אכן יודע שלא ראה כלום, אבל הוא בטוח שישנם חפצים שונים בחדר הזה. אבל אנחנו על פני כדור הארץ אין לנו עדיין אפשרות לטייל בחלל הריק וכל ידיעתנו על גרמי השמים האפלים היא ידיעה נסיבתית בלבד, כפי שנסביר לקמן.

#### מהיכן בא אור הכוכבים?

כמובן נשאלת השאלה כיצד מבינים האסטרונומים כיום את העובדה שישנם כוכבים שמאירים ואחרים כבויים. התיאוריה הנפוצה כיום היא (ויש לה הוכחות עקיפות רבות, ראה צבא השמים חלק א' עמ' 38) שהכוכבים המאירים הם כדורי גז ענקיים, למשל, כמו השמש שלנו, ויש במרכזם "כור תרמו גרעיני" פעיל היוצר קרינה חזקה מאד. לאט לאט יוצאת הקרינה הזו מהמרכז לשכבות החיצוניות של כדור הגז והיא נחלשת מאד בדרך, עד שבשפת הכוכב היא הופכת לקרינה של אור שאנו מסוגלים לראות בעינינו (תמונה 1).



תמונה 1: כוכב הוא כדור גז ענקי אשר במרכזו בוער כור תרמו-גרעיני. הקרינה שנוצרת במרכזו בורחת אט אט החוצה.

אבל כור גרעיני יתפתח במרכז כוכב, רק אם הכוכב הוא מספיק כבד. כי כאשר הכוכב מורכב מחומר רב ושכבות רבות של גז עוטפות אותו זו בתוך זו כגלדי בצלים, כלן לוחצות על הגז שבמרכז הכוכב מפאת הכובד שלהן עליו (ראה צבא השמים חלק ב' עמ' 146), ואז עולה החום במרכז מאד מאד, וכך "נדלק" החומר שם (בדרך כלל גז מימן) ונוצר למעשה כור תרמו גרעיני מושלם המספק אנרגיה לכל הכוכב כלו. אמנם הקרינה הגרעינית הבוקעת ממרכז הכוכב היא קרינה טיפוסית לקרינה של התפוצצות של פצצה גרעינית, אבל לאט לאט היא יוצאת החוצה מבעד לכל השכבות החיצוניות, ועד שהיא מגיעה לשפת הכוכב הרי היא נחלשת מאד ונעשית קרינה שאנו רואים בעינינו. למשל, השמש שלנו מאירה לנו בצבע צהוב טיפוסי, אף על פי שבמרכזה פועל כור גרעיני המקרין בקרינת גאמא מסוכנת חזקה מאד.

כמובן שאין אנו רואים את מרכזו של כוכב (ובקושי רואים כוכב כנקודה מנצנצת בשמי הלילה), וגם את מרכז השמש שלנו אין אנו רואים כלל (אלא רק שפתה החיצונית היא הנראית לנו בלבד) אבל האסטרונומים כיום משערים שהכורים הגרעיניים האלה במרכזי כוכבים הם הם המספקים את קרינת האור והאנרגיה של הכוכבים בכלל, וזו של השמש שלנו בפרט. ואמנם יש מספר הוכחות נסיבתיות שאכן במרכזם של כוכבים פועלים כורים גרעיניים כאלה.

ברור שככל שהכוכב הוא "כבד" יותר (בעל מסה גדולה יותר) כך הלחץ של הכובד יהיה גדול יותר על המרכז, וכך תעלה הטמפרטורה יותר ויותר, והכור הגרעיני יהיה שם פעיל יותר. ולהיפך, ככל שהמסה של כוכב קטנה יותר, הרי הוא גם יאיר פחות. ויתכן גם שמסה של כוכב תהיה כל כך קטנה עד שלא ייווצרו כלל התנאים ליצירת כור גרעיני במרכזו. למשל כוכב הלכת צדק שבמערכת השמש שלנו אינו מספיק גדול ("כבד") בכדי ליצור לחץ ליצירת כור גרעיני במרכזו, ולכן הוא "כוכב כבול". כך גם כדור הארץ או הירח שלנו וכל שאר כוכבי הלכת הם כוכבים כבויים. מחישובים תיאורטיים וגם מתצפיות, אכן מתברר כי כמות החומר המינימלית הדרושה בכדי ליצור כוכב עם תנאים נכונים להארת הכוכב מכור גרעיני עצמי, צריכה להיות לפחות עשירית ממסת השמש. כלומר כוכבים שיש להם כמות חומר פחות מעשירית זו של השמש לא ייצרו כור גרעיני במרכזם והם ישארו כבויים לעולמי עדי (מסת השמש היא

כאילו יחידת מסה אשר בעזרתה מודדים את המסה של שאר הכוכבים). כך יוצא שהקב"ה ברא את הכוכבים בגדלים שונים זה מזה: יש כאלה שמסתם אפילו כארבעים מסות שמש ואף יותר, וישנם גם כוכבי הלכת שלנו שמגיעים למאית (ואף פחות) ממסת השמש, וישנם כמובן גרגירים קוסמיים זעירים המטיילים להם במרחבי היקום בגדלים שונים ומשונים זה מזה אבל, כאמור רק גופים צפופים שמסתם היא יותר מעשירית השמש רק הם יאירו "כפנסים" במעמקי היקום, וכל השאר שהם פחות ממסה זו ישארו אפלים לעולמי עד. אמנם במקרה וגופים אפלים כאלה נמצאים בסביבת "פנס" כזה אכן הם אמנם יאירו, אבל באור מוחזר בלבד. כך כדור הארץ שלנו והירח וכל כוכבי הלכת היו נשארים חשוכים ובלתי נראים אילולא שם הקב"ה את השמש בקרבתם.

והנה ככל שמסת הכוכב גדולה יותר, כך הכור הגרעיני במרכזה פועל בקצב גדול יותר, ולכן גם כוכבים "כבדים" כאלה יאירו בעוצמה רבה יותר. כוכבים כאלה הם לא רק "פנסים", אלא הם נקראים ע"י האסטרונומים אף בשם "מגדלורים". כוכבים אלה הם כדורי גזים ענקיים הלוהטים בשפתם בצבע כחול בטמפרטורות של כעשרים אלף מעלות חם ויותר! (למשל, השמש שלנו היא צהובה וזוהרת בשפתה בטמפרטורה של כששת אלפים מעלות חם "בלבד"). לעומת כוכבים ענקים כחולים אלה ישנם "כוכבים ננסים" אשר בקושי מאירים את סביבתם באור אדום והם בטמפרטורה של כאלפיים מעלות חם בלבד. ואכן, מסתם היא קצת יותר מעשירית ממסה השמש שלנו. אבל האסטרונומים אינם מסתפקים במה שהם נתקלים בתצפיותיהם בלבד, אלא הם רוצים למצוא מהו הכוכב "הכבוי" שעדיין יש לו אור משל עצמו. באופן תיאורטי התברר כי יתכן שהכור הגרעיני של כוכב כזה יכבה לחלוטין, אבל הכוכב יאיר עדיין את סביבתו באור חלש ביותר בגלל תהליכים גרעיניים אחרים המתחוללים בתוכו.

לפני מספר שנים החל מרוץ קדחתני בין האסטרונומים כדי למצוא בשמים כוכבים שהם מכנים בשם "ננסים חומים". הם נקראים בשם זה כי הם אמנם מאירים, אבל הם על גבול החושך, ולכן נקראו "חומים". כאמור כוכבים אלה הם בקושי נראים ולכן היו צריכים להשתמש במכשירים מיוחדים של היי-טק הצמודים אל הטלסקופ בכדי למצוא אותם. ואכן התוצאות לא איחרו לבוא: בשנתיים האחרונות נתגלו כבר שני "ננסים חומים" המאירים בקושי באור

אינפרא אדום חלש ביותר, והטמפרטורה שלהם מגיעה לשיעור מאות מעלות חם בלבד! האסטרונומים הצליחו גם לחשב את מסתם והיא מגיעה לכדי שישים פעם של מסת כוכב הלכת צדק שבמערכת השמש שלנו. כיום זה נחשב "לשיא העולמי" החדש של מסת כוכב הקטנה ביותר שעדיין מאירה מעצמה (כוכב הלכת צדק עצמו "מאיר" בטמפרטורה של כשלוש מאות מעלות חם בלבד). בכל אופן, הכוכבים "הננסים החומים" האלה הם כנראה "החוליה המקשרת" בין הכוכבים המאירים מעצמם בגלל הכורים הגרעיניים שבמרכזם, לבין הכוכבים האפלים לגמרי שאינם מאירים כלל כמו כוכב הלכת צדק וכדור הארץ שלנו ושאר כוכבי הלכת.

מתברר כי במרחבי היקום ישנם מעט כוכבים גדולים ורוב רובם של השאר הם דוקא הכוכבים הקטנים. הדבר דומה לכדור הארץ: אמנם רואים הרבה סלעים גדולים ואף גדולים מאד, וגם בינוניים, אבל רוב האדמה כאן עשויה מאבנים קטנות ובעיקר מגרגירים. כך הדבר גם בשמים: רוב רובם של גרמי השמים הם דוקא הקטנים שבהם דהיינו, דוקא שאינם מאירים כלל. ואמנם במערכת השמש שלנו למשל, ישנם, כתשעה כוכבי לכת (בזמן האחרון החליטו האסטרונומים שישנם רק שמונה כוכבי לכת בלבד, כי הכוכב פלוטו אינו מספיק "ראוי" להקרא בשם "כוכב לכת" כי הוא קטן מדי, ויש לצרפו לדעתם לעוד אלפי גופים דומים לו בגודלם המקיפים גם הם את השמש) ועוד מיליונים ומיליארדים של סלעים וגושי קרח המקיפים גם הם את השמש. כל החומר הזה אמנם מגיע רק לכעשרים אחוז ממסת השמש עצמה, אבל מספרם הוא רב מאד. אבל יתכן שבמרחבי היקום ישנו הרבה יותר חומר אפל מאשר במערכת השמש שלנו, ויתכן גם שאין בסביבתם אפילו "שמש" כל שהיא שתאיר אותם. מתברר שהאסטרונומים מגלים את קיומם של גרמי שמים אפלים רק בדרך נסיבתית (ראה לקמן), אבל הם סוברים שיש חשיבות עצומה לדעת מהי כמות החומר האפל הכללית שישנו ביקום בכלל כיום. הם משערים שתשעים אחוז מן היקום הוא חומר אפל! אם כך הדבר, הרי ברור שחוקי הטבע ביקום נקבעים דוקא על ידי רוב ולא על ידי אותו מיעוט של חומר מאיר שקל לנו לעסוק בו, ולכן יש להתחקות אחרי החומר האפל ביתר שאת בכדי לגלות את החוקים על פני הרוב ולא על פני המיעוט, אחרת זה יראה כמו אותו שיכור שמחפש בלילה מתחת לפנס רחוב את המטבע שהוא איבד: עובר אורח שואל אותו אם הוא איבד את

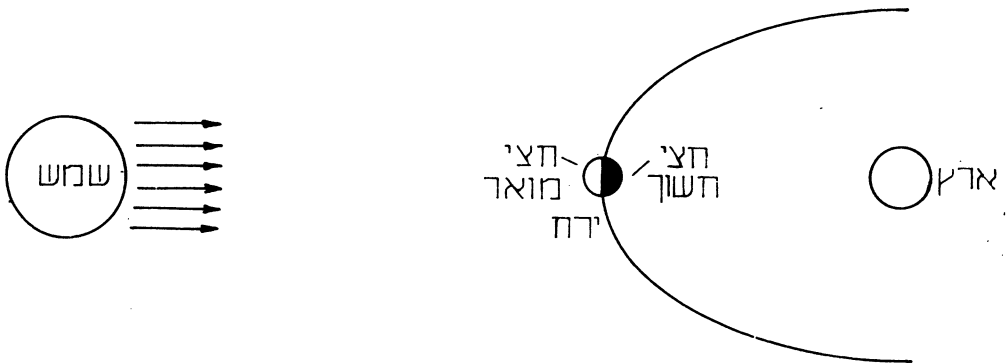
המטבע מתחת לפנס או במקום אחר. עונה לו השיכור שאכן הוא איבד את המטבע במקום אחר, אבל, שם שורר חושך וכאן שורר אור מתחת לפנס ולכן הוא מחפש כאן. ואכן מצב האסטרונומים כיום דומה למצבו של השיכור: הם יודעים מה שקורה מתחת "לפנסים" (סביבת הכוכבים המאירים) אבל הם אינם יודעים כמעט דבר על מה שקורה במעמקי המרחב האפלים, שם נמצא רוב רובו של החומר ביקום. הם רק מקיים שכמות החומר המאירה אולי מייצגת באיזה שהוא אופן את "הרוב הדומם".

זה מספר שנים שהמחקר האסטרונומי המודרני מתחקה במרץ רב אחר הצורות השונות של חומר אפל אפשרי ביקום. כבר הזכרנו לעיל מדוע יש כוכבים אפלים שאינם מאירים מעצמם, או בקושי מאירים. אבל מתברר (ראה לקמן) שהחומר האפל ביקום אינו רק בצורה של כוכבים "שלא נדלקו" במרכזם ונשארו אפלים, אלא ישנן גם צורות רבות אחרות של גרמי שמים אפלים שאינם נראים לנו בעינינו כלל, ואנו יודעים עליהם ממחקרים בדרכים אחרות, והם אינם בצורת כוכבים כלל. וישנו אף חומר אפל שיודעים על קיומו ואף נמדדה מסתו. ואין אנו יודעים כלל עד היום מה מהותו של החומר האפל הזה הממלא את חלל היקום, האם הוא חומר מוכר לנו בכלל במעבדות על כדור הארץ, או אולי זהו חומר מסוג חדש שאין אנו יודעים עליו כלל. המענין הוא שהאסטרונומים, כאמור, יודעים שהוא קיים, אבל צורתו ומהותו היא בלתי ידועה כלל.

אבל, לפני שנתאר את כל הנושא האקזוטי הזה, נבאר בתחילה מהו החומר האפל הקונבנציונלי יותר שהוא בצורת כוכבים אפלים כפי שהכרנו לעיל.

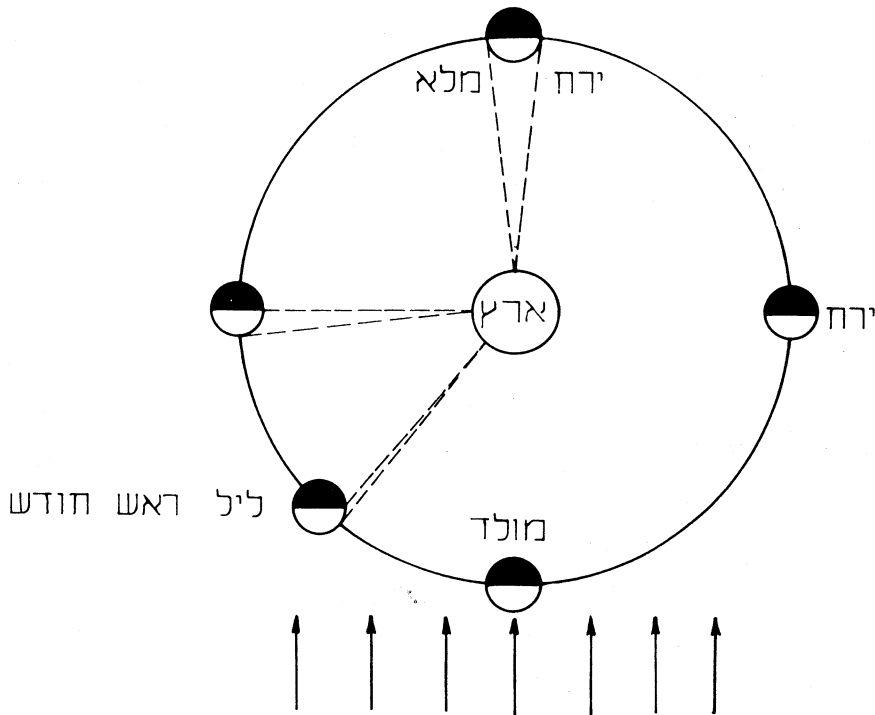
### כוכבים אפלים

הדוגמה הידועה ביותר של "כוכב אפל" הוא הירח שלנו. כידוע (ראה צבא השמים חלק א' עמ' 119) הירח הוא גוף כדורי אפל שאין לו אור משל עצמו, ורק אותו צד כדורי הפונה אל השמש מאיר באור מוחזר. תמונה 2 מראה את מצב הירח בזמן המולד. כאשר הוא נמצא בין כדור הארץ לבין השמש, הרי חצי הירח הפונה אל השמש הוא כלו מואר על ידה, והחצי השני הפונה אלינו הוא כלו חשוך. זוהי הסיבה שאין כלל לראות את הירח בזמן המולד עצמו, ויש לחכות זמן מה עד שעידי הראיה יוכלו לראות את הפלח הראשון של הירח



**תמונה 2:** חצי הירח הפונה אל השמש הוא תמיד מואר ע"י קרני השמש והחצי השני-חשוך. במצב כמו בשרטוט לעיל, כאשר הירח נמצא בדיוק בין הארץ לבין השמש (זהו מה שמכונה אצלנו רגע המולד), פונה הצופה על פני כדור הארץ רק אל החצי החשוך של הירח ולכן הוא אינו רואה דבר, כי כל החצי השני המואר של הירח הוא כלו בצד השני.

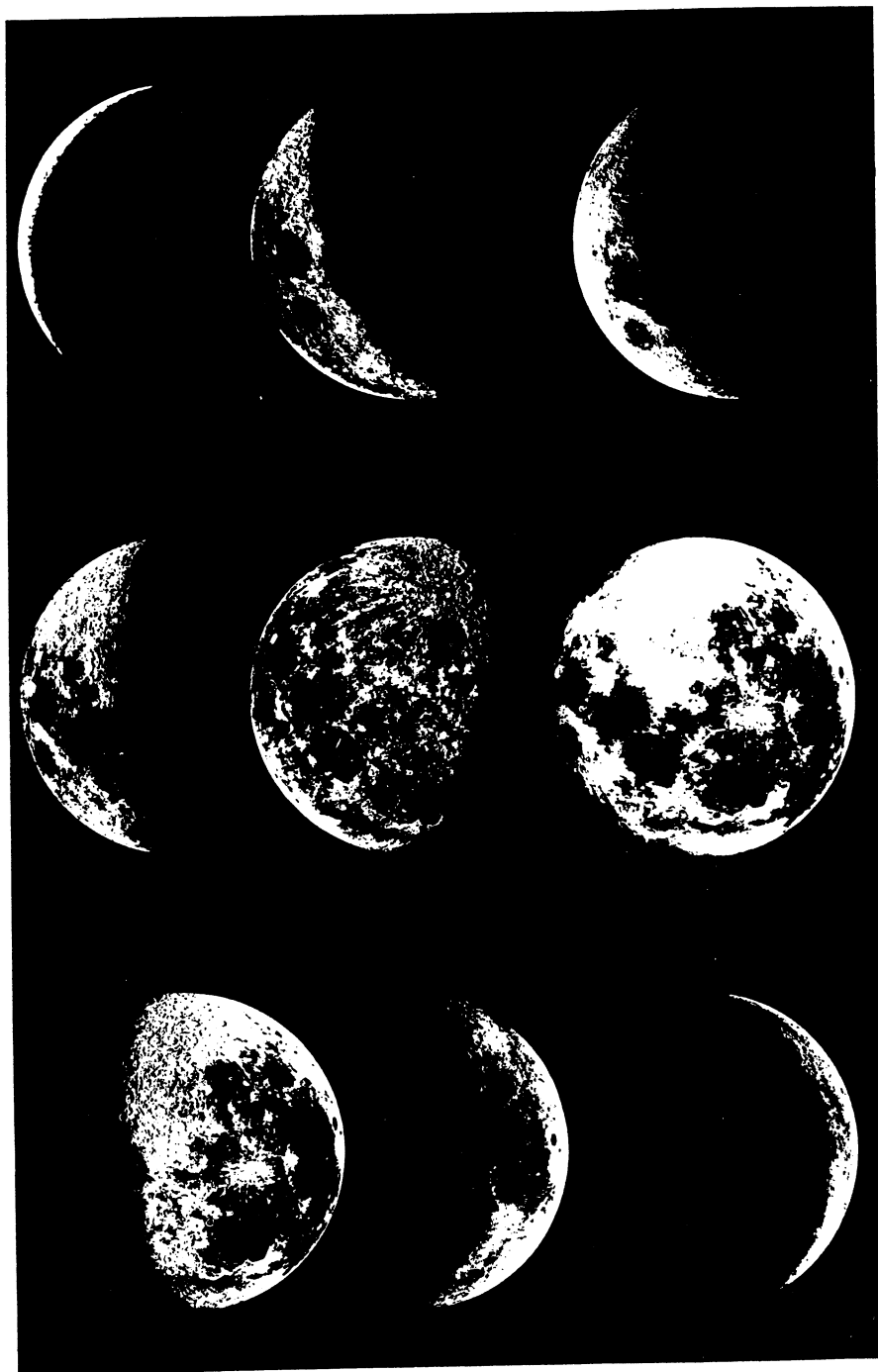
החדש (תמונה 3). (ראה מאמר על ראיית הירח בר"ח, צבא השמים חלק ד') במשך רוב ימי החודש אנו רואים רק חלק מן הצד המואר של הירח (תמונה 3), והחלק השני, הנקרא בפי חז"ל "פגימת הירח", אינו נראה לנו, כי הוא חשוך. אבל קורה לפעמים שאנו רואים בכל זאת את הפגימה של הירח באור חלש ביותר בגלל האור המוחזר מכדור הארץ אל הירח (שהרי כדור הארץ עצמו גם הוא מואר ע"י השמש ואור זה מוחזר שוב מכדור הארץ בכיוון אל הירח, אלא שהוא אז חלש ביותר). במשך החודש כלו רואים צורות ירח כמו בתמונה 4 אבל לפעמים רואים גם מעגל דק מואר סביב כל הירח כלו, ואף רואים שהפגימה אכן מוארת באור חלש מאד (הראיה במקרה כזה תלויה בשקיפות האטמוספירה שלנו). ואכן תמונה 5 מראה צילום של החלק המואר של הירח וגם את פגימתו, אף על פי שהיא מוארת מעט מאד. (במקרה כזה פתחו את המצלמה לזמן ארוך יותר על מנת לקלוט גם את האור החלש של הפגימה, אבל מאידך החלק המואר הוא רווי באור כפי שרואים בתמונה 5 אם ירח כזה לא נמצא בסביבת השמש, הרי עבורנו הוא היה גרם שמימי אפל לחלוטין ולא היינו יודעים אפילו על קיומו (וגם אנו לא היינו רואים דבר על פני כדור הארץ).



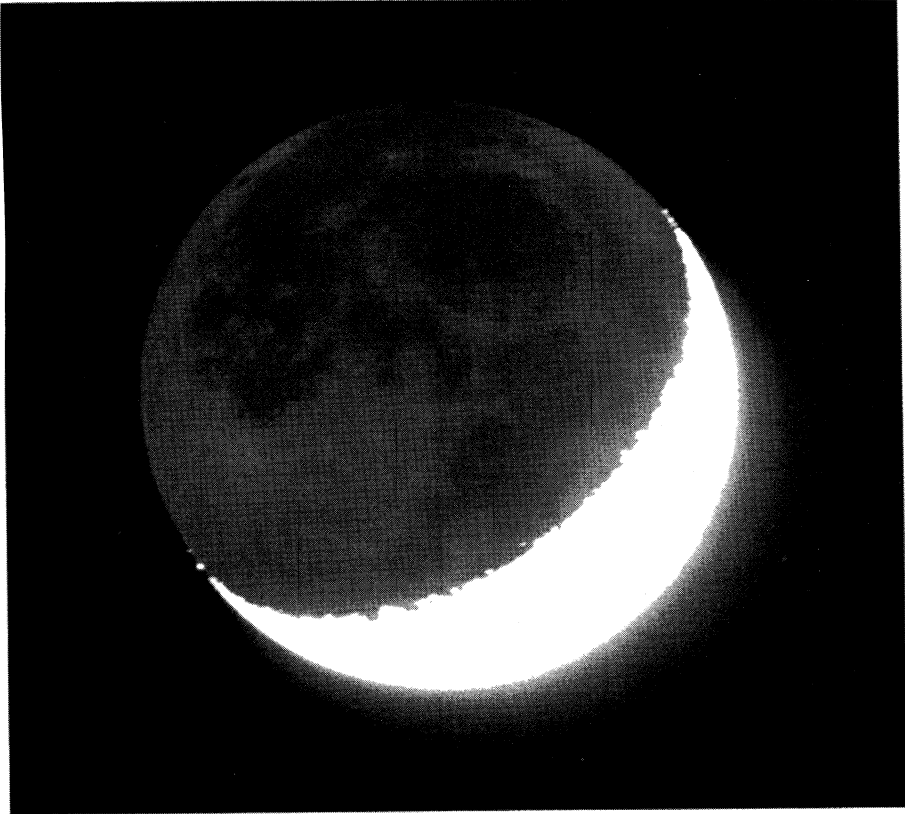
תמונה 3: חצי הירח הפונה אל השמש הוא תמיד מואר. אולם צופה על כדור הארץ לא יראה כלל את החצי המואר כלו של הירח אלא רק חלק מן החצי הזה, גודלו של החלק הנראה הזה תלוי במקומו של הירח סביב כדור הארץ, למשל בליל ראש חודש אנו רואים רק חלק קטן מאד מן החצי המואר (זהו החלק שבין שני הקווים המרוסקים בציור לעיל). לאחר כשבעה ימים, יראה הצופה את מחצית החצי המואר וכן הלאה.

אבל לא רק הירח שלנו הוא גרם שמימי אפל שאין לו אור משל עצמו, אלא כל כוכבי הלכת החגים סביב השמש וכן כל האסטרואידים וכוכבי השביט כלם הם גופים אפלים והם אך מוארים ע"י השמש הנמצאת במרכז המערכת (תמונה 6) (ראה צבא השמים חלק א'). תמונה 7 מראה צילום של כדור הארץ מן החלל והוא מראה כי גם כדור הארץ מואר רק באותו חצי כדור הפונה אל השמש (זה מה שנקרא "יום") והחצי השני חשוך ואפל לחלוטין (وهוא נקרא לילה). תמונה 8 מראה צילום של כוכב הלכת נוגה ("כוכב השחר") שגם הוא מראה רק "פלח"

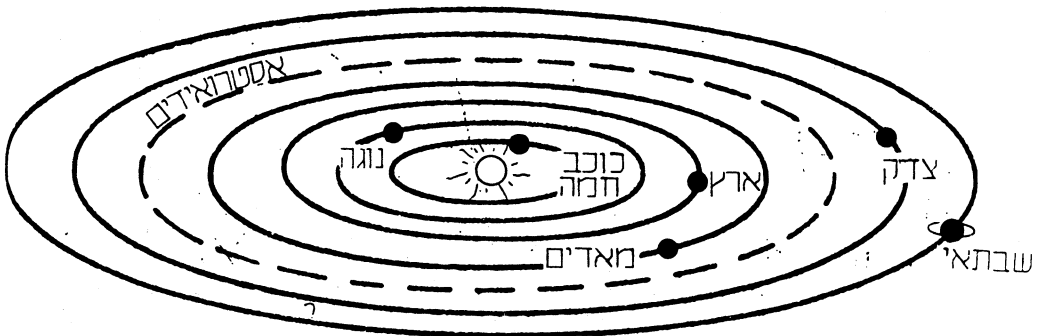




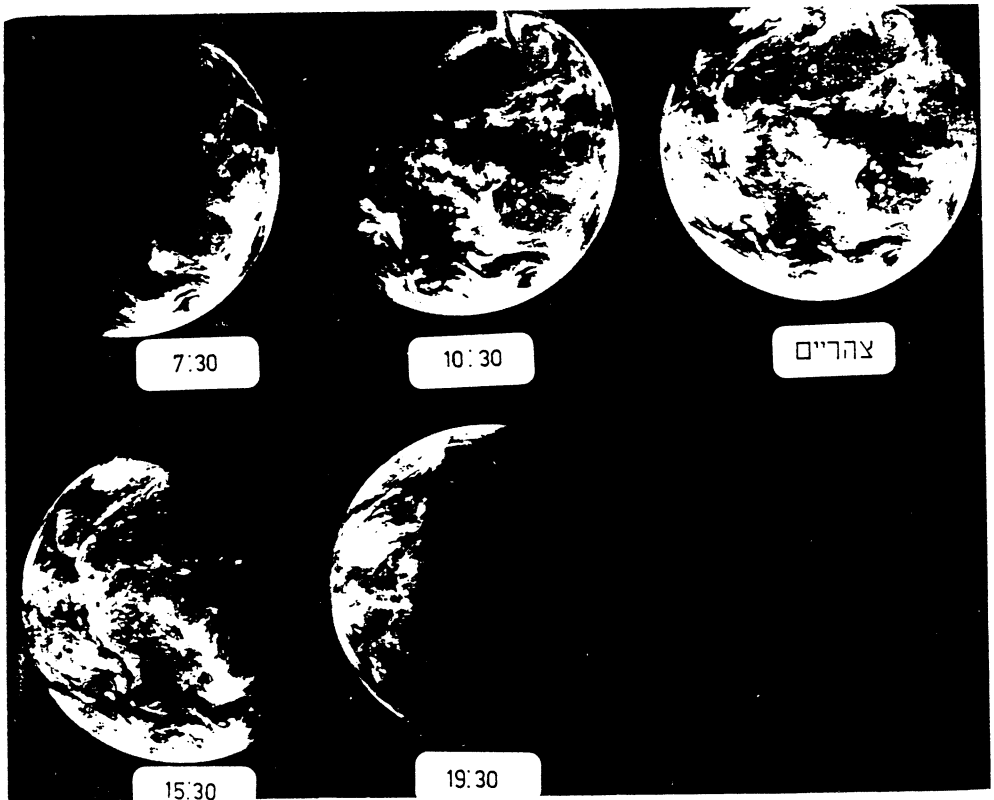
תמונה 4: מראות הירח במשך החודש.



תמונה 5: "פגימת הירח" היא הצד האפל של הירח, אבל במציאות היא לפעמים מוארת באור חלש ביותר המוחזר מכדור הארץ, כפי שמראה הצילום כאן.



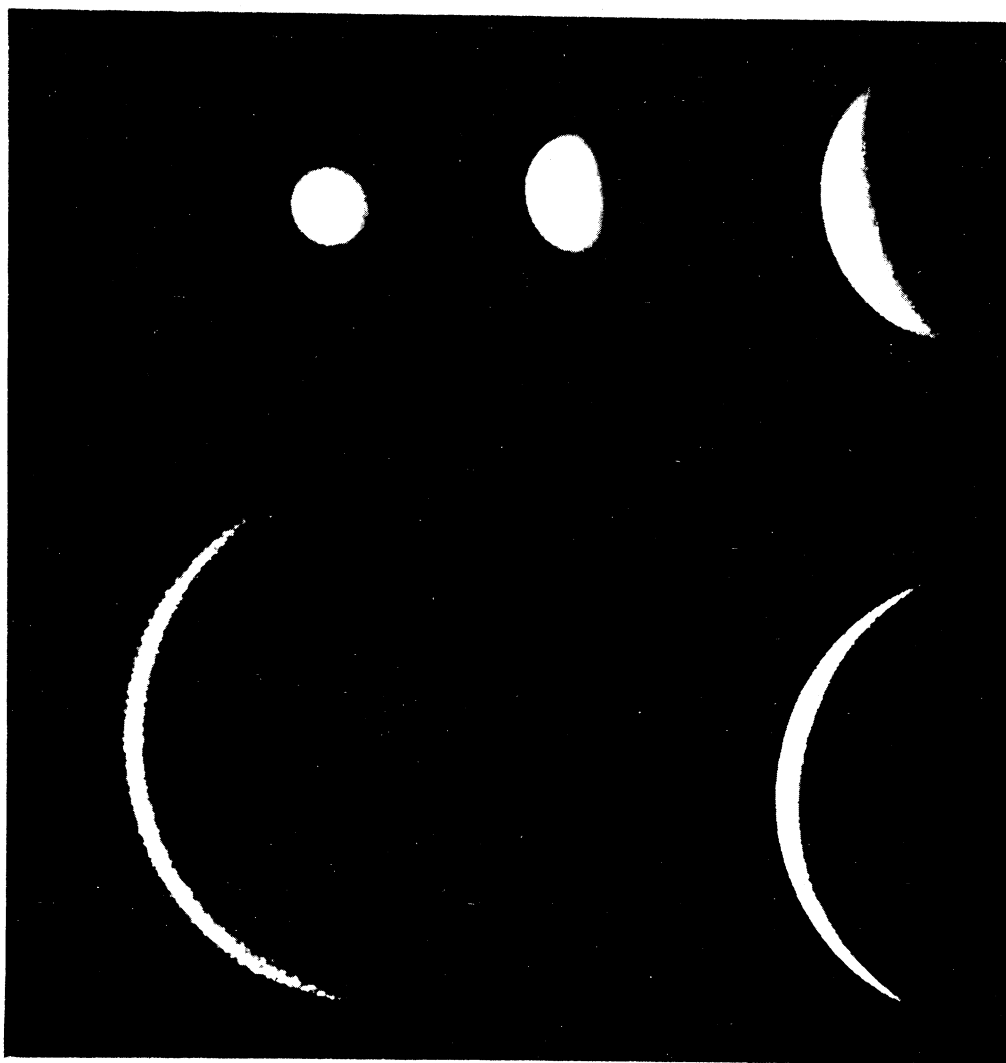
תמונה 6: מערכת השמש היא מערכת של כוכבי לכת שאין להם אור משל עצמם אלא רק מחזירים את אור השמש הנופל עליהם.



**תמונה 7: צילומים של כדור הארץ מחללית בשעות שונות של היממה. הוא מראה מופעים שונים בהתאם לצד המואר ע"י השמש בדיוק כפי שמופעי הירח נראים לנו במשך החודש.**

מחצי הכדור המואר בדיוק כמו הירח שלנו. כך רואים שגם לכדור הארץ וגם לכוך נוגה גם להם יש "פגימה" כלשון חז"ל עבור הירח. ואכן, כל כוכבי הלכת במערכת השמש הם גופים אפלים שרק מחזירים אור מהשמש בלבד, ואין להם אור משל עצמם.

כך השמש מאירה את כל "סביבתה" בדיוק כמו פנס גדול המאיר את סביבתו. אם "פנס" זה לא היה קיים, הרי כל מערכת השמש כלה היתה שרויה באפילה גמורה, ואף יצור חי מכוכב אחר לא היה יודע עליה (אם בכלל). כך באותה מידה אם ישנן מערכות שמש כאלה במרחבי היקום, דהיינו שכל הגופים בהם הם אפלים, הרי לעולם לא נוכל לראות אותן.



**תמונה 8: צילום של כוכב הלכת נוגה. הוא מראה אותן צורות כמו הירח שלנו.**

כידוע (ראה צבא השמים חלק ב') כל הכוכבים הנראים לנו מנצנצים בשמי הלילה הם בעצם שמשות כמו שלנו, ויתכן מאד שלחלק מהם יש מערכת כוכבים אפלים כמו כוכבי הלכת שלנו (כמו בתמונה 6). ואכן כבר נמצאו עד היום כשישים כוכבים שונים שיש להם כוכבי לכת המסתובבים סביבם בדיוק כמו במערכת השמש שלנו (ראה פרק תשיעי כאן על "יצורים חיים במרחבי היקום"), אמנם הצליחו להראות בדרכים מתוחכמות מאד שאכן יש לכוכבים

אלה כוכבי לכת החגים סביבם, אבל עדיין לא ראו את כוכבי הלכת האלה עצמם בטלסקופים, כי האור המוחזר מהם הוא חלש מדי מכדי שנוכל לראותו ממרחק רב כזה. כך גם באותה מידה, צופה העומד על אחד מכוכבי הלכת האלה (אם בכלל) המסתובבים סביב כוכב כזה, אם היה מסתכל לעבר השמש, אז גם הוא לא היה רואה את כוכבי הלכת שלנו מפאת חולשת ההארה שלהם, ורק השמש שלנו עצמה היתה נראית לו ככוכב רגיל הנוצץ בשמי הלילה שלו. כיום החלו האסטרונומים לפתח טלסקופים ענקיים שיפעלו מן החלל החיצון, וגם כאלה שיפעלו גם מן האדמה, שיוכלו בעזרתם לראות ממש כוכבי לכת מסביב לשמשות אחרות. כיום נמצא בתכנון טלסקופ ענק שקוטרו כמאה מטר וכן מיכשור מתקדם ביותר שיוכלו בעזרתם לראות כוכבי לכת כאלה.

הטלסקופים של העתיד שיפעלו מן החלל יוכלו להבחין אף ביבשות על פני כוכבי לכת רחוקים אלה. יש לצפות לתוצאות ראשונות של מחקרים אלה כבר בעשרים או בשלושים השנים הקרובות.

אבל, בשנים האחרונות נתגלתה במערכת השמש מערכה של גרמי שמים שהיא נפרדת לחלוטין ממערכת גרמי השמים שהכרנו עד כה: מתברר שפרט לכוכבי הלכת, כוכבי שביט, אסטרואידים אבק וכו' (ראה צבא השמים חלק א'), שהכרנו עד כה, נמצאה מערכת רחוקה מאד של כוכבי שביט הנעים כלם בטבעת רחוקה מאד החגה גם היא סביב השמש הרבה הרבה מעבר לכוכב הלכת התשיעי פלוטו (תמונה 9). עד היום נתגלו כבר כשלוש מאות גרמי שמים בטבעת זו והיא דומה מאד לטבעת של כמאה אלף האסטרואידים הנעה במסלול בין כוכבי הלכת צדק ומאדים (ראה פרק שני כאן). ואמנם טבעת חדשה זו הוצעה כבר לפני כחמישים שנה משיקולים תיאורטיים, אבל רק לפני כשמונה שנים היא נתגלתה בתצפיות במרחק הנכון שחושב. כיום מעריכים שטבעת זו של כוכבי שביט נעה במרחק ממוצע של כעשרים מילארד קילומטר מן השמש, ומעריכים שמסתה הכוללת מגיעה עד שלושים אחוז ממסת כדור הארץ שלנו. כיום ישנן השערות שישנם אפילו עוד כוכבי לכת רחוקים מאד השייכים גם הם למערכת השמש, אלא שמפאת מרחקם הרב אין אנו רואים אותם עדיין. כנראה שאנו רואים רק את "האפס קצהו" של גרמי השמים השייכים למערכת השמש, וכלם כאמור, הם אך גרמי שמים אפלים שאין להם אור משל עצמם. החלק הבלתי ידוע של מערכת השמש כנראה הוא גדול

הרבה יותר ממה שידוע כיום, ויש לצפות לתגליות חשובות בעשורים הבאים. פרט לבלתי ידוע על גרמי השמים המרכיבים את מערכת השמש, הנה גם לא ידוע לנו גם אם מערכת זו היא טיפוסית ביקום, דהיינו, גם אם היינו מכירים אותה היטב דרך כל גופיה האפלים לסוגיהם, הרי לא ברור אם היא דוגמא אופיינית לכוכבים ביקום בכלל. כך יתכן שישנם כוכבים שיש להם מערכת גרמי שמים הרבה יותר גדולה משלנו ואולי גם הרבה פחות משלנו עם כוכב לכת אחד או שנים לכל היותר. כך יוצא שבעצם אין אנו יודעים עדיין כמה חומר אפל באמת נמצא סביב כל אחד מן הכוכבים שאנו רואים בשמי הלילה, ואולי בעשורים הבאים נדע קצת יותר בנושא זה.

המסקנה היא שכנראה יש הרבה חומר אפל מסביב "לשמשות" הרחוקות, אבל אין אנו עדיין יודעים כמה חומר אפל כזה אכן נמצא שם. יתכן מאד שחלק ניכר מ-90 אחוז של החומר האפל ביקום (ראה לקמון) הוא אכן בצורת כוכבי לכת, ירחים וגושי קרח כמו אלה במערכת השמש שלנו, שיתכן שהם נמצאים סביב "שמשות" משלהם, ויתכן גם שהם חגים סביב "שמשות" כבויות שאפילו אי אפשר לראות.



תמונה 9: לאחרונה נתגלתה טבעת של כוכבי שביט רחוקה מאד החגה סביב השמש.

אבל לא רק כוכבי לכת וירחים הם גופים אפלים, כפי שראינו, ישנם עוד גרמי שמים אחרים שגם הם אפלים עבורנו.

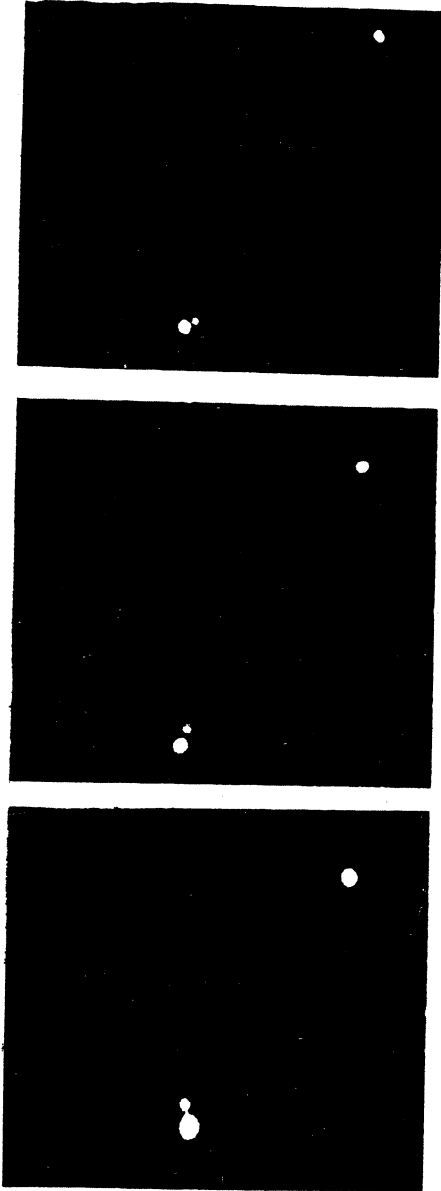
### כוכבים כפולים

אחת העובדות המופלאות ביותר באסטרונומיה כיום היא שרוב הכוכבים שאנו רואים בשמי הלילה אינם כוכבים יחידים אלא בדרך כלל הם זוגות. כידוע, כאשר ברא הקב"ה בתחילה את שני המאורות הגדולים, דהיינו, השמש והירח, שוים בראם, ולאחר מכן קטרגה הלבנה וכו' (חולין ס'). ומן הסתם ששניהם נבראו בגודל של השמש כפי שהיא נראית לנו כיום. לאחר הקטרוג ברא הקב"ה גם את הכוכבים. עתה מתברר מהתצפיות בטלסקופים כי כל הכוכבים רובם ככלם גם הם נבראו בזוגות כפי שברא הקב"ה את שני המאורות שלנו.

יתר על כן, מתברר שישנם זוגות שנשארו שניהם עדיין גדולים ושוים, כאילו לא היה כביכול קטרוג של אחד על רעהו, אבל ישנם גם זוגות שאינם שוים, אם כי שניהם מאירים ממש מעצמם כמו שתי שמשות, וישנם גם זוגות כאלה שאחד מהם הוא שמש ממש והשני לא נראה בכלל מרוב קטנו, (כאילו היה כביכול שם קטרוג).

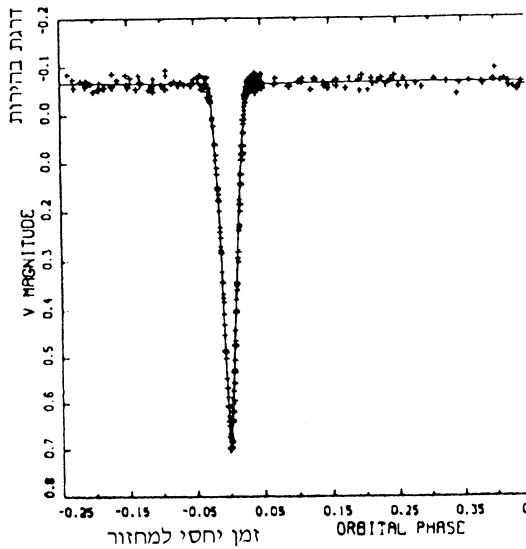
תמונה 10 מראה צילום של זוג כוכבים כזה שהאחד מקיף את השני. אמנם זמן ההקפה כאן הוא מספר שנים, אבל זמן ההקפה בזוגות כוכבים שונים נע בין מספר שעות עד למספר חודשים, ויש גם כוכבים שזמן הקפתם סביב בן זוגם הוא אלפי שנים (מודדים רק חלק מזמן ההקפה ומחשבים את הזמן הדרוש כולו להשלמת כל ההקפה). אבל, כזכור מה שמענין אותנו במיוחד בתופעת זוגות הכוכבים הוא דוקא כאשר אחד מבני הזוג הוא כוכב אפל, כיצד זה יודעים על קיומו של בן זוג כזה בכלל? האסטרונומים נוהגים לצפות בכוכבים מסוימים במשך זמן ממושך, לילה אחר לילה, ולפעמים במשך שנים רבות. והנה כאשר אוספים תצפיות אלה ביחד ועורכים שרטוט של עוצמת הארת הכוכב עם הזמן, מתברר כי בכוכבים רבים הארתם נחלשת לפתע פתאום ואחרי כן שוב חוזרת לעצמה, והדבר קורה בצורה מחזורית, דהיינו, כל פרק זמן מסוים רואים את אותה ההחלשה בעוצמת הארה של הכוכב. מתוך ניתוח מעמיק של התצפיות מגיעים האסטרונומים למסקנה כי לכוכב שבו הם צופים יש בן זוג אפל יותר





תמונה 10: שלושה צילומים של הכוכב "קדוגר 60" (משמאל בכל צילום) שצולמו בהפרש של כ- 12 שנה. רואים בבירור כיצד הכוכב החלש מקיף את הכוכב הבהיר יותר. מוצף התמונות רואים כי במשך 12 שנה הקיף הכוכב החלש יותר כרבע מן המעגל, ומכאן הסיקו שהוא משלים הקפה אחת בחמישים שנה.

המסתובב סביבו, וכאשר הוא נמצא בדיוק מולנו, (תמונה 11) הוא מסתיר את האור הכוכב בכמה דרגות אור למשך זמן מסוים (כעין ליקוי חלקי). בן הזוג האפל ממשיך אחרי כן בהקפתו ואז הוא יוצא משדה הראיה שלנו מול הכוכב וכך חוזרת הארתו לקדמותה.



**תמונה 11: מדידות של עוצמת אורו של כוכב המשתנה עם הזמן.**

תופעת הליקויים האלה בכוכבים היא נפוצה מאד, דהיינו שאור הכוכב הנראה לנו נחלש לפתע למשך זמן מסוים ואחרי כן הוא חוזר שוב לעוצמתו הקודמת. כאמור, האסטרונומים מפרשים היחלשות כזאת "כליקוי" של כוכב אחד על משנהו, דהיינו, שכוכב אפל יותר חולף על פני הכוכב הנראה לנו, וכך הוא מסתיר את אורו לזמן מסוים. הכוכב האפל יכול להיות כל גרם שמים שהוא ובגדלים שונים. אבל, אם הכוכב האפל הוא רק כוכב לכת המסתיר מעט את "השמש שלו", הרי המכשירים שלנו כיום אינם מסוגלים למדוד את השינוי האפסי כמעט בהחלשות האור, כי כוכב הלכת הוא קטן מאד בגודלו, ולכן לא ניכרת היחלשות כזו בעוצמת האור הנראה. אבל, האסטרונומים אינם מוותרים, והם מצאו דרכים אחרות ומופלאות כיצד לגלות אם בן הזוג האפל הוא קטן בגודלו אפילו כמו כוכב לכת. ואכן עד עכשיו נתגלו כבר בשיטות

מתוחכמות אלו כשישים כוכבי לכת שונים המעידים כנראה על כך שאכן תופעת כוכבי הלכת היא תופעה נפוצה מאד ביקום, וכמו מערכת השמש שלנו, יש כנראה הרבה הרבה מאד מערכות שמש דומות לשלנו (ראה פרק תשיעי כאן על "יצורים חיים ביקום", שם מתוארת השיטה לגלות בן זוג אפל שהוא כוכב לכת דוקא). אבל, אם הכוכב האפל החולף על פני הכוכב הנראה הוא גדול יותר, אז ניכרת ההיחלשות של עוצמת האור וניתן אז גם לחשב את גודלו וכל תכונותיו של הכוכב המאפיל. בעשרות השנים האחרונות נתגלו בדרך זו כמה סוגים של כוכבים אפלים "אקזוטיים" ביותר, וביניהם כוכבי ניאוטרוניים וחורים שחורים (צבא השמים חלק ב' עמ' 179-178)

### כוכבים אקזוטיים

הקורא שם לב בודאי שבמקומות רבים הדגשנו כי הכוכבים האפלים הם אפלים עבורנו, דהיינו, הם אינם מאירים בקרינה שעינינו מסוגלות לראות. אבל, האמת היא שאין גוף או גרם שמים ביקום שאינו מקרין קרינה כל שהיא. לפי חוקי הפיזיקה, כל גוף הנמצא מעל לטמפרטורה של האפס המוחלט הרי הוא מקרין קרינה מסוימת. למשל, גוף האדם שרוי בטמפרטורה של כ- 37 מעלות חום והוא מקרין גלי חם בקרינה אינפרא אדומה. שפת השמש שלנו שרויה בטמפרטורה של כששת אלפים מעלות והיא מקרינה בעיקר בצבע צהוב שאנו מסוגלים לראות. מתברר שכוכב שחומו פחות מ- 1500 מעלות לא נוכל לראות בעינינו אבל הוא מקרין בקרינה "אינפרא אדומה", שאין אנו רואים. אבל האסטרונומים פיתחו מיכשור מיוחד למדידת קרינה אינפרא אדומה של כוכבים וכך גילו הרבה הרבה כוכבים שהם כבויים עבורנו (תמונה 12 צבעונית, לוח 15). אנו אומרים כי כוכבים אלה "מקרינים בקרינה חשוכה" עבורנו. אבל ישנם גם כוכבים שהטמפרטורה שלהם גבוהה ומגיעה לכמה מיליוני מעלות, ואז הם מקרינים בקרינת X או בקרינת גאמא, שהיא אנרגטית מאד. שוב אין עינינו רואות קרינות אלו (הן גם הורסות את רקמות העין כמו קרינה רדיואקטיבית), אבל ניתן למדוד אותן בעזרת מיכשור מיוחד הרגיש לקרינות X או קרינת גאמא.

פרט לכוכבים, ישנן ערפיליות גז קרות מאד השטות בין הכוכבים והמקרינות

קרינה בטמפרטורה של כמה עשרות מעלות בלבד מעל לאפס המוחלט, קרינה זו היא בתחום הקרינה של גלי רדיו. גם כאן פיתחו האסטרונומים רדיו-טלסקופים שכל תפקידם לקלוט את גרמי השמים המקרינים בקרינות אלו ואף לערוך מפות שמים הנראות שונות לגמרי ממפת הכוכבים הנראים לנו. כך הרחיב האדם את תחום "ראייתו" ע"י פיתוח "עיניים" הרגישות גם לקרינות אחרות.

מתברר כי כל כוכבי הלכת, הירחים או הננסים החומים הם אכן חשוכים עבורנו, אבל הם מאירים בקרינה אינפרא אדומה חלשה ביותר. למשל, כדור הארץ שלנו שרוי בטמפרטורה של כשלוש מאות מעלות מעל לטמפרטורה של האפס המוחלט, ולכן הוא מקרין אל החלל החיצון בקרינה אינפרא אדומה. כן גם כל כוכבי הלכת, הירחים וגם הננסים החומים, כלם מקרינים בקרינה אינפרא אדומה כי החם שלהם אינו עולה על כ- 500 מעלות בלבד. כאמור, האסטרונומים מעוניינים ביותר לגלות גרמי שמים כאלה, אבל הקושי הגדול הוא שאלה הם גרמי שמים קטנים יחסית בגודלם, ולכן כמות הקרינה האינפרא אדומה הכוללת הבוקעת מהם היא קטנה מאד ואין אפשרות לראות אותה מרחוק. לכן מושקע מאמץ רב בפיתוח מיכשור רגיש מאד במיוחד לקרינה אינפרא אדומה, וכן להציב טלסקופים גדולים במיוחד החגים מעל האטמוספירה שיקלטו קרינה זו. מחקרים אלה נמצאים כיום בעיצומם. לעומת הטלסקופים באינפרא אדום שהחלו בפעולתם זה מכבר ושאכן גילו הרבה גרמי שמים חשובים המקרינים בקרינה אינפרא אדומה, הרי הטלסקופים בקרינת X פועלים זה כבר עשרות בשנים, והרדיו-טלסקופים פועלים אף לפני כן.

בתחומי קרינה אלה נתגלו הכוכבים האפלים האקזוטיים ביותר, הרי הם כוכבי הניאוטרונים וחורים שחורים (ראה צבא השמים חלק ב' עמ' 179, 188). כוכבי הניאוטרונים נתגלו ברדיו – טלסקופים וגם בטלסקופים של קרינת X. חורים שחורים נתגלו בטלסקופים של קרינת X בעיקר אבל בהתאם לתיאוריות שהאסטרונומים מחזיקים בהן כיום, כוכבים כאלה נוצרו עקב קריסת כוכבים בעלי מסה גדולה יחסית, וכיון שאלה אינם מרובים ביקום, לכן גם תרומתם של כוכבי ניאוטרונים וחורים שחורים לחומר האפל היא מזערית ביותר. אבל,

כאמור, כוכבי הלכת או הננסים החומים, אלה הם בודאי המרכיבים העיקריים של כוכבים אפלים שעשויים להוות מרכיב חשוב בחומר הכללי האפל ביקום. אבל, אנו עוד נראה "שהחורים השחורים" אינם נמצאים רק בכוכבים (ראה לקמן) אלא רוב הגלכסיות ביקום כנראה מכילות במרכזם חורים ש"חורים שמתם יכולה להגיע עד כדי מאה מיליון מסות שמש כל אחד!

### חומר כבוי ביקום

עד עתה הכרנו גרמי שמים אפלים בצורת כוכבי לכת, ירחים, או כוכבים גדולים יותר הנקראים בשם "ננסים חומים", לעומת הכוכבים האלה שצורתם ההנדסית היא כשל כדור, מתברר כי קיימים "מצבורים" גדולים מאד של חומר אפל עבורנו שאינו דוקא בצורת כוכבים, אלא בצורת ערפיליות ענקיות של גז (ראה צבא השמים, חלק ב', עמ' 200). ערפיליות כאלה שטות בחלל הריק בין הכוכבים והן משתרעות על פני מספר שנות אור ועד למאות אלפי שנות אור. ניתן לראות ערפיליות אלה כיון שהן זרועות בכוכבים זוהרים כמו פנסים בתוך ערפל. אלמלא הכוכבים המאירים האלה לא היינו רואים כלל ערפיליות כאלה. תמונה 13 (צבעונית, לוח 16 וכן לוח 17) מראה ערפילית כזו. כלומר, כשלעצמה הערפילית היא חומר בינכוכבי כבוי, ויתכן מאד שהיקום אף מלא בערפיליות כאלה שאין בתוכן "פנסים" שיאירו אותן כלל. ואכן, צילמו "כיסים" ענקיים כאלה באיזורים שונים בשמים כמו בתמונה 14 (צבעונית, לוח 18) רואים כי באותו איזור קיים "חושך" גמור, ניתן לשער שזהו ענן גז או אבק כבוי בעובי גדול מאד הנמצא בינינו לבין הכוכבים שמאחוריו, וכך הגז או האבק עצמו מסתיר את הכוכבים האלה לחלוטין בגלל עוביו, ולכן, איזור זה בשמים נראה כבוי. (הכוכבים המעטים המאירים עומדים בודאי בינינו לבין הערפילית). ציינו שיתכן שערפילית כבויה כזו מורכבת דוקא מחומר בינכוכבי ולא ממולקולות של גז, ואכן בתמונה 15 (צבעונית, לוח 18) רואים מספר פסים שחורים החוצים את ערפילית הגז המוארת. כיום משערים כי אבק בינכוכבי כזה מורכב מגבישי פחם קטנים ביותר הבולעים את האור הנופל עליהם ולכן אין אנו רואים אותם. אבל גרגירי פחם אלה מקרינים את האנרגיה שנפלה עליהם בחזרה בצורת קרינה אינפרא אדומה דוקא, כי הטמפרטורה שלהם היא נמוכה מאד. תמונה 16 (צבעונית, לוח 19) מראה צילום של ערפילית מוארת

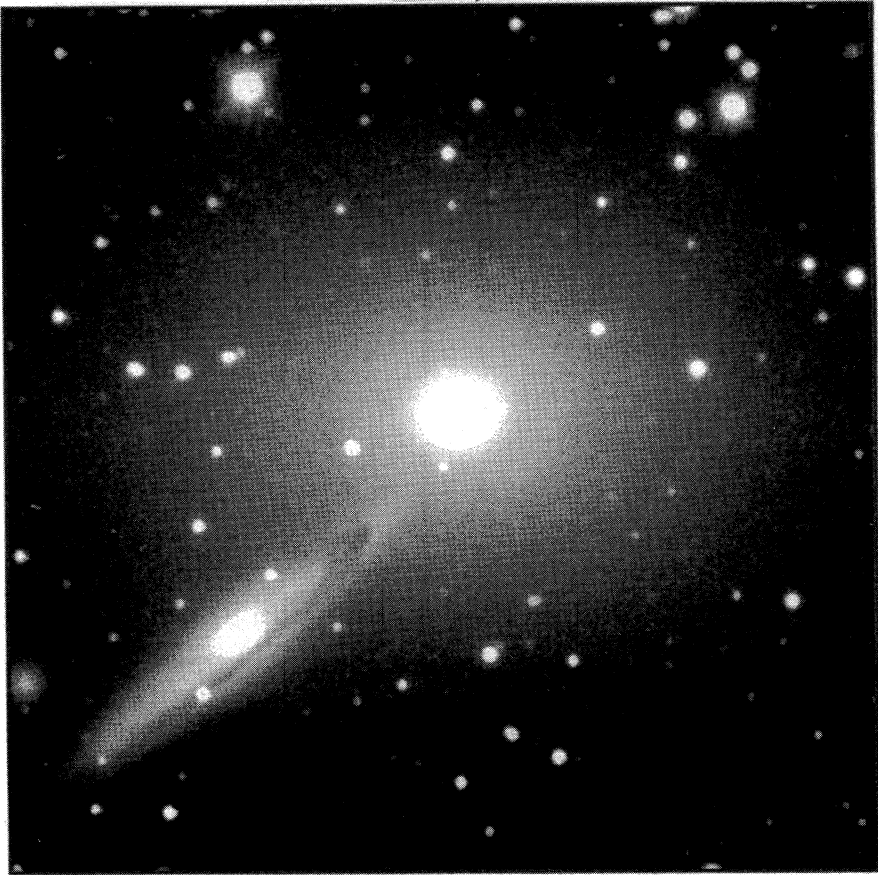
ע"י הכוכב שבמרכזה. האסטרונומים משערים כי הערפילית שצורתה נראית עגולה היתה האסטמוספירה עצמה של הכוכב שבמרכז, אלא שבשלב מסוים "עפה" האטמוספירה הזו מן הכוכב והיא נעה כיום במהירות של כעשרים ק"מ בשניה בכוון החוצה.

כידוע כל הכוכבים שאנו רואים בשמי הלילה שייכים למערכת אחת ענקית הנקראת בשם "גלקסיית שביל החלב" (צבא השמים, חלק ב' עמ' 194). בגלקסיה שלנו יש כעשרה מיליארדי כוכבים מאירים וצורתה ("מבחוץ") נראית כצלחת שטוחה עם זרועות ספירליות (תמונה 17 צבעונית, לוח 20). קוטרה של צלחת זו הוא כמאה אלף שנות אור ועוביה כשש מאות שנות אור. מערכת השמש שלנו נמצאת על אחת הזרועות האלו ובמרחק של שני שלישים ממרכז הגלקסיה. תמונה 18 (צבעונית, לוח 20) מראה צילום של שביל החלב כפי שהוא נראה לנו מכדור הארץ. רואים בבירור פס שחור עבה ומתפתל החוצה את שביל החלב כלו לאורכו. כלומר, מישור הגלקסיה שלנו מכיל כמות אבק עצומה המחשיכה את הכוכבים במידה גדולה מאד. כמובן שזהו חומר כבוי שאינו מאיר מעצמו עבורנו, אלא שהוא מקרין קרינה אינפרא אדומה כנ"ל. ניתן לשער את כמות החומר שבפס הזה והוא מגיע לעשרה אחוזים ויותר מן החומר הכללי שבכוכבים המאירים שבגלקסיה שלנו.

תמונה 19 (צבעונית, לוח 19) מראה גלקסיה רחוקה מאד אשר גם בה עובר פס של חומר כבוי לאורך הצלחת שלה. היא נמצאת במרחק של מיליוני שנות אור מהגלקסיה שלנו.

תמונה 20 מראה צילום מיוחד של שתי גלקסיות זו על גבי זו. ממדידות של "ההסחה לעבר האדום" של שתי הגלקסיות מתברר שדווקא הגלקסיה הגדולה והשטוחה במרכז היא הרחוקה ונמצאת ברקע, והגלקסיה הספירלית שמצד שמאל למטה היא קרובה אלינו יותר בלא פחות ממאה מיליון שנות אור! רואים בבירור כי הגלקסיה הספירלית מכילה פס אבק. עתה, כיון שהגלקסיה הספירלית מכסה חלק מהכוכבים של הגלקסיה הגדולה שמאחוריה, ניתן לספור את הכוכבים שעדיין רואים ולהשוות אותו עם מספר הכוכבים באיזור אחר שאינו מכוסה, וכך להסיק על כמות החומר האפל בגלקסיה הספירלית המסתיר את הכוכבים שבגלקסיה שמאחוריו.

תמונה 21 (צבעונית, לוח 21) מראה צילום של גלקסיה מופלאת ביותר האוצרת



**תמונה 20: שתי גלכסיות המכסות זו את זו.**

בתוכה הרבה הרבה חומר אפל. הגלכסיה עצמה היא הדמות המעורפלת המאירה שבמרכז התמונה, אבל מסביב סביב לה ציינו את הגבולות של החומר השייך לגלכסיה זה והמקרין דוקא בקרינת רדיו. מכאן רואים כי כמות החומר שמאירה יכולה להיות קטנה מאד ביחס לכמות החומר הכללית הבלתי נראית לנו. במקרה זה החומר האפל משדר בגלי רדיו ולכן הוא נתגלה לנו ברדיו-טלסקופ, כי חומר זה מורכב מעננים גדולים מאד של גז מימן השרויים בטמפרטורה נמוכה מאד, ולכן הם מקרינים בגלי רדיו דוקא.

תמונה 22 (צבעונית, לוח 21) מראה צילום של גלכסיות שביל החלב שלנו לא בקרינת באור רגיל אלא בקרינת גאמא דוקא. כאשר גוף הוא חם מאד עד כדי מאה מיליון מעלות ויותר, הוא מקרין קרינת גאמא. האסטרונומים בנו טלסקופ

מיוחד "הרואה" קרינת גאמא כזו והוא צילם (מעל לאטמוספירה) איזורים שונים של הגלכסיה שלנו. כאשר מחברים את כל התמונות האלה ביחד ויוצרים במחשב שרטוט כיצד היתה נראית הגלכסיה שלנו מבחוץ "מן הצד", אז היינו רואים תמונה כזו. רואים כי גם הגלכסיה שלנו נראית כמו צלחת שטוחה מן הצד וממרכזה נובעת קרינת גאמא חזקה ביותר. אמנם ישנם כוכבים המקרינים בקרינת גאמא, אבל הכמות הכללית של קרינת גאמא שנמצאה בפועל היא הרבה יותר גדולה מכל הקרינות ביחד של כוכבים כאלה. לכן אין מנוס מלהניח שישנו חומר אפל נוסף המקרין בקרינת גאמא בגלכסיה שלנו ואין אנו יודעים כלל את מקורו עדיין: האם זה חומר של עננים בינכוכביים כמו שראינו קודם, או אולי זהו חומר חדש שלא הכרנו כלל עד עכשיו המקרין קרינת גאמא בתהליכים בלתי ידועים לנו במעבדות שעל כדור הארץ. בכל אופן חומר אפל זה בודאי אינו כוכבי לכת, ולא ירחים ולא ננסים חומים שכידוע אינם מקרינים קרינת גאמא כלל.

כך התברר לאט לאט לאסטרונומים כי הגלכסיות הנראית לנו בטלסקופים אינן כל כך "תמימות", אלא הן לפעמים מכילות חומר אפל נוסף בכמויות גדולות מאד, וחומר זה הוא לפעמים קר מאד ואנו יודעים על קיומו רק מתצפיות ברדיו-טלסקופים, או זהו חומר חם מאד המקרין בקרינת X, או בקרינת גאמא שגם היא נקלטת רק ע"י טלסקופים מיוחדים השטים בחלל מעל אטמוספירה של כדור הארץ. מתברר כי גם בקרינה אינפרא אדומה מתקבלת תמונה דומה המעידה על כך שהגלכסיות רובן ככלן מכילות חומר אפל נוסף על החומר המאיר שאנו רואים.

אבל היקום הנצפה בפועל בטלסקופים מראה שהכוכבים אינם "אבני הבנין" של היקום, אפילו הגלכסיות המכילות כל אחת כמה מילארדי כוכבים, גם הן אינן מהוות את "אבני הבנין" היסודי ביקום. מתברר כי הקב"ה קיבץ את הגלכסיות עצמן והן מאוגדות ביחד במה שמכונה בשם "צבירי גלכסיות", אשר כל אחד מהם מכיל מכמה עשרות ועד לאלפי גלכסיות בכל צביר. צבירים אלה של גלכסיות הם הם "המצבורים" היסודיים המרכיבים את היקום הנראה לנו בטלסקופים.

תמונה 23 מראה צביר כזה של גלכסיות הנמצא בשמים בקבוצת פרסאוס. מרחקו של צביר זה הוא כשלוש מאות מיליון שנות אור, והוא מכיל כמה אלפי





תמונה 23: צילום של צביר גלכסיות באיזור פרסאוס.

גלכסיות. מתצפיות בטלסקופים הקולטים קרינת X מתברר שלא רק הגלכסיות עצמן שבצביר מקרינות בקרינת X, אלא אפילו במרחב שבין הגלכסיות בוקעת קרינת X חזקה המעידה על כך שישנו שם חומר השרוי בטמפרטורה של כעשרה מיליון מעלות חם! חומר זה הוא "נעלם" עבורנו, כי אין אנו רואים אותו כלל בטלסקופים הרגילים אלא רק בטלסקופים הקולטים קרינת X בלבד. גם החומר האפל הזה הוא בודאי אינו מורכב מכוכבי לכת, ירחים או ננסים חומים, כי אלה אין תכונתם להקרין כלל קרינת X.

תמונה 24 (צבעונית, לוח 22) מראה צביר גלכסיות וכן האיזור אשר ממנו בוקעת קרינת X כזו בין הגלכסיות בתוך הצביר.

תמונה 25 (צבעונית, לוח 22) מראה גלכסיה ענקית הנמצאת במרחק של 5 מיליארד שנות אור מאתנו. היא מכילה במרכזה "חור שחור" אשר מרוב "תאבון" הוא בולע לתוכו כמויות חומר אדירות. אבל תוך כדי כך החומר שבשפתו מקרין תוך כדי נפילתו קרינת X וקרינת רדיו חזקות ביותר. כמות קרינת ה-X החזקה מעידה על חומר הנמצא בטמפרטורה של כחמישים מיליון מעלות חם. בתוך ענן החומר הזה מעריכים שיש בו כדי להספיק לבנין כאלף גלכסיות ויותר.

הנה ראינו עד עתה כי "היקום האפל" דהיינו אותו יקום של גרמי שמים שאין אנו רואים בעינינו יכול להכיל מילארדים ומילארדים של כוכבי לכת, ירחים או ננסים חומים, אבל ראינו כי ישנו גם חומר אחר שהוא אמנם אפל עבורנו לא בגלל שאינו מקרין אנרגיה, אלא הוא מקרין בקרינה חזקה שאינה נראית לעינינו מפאת חומה הגבוהה או קפאונה.

עתה נשאלת אחת השאלות המרכזיות כיום באסטרונומיה המודרנית: האם ניתן להעריך כמה חומר אפל יש ביקום הנראה לנו?

### כמות החומר האפל ביקום

בפרקים הקודמים ראינו כי חומר אפל ביקום יכול להיות בצורות שונות. חומר זה יכול להיות אפל למשל כמו כדור הארץ שלנו, או כמו כוכבי לכת אחרים במערכת השמש שלנו, או ירחים בגדלים שונים, או סתם סלעים גדולים כמו האסטרואידים, או כוכבים שבקושי מאירים שקראנו להם בשם "ננסים חומים". כל סוגי הכוכבים האלה אינם מאירים באור הנראה לנו ולכן הם אפלים עבורנו. אבל ראינו גם שחומר אפל אינו רק בצורת כוכבים אפלים כאלה, אלא הוא יכול להיות גם בצורה של ענני גז גדולים מאד וחשוכים והמשתרעים על פני עשרות שנות אור בחלל שבין הכוכבים. אם בתוך העננים האפלים האלה טמון כוכב מאיר כלשהוא, הרי הוא מאיר את כל סביבתו, ואז ניתן לראות גם את ענן הגז הזה שסביבו, (כמו ערפל המואר על ידי פנס בתוכו). אבל אם אין כוכב שיאיר ענן כזה, הרי הוא ישאר אפל עבורנו. אבל, כאמור לעיל, ענן כזה אף על פי שהוא אפל הוא בכל זאת מקרין קרינה מיוחדת התלויה בטמפרטורה שלו: אם הטמפרטורה היא כמה מאות מעלות חם מעל לאפס המוחלט, הרי הוא יקרין בקרינה אינפרא אדומה, ואם הוא קר מאד

בטמפרטורה של כמה עשרות מעלות חם מעל לאפס המוחלט, הרי הוא יקרין בקרינת רדיו. לעומת זאת, ישנם גם ענני גז חמים ביותר בטמפרטורה של כמה עשרות מיליוני מעלות וגם יותר, במקרים כאלה הם מקרינים קרינת X או קרינת גאמא. בכל אופן, כל סוגי העננים האלה הם אפלים עבורנו, ובכדי "לראותם" דרושים טלסקופים מיוחדים ומיכשור מתוחכם ביותר לכל אחד מסוגי הקרינה האלה בנפרד: לקרינת רדיו דרוש רדיו-טלסקופ, לקרינה אינפרא אדומה דרוש טלסקופ מיוחד המסוגל לקלוט קרינה כזו, וכן על דרך זו עבור כל אחד מסוגי הקרינה האלה. כך יוצא כי בכדי "לראות" חומר אפל ביקום, עלינו להשתמש במיכשור מיוחד המסוגל למדוד קרינה עם המיכשור המיוחד לה.

והנה לפני כמה עשרות שנים נתקלו האסטרונומים באיזה סתירה בחישובים מסוימים שערכו לגבי גלכסיות וצבירי גלכסיות.

כידוע, "גלכסיה" היא מצבור של כמה מיליארדי כוכבים (וכן ערפיליות וגרמי שמים שונים אחרים). למשל, הגלכסיה שלנו הנקראת בשם "שביל החלב" מכילה כעשרה מיליארדי כוכבים הדומים לשמש שלנו (פחות או יותר). צורתה של גלכסיה כזו הוא בדרך כלל כצורת "צלחת" גדולה מאד עם זרועות ספירליות. ישנן גם גלכסיות שצורתן כאליפסואיד (אליפסה מסובבת) המכילות גם הן מיליארדי כוכבים.

והנה כאשר רוצים לחשב את כמות החומר הכוללת שיש בכל גלכסיה כזאת, הדרך הישירה היא פשוט לספור את הכוכבים המאירים שבגלכסיה כלה ולכפול במסה (הממוצעת) של כל כוכב כזה. אבל ישנן גם דרכים אחרות להעריך את המסה הכוללת של גלכסיה (כפי שעוד נראה לקמן), ומתברר כי ההערכות האחרות הן הרבה הרבה יותר גדולות מהתוצאה שקבלו בדרך הנ"ל.

הדרך האחרת למדוד את כמות החומר של גלכסיה משתמשת בחוק הגרביטציה, דהיינו, חוק המשיכה העולמי, שאותו נתאר לקמן.

#### כח המשיכה העולמי (כח הגרביטציה).

כבר הקדמונים תהו על התופעה הבסיסית והפשוטה שכל הגופים שעל פני הארץ תמיד "דבוקים" אליו. גם אם נזרוק גוף כלפי מעלה, הרי הוא תמיד יחזור חזרה לאדמה לאחר זמן קצר. ישנם מן הקדמונים שביארו זאת בדרך "הטבעית": כל חומר שואף לחזור "למקומו הטבעי". מקומו הטבעי של יסוד

העפר הוא להיות צמוד לעפר, ולכן הוא נופל למטה. מקומו הטבעי של יסוד המים הוא גם כן צמוד לאדמה, אבל מעל לעפר. מקומו הטבעי של האויר הוא למעלה, ולכן האויר נמצא למעלה מעל לאדמה, ומקומו של יסוד האש הוא גם כן למעלה ולכן האש עולה תמיד כלפי מעלה.

לכן, כאשר אנו זורקים אבן כלפי מעלה, היא חוזרת לאדמה כי זהו מקומה "הטבעי", והיא תמיד תשאף להגיע למקומה הטבעי הזה.

לפני כארבע מאות שנה ניסח הפיזיקאי אייז'ק ניוטון את אותה תופעה בדרך אחרת: האבן נופלת לאדמה כי האדמה מפעילה כח משיכה על האבן. כח משיכה זה אינו פועל כשאר הכחות הרגילים כמו ע"י משיכת חבל, או דחיפה של גוף, אלא הוא מופשט ובלתי נראה לחלוטין. כח זה פועל בחלל הריק ממרחק, ללא צורך בחומר מתווך באמצע, והוא בעצם פועל בין כל שני גופים שהם: כל אחד מושך את רעהו בכח שהוא יחסי לכמות החומר של שני הגופים. אבל במקרה של אבן על כדור הארץ, הרי כיון שכדור הארץ מכיל הרבה יותר חומר, לכן דוקא האבן תנוע אליו בצורה ברורה, אם כי האמת היא שגם האבן הקטנה "מזיזה" גם היא במקצת את כל כדור הארץ כלפיה.

לדעת ניוטון כח המשיכה הזה אינו קיים רק בין גופים על כדור הארץ אלא הוא קיים גם בין כל הגופים בעלי חומר גשמי כל שהוא, ואפילו שני כוכבים בחלל מושכים זה את זה ואפילו הם במרחק גדול זה מזה (הכח הולך וקטן עם רבוע המרחק ביניהם). כיון שכח המשיכה הזה פועל בין כל שני גופים כל שהם בחלל היקום, לכן הוא נקרא בשם כח המשיכה העולמי (או כח הגרביטציה העולמי). לאנשי המדע שהתנגדו לעצם הרעיון של ניוטון היה קשה לקבל רעיון כזה, דהיינו (ועדיין קשה גם היום!) שישנו כח שפועל ממרחק "ללא משיכת חבלים" וללא מגע נראה לעין בין שני גופים. זהו כח מופשט שאתה רואה רק את תוצאות פעולתו, דהיינו, אתה רואה שהאבן אכן נעה לעבר כדור הארץ, אתה מרגיש שהיא נתקלה בסוף מסלולה באדמה, אבל אף אחד אינו יכול לראות איך ולמה פעל כח משיכה כל שהוא על האבן במשך תנועתה. כיום כלם כבר "התרגלו" לרעיון שכח יכול לפעול ממרחק גם בלי שיפעל ע"י חבלים, אבל האמת היא שזה ענין מופשט ומעל למציאות המוחשית. בדרך כלל המדע מתנגד לדברים שהוא אינו רואה ואינו חש, אבל האמת הסמויה היא שהמדע המודרני כלו עוסק בכחות מופשטים ביותר הפועלים כלם ממרחק. אמנם הם

מנסים "לתקן" ענין זה ע"י המצאתם של מתווכים (חלקיקים) המעבירים את הכחות המיסטיים שלהם ממקום למקום, אבל גם זה לא שינה את העקרון שהכחות האלה רובם ככלם פועלים בצורה מסטית ביותר. האמת היא שהיה אפשר לאמר גם שהגופים חוזרים כלם לאדמה בגלל שישנו מלאך הממונה על הבאת כל הגופים לאדמה, אלא שאנשי המדע לא יאהבו מושגים כאלה כי רעיונות כאלה הם "דתיים" מדי. לעומת זה, הם מרשים לעצמם להשתמש במושגים ומודלים מופשטים מאד של פעולת כח ממרחק, והם יקראו לזה "אמת", וכך "כח הגרביטציה" הפך להיות "אמת מדעית" שכל אחד "חייב" להרגיש. ומה שקרה במשך הזמן הוא שבאמת שמרוב דיבורים כלם כבר "מרגישים" בכח המשיכה של האדמה הפועל על כל הגופים, וכח משיכה זה הוא חלק מן "העובדות" שאנו חיים אתן בדרך דבורנו יום יום.

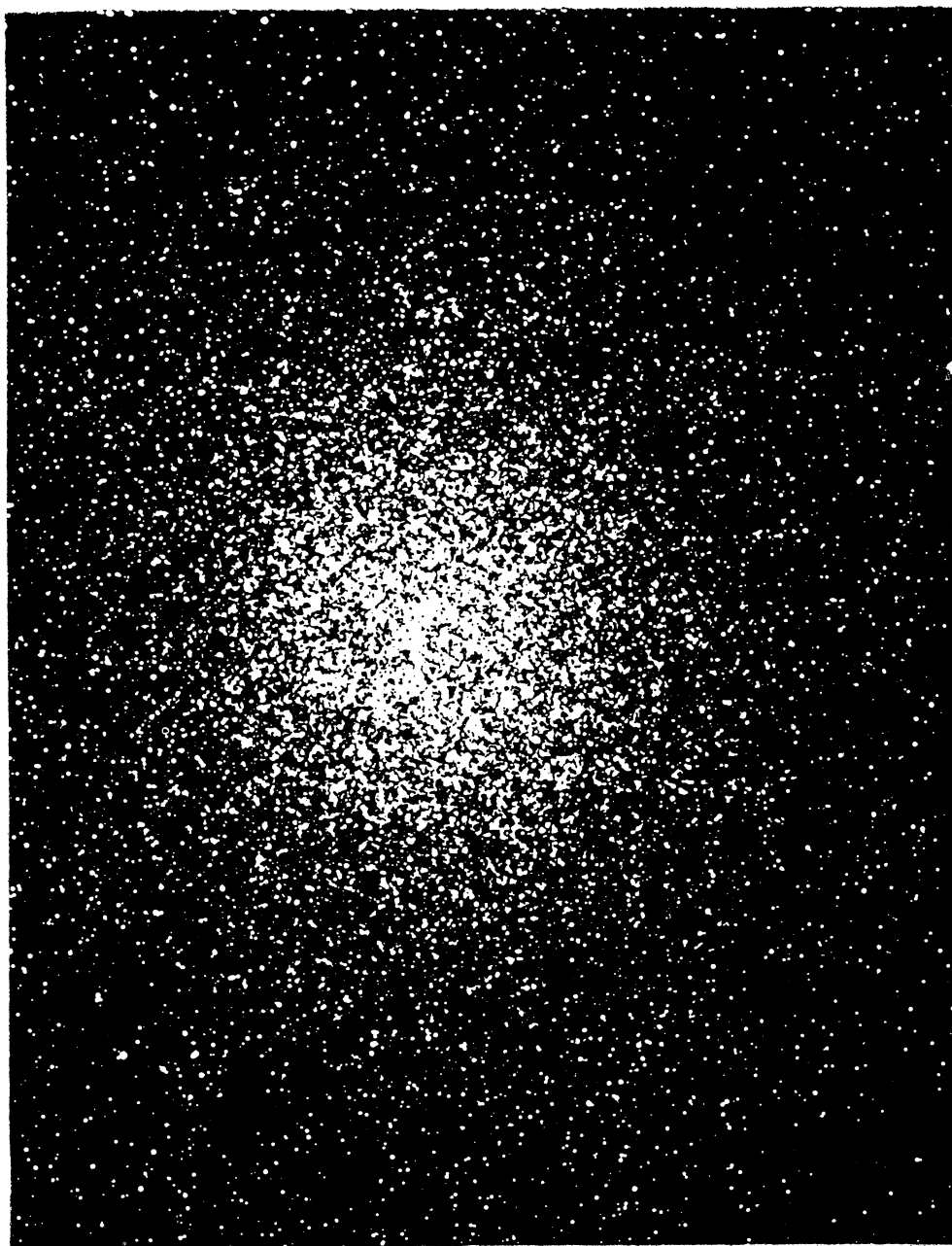
אבל כבר בתחילת המאה העשרים הכחיש איינשטיין בצורה נמרצת ביותר דרך חשיבה כזו, והוא הראה כי היא רק דרך דיבור בלבד, ואין שום כח משיכה כלל במציאות למעשה, אלא כל מה שאנו רואים הוא תנועה של גופים בכוח לאדמה, ומסלול הנפילה שלהם נקבע בגלל נוכחות האדמה עצמה אבל לא ככח חי ופועל שהאדמה כביכול "מושכת", אלא כעובדה תצפיתית גרידא שאנו רואים בפועל, דהיינו, האדמה "משרה" מסלול תנועה ספציפי על גופים בסביבתה וזהו אופי המרחב עצמו שנוצר בסביבתה, ולא שהיא מפעילה ממרחק כחות מיסטיים בלתי ידועים. אמנם ניסוח זה נראה מתאים יותר למציאות היבשה, אבל גם הוא מניח כי המרחב מסביב לאדמה מלא במסלולים מוכתבים המורכבים על ידי האדמה, כמו מערכת הנדסית של כבישים החוצים זה את זה ככורי עכביש.

המסקנה מן הדיון הזה היא שאכן קשה להבין בדיוק מה הגורם לנפילת גופים לאדמה, וכל מה שעושים הפיזיקאים היום הוא רק שימוש במודל חשיבה בלבד, אם במודל של "כח משיכה", או במודל של "מסלולים מוכתבים" ע"י האדמה כפי שסבר איינשטיין. אם כי ההבנה של מודלים כאלה היא קשה כשלעצמה, הרי הצד החישובי של כח המשיכה (או השראת המסלולים ע"י תורת אינשטיין) הוא בעל תוצאות מעשיות מאד. למה הדבר דומה, אנו יכולים למדוד את גובהו ומשקלו של אדם ולבצע גם מדידות אחרות עליו, אבל מכל המדידות האלו עדיין לא נוכל להשיג מהו האדם עצמו. כך גם "כח המשיכה

העולמי" אין אנו מבינים בדיוק מהו, אבל הפיזיקאים יכולים למדוד ולחשב אותו בכל מקום ומקום מעל פני כדור הארץ בעזרת נוסחאות מתימטיות מדויקות ביותר. נוסחאות אלו דרושות מאד בכדי לקבוע בדיוק עצום את מסלוליהן של חלליות, וכן הן דרושות מאד לחישובי מסלולי כוכבי הלכת סביב השמש, וכן גם לחשב את מסלולו של הירח בדיוק רב מאד בכדי לקבוע את המולד האמיתי ועוד ועוד חישובים רבים הנוגעים "למשיכת האדמה".

כאמור לעיל האסטרונומים אינם מסתפקים רק "בעובדה" שכדור הארץ מושך גופים בסביבתו, אלא, כאמור, הם גם מניחים כי כל שני גרמי שמים בכלל, בעצם היותם חומר גשמי, גם הם מושכים זה את זה. כך השמש במרכז מושכת את כל כוכבי הלכת מסביבה באותו "כח גרביטציה" שאנו מכירים על פני כדור הארץ. אם כח "גרביטציה" הזה של השמש היה "נכבה" לפתע פתאום, אז כל כוכבי הלכת היו מתפזרים בחלל כל אחד בכיוון אחר. ולא רק זה, גם כל הכוכבים כלם מפעילים זה על זה כח משיכה כזה במרחבי היקום.

תמונה 26 מראה צביר של כמאה אלף כוכבים המסודרים בצורה כדורית מופלאה. גם כאן האסטרונומים אומרים כי כל הכוכבים בצביר מושכים זה את זה בכח גרביטציה הפועל בין כל שניים מהם, ובסך הכל נוצר כח משיכה מרכזי כללי של כל הכוכבים יחד הפועל על כל כוכב שלא "יברח" מהצביר כלו, האמת היא שלכל כוכב בצביר יש לו תנועה משל עצמו בתוך הצביר (כמו דבורה הנעה בתוך כוורת דבורים) והעובדה שהוא עדיין שייך לצביר נגרמת לדעת האסטרונומים בגלל כח הגרביטציה של הצביר כלו שמפעיל על כל כוכב בודד שלא יברח מהצביר. כלומר מצד אחד כל אחד מן הכוכבים נע במהירות משל עצמו בתוך הצביר כפי שהאסטרונומים רואים ומודדים בפועל, ועם מהירות כאלו של כל הכוכבים בצביר בודאי שכל אחד מהם היה "עף" לדרכו ובורח מהצביר, אבל, מאידך רואים גם שהצביר כלו הוא בעל צורה כדורית ומוגדרת היטב המעידה על יציבות ולא על התפוררות. מכאן הם מסיקים שכנראה גם שם פועל כח משיכה בין כל הכוכבים זה לזה ובסך הכל נוצר כח משיכה עצום של כלם על כל כוכב בודד שלא יברח החוצה, וכך נשמרת צורת הצביר כלו. כך יוצא שהאסטרונומים למעשה "השתילו" כח משיכה בתוך הצביר על מנת להסביר את יציבותו הנראית בפועל. אף יותר מזאת, לא רק "שהשתילו" כח משיכה כזה שם, אלא שכח המשיכה הזה הוא לדעתם בדיוק



תמונה 26: צביר כוכבים כדורי המכונה בשם "אומגה צנטאורי". הוא מכיל מאות אלפי שמשות כמו שלנו.

זהה באיכותו ובנוסחאותיו לכח המשיכה שאנו חשים פה על כדור הארץ. הנחה כזו היא מרחיקת לכת מאד, ויתכן שהיא היא שמחביאה בתוכה את הפרדוקסים שהאסטרונומים נתקלו בהם עד עתה.

אבל קיימת עוד אפשרויות והיא שיתכן שצבירים אלה אכן אינם יציבים כלל ואפילו צורתם כפי שהיא נראית אינה מעידה על יציבות אלא על מצב מסוים שבו הכוכבים החיצוניים בצביר אכן הולכים "ומתאדים" (כמו אדי מים הבורחים ממים רותחים) ומה שרואים הוא תמונה אחת בתוך התהליך כלו של התפוררות שלוקח הרבה הרבה זמן.

תופעה זו של צביר כוכבים כבר תוארה בספר איוב כאשר ה' שואל את איוב "התקשר מעדנות כימה ומוסרות כסיל תפתח", דהיינו, האם אתה איוב מסוגל לקשור בחבלים את הכוכבים בקבוצת "כימה" או התוכל לפתוח את החבלים הקושרים את הכוכבים בקבוצת "כסיל". כלומר, הקדמונים שמו לב לתופעה המופלאה הזאת שקבוצות כוכבים אכן נוצרות בגלל "קשר" או "משיכה" בין הכוכבים שם, ורק הקב"ה יתברך הוא הוא היודע את סוד הקשר הזה בין הכוכבים בצביר.

האסטרונומים אף הפליגו הרבה מעבר לצבירים של כוכבים, והניחו כי כח הגרביטציה פועל גם בין הכוכבים בתוך הגלכסיות, והוא אף פועל בין כל שתי גלכסיות אפילו במרחקים גדולים זו מזו. למשל, בין גלכסית שביל החלב שלנו לבין גלקסיה "שכנה" הנקראית בשם גלכסיית "אנדרומדה" הנמצאת במרחק של שני מיליוני שנות אור, פועל כח גרביטציה קטן יחסית, אבל לדעתם גם הוא זהה באופיו ובנוסחאותיו כמו כח המשיכה של כדור הארץ שלנו.

כך לדעתם גם כל היקום כולו בעצם מונהג ע"י כח הגרביטציה הזה, והוא הוא הכח היחידי השולט והניכר בכל מקום לדעתם. (אמנם לאחרונה נתגלו סימנים שישנו כח אחר זעיר ביותר שדוקא דוחה את גרמי השמים זה מזה, אבל הוא פועל רק במימדים גדולים מאד בכל היקום כלו ולא בין כל שני גופים כמו כח הגרביטציה). כך הפך כח הגרביטציה הקטן והזעיר שעל פני האדמה "לכח העליון" השולט בכל היקום כלו ולמעשה מי שהמליכו אותו בפועל היו אלה האסטרונומים בעצמם. אבל כאמור, יתכן מאד שההכתרה הזאת של המלך הזה לא היתה כל כך במקומה, והיא היא שגורמת לבעיות כפי שנבאר לקמן.



### כמות החומר האפל בגלקסיות

תמונה 27 (צבעונית, לוח 26) מראה צילום של גלקסיה שצורתה כצורת פרח החמניה (אכן היא נקראת גם בשם "גלקסיית פרח החמניה") הידועה בין האסטרונומים גם על פי סימונה M63. אפשר לראות גלקסיה זו אפילו בטלסקופ קטן יחסית בשמי הלילה. היא מורכבת מזרועות ספירליות ארוכות מאד המכילות מילארדי כוכבים בצבע כחול או צהוב וכן ענני גז בצבע אדום, ויש בה גם נחילים ארוכים של אבק. מרחקה של גלקסיה זו מאתנו הוא כשלושים וחמישה מיליון שנות אור. קוטר של הגלקסיה עצמה הוא "רק" שישים אלף שנות אור.

כמו בגלקסיות רבות אחרות, גילו האסטרונומים כי גם גלקסיה זו בעצם מסתובבת כלה סביב מרכז במהירות גדולה. לצורך זה הם מדדו את המהירות שבה חגים הכוכבים הנמצאים על פני הספירלות. אבל הם מצאו שבגלקסיה זו הכוכבים הנמצאים בפאתי הזרועות הספירליות נעים במהירות עצומה, והאמת היא שהגלקסיה הזו בעצם היתה צריכה להתפרק, ורוב הכוכבים שבתוכה היו צריכים לעוף כל אחד לכיוון אחר.

אבל, שוב כפי שבארנו לעיל, אם מניחים שבכל זאת הגלקסיה הזו היא יציבה, יש להניח שגם שם פועל כח משיכה חזק שיאזן את "כח הבריחה" הזה של הכוכבים המהירים. אבל, כאשר מחשבים בפועל כמה חומר דרוש בכדי ליצור כח משיכה בגלקסיה שיחזיק את הכוכבים מלברוח, רואים כי יש צורך בכמות חומר שהיא כמעט פי עשר מן החומר המאיר שרואים בפועל. כלומר, החומר המאיר בפועל בצורת כוכבים בגלקסיה הוא רק כעשירית בלבד מן החומר שבאמת נמצא שם ושהוא דרוש בכדי "לייצב" את בריחת הכוכבים. כלומר, כתשעים אחוז מהחומר בגלקסיה זו (והדומות לה) אינו מאיר כלל אלא הוא אפל!

תמונה 28 (צבעונית, לוח 24) מראה גלקסיה המסומנת כ- NGC4650A. היא מורכבת משני חלקים: חלק אחד הוא בצורת אליפסה אשר במרכזה אור חזק, וחלק שני בצורת טבעת כמעט ניצבת לאליפסה, וטבעת זו מכילה גם היא כוכבים רבים. גם כאן כאשר מדדו את המהירויות של הכוכבים בטבעת, מצאו שהם נעים במהירויות סיבוביות גדולות מאד, וגם כאן דרושה כמות חומר פי עשרה יותר ממה שרואים בפועל בכדי להחזיק את הטבעת במצב יציב.

תמונה 29 מראה שתי גלקסיות הנקראות בשם הענן המגלאני הגדול (מימין) והענן המגלאני הקטן (משמאל). שתי גלקסיות אלו הן קרובות מאד אל הגלקסיה שלנו (שביל החלב), והן



תמונה 29: צילום של שתי הגלקסיות המכונות בשם "העננים המאגלאניים".

למעשה גלכסיות לויין לגלכסיה שלנו, דהיינו הן נעות סביב הגלכסיה שלנו במהירויות שנמדדו בפועל, ומכאן הצליחו אף להעריך מהי כמות החומר בגלכסיה שלנו עצמה. והנה שוב התברר כי כמות החומר בגלכסיה שלנו היא גם כן פי עשר ויותר מאשר כמות החומר של כל הכוכבים המאירים בפועל. כלומר גם כאן ישנה מה שהאסטרונומים קוראים בשם "הבעיה של המסה החסרה".

כיום כבר ברור כי כל גלכסיה "נורמלית" ביקום יש לה בעיה של "מסה חסרה", דהיינו הרבה הרבה חומר בכל גלכסיה שאינו מאיר כלל והוא אפל. אבל ההפתעה היא, כאמור, שכמות החומר האפל בגלכסיות היא פי עשר ויותר מהחומר המאיר!

מהו החומר האפל הזה בגלכסיות?

יש משערים כי אלה הם כוכבי לכת, ננסים חומים, עננים אפלים כנ"ל, אבל קיים ספק רב האם רק צורות אלו הן שימלאו את "המסה החסרה" או אולי ישנן עוד צורות אחרות בלתי ידועות של חומר אפל.

ואכן, בשנים האחרונות הולכת ומתבססת ההשערה שבעצם במרכזה של כל גלכסיה ישנו "חור שחור" אדיר שמסתו יכולה להגיע עד לעשירית המסה של כל הגלכסיה כלה. כזכור, חור שחור כזה מאיר בקרינת X כך שאין אנו רואים אותו כלל בעינינו. כך מצטרף החור השחור שבמרכז של רוב הגלכסיות לחומר האפל הנעלם מאתנו בגלכסיה.

### כמות החומר האפל בצבירי גלכסיות

תמונה 23 מראה מה שמכונה בפי האסטרונומים בשם "צביר של גלכסיות". צביר זה מכיל אלפי גלכסיות קרובות מאד זו לזו במרחב, כאילו ישנה שייכות ביניהן. ואכן כאשר נערכו תצפיות לקביעת מרחקיהן של גלכסיות אלו מאתנו, התברר שהן נמצאות במרחק זהה מאתנו, כלומר, אכן הן קבוצה אמיתית ולא טעות אופטית של גלכסיות הנמצאות במקרה בקו הראיה שלנו בעומק החלל. לאחר מכן, מדדו האסטרונומים את המהירות של כל אחת מן הגלכסיות בנפרד, והתברר שמהירויות אלו הן גבוהות, דהיינו, אם לא היה כח שימשוך בחזרה כל גלכסיה אל הצביר כלו, אז מהירותן היתה מספיקה על מנת שכל גלכסיה אכן "תעוף" החוצה וכל הצביר היה מתפורר. שוב גם כאן הניחו שכח

הגרביטציה הוא כנראה המושך והמלכד את הצביר כלו כך שיראה בעינינו כצביר יציב. אבל גם כאן התברר שוב שכמות החומר הדרושה לכך היא פי עשר גדולה מכל כמות החומר שאנו רואים בפועל בגלכסיות.

כבר ראינו לעיל בתמונה 24 כי צביר כזה יכול להכיל ענן אדיר של גז חם ביותר המשתרע על פני מיליוני שנות אור בחלל שבין הגלכסיות. חומו של גז זה מגיע לעשרות מיליוני מעלות חם ויש בו כמות חומר היכולה להספיק לכאלף גלכסיות נוספות בתוך הצביר. ובכל זאת כל החומר הזה עדיין אינו מספיק בכדי למשוך ולייצב את הצביר מהתפוררות. שוב גם כאן מתברר כי דרושה כמות חומר פי עשר מזו הנצפית בפועל בכדי לייצר כח משיכה שימנע את הגלכסיות מלברות.

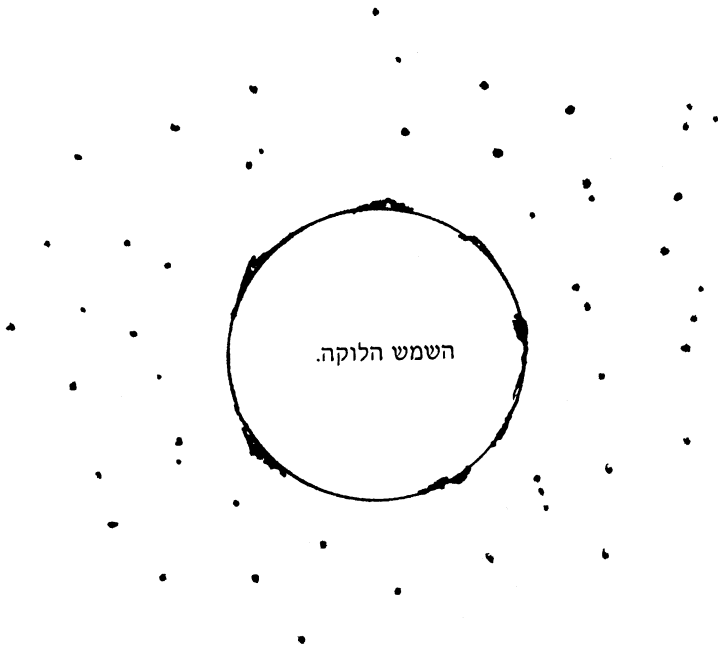
אבל האסטרונומים לא הסתפקו בשיטות אלו לקביעה כי החומר האפל הוא פי עשר מהחומר הנראה לעין. ואכן, הם פתחו שיטה נוספת ושונה לגמרי שהגיעה לאותה מסקנה: זוהי שיטת "העדשות גרביטציוניות".  
מה הן "עדשות" אלו?

### עדשות גרביטציוניות

מתברר כי חומר גשמי אינו מושך רק חומר גשמי כמוהו ע"י כח הגרביטציה, אלא אפילו קרני אור נמשכות גם הן לחומר גשמי. תופעה זו נצפתה בפועל בקרני אור שעברו ליד השמש, ואכן השמש הטתה את הקרניים ממסלולם הישר בכיוון אליה (ראה צבא השמים חלק ב' עמ' 260).  
כיצד?

כידוע השמש נראית בעינינו כדיסקית לוחטת שקוטרה (של הדיסקית עצמה) כחצי מעלת קשת. אי לכך, בזמן ליקוי חמה מלא כאשר נעשה חושך גמור, רואים בפועל כוכבים רבים בשמים. ברגע הלקוי עצמו דיסקית השמש החשוכה מכסה מאחוריה כוכבים. כיון שיש בידינו מפות כוכבים מדויקות של כל איזורי השמים, ניתן לדעת בדיוק איזה כוכבים כסתה עין השמש בזמן הלקוי.

והנה מתברר שכוכבים רבים שהיינו בטוחים שאי אפשר לראותם כיון שהם ממש מכוסים מאחורי השמש הלוקה, התברר שהם דוקא נראים ליד דיסקית השמש הלוקה (תמונה 30). פירוש הדבר הוא שקרני האור המגיעות מכוכבים

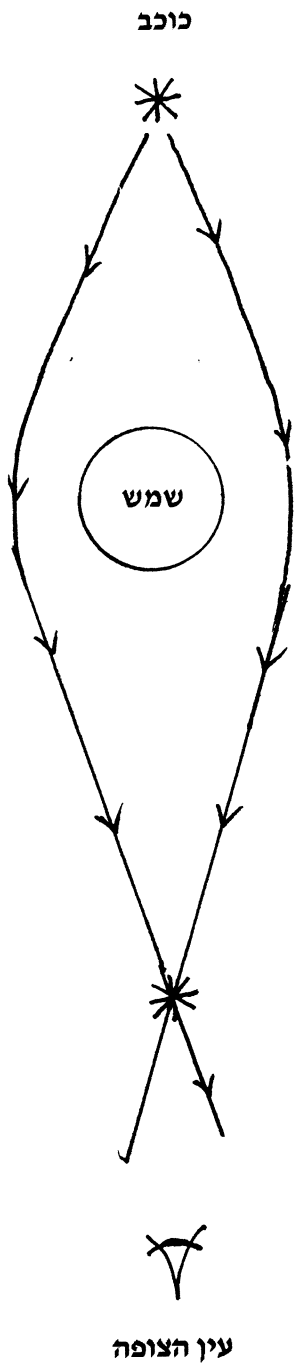


**תמונה 30: בזמן ליקוי אפשר לראות כוכבים מאחורי דיסקית השמש הלוקה.**

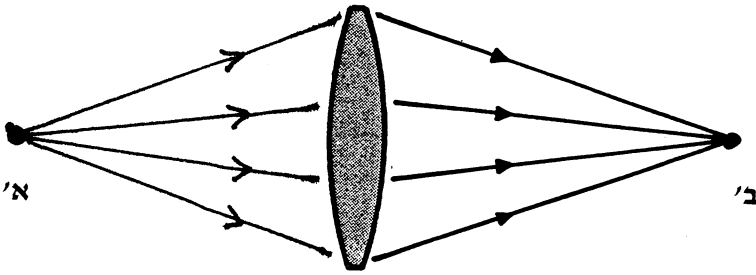
אלה "מתעקמות" בגלל נוכחותה של השמש, וכך הן מגיעות אלינו (תמונה 31). כלומר, אנו מסוגלים לראות כוכבים מאחורי השמש כיון שקרני האור המגיעות מן הכוכבים האלה התעקמו והגיעו אלינו (הדבר דומה למה שקוראים "לראות מאחורי הפינות").

והנה העיקום הזה של קרני האור של כוכב מזכיר מאד את תופעת עיקום קרני אור ע"י עדשה אופטית מזכוכית.

תמונה 32 מראה סכימה של פעולת עדשה על קרני אור: נקודה א' היא גוף מאיר שקרניו מאירות לכל הכוונים. והנה אותן קרניים המגיעות בכוון העדשה, הן "נשברות" בתוך הזכוכית של העדשה ומשנות את כוון מסלולן. הקרניים האלו אף מתכנסות כלן לנקודה שניה ב' מהצד השני של העדשה, וכך נוצרת דמות חדשה של הנקודה א' המקורית. כך יוצא שיש לנו גוף אמיתי א' המאיר, וכן גם דמות שלו שגם היא מאירה, אבל רק הגוף המקורי א' שמאיר הוא אמיתי, והדמות ב' אינה גשמית אלא היא רק "בבואה" של הנקודה הממשית א'. תופעה זו היא נפוצה מאד במכשירים אופטיים המכילים עדשות.

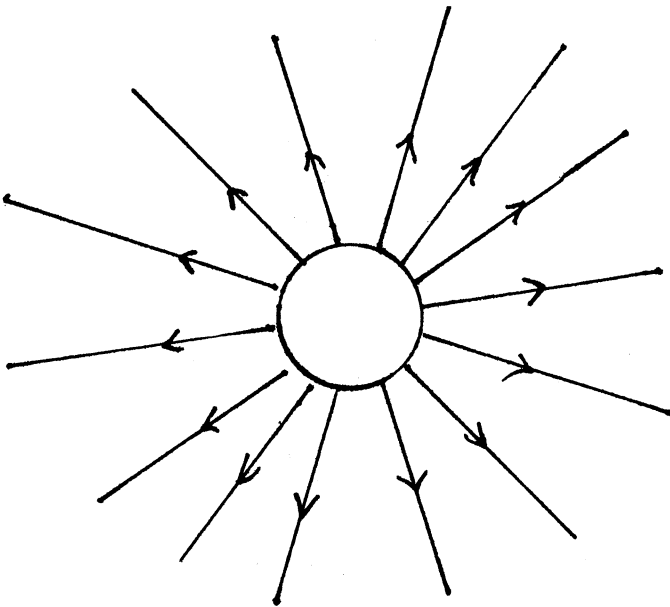


תמונה 31: קרני האור המגיעות מהכוכבים מתעקמות בגלל משיכת השמש.

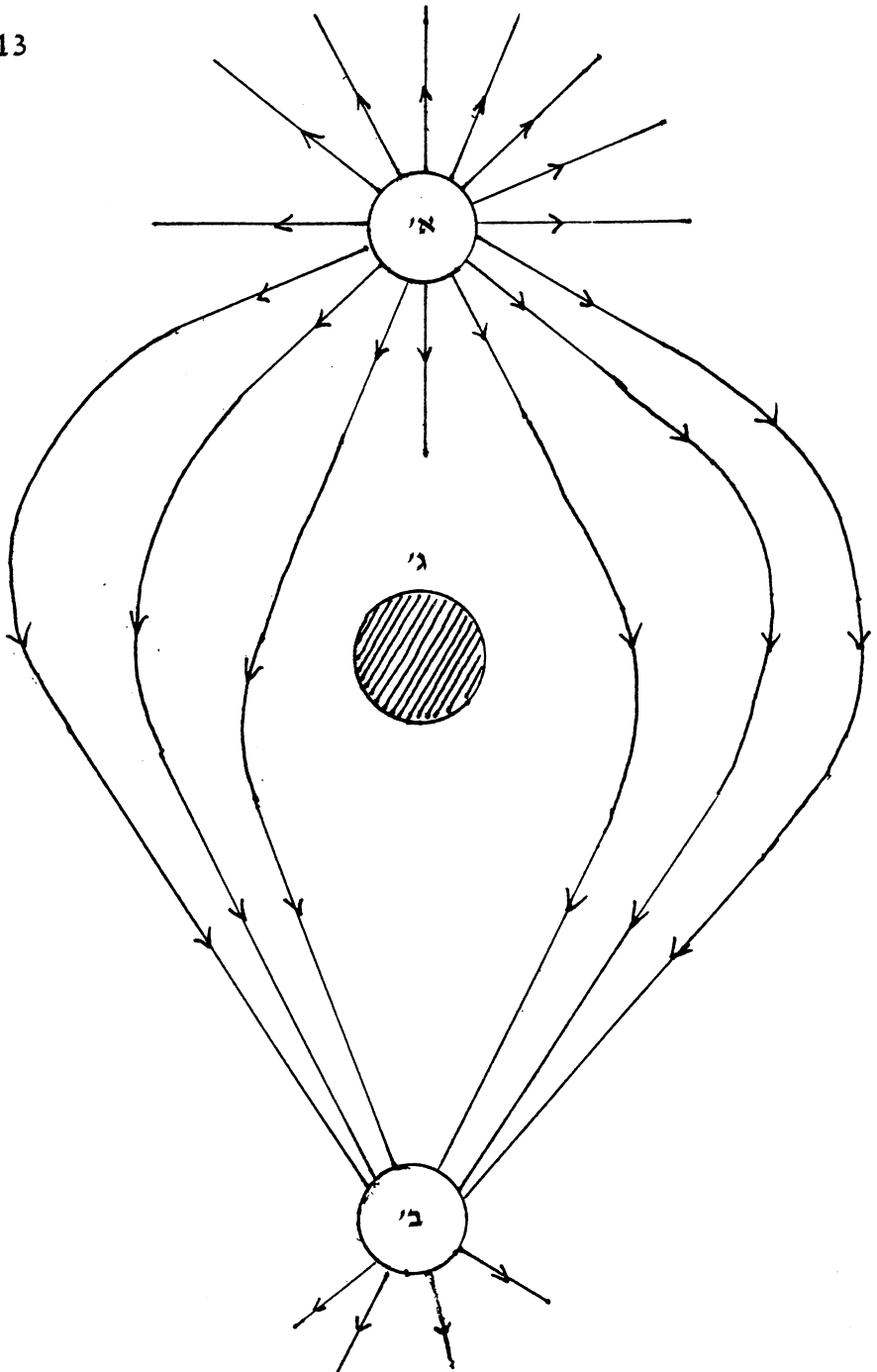


תמונה 32: עדשה מזכוכית מרכזת את קרני האור ויוצרת דמות שניה ב' מן הצד השני של העדשה.

במשך שנים רבות חשבו האסטרונומים שגם גרם שמים יכול למלא תפקיד של "עדשה" ע"י שהוא משנה את מסלולן של קרני אור של גרם שמים אחר מאחוריו. תמונה 33 מראה כוכב א' שקרני האור בוקעת ממנו לכל הכוונים. תמונה 34 מראה מה היה קורה לקרניים אלו אם היה כוכב אחר ג' עומד בדרך. (כוכב ג' הוא כוכב מאסיבי מאד). רואים כי קרני האור נמשכות אליו "ונשברות" כמו בעדשה אופטית כנ"ל, ויתכן גם שכל הקרניים הבוקעות מצד



תמונה 33: קרני אור הבוקעת מכוכב מאיר נעות כל אחת בקו ישר.



תמונה 34: קרני אור היוצאת מכוכב א' מתעקמות בגלל כח המשיכה של כוכב ג', והן מתכנסות ויוצרות דמות חדשה ב' של כוכב שהוא רק בבואה של הכוכב האמיתי א'.



אחד של כוכב א' כלן יתעקמו בצורה מתאימה ע"י כוכב ג', כך שבסך הכל יתכנסו שוב קרני האור שהתעקמו וייצרו מעצמם בבואה ב' הדומה לכוכב א'. כך יוצא שיתכן שהאסטרונומים יראו בפועל בבואות של כוכבים כמו בבואה ב' מבלי שאפילו יראו את כוכב המקורי א' (או יראו גם את שניהם!). לתופעה זאת קוראים בשם "עדשה גרביטציונית", כי קרני האור "נשברו" או התעקמו בגלל משיכה גרביטציונית.

תופעה תיאורטית זו נשארה כך במשך זמן רב, עד שלפני כשלוש עשרה שנה אכן ראו בפעם הראשונה את הכוכב המקורי המאיר וכן את הבבואה שלו (צבא השמים חלק ב' עמ' 262).

אף יותר מזאת, התברר כי בעדשות גרביטציוניות ניתן לראות מספר בבואות של אותו כוכב מקורי. לכל הבבואות האלו של אותו מקור ישנן תכונות זהות להפליא כך שאין ספק כמעט שאכן אלה הם "העתקים" זהים של אותו מקור. (הסיכוי שתופעה כזו תהיה במקרה הוא ממש אפסי).

באופן מעשי התברר שאפילו צביר של גלכסיות שלם יכול לגרום לעיקום של קרני אור של גרם שמימי מאחוריו ולגרום לכך שתופיע הבבואה שלו בצילום. ואכן תמונה 35 (צבעונית, לוח 24) מראה צביר צפוף של גלכסיות ובצדו הימני העליון נמצאה קשת (שצבעה כחול בצילום המקורי), והיא היא בדיוק הבבואה של גלכסיה רחוקה מאחורי הצביר הזה. כלומר, את הגלכסיה המקורית עצמה אין רואים בתמונה, אבל רואים בבירור את בבואתה.

גם תמונה 36 (צבעונית, לוח 23) מראה אותה תופעה של צביר גלכסיות צפוף המהווה את העדשה, ומסביבו רואים קשתות רבות (המשלימות זו את זו לעיגול) שהן מספר בבואות של מספר גלכסיות מאירות בעמקי החלל מאחורי הצביר.

כדאי לציין שעצם התופעה הזו של בבואות של גרמי שמים שאינן קיימות כלל במציאות (אלא הן רק תופעות אופטיות שאינן ממשיות) היא תופעה מדהימה כשלעצמה, וההשלכה היא כמובן השאלה "המפחידה" כמה "גרמי שמים" כאלה אנו רואים בעינינו בשמים והם אינם ממשיים כלל אלא בבואות אופטיות בלבד!

אבל, כאמור, בכדי לעקם קרני אור עד כדי כך שהם יתכנסו שוב וייצרו בבואה אופטית, יש צורך שצביר הגלכסיות יכיל כמות חומר עצומה (על מנת שתמשוך

ותכנס קרני אור אלה לדמות ברורה). ואכן האסטרונומים חישובו ומצאו להפתעתם כי כדי ליצור בבואות כאלה יש צורך בכמות חומר שהיא פי עשרה ממה שרואים בפועל בצביר. כך הוכח שוב שצבירי הגלכסיות אכן מכילים חומר אפל רב מאד שאין אנו רואים כלל.

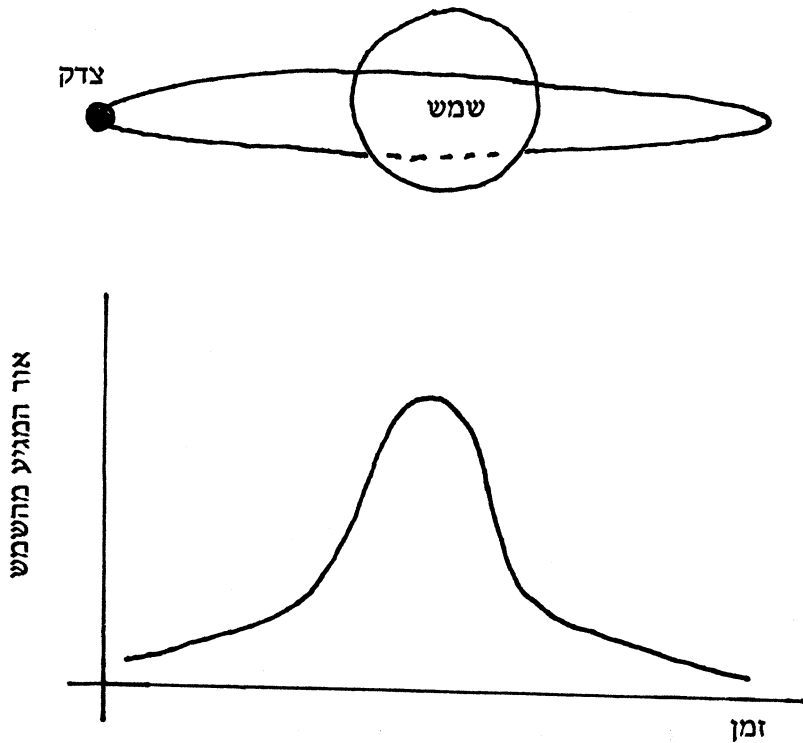
### תופעת מיקרו-עדשה

ראינו כי צביר שלם של גלכסיות יכול לרכז את קרני האור ופועל כמו עדשה אופטית רגילה. אבל לא רק גלכסיות או צביר גלכסיות יכולים לפעול כעדשות גרביטציוניות, אלא שכל גרם שמים, אפילו קטן יחסית יכול גם הוא לפעול כעדשה אשר תרכז את קרני האור של גרם שמים אחר הנמצא ברקע מאחוריו (תמונה 34). בעצם כל כוכב יחיד יכול לשמש כעדשה המרכזת את קרני האור של כוכב העומד מאחוריו בדיוק כפי שראינו זאת כבר עם השמש שלנו (ראה לעיל).

אמנם כל כוכב יחיד כמו השמש יכול לפעול כעדשה, אלא שיכולתו לרכז קרני אור תהיה חלשה יותר. שהרי ראינו כבר כי כושרו של כוכב לרכז קרני אור כמו עדשה תלוי בכמות החומר שבו: ככל שמסתו גדולה יותר כך הוא ירכז קרני אור בצורה יותר יעילה. גם כוכב לכת כמו צדק ואפילו כדור הארץ שלנו יכולים לרכז קרני אור ולפעול כעדשה, אלא שפעולה זו תהיה מזערית יותר בגלל מסתם הקטנה. זוהי הסיבה שהאסטרונומים קוראים לתופעה מזערית כזו בשם "מיקרו-עדשה", דהיינו במקרה של כוכבי לכת או כוכבים קטנים כגון "ננסים חומים" הם פועלים כמיקרו-עדשה.

כבר לפני כחמש עשרה שנה הציעו כמה אסטרונומים שאולי ניתן לחפש תופעה כזו של מיקרו-עדשה בתצפיות ישירות בטלסקופים, ובכך להראות שאכן ישנם כוכבי לכת רחוקים הפועלים כמיקרו-עדשה. בדרך זו ניתן גם לנסות להעריך כמה חומר אפל בצורה של כוכבי לכת נמצאים בגלכסיה שלנו. אבל לא רק כוכבי לכת, אלא כל גוש חומר (ואפילו "חור שחור") המשייט לו בין הכוכבים יכול לחלוף במקרה מול כוכב אחר ברקע, ולפעול באותו זמן כמיקרו-עדשה שתרכז את האור של הכוכב שברקע. כאמור לעיל התוצאה של מעבר כזה יגרום להארה חזקה יותר של הכוכב שברקע (בגלל הריכוז הגבוה יותר של הקרניים). תצפית מקרית באותו כוכב אכן תראה כי עוצמת אורו השתנתה.

אם הגוף החולף קרוב מאוד יחסית לכוכב שברקע, למשל, כמו כוכב הלכת צדק כאשר הוא חולף על פני השמש שברקע שמאחוריו (תמונה 37), הרי יקח זמן מסוים עד שהוא יסיים את כל המעבר על פני קוטר השמש כלה. לכן, בתצפית מקרית כזו, אם היא קורה בכוכב רחוק כמו השמש שלנו. הרי השינוי בעוצמת האור כתוצאה מתנועתו של כוכב לכת (או גרם שמים אחר) על פניו יארך גם הוא זמן מה.



תמונה 37: כוכב הלכת צדק יכול לרכז את קרני השמש כמו עדשה כך שצופה רחוק הנמצא מחוץ למערכת השמש יראה לפתע הארה פתאומית של אור השמש שתארך מספר ימים.

בכדי להמחיש יותר את השינוי האפשרי בעוצמת האור של כוכב כתוצאה של פעולת מיקרו-עדשה, לקחו האסטרונומים את מערכת השמש שלנו כדוגמה אפשרית של כוכב רחוק שעל פניו חולף, למשל, כוכב לכת כמו צדק: כידוע, כוכב הלכת צדק משלים הקפתו סביב השמש אחת לשנים עשרה שנה, אבל כאשר מסתכלים מבחוץ על מערכת השמש שלנו מן הצד, (תמונה 37) אנו נראה שכוכב הלכת צדק נע בעצם בקו ישר הלוח ושוב משני צדי השמש. אבל בקצב התנועה הרגיל שלו, הוא יחלוף על פני גלגל השמש עצמו מקצה עד קצה במשך מספר ימים בלבד. כך אם צופה רחוק יצפה בשמש שלנו בדיוק כאשר כוכב הלכת צדק חולף על פני גלגל השמש עצמו, הוא יראה שעוצמת אור השמש תגדל כמעט פי שניים בהדרגה במשך מספר ימים ואחרי כן תחזור עוצמתה כמו קודם. לאחר כשש שנים, שוב יחלוף כוכב הלכת צדק ותחזור שוב אותה התחזקות בעוצמת אורה של השמש וכך כל שש שנים לסירוגין.

כמובן, אם הגוף החולף אינו כוכב לכת כלל, אלא סתם גוף אפל אחר כל שהוא העובר שם במקרה על פני קוטרו של כוכב (למשל חור שחור), אז לא תהיה תופעה מחזורית כלל, אלא תהיה הארה יתירה חד פעמית בלבד.

אבל, הסיכוי שמאורע כזה יקרה בכלל באיזה שהוא כוכב, (אם יש לו בכלל כוכבי לכת או אם בכלל יחלוף על פניו גרם שמים אפל כל שהוא ואנחנו נבחין בטלסקופ בשינוי בעצמת אורו) הוא אפסי ביותר. שהרי האסטרונומים צופים בטלסקופים בכוכבים, אבל הם אינם יודעים מראש שכוכב מסוים מבין מיליארדי הכוכבים יחול בו שינוי כל שהוא בעוצמתו, ואין זה דומה אלא לחיפוש מחט בערימת שחת. אבל, דוקא בגלל שישנם מיליארדי כוכבים הרי בודאי קיים סיכוי שאחד או יותר מהם ישנה את עוצמתו, וכל מה שיש לעשות הוא אכן לצלם מיליוני כוכבים בעת ובעונה אחת, ואחרי כן בעזרת מחשבים מהירים לסרוק את הצילומים האלה ולבדוק אם אחד מהכוכבים שינה את עוצמת אורו מצילום אחד למשנהו. יש לציין כי בעצם כוכבים יכולים לשנות את עוצמת אורם גם בגלל סיבות רבות אחרות, אבל מתברר כי אם באמת שינוי העוצמה באורו של כוכב נובע ממאורע של מיקרו-עדשה, אז מתברר כי השינוי בעוצמה זו הוא בעל תכונות מאד מיוחדות וטיפוסיות, כך שאין מקום לטעות ולחשוב שעוצמת האור השתנתה בגלל סיבה אחרת.

ואכן, לפני כעשר שנים הקימו מערכות טלסקופים מיוחדות עם מצלמות

ספרתיות מתקדמות ביותר, וכן הקימו מערך של מחשבים מהירים שסרקו את התמונות הספרתיות של הכוכבים שהתקבלו בטלסקופים, עד שהגיעו לקצב של סריקת כמאתיים אלף כוכבים בשעה! בעזרת מערכות מהירות כאלה הגיעו לסריקה של כשמונה מיליון כוכבים בכל לילה של תצפית, וכך יכלו לבדוק אם ישנם כוכבים כל שהם ששינו את עוצמתם מצילום לצילום בזמנים שונים. כמובן שנמצאו אלפי כוכבים כאלה, אבל האסטרונומים חיפשו דוקא שינויי עוצמה מאד מיוחדים שהם טיפוסיים למאורע של מיקרו-עדשה דוקא. ואכן, התוצאות הראשונות של מאמצים אלה לא אחרו להגיע. בחודש ספטמבר 1993 "נתפסו" כמה מאורעות כאלה של מיקרו-עדשה. בכל המקרים שנצפו חישבו את המסה של הכוכב שמלא את תפקיד המיקרו-עדשה, והתברר שהמסה שלהם גבוהה ממסת של כוכב הלכת צדק. בכל אופן, מאורעות במיקרו-עדשה אלה מראים שאכן ישנם עוד הרבה כוכבים שהם אפלים עבורנו בגלכסיה.

מאז נצפו מאורעות רבים כאלה בגלכסיה שלנו וגם בגלכסיות אחרות ומעריכים שהחומר האפל היוצר את מאורע העדשה הגרביטציונית הוא רב למדי. כאמור, החומר האפל יכול להיות מורכב מכוכבים כבויים בעלי מסות שונות. הערכה סטטיסטית מראה כי כוכבים אלה הפועלים כמיקרו-עדשה הם כמעט פי חמש מהחומר שבכוכבים המאירים שבגלכסיה, דהיינו שישנם כוכבי לכת, ירחים, ננסים חומים חורים שחורים וכו' וכוכבים קטנים אחרים שכמות החומר הכוללת שלהם עולה פי חמש מכמות החומר שבכוכבים המאירים! אבל, זכור ההערכות כיום הן שהחומר האפל בגלכסיות וצבירי גלכסיות דהיינו מה שמכונה בשם "המסה החסרה" היא פי עשר מכמות החומר המאיר, כך שלעת עתה לא ידוע איזה סוג גרמי שמים או איזה חומר בכלל יכול למלא את שאר החמישים אחוז של המסה החסרה או החומר האפל הזה.

### חומר אפל ביקום

הטכנולוגיה המתקדמת והמהירה שפותחה באסטרונומיה מודרנית לא פסחה גם על סריקות ענק שנערכו בשמים בכדי למדוד את תכונותיהם ומרחקם של מיליוני גלכסיות ביקום. מדידות של מאות אלפי גלכסיות בלילה אחד של תצפית נעשו כבר דבר שבשגרה. כאשר עורכים מפה של מיליוני גלכסיות אלו

בהתאם למקומם ומרחקם ביקום, אכן מתברר שרובן מקובצות צבירים צבירים כפי שציינו לעיל. אבל ההפתעה היתה כי גם צבירים אלה גם הם מסודרים בצורת נחילים נחילים של צבירים הנמשכים בעומק היקום, והם נראים בסך הכל ככורי עכביש עם חללים עצומים ביניהם בצורה של "בועות חשוכות" (תמונה 38). כך יוצא שצבירי הגלכסיות נראים כאילו הם דבוקים לדפנות של הבועות האלו. גודלן של בועות אלו מגיע למאות מיליונים של שנות אור. כיום האסטרונומים משערים שבועות אלו אינן בהכרח ריקות מחומר, אלא שהחומר שם הוא פשוט אפל, ואין לנו מושג ממה יכול להיות מורכב חומר אפל זה, אם שוב מכוכבים אפלים שכבר הזכרנו קודם, או אולי מחומר אקזוטי אחר כל שהוא שאפילו עוד לא גילינו במעבדות עד היום.

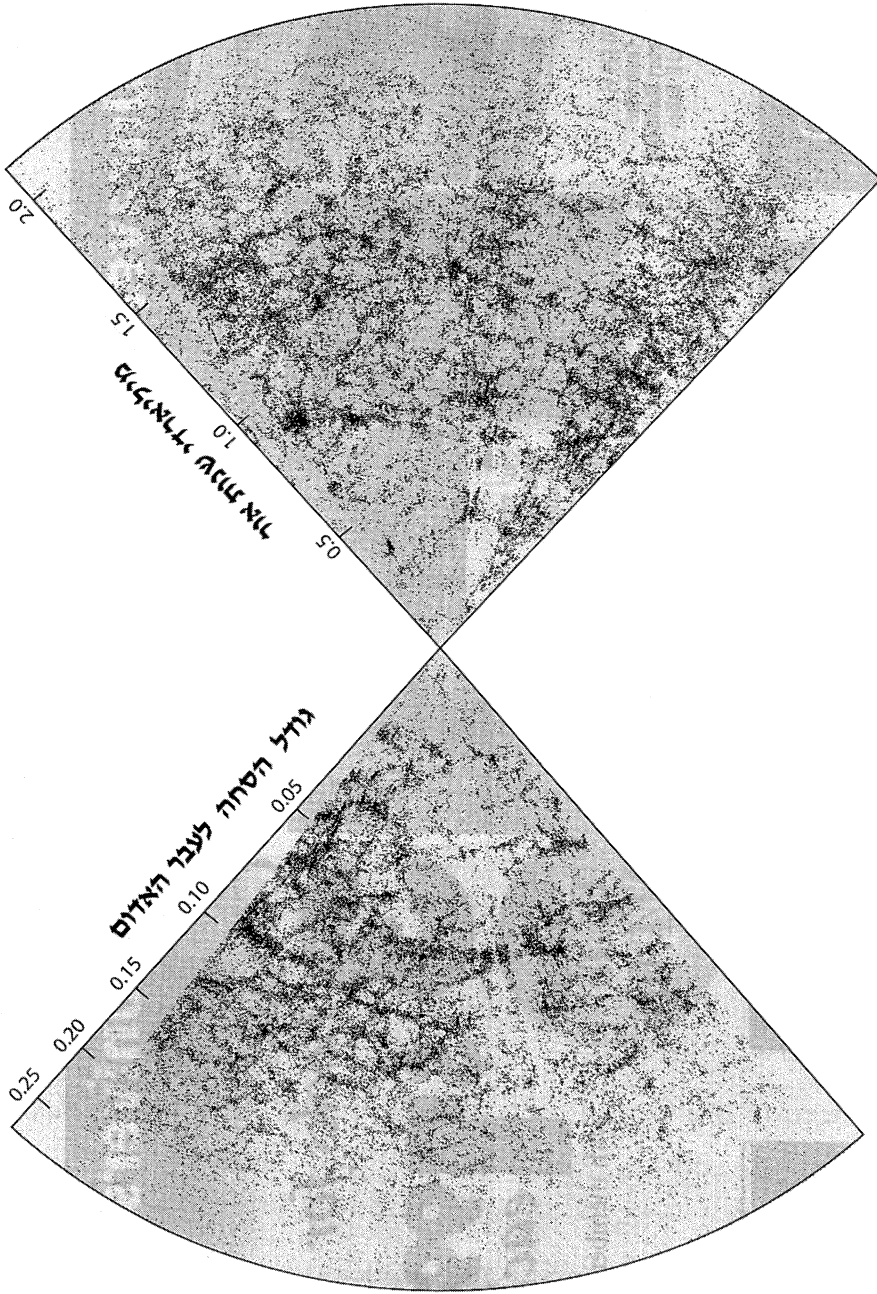
#### חומר אקזוטי

ראינו כבר לעיל שכוכבי לכת, ירחים, ננסים חומים, חורים שחורים וכו', שהם כלם אפלים, יכולים להוות כחמישים אחוז מן "המסה החסרה".

אבל, כפי שציינו כבר, האמת היא שכל סוגי גרמי השמים האפלים האלה הם אינם כל כך אפלים, אלא הם מקרינים בקרינה כל שהיא הטיפוסית להם, וכיון שעיינו אנו אינן "רואות" סוגי קרינה אלה, לכן הם אפלים עבורנו אנו בלבד, אבל, הם כאמור, מקרינים בקרינה כל שהיא.

האסטרונומים כבר סרקו בטלסקופים השונים את השמים בכל הקרינות האפשריות כפי שהסברנו לעיל, ולא מצאו אלא את סוגי גרמי השמים שמקרינים קרינה כל שהיא. ובכל זאת עדיין יש חמישים אחוז של מסה החסרה שאין אנו יודעים מה טיבה כלל, דהיינו מסה זו אינה לא בצורת כוכבים אפלים וגם לא בצורת גז או אבק כבויים.

לכן הגיעו האסטרונומים למסקנה כי כנראה שחלק מהמסה החסרה עשוי מחומר אחר לגמרי, שאין תכונתו להקרין כלל, וכנראה שהוא חומר בעל תכונות מאד מיוחדות שאין אנו מכירים. אבל, עם כל זה שאין אנו יודעים מה טיבו, הנה ידוע לנו היטב כי הוא בעל כושר למשוך גופים אחרים בכח גרביטציה כמו כל חומר גשמי אחר, וזוהי התכונה היחידה שאנו יודעים עליו בינתיים, ותכונה זו היא היא הדרושה על מנת שהכוכבים הנעים למשל במהירות גדולה בגלכסיה, לא יברחו ממנה אלא ישארו בתוכה כפי שאנו רואים בפועל שהגלכסיה אכן יציבה בצורתה.



**תמונה 38: צבירי הגלקסיות ביקום מסודרים לאורך דפנותיהם של "בועות חשוכות" ענקיות ביקום.**

שתי צורות "המניפה" הם האיזורים שנוצפו בשמים בפועל.

זוהי הסיבה שהאסטרונומים והפיזיקאים חברו יחדיו בכדי לחפש חומר אקזוטי שימלא את התפקיד הנ"ל, דהיינו שיהיה מצד אחד בעל מסה גשמית שתמשוך גופים אחרים, ומצד שני לא יהיה בעל תכונות של קרינה כמו גרמי השמים האפלים שראינו לעיל, ואולי זהו החמישים אחוז הנותרים של החומר האפל של המסה החסרה שאין יודעים מה היא.

בינתיים הועלה שמו של חומר אקזוטי כזה הנקרא בשם "ניאוטרינו". חלקיקי הניאוטרינו ידועים במעבדות על פני כדור הארץ זה כחמישים שנה. הם מופיעים במאיצים הגדולים בתהליכים רבים. בהתאם לתיאוריה הם נוצרים גם במרכזה של השמש שלנו שם יש כור גרעיני בלתי פוסק המייצר את האנרגיה הדרושה לקרינתה של השמש, ותוך כדי כך נוצרים גם חלקיקי הניאוטרינו "כמוצרי לואי" לתהליכים הגרעיניים שם. (צבא השמים חלק א' עמ' 42).

התכונה הבולטת ביותר של חלקיקי הניאוטרינו היא שהם אדישים ביותר למה שמתחולל סביבם (לכן נקרא שמם "ניאוטרינו", מלשון ניאוטרי - אדיש, והתוספת "נו" באה לציין שהוא קטן כמו שמקובל בשפה האיטלקית). אמנם הם נוצרים במרכזה של השמש, אבל הם יוצאים החוצה אל פני השמש מבלי "להתקל" בכלום, כי הם אינם נבלעים בחומר כל שהוא, כי כל חומר הוא פשוט "שקוף" עבורם והם עוברים דרכו בקלות. ואכן, בכדי "לתפוס" אותם, דרושים גלאים מאד מיוחדים.

לפני מספר שנים הקימו גלאים מיוחדים כאלה על פני כדור הארץ "שיתפסו" את חלקיקי הניאוטרינו הבוקעים ממרכז השמש והמגיעים לכדור הארץ. (תמונות 39, 40 צבעוניות, לוח 25) אכן אחר יגיעה רבה במשך מספר שנים הם הצליחו למדוד את שטף של חלקיקי ניאוטרינו הבאים מן השמש. רק לפני כשנתיים התברר כי עוצמת השטף של הניאוטרינו שנמדדה בפועל מתאימה לכמות הניאוטרינו המחושבת בכור הגרעיני שבמרכז השמש, ובכך הוכח לראשונה כי אכן במרכז השמש פועל כור גרעיני. בכך הוכח גם שכורים גרעיניים כאלה הם הם הספקים של האנרגיה של הכוכבים בכלל.

אבל האסטרונומים והפיזיקאים אינם חושבים שחלקיקי ניאוטרינו נמצאים רק במרכזי כוכבים, אלא הם נוצרים בכמויות אדירות גם בהתפוצצויות של כוכבים (סופרנובות, ראה צבא השמים חלק ב' עמ' 177). בשנים האחרונות אף הצליחו למדוד שטף של חלקיקי ניאוטרינו שהגיע אל כדור הארץ באותו זמן



שההתפוצצות של כוכב נראתה בעין. ובכך הוכחה שוב שההתפוצצויות של כוכבים מסוג זה אכן מלוות בתהליכים גרעיניים אדירים המייצרים גם את שטף הניאוטרונים המגיע אל כדור הארץ ונמדד כאן בפועל.

במשך שנים רבות הניחו שחלקיק הניאוטרינו הוא "חבילה של אנרגיה" מזערית ביותר המשוטטת במרחב כמו חלקיקי האור עצמם. כך הניחו למעשה שלחלקיקי הניאוטרינו אין כל מסה כמו חלקיקי האור שאנו רואים בעינינו. על סמך הנחה זו הרכיבו הפיזיקאים תיאוריה על מהות החומר, וחלק מהם קבלו פרסים רבים על הישגיהם בתחום זה. עד שלפני שנתיים התברר כי ההנחה הזו היתה בלתי נכונה: הם עצמם מצאו שלחלקיק הניאוטרינו אכן יש מסה, אמנם זעירה ביותר, אבל היא אינה אפס כפי שהניחו קודם.

התמוטטותה של תיאורית החלקיקים שהיתה מקובלת כחמישים שנה, גרמה לזעזוע גדול בחוגי המדע. אלפים רבים של מדענים "התפרנסו" ממנה במשך שנים רבות, ועתה היתה כלא היתה. זוהי דוגמה טיפוסית לתופעה ההיסטורית הידועה כי תיאוריה מדעית סופה תמיד ליפול, וזה רק ענין של זמן. כך מתברר שוב ושוב כי המדע נותן רק אשליה של ידיעת האמת המוחלטת וההבנה הסופית כביכול של הטבע, וכמו בני התמותה שיצרו אותן, כך גם התיאוריות המדעיות סופן לשקוע כמוהם לתהום הנשיה של ההיסטוריה החולפת.

לעומת זה, העובדה שהניאוטרינו נמצאה לו מסה זעירה, עובדה זו פתחה פתח אדיר לאסטרונומים לבעיית החומר האפל. לפי דעתם, היקום כולו מלא ושורץ במיליארדי מיליארדי חלקיקי ניאוטרינו. אמנם מסתו של כל חלקיק כזה היא זעירה ביותר, אבל יש כל כך הרבה מהם שאפשר ואפשר שהם החמישים אחוז של המסה החסרה הדרושה בכדי לייצב את הגלכסיות וצבירי הגלכסיות מהתפוררות. יתכן שזהו החלקיק האקזוטי שסוגר להם את המעגל, אבל בכל זאת יתכן גם שמה שחסר הוא עדיין בלתי ידוע לחלוטין.

נסיים במה שהתחלנו: "הללוהו כל צבאיו, הללוהו שמש וירח, הללוהו כל כוכבי אור" יהא החומר האפל ביקום אשר יהא, גם הוא בדרכו שלו מהלל את ה' יתברך, אפילו באותה קרינה שאינה נראית לנו, ואפילו חלקיקי הניאוטרינו האדישים כל כך שואבים את חיותם- תנועתם מאתו יתברך וגם הם מהללים אותו.

אבל כל אלה אינם יצורים בעלי בחירה, ובעצם מהותם הם עושי דברו

ומשבחים ומפארים את יוצרם מעצם גילויים הטבעי, הבעיה של חומר אפל היא במקום אחר לגמרי, הבעיה היא באותם יצורים שהם דוקא בעלי בחירה שהם הם שבוחרים באפילה וניחא להם בזה, זהו החומר והצד האפל האמיתי שביקום, זוהי באמת האפילה שצריכה להדאיג אותנו, כי זוהי האפילה האמיתית המחשיכה אפילו את כל העולם כלו, והדרך היחידה לבטלה הוא דרך התורה והיראה, ואפילו מעט ממנה מגרש את החושך הזה, שדרך התורה עושה את האדם מאיר לטביבתו כמגדלור באפילה ככתוב "והמשכילים יזהירו כזהר הרקיע ומצדיקי הרבים ככוכבים לעולם ועד".

## פרק תשיעי

# יצורים חיים במרחבי היקום

כתוב בגמרא ברכות (ל"ב:): "ותאמר ציון עזבני ה', וה' שכחני, היינו עזובה, היינו שכוחה. אמר ר"ל אמרה כנסת ישראל לפני הקב"ה: רבונו של עולם, אדם נושא אשה על אשתו ראשונה זוכר מעשה הראשונה. אתה עזבתני ושכחתני. אמר לה הקב"ה, בתי, י"ב מזלות בראתי ברקיע, ועל כל מזל ומזל בראתי לו שלושים חיל (צבאות), ועל כל חיל וחיל בראתי לו שלושים לגיון, ועל כל לגיון ולגיון בראתי לו שלושים רהטון (חטיבות), ועל כל רהטון ורהטון בראתי לו שלושים קרטון (אוגדות), ועל כל קרטון וקרטון בראתי לו שלושים גסטרא (מחנות), ועל כל גסטרא וגסטרא תליתי בו שלוש מאות ושישים וחמישה אלפי רבוא כוכבים כנגד ימות החמה, וכלן לא בראתי אלא בשבילך, ואת אמרת עזבתני ושכחתני".

הנה במדרש זה אשר בו מנחם הקב"ה את כנסת ישראל גם בדרך אגב מספר הכוכבים ברא הקב"ה בעולמו עבודה. החשבון המפורט של הכוכבים הנ"ל מראה כי ישנם כמיליארד מיליארד כוכבים (10 ואחריו שבעה עשר אפסים) מסביבנו המסודרים במבנים מופלאים (פירוט החשבון ומבנה הצורות וכיצד זה מתאים לתצפיות האסטרונומים כיום, ראה ספר "צבא השמים", חלק ב', עמ' 194). גם בתצפיות האסטרונומים כיום, עם הטלסקופים הגדולים ורבי העוצמה על כדור הארץ ואלה המשייטים בחלל, בכל מקום בשמים אליו נכון את הטלסקופים, אנו נראה דרכם מיליארדים ומיליארדים של כוכבים, גדולים וקטנים, קרובים או רחוקים מאד, מהם אדומים, צהובים כחולים או לבנים והם ממלאים את כל החלל סביבנו. ובתוך כל החלל העצום הזה שברא הקב"ה נמצא כדור הארץ הקטן שלנו, ועל גביו יצורים חיים, אם בני אדם, חיות ועופות, שרצים ורמשים דגים וצמחים שונים ומשונים זה מזה. היצירה הביולוגית הזו הנקראת בשם "חיים" על פני כדור הארץ, היא נושמת ונושפת

בכל רגע ורגע, והיא אך חלק מהבריאה המיוחדת שברא הקב"ה במעשה בראשית.

כבר בזמנים קדומים נשאלה השאלה האם הקב"ה ברא את החיים רק על גבי כדור הארץ או שבין מיליארדי הכוכבים שמסביבנו אפשר אולי למצוא חיים בצורה כל שהיא. האמת היא שהשאלה הזו נשאלה לראשונה רק לאחר שהועלתה ההשערה כי גרמי השמים למיניהם אינם עשויים מחומר ספירי מיוחד (ראה הרמב"ם, הלכות יסודי התורה, פרק ג' הלכה ג') אלא גם הם גשמיים ממש והם מורכבים מארבעת היסודות (ארמ"ע) אש, רוח, מים ועפר כמו כדור הארץ שלנו. ברגע שהוכר העקרון הגשמי הזה של גרמי השמים, נשאלה מיד השאלה האם מתוך מיליארד מיליארד הכוכבים שחז"ל ציינו במדרש הנ"ל ושהאסטרונומים כיום רואים בפועל, האם יש סיכוי למצוא ביניהם כוכבים שיש בהם יצורים חיים כל שהם, אם בני אדם, עופות, רמשים, צמחים, או צורת חיים אחרת כל שהיא המורכבת גם הם מארמ"ע. ואם אכן נמצאים חיים אפילו על כוכב אחד או יותר, או אף אם יתברר שהחיים הם תופעה נפוצה ביותר בין הכוכבים ביקום, מה הנפקא מינא לגבינו אנחנו שאנו מאמינים בהשגחתו יתברך על כל ברואיו? האם בכלל הם, למשל, מחויבים במצוות כל שהן כמו בני נח או פחות או יותר מזה? וכיצד הם עובדים את הבורא יתברך?

החיפוש של חיים בחלל החיצון הוא אמנם אחד הנושאים המפותחים כיום באסטרונומיה מודרנית, ובפרט הוא התחיל כבר עם המצאת הטלסקופ הראשון ע"י גלילאו גליליי. אולם, פרט לצד המדעי - גשמי, הרי נושא זה של מציאות חיים נדון גם ע"י חכמי ישראל לדורותיהם. אמנם אין לנו מקורות ברורים מהי דעת חז"ל בנושא זה, אבל ישנם מספר דיעות של ראשונים ואחרונים, ומענינת במיוחד היא גם דעת המקובלים. לכן אנו נתחיל בדיון מהי דעת חכמינו, ואחרי כן נציג את הממצאים המדעיים הידועים כיום.

#### דעת חכמי ישראל

ישנם מאמרות רבים במקראות המציינים בלשון כוללת עולמות הסובבים אותנו, כגון, "מן העולם ועד העולם", "מלכותך מלכות כל עולמים", "עלמות אין מספר", אשר אפשר היה להבינם כפשוטם כאילו הם מתארים עולמות

אחרים ואולי אף גשמיים. אולם, המפרשים, ובפרט אלה העוסקים בסוד, תיארו תמיד עולמות אלה כעולמות רוחניים שאין להם דבר וחצי דבר עם עולמות - כוכבים גשמיים שיש עליהם חיים כל שהם.

### דעת הזוהר

בשני מקומות בספר הזוהר נזכרים יצורים חיים משונים מבני אדם. בתיקון זוהר ס"ד כתוב: ותא חזי, שבעה ארעין אינון, ארץ, אדמה, ארקא, גיא, נשיה, תבל. ואדם חב בבת שבע (אדם הראשון שהיה צדיק חטא כלפי השכינה הנקראת בת שבע) ואתמר ביה כי "שבע יפול צדיק" (ואחרי כן) הרהר תיובתא (חזר בתשובה) ואתמר ביה "וקם" והוה סליק (ועלה חזרה לתבל שהיא הארץ העליונה מכל השבע) וכד נחית תמן הוי עביד עובדין ותולדין בכל ארעא וארעא (שאדם הראשון אחרי חטאו ירד לארצות התחתונות יותר מתבל, בתוך האדמה) ונטע נטיעות של אילנות וירקות, והוליד מטפות קרי שלו מיני ברואים בצורות שונות) בכל ארעא וארעא (מהשבע ארצות, אבל לא בכל ארץ הצליח אלא) מנהון הוו צמחין ומנהון לא הוו צמחין, ואית תמן בריין מנהון בתרין רישין ואית מנהון בתלת עד שבע (כנגד שבע הארצות) ואית תמן אתר דנהרא שמשא וסיהרא וכוכביא ומזלי. ואית אתר דלית ביה נהורא כלל, אלא חשוכא וקבלא (ויש שם בריות עם שני ראשים, וכאלה עם שלושה עד שבעה ראשים, ויש שם גם מקום ששמש וירח וכוכבים ומזלות מאירים בו, ויש מקום שאין בו אור כלל אלא חושך ואפילה). ממבט ראשון נראה כי שבע ארצות אלו הן אולי שבעה כוכבים שעליהם יצורים משונים כאלה. אבל כל מפרשי הזוהר הדגישו כי מדובר כאן בשבע ארצות שהן בתוך כדור הארץ עצמו, כאשר האחת נמצאת מעל חברתה "ותבל" היא היא הארץ העליונה שלנו אשר בה נברא אדם הראשון, ואין לזה כל קשר עם יצורים חיים על כוכבים אחרים. אמנם אפשר לדחוק את הדברים שכאלו הם רומזים ליצורים מחוץ לכדור הארץ ולא בתוכו, אבל לא מצאנו מפרשים שילכו בדרך זו.

גם בזוהר ויקרא (ט'): מתוארות באריכות יתר שבע ארצות אלו והיושבים בהן: נפקין בריין משניין אלין מן אליון, מנהון בלבושין, מנהון בקליפין כאלין תולעים דמשתכחי בארעא. מנהון בקליפין סומקין אוכמין חורין, ומנהון מכל גוונין. כך כל בריין כגוונא דא ולא אשתכחו בקיומא בר עד עשר שנין (או יתיר) (המשך

תרגום: יוצאים בריות משונות אלו מן אלו. מהן לבושות ומהן בקליפות כמו אלה הנמצאים בארץ ומהם אדומות, שחורות או לבנות, וכאלה בגוונים שונים. כך כל בריה מן הצורות האלה, ואינן חיות אלא עשר שנים או יותר). ובספרא דרב המנונא סבא פריש יתיר (המשך התרגום נמצא בסוף הקטע) דהא כל ישובא מתגלגלא בעיגולא ככדור, אלין לתתא ואלין לעילא, וכל בריין משניין בחזוייהו משינויא דאורא כפום כל אתר ואתר, וקיימין בקיומיהו כשאר בני נשא. ועל דא אית אתר בישובא כד נהיר לאלין חשיך לאלין, לאלין יממא ואלין חשוכא. ואית אתר דכוליה יממה ולא אשתכח ביה לילא בר בשעתא חדא זעירא. והאי דאמרו בספרי קדמאי ובספרא דאדם הראשון הכי הוא. דהכי כתיב "אודך על כי נוראות נפלאתי נפלאים מעשיך, וכתוב מה רבו מעשיך ה'". ועל דא כלא שפיר. ורזא אתמסר למאריהון דחכמתא ולא למפלאי תחומין בגין דאיהו רזא עמיקא דאורייתא. כגוונא דא אית בימא... רבי נהוראי סבא פריש לימא רבא ואתרגיש ימא ואתאבידו כל אינון דהוו בארבא, ואתרחיש ניסא ונחת בשבילין ידיען בלבא דימא ונפק תחות ימא לישובא חדא. חמא אינון בריין כלהו זעירין, והיו מצלי צלותא ולא ידע מאי קא אמרי. אתרחיש ליה ניסא וסליק. שאומר, זכאין אינון דמשתדלי באורייתא וידעין סתימין דרזי עלאי. מההוא יומא כד הוה אתי לבי רב ואמרי מלתא דאורייתא הוה בכי. אמרי ליה אמאי קא בכית. אמר לון בגין דעברנא על מהימנותא דמילי דרבנן ומסתפינא מדינא דההוא עלמא. (תרגום: ובספר של רב הימנונא סבא פרש יותר: כל ישוב מתגלגל בעיגול ככדור, אלה למטה ואלה למעלה. וכל הבריות שונות במראיהן משינוי האויר שבכל מקום ומקום, וחיים במקומם ככל שאר בני אדם. ועל כן יש מקום בישוב שכאשר מאיר לאלה הרי חשוך לאלה, לאלה יום ולאלה לילה. ויש מקום שכלו יום ואין בו לילה, פרט לשעה אחת קצרה. וזה שאמרו בספרים הקדמונים ובספר אדם הראשון כך הוא (על שבע הארצות שמנינו לעיל שכך הוא הדבר באמת) שכן כתוב "אודך על כי נוראות נפלאות נפלאים מעשיך", "וכתיב מה רבו מעשיך ה'", וכל זה הוא נכון, והסוד הזה נמסר לבעלי החכמה ולתלמידי חכמים ולא לבעלי תחומין, כלומר אלה הקובעים את האקלימים על כדור הארץ שהם התוכנים (או הגיאוגרפים) שהם אמנם יודעים על שבעת האקלימים, אבל אינם יודעים מה שנתגלה ללומדי התורה שאכן יש בבטן האדמה שבע ארצות וכו' כפי שמנינו לעיל עם

בריות שונות וכו'. וכגון זה יש גם בים.... רבי נהוראי הזקן הפליג לים הגדול, וסער הים, וטבעו כל אלה שהיו בספינה. קרה נס (לרב נהוראי הזקן) והגיע לשבילים ידועים בלב הים וירד מתחת לים לתוך ישוב אחד, וראה מאלה הבריות שכלן קטנות, והיו מתפללות תפילה ולא הבין מה אמרו. נעשה לו נס ועלה (בחזרה ליבשה למעלה) ואמר זכאים הצדיקים לומדי התורה שיודעים נבכי סודות עליונים. מאותו יום כאשר בא ללמוד בבית המדרש והיו אומרים דברי תורה הוא היה בוכה. שאלו אותו למה אתה בוכה אמר להם בגלל שלא האמנתי בדברי חכמים ואני חושש מן הדין שבעולם הבא).

הרמ"ק ומפרשי זוהר אחרים עומדים על כך ששבע ארצות אלו ויושביהן הם גשמיים ממש ולא רוחניים, ומי שאינו מאמין בכך אף עובר על דברי חכמים ונענש כמו רבי נהוראי הזקן (ראה פרדם להרמ"ק שער ו' פרק ג'). לא מצאנו ממפרשי הזוהר שיאמרו שיצורים כאלה נמצאים גם על כוכבים אחרים, אלא כלם ציינו שהם חיים בבטן האדמה שלנו ולא מחוצה לה. בהקשר לזה כתבו התוספות במנחות (ל"ז). בד"ה או קום גלי: בעולם הזה ליכא. אבל יש במדרש: אשמדאי הוציא מתחת קרקע אדם אחד שיש לו שני ראשים לפני שלמה המלך, ונשא אשה והוליד בנים כיוצא בו בשני ראשים, וכיוצא באשתו בראש אחד, וכשבאו לחלוק בנכסי אביהם, מי שיש לו שני ראשים שאל שני חלקים. ובאו לדין לפני שלמה. ומוסיפים שם בשיטה מקובצת "ששלמה בחכמתו הרתיח מים וכסה אחד מן הראשים ושפך הרותחים על ראש השני. מחמת צער הרותחים צעק בשני ראשים. אמר שלמה שמע מינה דתולדה אחת לשני הראשים ואין נידון אלא כאיש אחד". עכ"ל. התופעה הזאת שבני אדם או בעלי חיים נולדים עם שני ראשים היא תופעה ידועה מאד על פני כדור הארץ עצמו. והאמת היא שאין צורך להעמיק עד לבטן האדמה בכדי לראות יצורים חריגים כאלה. אבל החידוש בדברי הזוהר ומפרשיו הוא בכך שאוכלוסיה שלמה היא בעלת שניים או שלושה ראשים ואף יותר, והם נולדים ויוולדים כך כתופעה טבעית אצלם. ובכל זאת לא מצאנו ממפרשי הזוהר שיאמרו שיצורים כאלה נמצאים על כוכבים אחרים מחוץ לכדור הארץ, אלא כלם ציינו שהם נמצאים בבטן האדמה בלבד ולא מחוצה לה. אמנם במקומות רבים אחרים בזוהר נאמר שהקב"ה משייט בכל העולמות כלם, ואף במסכת עבודה זרה (ג':) נאמר שהקב"ה משייט בשמונה עשר אלף עולמות, וכן בסוף מסכת עוקצים במשנה

אחרונה נאמר שהקב"ה מנחיל לאוהביו שי עולמות כמספר יש, אבל כל העולמות האלה הם עולמות רוחניים, כדברי המפרשים.

### דיעה בגמרא

לעומת זאת מצאנו במועד קטן (ט"ז). דיעה על הפסוק בשירת דבורה (שופטים, ה', כ"ג) "אורו מרוז אמר מלאך ה' אורו ארור ישביה כי לא באו לעזרת ה' בגיבורים" שאמר עולא בד' מאה שיפורי שמתיה ברק למרוז. איכא דאמרי גברא רבה הוה, ואיכא דאמרי כוכבא הוה שנאמר "מן השמים נלחמו הכוכבים". כלומר, עולא אמר שברק בן אבינועם קלל אותו בארבע מאות קללות. אבל למי קלל? וממשיכה הגמרא ואומרת שקיימות שתי דיעות: האחת שמרוז היה אדם חשוב שלא בא לעזרת ה' בגיבורים, לכן נידה אותו ברק, אבל יש אומרים שמרוז הוא שם של כוכב, שברק קלל אותו ("אורו מרוז") וכן קלל ברק את יושביו ("ארו ארור יושביה") (ראה להלן דעת ספר הברית) ואומר רש"י (שם): כי הכוכב מרוז היה מזלו של סיסרא. והוא ויושביו אף הם היו צריכים לבוא לעזרת ה' בגבורים, כדוגמת מה שאמרו (שבת ק"ט:): ומלאך רע עונה אמן בעל כרחו, לכן קולל (מהרש"א, שם). ובזוהר ואתחנן (רסט:): כתוב: "ובאינון כוכבייא אית כוכבא חד דלא אתא לההיא נוקמא ואתלטייא לעלמין. דכד שארי לאנהרא, אתאן שאר כוכבייא ובלעין ליה ולכל סיעתא דיליה ואתאבידו כלהו בחדא, כד"א אורו מרוז אמר מלאך ה' (תרגום): ומאלה הכוכבים יש כוכב אחד שלא בא לנקום, ולכן קולל לעולמים. שכשהוא מתחיל להאיר בכל לילה באים שאר הכוכבים ובולעים אותו וכל סיעתו ביחד וכו'". (וזהו עונשו שלא תהיה לכוכב זה שום הנהגה, ושאר הכוכבים פועלים את פעולתו במקומו על מה שהוא היה ממונה). אבל בפסוק המקורי בשירת דבורה לא הוזכרה סיעתו של מירוז אלא כל יושביו הם שנתקללו. כאן נקט הזוהר בלשון כל סיעתו, ויש מפרשים שהכוונה אולי לכוכבי הלכת הנלוים אליו כמו במערכת השמש שלנו ולא דוקא יושביו ממש. כך נראה גם מכאן שהזוהר לא נקט במפורש בדיעה שמרוז הוא כוכב מיושב דוקא.

### דעת רב סעדיה גאון וראשונים

כתב הרב סעדיה גאון בספרו אמונות ודעות (מאמר ראשון, פרק א') "ושוב



דקדקתי יותר ואמרתי ושמה יש כאן ארצות רבות ושמים רבות וכל שמים מהם מקיפה ארץ שלה, ויהיו אם כן עולמות שאין להם סוף. ונראה לי שזה נמנע מצד הטבע (שתמיד העפר נמצא למטה, ומעליו, לפי הסדר, מים, רוח ואש) כי לא יתכן בטבע שיהא עפר (של כוכב אחר) מעל האש (של כדור הארץ שלנו) ולא אויר (של הארץ שלנו) מתחת למים (של כוכב אחר) באופן טבעי, כי האש והאויר קלים והעפר והמים כבדים, אז ידעתי שאילו היו במציאות גושי עפר מחוץ לארץ הזאת (בחלל החיצון) כי אז היו בוקעים כל אויר וכל אש עד שיתאחדו עם עפר הארץ הזאת, וכן אילו היו נאדות מים זולת הימים הללו, היו בוקעים את האויר והאש עד שיגיעו למימות הללו (של כדור הארץ). לכן הסקתי מסקנה גמורה שאין שמים זולת השמים הזאת ואין ארץ (אלא) הארץ הלזו וכו'. כאן רס"ג מתאר את דעת הקדמונים (ובראשם אריסטו), שלא יתכן כלל שיהיו ארבעת היסודות אש, רוח, מים ועפר מחוץ לכדור הארץ כי אם כן היה הדבר, הרי (למשל) העפר ששם היה מיד בוקע ומתאחד עם העפר של כדור הארץ שלנו, וכך גם שאר היסודות היו מתחברים מיד עם בני מינם על כדור הארץ. אי לכך הכוכבים עשויים מיסוד חמישי ספירי יותר מארבע היסודות האלה (ראה גם הרמב"ם, הלכות יסודי התורה פרק ג' הלכה ג'). אם כי רס"ג לא כתב דבר על ישובם של הכוכבים, הרי ברור מדבריו, שייצורים הבנויים מארבע היסודות כמונו נמצאים רק על כדור הארץ כי רק כאן ישנם ארבעת היסודות מהם מורכבים החיים כפי שאנו מכירים אותם. אבל יתכן מאד שרס"ג אינו שולל יצורים חיים שאינם בנויים דוקא על ארבעת היסודות ארמ"ע שלנו, אלא הם בנויים מאותו חומר ספירי אשר ממנו מורכבים הכוכבים.

מאוחר יותר כתב הרב חסדאי קרשקאש בספרו אור ה' (מאמר ד', דרוש ב' בסוף) "שאין בכל הטענות שזכרנו אם לצד החיים אם לצד השלילה שיתן האמת בדרוש. ומה שהתבאר מהם הוא אפשרות הריבוי לבד. הנה ראוי שלא נרחיק מה שבא בדרש לקצת דברי חז"ל אמרם בא' מעבודה זרה מלבד ששט ב"ח עולמות, והכוונה בו שהשגחתו משוטטת בכל העולמות ההם. וזה מה שכוונו בדרוש הזה". כלומר, בחקירתו הוא הגיע למסקנה כי מן הכתובים אי אפשר לקבל או לדחות את הטענה של ריבוי העולמות. אבל לדבריו אפשר אולי למצוא רמז במה שמצינו בגמרא ע"ז (ג:) שהקב"ה משייט בח"י עולמות,

כלומר שאולי אלה מיושבים ביצורים חיים והשגחתו יתברך חלה גם עליהם. לעומתו, הרב יוסף אלבו בעל העיקרים (שהיה תלמידו) שלל מכל וכל קיומם של יצורים חיים מחוץ לכדור הארץ (ראה ספר הברית להלן).

### דעת ספר הברית

ספר הברית (חלק א' מאמר ג' פרקים ג' ד') מרחיב מאד את הדיבור ומגיע למסקנה כי אכן לדעתו ישנם יצורים חיים בכוכבים אחרים (למשל כוכב מרוז ויושביו כנ"ל) אבל הוא שולל מכל וכל שהם מורכבים מארבעת היסודות ארמ"ע שלנו, אלא מחומר אחר לחלוטין (חומר ספירי) וכן אינם בעלי בחירה כמונו. ובלשונו: "אמנה באחת יבערו ויכסלו והוא מה שאמרו שהם וכל אשר בהם (הכוכבים ויושביהם) כמו זה העולם ממש בלי שינוי בטבעו, ובהם אדם בעלי בחירה ובהמה וצמח ודומם הווים ונפסדים. בזה דברו לשון שקר והבל יפצה פיהם והמאמין ככה נקרא פתי יאמין לכל דבר. כי למה צריך לריבוי עולמות אם בשביל רבוי אדם ובהמה רבה והמון בריות.... על כן אחר שהם (הכוכבים) כדורים רבים ונפרדים, אף אמנם אם הם עולמות, אין אחד מהם שוה לחברו בלי ספק ואין שנים מהם בטבע אחד, אבל כל אחד מהם מובדל מחבירו בכלל ופרט הן בעצמו הן הבריות אשר בו... ובכן אין בהם בטבע העולם הזה (כדור הארץ שלנו) ולא הבריות כמו הבריות של עולם הזה. ושקר אמרו שהמה מורכבים מארבעה יסודות גשמיים כמו העוה"ז, כי איך אפשר להיות בני אדם כמונו יושבי חמה וחום השמש לא ישרוף אותם וכל חום בצאן ובקר ויחיו.... או איך אפשר להיות בני אדם יושבי שבתאי (כוכב לכת), ולפני קרתו מי יעמוד. כבר אמרנו לפניך והודענו לך עליהם (מאמר ב' פרק ה') שהמה נבראו מחומר וצורה עליונים ונכבדים יותר מחומר וצורה שנבראו מהם ד' יסודות הארץ, והמורם מהם כיוצא בהם, דברים אחרים ובריות אחרים יותר מעולים במהותם והרכבתן מבריות הארץ הזאת". והוא ממשיך בדבריו "שאף על פי שיצורים אלה יכולים להיות בעלי שכל ומדע, הרי לא יתכן שהם יהיו בעלי בחירה כמונו, כי התורה מורכבת כלה ממצוות עשה ומצוות לא תעשה, ולכן היא ניתנה ליצורים בעלי בחירה שיבחרו בין טוב לרע, דהיינו בין קיום המצוות או לא. כיון שהיא ניתנה רק פעם אחת ויחידה במעמד הר סיני, הרי המעמד היחיד והמיוחד הזה מראה בעליל שלא קיימים עוד יצורים אחרים

שהתורה ניתנה להם, כי צד עקרוני בתורה הוא אפשרות הבחירה. ובלעדיות מעמד הר סיני מראה כי אין עוד יצורים בעלי בחירה אלא כאן. ובלשונו: על כן אין מקום לתורה ועבודה רק בעוה"ז כי במקום שאין בחירה לא שייך לא תורה ולא עבודה, ולכן, אין הקב"ה מקבל נחת רוח רק מעוה"ז ולכן הוא תכלית כל הבריאה והמבוקש מכל העולמות כלם..."

### מהות חומר הכוכבים

ספר הברית מניח במפורש שהכוכבים מורכבים מחומר אחר שאינו מארבעת היסודות ארמ"ע שלנו על כדור הארץ. בכך הוא הולך בעקבות חכמי ישראל לפניו שקבלו את תמונת העולם כפי שהיתה ידועה בזמנם בין חכמי האומות. למשל שהחומר של הכוכבים הוא חומר חמישי, ספירי (הרמב"ם, לעיל). אבל כידוע תמונת העולם וחוקי הטבע בין חכמי האומות משתנה מדור לדור, וגם זאת ידעו היטב חכמי ישראל שבכל הדורות, ואי לכך הדגישו בכל פעם שאם התמונה תשתנה ע"י חכם מחכמיהם ע"י "עובדות ובדיקות" הרי שיש לקבל את הדיעה החדשה (הרמב"ם, הלכות קדוש החודש, פרק ז' הלכה כ"ד) כי החכמות המדעיות אינן נוגעות לעיקרי אמונתנו אלא הן קשורות לגשמיות המשנה את פניה בהתאם לראייתם של הדורות (ראה גם דרשות הר"ן בדרשה הראשונה על מעשה בראשית).

כיום מאמינים האסטרונומים שכל הכוכבים כלם הם גשמיים כמו כדור הארץ שלנו ומורכבים מארבעת היסודות ארמ"ע (ובפרוט יתר שלהם: כמאה ויותר יסודות כימיים, ראה ספר צבא השמים חלק א' מאמר ראשון). לכן אין ספק שאם הרמב"ם היה מכיר את "העובדות" "והאמיתות" המדעיות של ימינו, היה בודאי מקבל אותן ללא פקפוק (כל זמן שאינם נוגדים את עקרונות אמונתנו). ואף יש סמך ברור לכך במה שהוא כתב במורה הנבוכים בחלק השני, פרקים י"א (בהתחלה) ובפרק כ"ד כלשונו: "וכבר ביארתי לך על פה שכל זה אינו מחייב בעל התכונה (האסטרונום), לפי שאין מטרתו להודיענו צורת מציאות הגלגלים היאך היא, אלא מטרתו להניח תכונה שבה אפשר שיהיו התנועות סבוביות ואחידות ותואמות את הנישג לעין, יהיה הדבר כך או לא יהיה... כלומר הרמב"ם מציין שתוצאות החשבונות המדעיים הסופיים צריכים להיות תואמים למה שרואים בעין בפועל, ואין שום חשיבות אם התיאוריה שמאחורי

החשבונות, כלומר המודל של הגלגלים הוא אמיתי בפרטיו לפי אסטרונום זה או אחר. כך הוא המדע של היום וכך היה גם המדע העתיק (בניגוד לאלה הטוענים שהמדע העתיק לא קבע את הנסוי והתצפית כעקרון). אלא שכאמור, החסרון העקרוני של השיטה הזאת הוא שאפילו הראיה המדעית תלויה במדענים של כל דור, כולל הדור המודרני שלנו ומסקנותיו.

מפאת הענין הרב שיש גם בהמשך דבריו של הרמב"ם אם קיימת בכלל אמת אמיתית בדבר ידיעותינו על הכוכבים ותנועותיהם אנו מביאים את המשכם כאן: "ואשר אמרתי מקודם הוא שאני חוזר עליו עתה, והוא, שכל מה שאמר אריסטו מתחת לגלגל הירח נוהג לפי הגיון, ונאמרו דברים ידועים בטעמיהם חיוביים זה לזה, ונקודות החכמה בהם וההשגחה הטבעית פשוטה וברורה. אבל כל מה שבשמים לא הקיפה ידיעת האדם מאומה מהם, פרט לזה השעור הלמודי המועט, והנך רואה מה שיש בו. והנני אומר על דרך המליצה הפיוטית השמים שמים לה' והארץ נתן לבני אדם, כלומר שה' לבדו יודע אמתת השמים וטבעם ועצמם וצורתם ותנועותיהם וסבותיהם בשלמות, אבל מה שתחת השמים כבר נתן אפשרות לאדם לדעת אותו, לפי שהוא עולמו ומדורו אשר הונח בו, והוא חלק ממנו, וזהו האמת, כי סבות הלמידות על השמים נמנעים אצלינו, וכבר רחקו ממנו ונעלו במקום ובמעלה, והלמידות הכללית ממנו היא שהוא הורנו על מניעו, לדבר שלא יגיע שכל האדם לידיעתו, והוגעת המחשבה במה שלא תגיע להשגתו, ואין לה הכלים שתגיע בהם, אינו אלא מגרעת טבעית או מין שגוען. ולכן ניעצר בגבול יכלתו, ונמסור הדבר במה שלא יושג בהגיון לכי שבא לו השפע האלקי העצום, עד שהוכשר שייאמר עליו פה אל פה אדבר בו. עכ"ל. נראה לנו כי עקב הממצאים האסטרונומיים כיום, היה הרמב"ם מקבל לא רק שחומר הכוכבים גם הוא מורכב מארבעת היסודות, אלא גם שכדאי להניח שהשמש היא היא הנמצאת במרכז, וכוכבי הלכת כלם, כולל כדור הארץ, מקיפים אותה, ואין זה סותר את עקרונות אמונתנו.

#### החיים בראיה המדעית

על בריאתו של אדם הראשון כתוב בפרקי דרבי אליעזר פרק י"א: "התחיל (הקב"ה) לקבץ את עפרו של אדם הראשון מארבע כנפות הארץ, אדום, שחור, לבן וירוק. אדום זה הדם, שחור אלו הקרביים, לבן אלו עצמות וגידיים, ירוק זה

הגוף. ולמה כנס את עפרו מארבע פינות העולם, אלא אמר הקב"ה אם בא אדם ממזרח למערב או ממערב למזרח, או בכל מקום שילך ובא קצו להפטר מן העולם, שלא תאמר הארץ שבאותו מקום אין עפר גופך משלי ואיני מקבל אותך, חזור למקום שנבראת משם. אלא ללמדך שכל מקום שילך אדם ובא קצו להפטר מן העולם, משם הוא עפר גופו, ולשם הוא חוזר. ואותו עפר ירום קולו, שנאמר כי עפר אתה ואל עפר תשוב... וגבל (הקב"ה) את עפרו של אדם הראשון ובמקום טהור היה בטבור הארץ היה, ורקמו ותקנו ורוח ונשמה לא היתה בו. מה עשה הקב"ה, נפח ברוח נשמת פיו, וזרק בו נשמה, שנאמר ויפח באפיו נשמת חיים, ועמד אדם על רגליו והיה מסתכל כלפי מעלה ומטה... וראה את כל הבריות שברא הקב"ה, התחיל לפאר לשם בוראו ואמר מה רבו מעשיך ה'."

זה אלפי שנים עומד המדע ומשתאה כיצד זה יוצרים חיים מעפר דומם. זהו הפלא הגדול ביותר אשר סודותיו לא התגלו וכנראה גם לא יתגלו לעולם. גם המדע המודרני עם כל עוצמתו, דהיינו המעבדות המשוכללות ביותר, הניסויים המתוחכמים ביותר (שנתאר להלן) עדיין לא הצליח לפענח את הצופן אשר בעזרתו ניתן להפיח רוח חיים בערימת חומרים דוממים שאספו לתוך צנצנת במעבדה.

ידוע כי גוף אדם ממוצע מכיל כ- 50 ליטר מים, 10 קילוגרם סידן, 5 קילוגרם פחמן ועוד חומרים חיוניים אחרים לקיום האדם. ובכן מה צריך לעשות בכדי שערימת חומרים כאלה תהפוך להיות אדם חי ונושם? אבל לא רק אדם, אפילו תולעת קטנה ומאוסה, ואפילו חיידק קטן וכמעט בלתי נראה, ואפילו צמח לא הצליחו אנשי המדע ליצור מקומץ חומרים דוממים. הם עושים במעבדה ניסוי אחר ניסוי, מהפכים ומהפכים בו כל פעם בדרך אחרת, מוסיפים קצת יותר פחמן ומחסרים קצת יותר חמצן, מפעילים לחצים שונים, נותנים מכת חשמל חזקה או חלשה יותר לערימת החומרים, וכל זאת ללא הועיל: ערימת החומרים לא קבלה רוח חיים כל שהיא. כמובן שחוקרי "מדעי החיים" לא בדיוק ציפו שערימת החומרים שבמבחנה תהפך להיות יצור חי עם ידיים ורגליים (ראה הגולם מפראג) או צמח עם גבעול וענפים, הם ציפו למשהו הרבה יותר צנוע מזה, הם רוצים בסך הכל ליצור מערימת החומרים דוממת כזאת את אחת המולקולות המרכיבות גוף חי או צמח, דהיינו, ליצור מחומר

דומם חומר רקמות בסיסי שממנו מורכב גוף חי או דומם, מה שמכונה בשם "חומר אורגני".

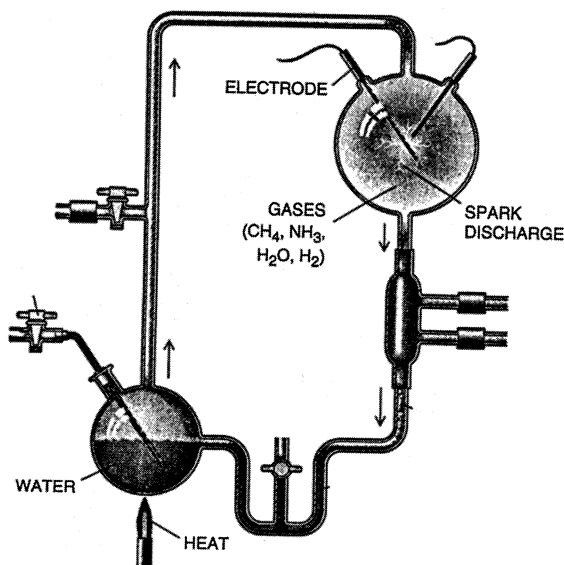
בעיה זו ממדעי החיים קשורה קשר הדוק ביותר למציאות החיים בכוכבים אחרים, כי אחת הבעיות המרכזיות ביותר בחיפוש כזה היא קודם כל לקבוע מה הם הסימנים הדרושים למציאת חיים בכלל על פני כוכב. למשל, מה צריך להיות בדיוק הרכב החומרים, מהי מידת הלחץ האטמוספרי, מהו כח המשיכה על פני אותו כוכב, האם צריכים שם גם סערות חשמליות ומגנטיות, מה מידת הקרינה הנחוצה ועוד ועוד. כל הסימנים האלה יכולים להיות קריטיים ביותר לקיום חומר אורגני כל שהוא.

ומה בכלל חומר אורגני?

חומר אורגני הוא חומר ממנו מורכבים בעלי החיים והצומח. כאשר מנתחים בצורה מדוקדקת במעבדה ממה מורכב חומר אורגני, מתברר כי הוא מורכב בעיקר מחמישה חומרים כימיים: פחמן, מימן, חמצן חנקן וזרחן. אבל הפחמן הוא היסוד העיקרי המאפיין ביותר תאים חיים. זוהי הסיבה שכאשר חי או צומח נשרפים באש הרי נשאר מהם אפר המורכב בעיקר מפחמן, מה שאין כן באבנים ועפר שאין בהם פחמן ולכן הם נקראים חומרים בלתי אורגניים.

החומרים האורגניים עצמם גם הם מורכבים מחומרים הנקראים בשם "חומצות אמיניות". חומצות אלו הן הן המכילות את חמשת החומרים הבסיסיים שהזכרנו לעיל, פחמן, מימן וכו'. ישנן כ-22 חומצות אמיניות אשר כל צרוף שלהם יוצר רקמות חיות של חי או צומח. עד עכשיו נתגלו בחלל החיצון עשרות רבות של חומצות אמיניות שהן הן כאמור הבסיס לחיים. חוקרים במדעי החיים מנסים לחקור במעבדה כיצד אפשר לקבל מחומרים לא אורגניים (כמו אבנים ועפר וגזים שונים) חומצות אמיניות שהן הבסיס לחומר אורגני חי.

אחד הניסויים המפורסמים בענין זה נערך כבר בשנות החמישים של המאה העשרים. תמונה 1 מתארת את הניסוי: הכניסו לתוך בלון זכוכית קטן אדי מים, וארבעה גזים שונים מיתן, אמוניה, אדי מים ומימן. המימן מכיל גם פחמן והאמוניה מכיל גם חנקן. כאשר הם הפעילו מכת חשמל בתערובת הזו, נוצרו מהם חומצות אמיניות שהן כאמור החומרים הבסיסיים לרקמות חיות. התוצאות של הניסוי הזה הלהיבו אז מאד את החוקרים. אבל, כאמור לעיל, עד



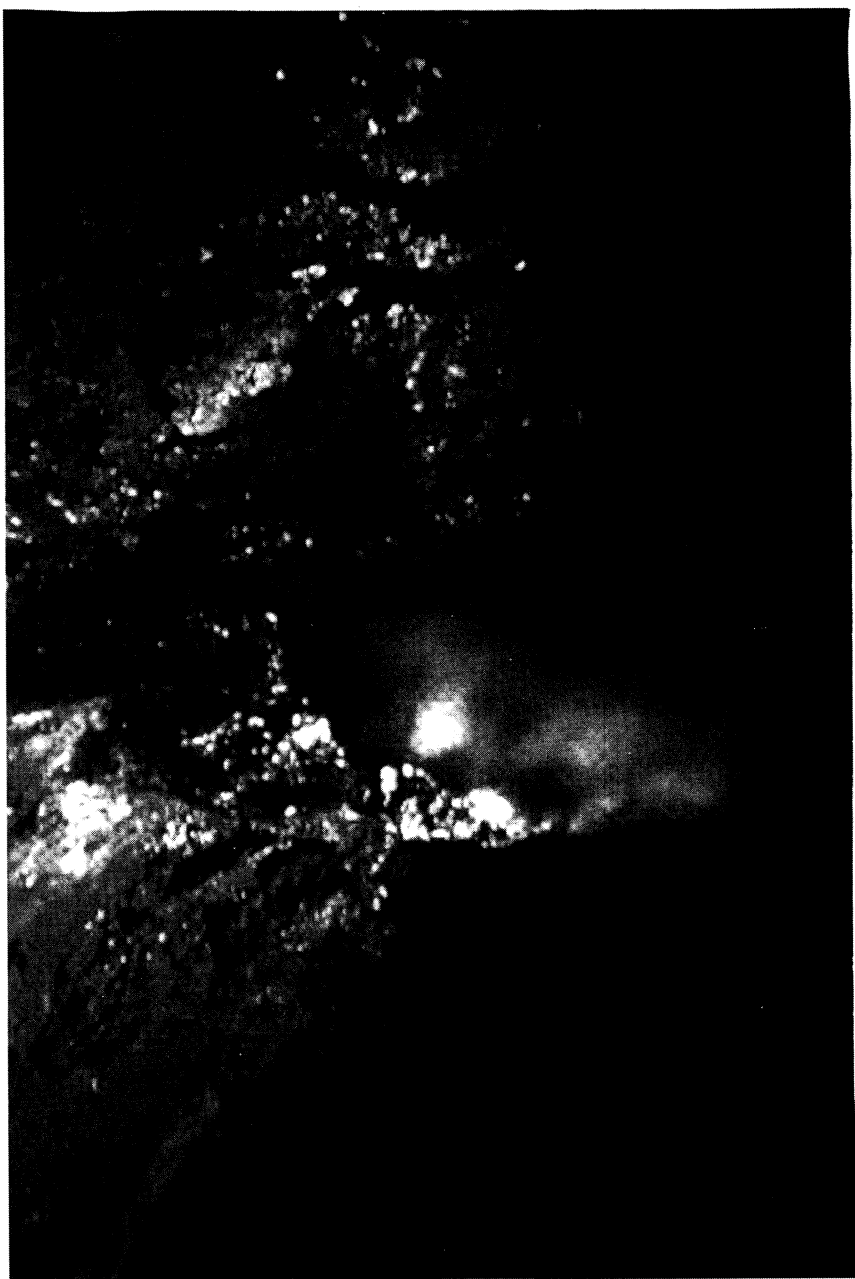
**תמונה 1: ניסוי ליצירת חומרים בסיסיים לחיים (חומרים אורגניים) מחומרים דוממים.**

עכשיו לא הצליחו החוקרים ליצור חומצות אמיניות בתנאים הדומים לאלה שעל פני כדור הארץ. אמנם הם הצליחו ליצור אותן, אבל הם יצרו זאת בתנאים של חוסר חמצן, וזה בניגוד לעובדה שהאוויר שלנו מכיל כ-20 אחוז חמצן. מתברר כי נוכחות של חמצן בניסוי שלהם דוקא מונעת את יצירת החומצות האמיניות!

פרט לניסוי הנ"ל התברר גם כי תערובת כזו של חומרים הנתונה לגלי הים חזקים גם היא יכולה ליצור חומצות אמיניות.

כיום התברר כי חומצות אמיניות נוצרות גם ליד מעיינות חמים מאד (אלף מעלות חום!) ואף חיים ממש בקרקעית האוקיינוס (תמונה 2), וכן בזמן נפילה של מטיאורים על כדור הארץ המגיעים מן החלל החיצון.

אבל ליצורים חיים דרושות לא רק חומצות אמיניות שירכיבו את החומר החי, אלא מאפיין נוסף וחשוב הוא להיות גם פרים ורבים, כלומר, שיוצרו גם תאים חיים שיתנו גם הוראות לחומר חי כיצד גם לכפול את עצמו, דהיינו לפרות ולרבות. החומר הקטן ביותר המסוגל לתת הוראות כיצד לפרות ולרבות הוא



תמונה 2: א. צילום של מעין חם מאד במעמקי האוקיינוס אשר לידי נמצאות בקטריית חיות (125 מעלות חם).





תמונה 2: ב. צילום של תולעים שאורכן מגיע לכמה עשרות סנטימטרים החיים ליד מעינות חמים מאד (800 מעלות חם).  
 ליד סגסוגת סטרימיס

פרודת הד.נ.א.. אבל עד היום לא הצליחו ליצור פרודות כאלו אלא בנוכחות של רקמות חיות אחרות (חלבונים, אנזימים). עד עתה גם לא נתגלו פרודות ד.נ.א. כאלה בחלל החיצון שיעידו בבירור על קיומם של חיים כל שהם. אבל במטיאוריטים (אבנים) שנפלו על כדור הארץ מן החלל החיצון אכן נמצאו חומצות אמיניות רבות בתוכם, אבל לא מולקולות ד.נ.א.. גם ברדיו-טלסקופים הצליחו לגלות בחלל שבין הכוכבים הרחוקים חומצות אמיניות שהן כאמור הבסיס לרקמות חיות.

אבל נוכחותן של חומצות אמיניות אינה ערבות מספיקה למציאת רקמות חיות שהן הרבה יותר מורכבות. כלומר, אפילו אם ימצאו כוכב לכת שיש בו את כל החומצות האמיניות הדרושות, עדיין לא ברור אם אלה אכן התרכבו ביחד בכדי ליצור שם חיים בכלל, כי כאמור עדיין לא ברור מבחינה מדעית כיצד "נופחים רוח" באותה ערימה של חומצות אמיניות על מנת שתיצור אפילו מולקולה אחת אורגנית של חי או צומח כל שהוא. האמת היא שבין מיליארדי הכוכבים ביקום יש סיכוי גדול לגלות כוכבי לכת דומים מאד לכוכב הלכת שלנו, אבל יהיה הרבה יותר קשה לנחש אם אכן יש בהם חיים כל שהם, כי יצירת חיים מחומרים דוממים, ואפילו בתנאים כמו על כדור הארץ, היא כנראה הבעיה הקשה והאמיתית, והיא היא שנוגעת באופן ישיר בבריאה עצמה כפי שהקב"ה רק הוא יכול לבוראה. גם מולקולת הד.נ.א. אשר כאמור לעיל היא היא המובילה את תהליך הפריה והרבייה עדיין לא ידוע כלל כיצד ליצרה במעבדה. עד עכשיו אכן הצליחו ליצרה בתוך צנצנת שהיה בה כבר רקמות חיות! ומהיכן נוצרו הרקמות החיות האלו לראשונה? אמנם היה מי שחישב באופן תיאורטי מה הסיכוי להוצרות מקרית של חיים מחומר דומם, והתקבל שהסיכוי הוא אפסי ממש (שבר עשרוני עם 250 אפסים!). אף אם סיכוי אפסי כזה מעיד בהחלט על כך שהבריאה היתה מתוכננת היטב ע"י כח עליון, הרי אין להתיחס לחשבון כזה אלא כאל שעשוע בלבד, כי הוא מבוסס על הנחות אין ספור שאת אמיתותן אי אפשר לבדוק. המסקנה הסופית היא שעל אף שהאסטרונומים מגלים מדי פעם בחלל החיצון כל מיני חומרים בסיסיים שהם אכן הכרחיים לחיים, הרי עד למציאות חיים ממש הדרך תהיה ארוכה.

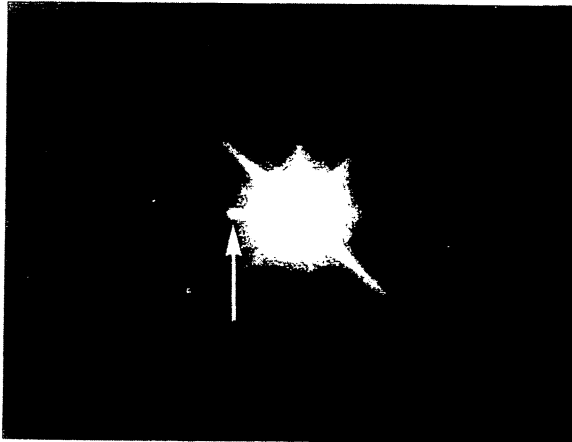
אם יש סיכוי כלשהו למציאת חיים במרחבי היקום הרי השיטה הסבירה ביותר למצוא אותם היא ע"י "סימון" כוכבים מועמדים הדומים ביותר לכדור הארץ

שלנו. אמנם בדרך זו אנו עלולים לא לגלות צורות חיים השונות מאד מאתנו, אבל זוהי הנחת עבודה סבירה שיכולה להביא לפירות כל שהם, בשעה שחיפוש אחרי צורות חיים בלתי ידועות לנו לחלוטין, שייוצרו אולי מחומצות אמיניות בסיסיות כנ"ל, הרי שאין לנו שום סיכוי אפילו להכיר מה הם בכלל, כי אפילו אם נגלה אותן, יתכן מאד שלא נכיר בהם בכלל כצורות חיים.

### חיפוש אחר גרמי שמים מתאימים לחיים

רוב רובם של הכוכבים שאנו רואים בשמי הלילה הם כוכבים המאירים מעצמם כמו השמש שלנו. רק בגלל מרחקם הרב מאתנו הם נראים רק כנקודות אור נוצצות. גם השמש שלנו, אם היתה במרחק של עשר שנות אור בלבד, גם היא היתה נראית לנו ככוכב מנצנץ כשאר הכוכבים. חסד עשה הקב"ה אתנו שהעמיד אותה במקום הקרוב שהיא נמצאת ובקרינתה השופעת היא מחיה את הכל על פני כדור הארץ. אבל מידת חומה של השמש ושל הכוכבים היא גבוהה מאד. חומה של שפת השמש הוא כששת אלפים מעלות, ושל הכוכבים - בין שלושת אלפים לעשרים אלף מעלות חס. ברור כי צורות חיים כפי שאנו מכירים לא יוכלו לסבול חם כזה, ולכן הכוכבים עצמם, שהם כאמור שמשות כמו שלנו, בודאי שאינם מתאימים לחיפוש חיים. לעומת זאת, על כוכבי לכת הנעים סביב לכוכבים כאלה יש אולי סיכוי למצוא עליהם חיים כדוגמת כדור הארץ שהוא כוכב לכת הנע מסביב לשמש שלנו (תמונה 3 צבעונית, לוח 31). מתוך מליארדי הכוכבים בשמי הלילה, ישנם סיכויים טובים שנמצא ביניהם מערכות שמש כמו שלנו, דהיינו כוכב מרכזי אחד אשר סביבו נעים כוכב לכת אחד או יותר. בדרך כלל הקושי הגדול לגילוי כוכבי לכת סביב שמש אחרת (כוכב - אם) הוא שהזוהר הגדול יחסית של הכוכב האם אינו מאפשר לראות את כוכב הלכת הקטן הרבה יותר הנע סביבו (תמונה 4), ובפרט שהאור של כוכב הלכת אינו אפילו שלו עצמו, אלא זהו אור מוחזר של כוכב האם שהוא נע סביבו. למשל אם השמש שלנו היתה במרחק של עשר שנות אור בלבד מאתנו, אז אפילו שהיא נראית לנו במרחק כזה כנקודת אור מנצנצת בלבד בשמי הלילה, הרי נצנוץ זה הוא עדיין מספיק חזק בכדי שלא נוכל לראות כלל את זוהרו הקטן של כדור הארץ עצמו הנמצא שם בקרבתה, כי האור המוחזר מכדור הארץ הוא מזערי ביותר ביחס לאור הנצנוץ של השמש

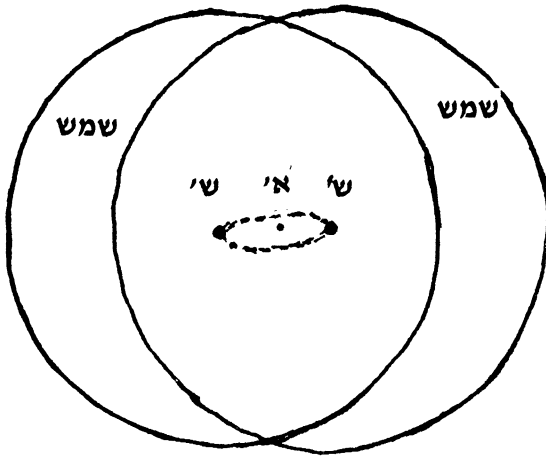
במרחק כזה. לכן דרושות שיטות עקיפות ומתוחכמות יותר מאשר תצפיות ישירות לגילוי כוכבי לכת חלשים הנעים סביב כוכבי האם. ואכן בשנים האחרונות ננקטו דרכים שונות ומחוכמות מאד, אבל מתברר כי רק שיטה אחת אכן נשאה פירות מרשימים, ואותה נתאר כאן.



**תמונה 4: צילום של כוכב זוהר מאד (מימין) ולצידו כוכב זעיר מאד שמסתו לא יותר מ-50 מסות של כוכב הלכת שלנו צדק. רואים כי הזוהר של הכוכב החזק יכול לבטל לחלוטין את זוהרו הקטן של כוכב לכת שליזו. (זהו הכוכב "סיריוס" ובן זוגו)**

כידוע, כוכבי הלכת במערכת השמש שלנו נעים סביב השמש ואינם יכולים להתנתק ממנה בגלל כח המשיכה של השמש הפועל עליהם (כח הגרביטציה) (ראה ספר צבא השמים חלק א' עמ' 231) אבל, כמו שהשמש מושכת אותם, הרי באותו כח בדיוק גם הם מושכים בחזרה את השמש ממקומה המרכזי. אבל, כיון שכמות החומר בשמש היא הרבה יותר גדולה, לכן כוכבי הלכת הקטנים יותר מזיזים אותה מעט מאד ממקומה המרכזי. למשל כוכב הלכת צדק, שהוא כוכב הלכת הגדול ביותר במערכת השמש, אכן הוא מסוגל להזיז את השמש ממקומה המרכזי בכמה עשרות קילומטרים בלבד. התוצאה היא שהשמש עצמה נמשכת כל הזמן מעט מאד בכיוון כוכב הלכת צדק היכן שהוא נמצא בכל רגע במסלולו סביב השמש. למה הדבר דומה אם אנחנו קושרים

אבן בקצה חבל ומסובבים אותה במעגל בקצה החבל המתוח סביבנו, הרי לא רק שהאבן תסתובב, אלא גם היד שלנו עצמה תרגיש במשיכה, וזאת כתגובה לכך שגם האבן עצמה מושכת את היד שלנו בחזרה אליה. כך גם לגבי כוכב הלכת צדק והשמש. כאשר צדק משלים סיבוב אחד סביב השמש, גם השמש משלימה גם היא סיבוב אחד קטן מאד סביב הנקודה המרכזית (ראה תמונה 5). אבל כיון שסיבוב זה של השמש הוא קטן מאד, הרי מה שרואים בסך הכל שהשמש מסתובבת סביב נקודה הנמצאת בתוך השמש עצמה קרוב מאד למרכזה. מהירות הסיבוב של מרכז השמש סביב הנקודה המרכזית היא בסדר גודל של מספר קילומטרים בשניה בלבד. עקב פיתוחים טכנולוגיים מתקדמים, הצליחו למדוד לאחרונה מהירויות קטנות כאלה במספר כוכבים רחוקים, דבר



**תמונה 5:** מרכז השמש ש' נע גם הוא בסיבוב קטן מאד סביב הנקודה א'. כוכב הלכת צדק הוא הגורם העיקרי למשיכת השמש שתנוע גם היא מסביב לנקודה א'.

המעיד שלכל אחד מהם יש אכן "שכן" שהוא כוכב לכת קטן המזיז אותו ממרכזיותו בצורה מחזורית. (אף על פי שלא רואים אותו כלל!) מתברר כי גודל התנועה המזערית הזו שגילו בכוכבים אלה מעידה כל אחת על גודל כוכב הלכת (הבלתי נראה) הנע סביבו. ואכן עד עתה נמצאו כשישים כוכב לכת סביב לשמשות אחרות אשר גודלם הוא פחות או יותר כגודל כוכב הלכת צדק

(במערכת השמש שלנו, ראה תמונות 6 וכן 6ב' צבעוניות, לוחות 28, 32). נושא מחקר זה הוא עתה בעיצומו וכל מספר חודשים מגלים עוד ועוד כוכבי לכת סביב שמשות אחרות.

עם כל זאת, כוכבי הלכת האלה הדומים לכוכב הלכת צדק לא יתאימו לצורות חיים שאנו מכירים, כי התנאים השוררים שם הם עדיין קיצוניים מדי, זאת כפי שהתברר ממחקרים על כוכב הלכת צדק עצמו ובעיקר מתצפיות בחלליות שהגיעו עד אליו. (למשל, אין לו כלל קרקע מוצקה והאטמוספירה שלו מכילה גזים רעילים ביותר). אבל, בהתאם לפתגם הידוע "אם מצאת אחד מהם, סימן שיש שם עוד הרבה", דהיינו, אנו אמנם מצאנו את הגדולים שבכוכבי הלכת סביב שמשות אחרות, אבל ישנם כבר כל הסיכויים שישנם שם גם כוכבי לכת קטנים יותר כמו כדור הארץ שלנו, וזה רק ענין של זמן שהמחקר האסטרונומי "יתפוס" גם אותם. בעתיד הלא רחוק מקוים לפתח שיטות צילום דיגיטליות אשר יבטלו באופן אוטומטי (במשך זמן הצילום) את האור של כוכב האם, וכך יהיה אפשר לראות בצילום את האור החלש של כוכב הלכת עצמו.

### קיום אופיינים לחיים

אם אכן ימצאו כוכבי לכת ממש דומים לכדור הארץ שלנו, עדיין נשארת בעיה הבעיות, דהיינו, כיצד נדע שיש שם בכלל חיים? כוכבי הלכת שנתגלו עד עתה הם במרחק של מאות שנות אור מאתנו, אז כיצד נדע שוב אם אכן יש עליהם חיים? הדרך הטובה ביותר לתקוף בעיה כזאת היא לקחת את הנתונים המאפיינים ביותר את החיים על כדור הארץ ולחפש אותם גם שם. ומה הם נתונים אלה?

ובכן, כפי שהסברנו בסעיפים קודמים, המאפיין ביותר את כל החיים על כדור הארץ הוא מציאותם של חומרים אורגניים, דהיינו חומרים המכילים בעיקר פחמן. עובדה אופיינית אחרת היא מציאותם של מים בצורה מרעפת. אבל חיפוש ישיר אחר חומרים כאלה על פני כוכבי לכת רחוקים הוא קשה מדי. לכן העדיפו החוקרים לנקוט בדרך הרבה יותר מעשית כפי שנתאר להלן.

בשנת 1990 נשלחה חללית בשם גלילאו לעבר צדק ותפקידה (בין השאר) היה לצפות בחזרה לעבר כדור הארץ שלנו, ולראות מה הם המאפיינים של החיים שניתן לצפות בהם ממרחק גדול כזה, או תצפיות עקיפות המעידות על כך

שישנם כאן חיים בכלל. הדבר האפייני הראשון שנתגלה ע"י החללית היה מציאותו הבולטת של גז החמצן באטמוספירה שלנו. ואכן מציאותו של גז חמצן בכמות כזו (כעשרים אחוז) יכול להעיד באופן עקרוני על קיומם של חיים. מדוע? כי גז החמצן באופן טבעי אינו נשאר לאורך זמן, כי הוא מתרכב בקלות עם חומרים אחרים בסביבתו וכך הוא נעלם בתוכם (תהליך חימצון, כמו למשל חלודה של מתכות). כך אם מוצאים בכל זאת כמות גדולה של חמצן על כוכב לכת כל שהוא, סימן שיש שם אולי מנגנון תמידי המעשיר והמספק חמצן לאטמוספירה שם. על כדור הארץ שלנו הצמחיה היא היא המעשירה בחזרה כל הזמן את האטמוספירה בחמצן. כך אם ימצאו כוכב לכת עשיר בחמצן, הרי שזהו נתון בסיסי חשוב לאפשרות של חיים שם. (אם כי יתכן גם הסבר אחר, ושאינן שם חיים כלל). סימן נוסף שגילתה החללית גלילאו בתצפיות ממרחק על כדור הארץ (פרט לחמצן) הוא חסרונם דוקא של שני צבעים מסוימים מאד של אדום וכחול המעידים על פעילות הכלורופיל של צמחים. זהו מאפיין שני לאפשרות חיים וגם מחזק יותר את האפשרות שהחמצן אכן בא מפעילות של צמחים דוקא (ולא ממקור אחר). מאפיין שלישי שמצאה החללית גלילאו הוא שהאטמוספירה של כדור הארץ מכילה כמות מזערית מאד של גז מיתן. גם הכמות המזערית הזו מעידה על קיומם של תהליכים שרק החיים יכולים להחזיק לאורך זמן, כי אם אין כלל חיים אז אפילו כמות מזערית כזאת של מיתן היתה צריכה להיעלם. ולבסוף, הסימן המאפיין הרביעי שנקלט מכדור הארץ ע"י החללית גלילאו הוא שידורי הרדיו. אמנם כוכבים רבים ביקום משדרים שידורי רדיו, אבל השידורים המגיעים משם הם מדרך הטבע, בשעה שהשידורים של הרדיו שלנו הם בעלי מאפיינים מסודרים ומסוימים מאד שרק יצורים בעלי אינטליגנציה יכולים לשדר (למשל שידור רדיו טבעי של כוכב הוא ברוחב תדירויות גדול, בשעה ששידורי הרדיו שלנו הם ברוחב תדירויות צר מאד). גם אם נמצא כוכב לכת רחוק עם כל ארבעת המאפיינים האלה, בכל זאת תמיד נחוש שמא יד המקרה זמנה את כלם יחד ובכל זאת אין שם חיים מציאות.

## חיים במערכת השמש

### מעמקי כדור הארץ

בתחילה נדון באותו קטע מופלא בזוהר שהבאנו לעיל בדבר קיומם של יצורים בעלי מספר ראשים הנמצאים בבטן האדמה אצלנו. ובכן, עד היום חוקרי כדור הארץ לא הגיעו לעומק אלא עד כמה עשרות קילומטרים בלבד, וגם זאת רק בצנור דק מאד יחסית. כל ידיעותינו על פנים כדור הארץ נובעות אך ורק ממודלים תיאורטיים הנלמדים ממחקר של גלים סייסמיים של רעידות אדמה (ראה ספר צבא השמים חלק א' עמ' 56). אפילו בתוך המודל של פנים כדור הארץ המקובל במדע כיום ניתן עדיין לדמיין מחילות ומערות ואולי אפילו ישובים שלמים של יצורים חיים השוכנים בעומקים גדולים. המודל המדעי כיום של פנים כדור הארץ הוא עדיין כללי ביותר והוא מאפשר קיומם של פרטים רבים מאד שעדיין אינם ידועים. למה הדבר דומה? כיום כבר ידוע שבמעמקי הים בעומק של מספר קילומטרים שורר שם חושך גמור ומוחלט, והלחץ של המים שם הוא עצום. ובכל זאת נמצאו שם צורות של דגים החיים בתנאים קיצוניים כאלה. לאחרונה אף נתגלה שיצורים חיים יכולים לחיות ולהתפתח ליד מעינות חמים במעמקי האוקינוס בטמפרטורה של כמה מאות מעלות חם (תמונה 2). ישנן אף השערות שיצורים חיים יכולים להתקיים אף בתנאים קיצוניים הרבה יותר של חם וקור, ואף מבלי שיהיה להם כל קשר עם אור השמש, ולכן קשה כיום לשלול לכתחילה אפשרות קיומם של חיים במעמקי האדמה, אפילו שידוע לנו הרבה פרטים על לבה רותחת שם בעומקים שונים, ואפילו שידוע לנו שככל שמעמיקים באדמה ב - 30 מטר הרי הטמפרטורה עולה בממוצע במעלה אחת. בכל זאת יתכן שיתגלו במקומות מסוימים ונחבאים יצורים שונים ומשונים החיים בתנאים קיצוניים שאין אנו מכירים אותם, כפי שנתגלו במעמקי הים. בכל אופן, כפי שלקח כמה אלפי שנים עד שהצליחו בני אדם למפות את כל פני כדור הארץ עד לדיוק של סנטימטרים ולהכיר את כל התרבויות השונות והמשונות שישנן על כדור הארץ, כך בודאי יקח עוד זמן רב מאד עד שנכיר באותה דרגת פירוט את מעמקי הים ואת פנים כדור הארץ כלו, אם בכלל.



### מטיאוריטים

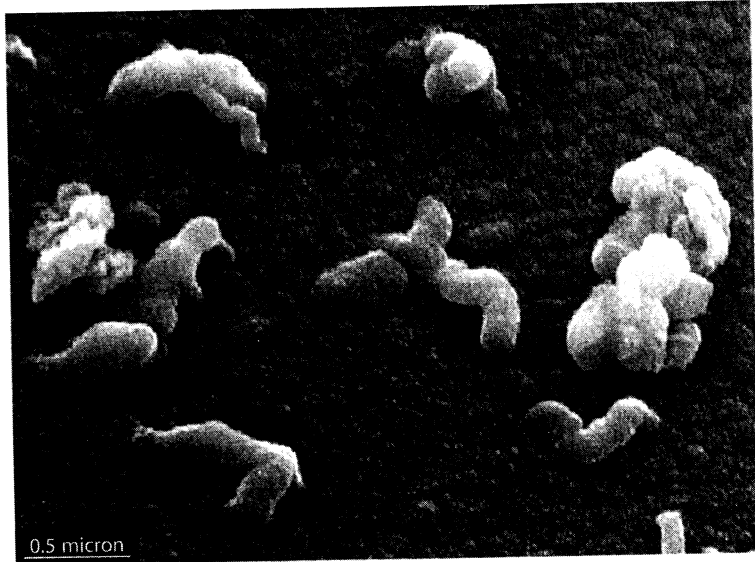
מטיאוריטים הם אבנים גדולות או גרגרים הנופלים על כדור הארץ מן החלל החיצון. חלק מהם הם שברים של כוכבי שביט ההולכים ומתפוררים, וחלק אחר אכן באים ממרחקים גדולים מאד מקצה מערכת השמש. מתוך ניתוח ההרכב הכימי שלהם מתברר כי הם מכילים גם חומצות אמיניות, אשר כידוע הן הן המרכיבות הבסיסיות של הרקמות של בעלי חיים על כדור הארץ. ממצאים אלה מפרים מאד מאד את בעלי הדמיון והפנטזיה שבין המדענים עד כי המציאו את התיאוריה המשונה כי זוהי הדרך בה "נזרעו" החיים לראשונה על פני כדור הארץ. כאמור, כפי שציינו לעיל, מציאותם של חומצות אמיניות עדיין לא אומרת דבר על מציאות חיים ממש, כי המרחק ביניהם עדיין הוא רב מאד (כי זה כאילו להכריז "כיון שיש עפר לכן יש חיים") ורק בהתערבות הבורא יתברך ניתן להפיח רוח חיים בחומצות האמיניות על מנת שירכיבו גוף חי.

### כוכב הלכת מאדים

לפני כמאה שנה חשבו אנשי מדע ואסטרונומים שעל כוכב הלכת מאדים ישנה אוכלוסיה מפותחת מאד. הסיבה לכך היתה שעל פני מאדים נראו כביכול תעלות רבות החוצות אותו בכל הכוונים והמעידות כביכול על חיי חקלאות מפותחים (בהתאם לעונות שנצפו גם שם). היו אסטרונומים רבים ובעלי שם שטענו טענות כאלו אפילו עד לתחילת המאה העשרים (ואף על הירח טענו כן). אבל עם שיפור עוצמת הטלסקופים התברר כי התעלות האלו היו אשליות אופטיות בלבד.

בעשרים השנים האחרונות נשלחו שתי חלליות אשר נחתו על פניו ממש (בשנים 1976 ו-1997) וכן נשלחו חלליות רבות אשר צילמו אותו מקרוב. ממצאי החלליות שנחתו עליו הם כמובן המעניינים יותר. המדענים הפעילו רובוטים שבדקו את ההרכב הכימי של הסלעים והאדמה שם, ובאיזה מידה ניתן להסיק מכך על קיום חיים כל שהם (תמונה 7 צבעונית, לוח 29). עד עתה התברר שאין שום צורת חיים שם, אף על פי שיתכן והיו שם כמויות מים גדולות שיכלו אולי להחזיק צורת חיים. לאחרונה יצאו מספר מדענים בסוכנות החלל האמריקאית נאסא בהכרזה שנמצאו עדויות לקיום צורות חיים על פני

מאדים בעבר. הם הסתמכו על מטיאוריט שנפל על כדור הארץ מן החלל החיצון ואשר לפי השערתם הוא ניתק מכוכב הלכת מאדים לפני כמה אלפי שנים (תמונה 8) ניתוח ההרכב הכימי של המטיאוריט הראה צורות מאורכות קטנות מאד שנראו כמו חיידקים שהתאבנו (תמונה 9). אולם חוקרים רבים



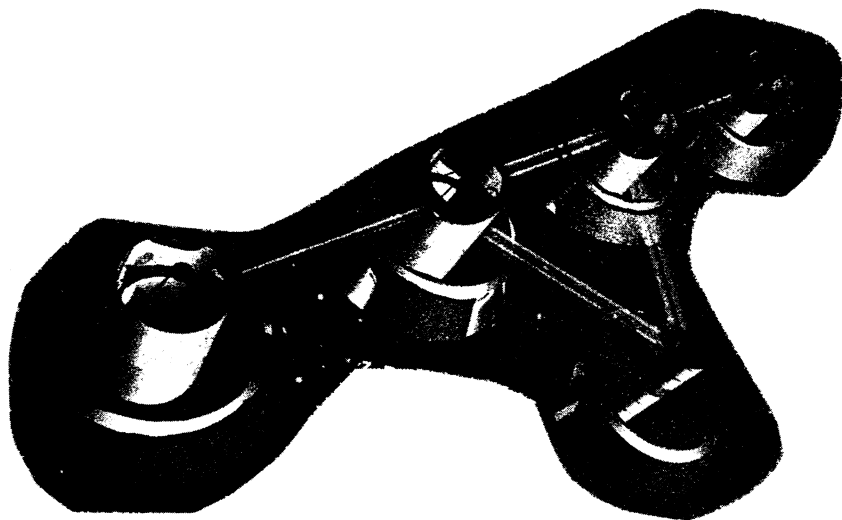
תמונה 9: א'. צילום דרך מיקרוסקופ אלקטרוני המראה כי יש במטאוריט שם צורות "דמויות תולעים" בגודל מיליונית המילימטר.  
 תמונה 9 ב': צילום כנ"ל אבל של צורות שנמצאו על כדור הארץ שלנו. המחלוקת (בין השאר) היא אם יצורים חיים יכולים להיות בגודל של אלפית המילימטר (מיקרון) כפי שמצולם כאן.

אינם מאמינים שיצורים חיים יכולים להיות כל כך קטנים ולהתקיים, ולכן הם מטילים ספק בממצאים אלה, כי יתכן שהצורות דמויות החיידקים אינן של חיידקים כלל, אלא הם של גבישי אדמה זעירים מאד ובעלי צורה מיוחדת כזאת. ואפילו אם אלה חיידקים מאובנים, הרי יתכן מאד שהמיטיאוריט "נדבק" בחיידקים כאן לאחר שהגיע לכדור הארץ.

אם כי עד עכשיו לא נמצאו צורות חיים כל שהן על פני מאדים, הנה סוכנויות החלל של מספר מדינות ובראשן זו של ארה"ב מתכננים "מתקפות" מחקר מקיפות ויקרות ביותר לחיפוש יצורים חיים על פני מאדים ועל פני כוכבי לכת אחרים, הן במערכת השמש שלנו והן במערכות שמש רחוקות הדומות לשלנו. במשך עשרות השנים הבאות מתכננים את הקמתם של טלסקופים ענקיים הן על פני האדמה והן כאלה שישיטו. בחלל. אחד המבצעים המרשימים יהיה הקמת תחנת חלל ענקית שתחוג בחלל ושמימדיה יהיו בגודל של כמה עשרות מטרים לכל צד. (תמונה 10 צבעונית, לוח 27) היא תכיל מיכשור רב מאד וכן חדרי מגורים נרחבים של האסטרונוטים שיסעו לשם בתורנויות לתקופות ארוכות ואחרי כן יחזרו לכדור הארץ.

תמונה 11 מראה טלסקופ עתידי המורכב מארבעה טלסקופים שישמרו על מבנה קבוע בעזרת קרני לייזר ואשר אפשר יהיה בעזרתם לראות פרטים על כוכבי לכת רחוקים בגודל של יבשות על פני כוכבי לכת רחוקים.

בכל אופן לגבי כוכב הלכת מאדים קיימות עדיין תקוות גדולות למציאות חיים על פניו, תמונה 12 (צבעונית, לוח 29) מראה צילומים של שני הקטבים הצפוני והדרומי של מאדים. רואים שלשניהם מעטה של קרח הדומה לזה על פני כדור הארץ. תמונה 13 (צבעונית, לוח 30) מראה שתי תמונות של אותו שטח על פני מאדים בעונות הקיץ והחורף שם. רואים באופן ברור כי בחורף (תמונה מימין) יש מעטה של כפור, המעיד על קיום אדי מים באטמוספירה (הדלילה) של מאדים.



תמונה 11: ציור של ארבעה טלסקופים אשר ישייטו במבנה קבוע ומדויק ויאפשרו לראות אפילו יבשות על פני כוכבי לכת סביב שמשות רחוקות.

#### כוכבי לכת במערכת השמש

גם כוכבי לכת אחרים במערכת השמש נחקרו במידה זו או אחרת. החוקרים צילמו מקרוב מאד את כוכבי הלכת נוגה וצדק. הם אף הנחיתו עליהם מכשירי מדידה למדידת הרכב כימי, לחץ וחום באטמוספירה שלהם. עד עתה לא נמצאו רמזים לחיים על פניהם. אולם, אחד הירחים המקיף את שבתאי בשם טיטאן (תמונות 14,15 צבעוניות, לוחות 31, 30) אשר נחקר רבות, מראה סימנים של קיום חומרים חיוניים למציאות חיים. נמצאו עליו חומרים אורגניים מוצקים וגם כמויות גדולות מאד של קרח (ערובה לקיום מים). החוקרים תולים תקוות רבות למציאת ייצורים פרימיטיביים מאד שם כגון בקטריות על פניו.

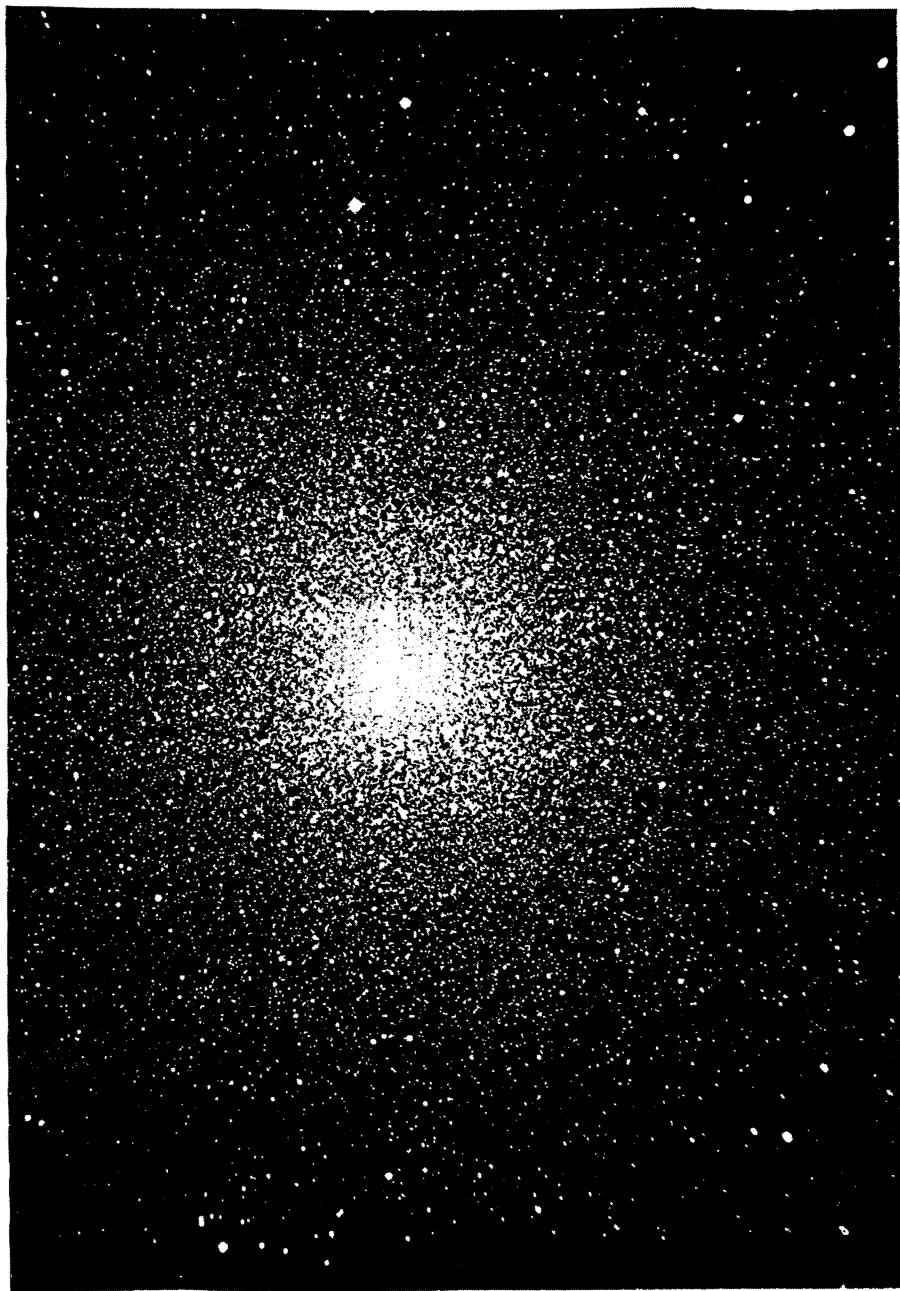
## קשר ישיר עם יצורים חיים ביקום

### שידורי רדיו

ככל שנחקר יותר כוכבים יש לנו אולי סיכוי גדול יותר לגלות צורות חיים כל שהן. האסטרונומים בחרו גם בדרכים ליצירת קשר ישיר עם אוכלוסיות אינטליגנטיות במרחבי היקום. הם עושים זאת בשתי דרכים: שידורי רדיו המכילים "רמזים חכמים" ואוניברסליים לעבר כוכבים רחוקים כך שאוכלוסיות אינטליגנטיות יוכלו לפענח אותן מיד, וכן פענח שידורי רדיו המגיעים אלינו מכוכבים, האם "מתחבא" בהם איזה רמז של נסיון לקשר אתנו. בשנת 1974 אכן נשלח שידור רדיו רב עוצמה לעבר צביר הכוכבים שסימונו M13. צביר זה מכיל כמאה אלף כוכבים צפופים (תמונה 16), כך שקיים סיכוי גדול שהשידור יפגע באחד הכוכבים שם. בתוך השידור הצפינו החוקרים כל מיני ידיעות מדעיות בסיסיות על טבע האטום, על מולקולת החיים ד.נ.א. ועוד ידיעות מדעיות מן הסוג שאוכלוסיה נבונה דומה לשלנו היתה אמורה לפענח ולהבין. לפי חשבוננו יגיע השידור לשם רק בעוד עשרים וארבע אלף שנה, כך שאפילו אם המדענים שלהם יענו לנו מיד בשידור חוזר, הרי נקבל את תשובתם רק בעוד ארבעים ושמונה אלף שנה! לכן מבצע זה מהווה יותר קוריוז מאשר מחקר רציני. מצד שני, האזינו האסטרונומים במשך מספר שנים לאותות רדיו שהגיעו ממספר רב של כוכבים, וניסו לדלות מהם סימן תקשורת או רמז כל שהוא המוצפנים בתוך השידורים האלה. אולם לא נמצא דבר של ממש, לבסוף ממשלת ארה"ב אף קיצצה את התקציב גם למבצע זה. בכל זאת ישנן גדיין מספר תכניות (על הנייר) לנסות לנתח שידורי רדיו ממספר רב מאד של כוכבים בעזרת רדיוטלסקופים גדולים שיפעלו מלווינים בחלל החיצון.

### עבמ"ם

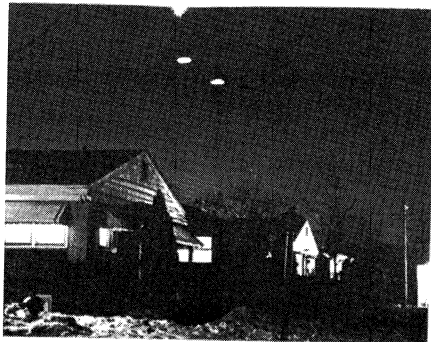
"קשר ישיר" ומשונה מאד עם אוכלוסיות מחוץ לכדור הארץ "הלך והתפתח" זאד בחמישים השנים האחרונות והגיע למימדים של מגיפה. מדי פעם ופיעים בשמי הלילה עיגולי אור בוהקים בצבע כחלחל לבנבן הנראים ומדים במקום אחד, ואחרי כן נעים פתאום במהירות עצומה ונעלמים. (מחבר ואמר זה ראה עיגולים כאלה של אור בטבריה לפני כחמישים שנה). בגלל ורתם הם נקראו בשם "צלחות מעופפות". אנשים רבים רואים אותן מדי



תמונה 16: צביר הכוכבים M13 המכיל כמאה אלף כוכבים צפופים.

פעם ואין ספק שזוהי גם תופעה אמיתית. בגלל מסתוריותן הן כונו בשם "עצמים בלתי מזוהים" או בקיצור עב"ם (או ברבים עבמ"ם). אבל בעלי דמיון ויצר פרסום עצמי הוסיפו מדמיונם "פרטים נוספים" והפיצו שמועות שעגולי אור אלה הם בעצם רכב ממשי מעופף של ייצורים הבאים לבקר אותנו מן החלל החיצון. יש כאלה בעלי דמיון חולני שאף העידו שצלחת כזו נחתה בחצר הבית שלהם ושוחחו עם הייצורים שירדו מן "הצלחת", או שעשו בגופם ניסויים וכו'. סיפורים דמיוניים אלה תופסים תנופה עצומה בתקשורת של תרבות המערב המבולבלת בלאו הכי, אשר בה האדם הפרטי הוא אך כלי משחק בידיה, ומטרתה היא רק ליצור ענין בשידורים שלהם ע"י פחדים וחרדות.

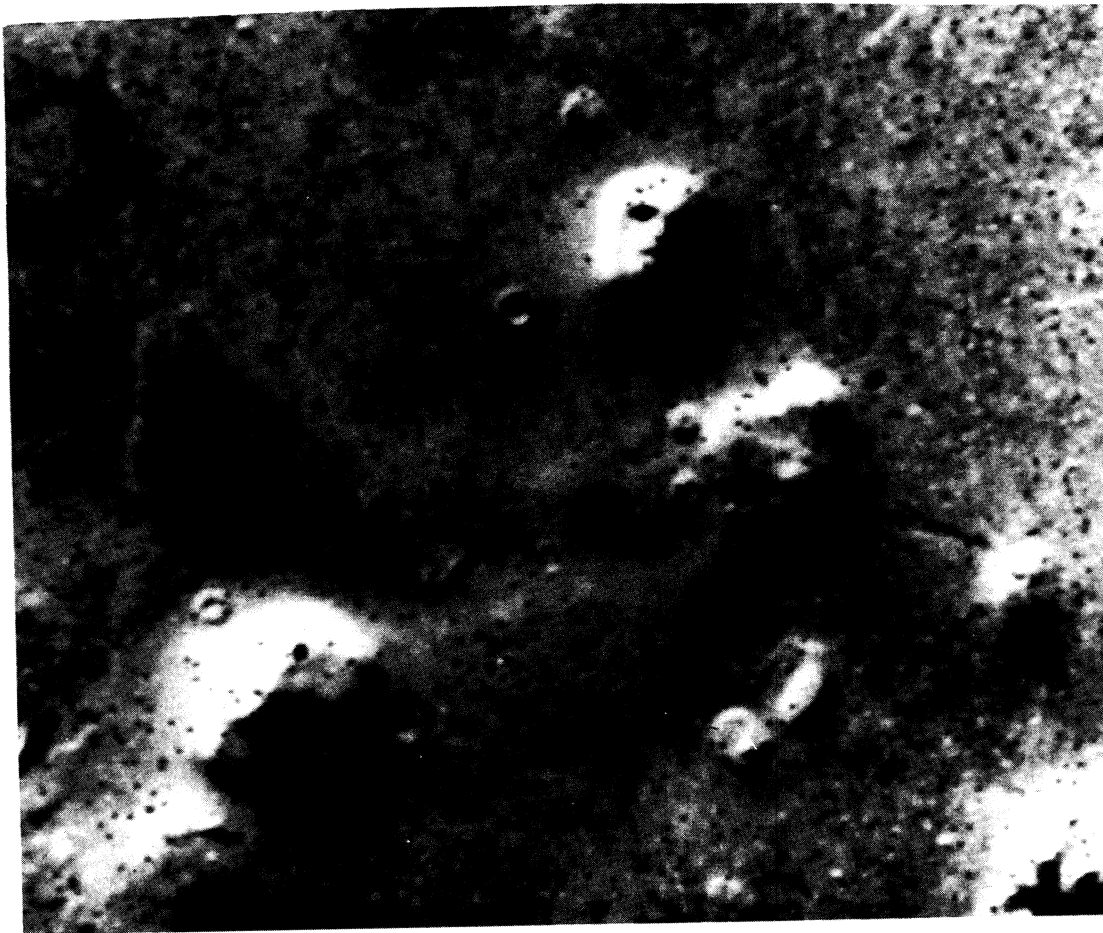
מתוך לחץ ציבורי גדול הקימה ממשלת ארה"ב בשנות ה-60 ועדת חקירה מיוחדת שחקרה את העבמ"ם האלה. לאחר כשלוש שנים של חקירות ושמיעת עדויות לאין ספור, הם הצליחו לפענח את כל המקרים ולהסבירן כתופעות אופטיות טבעיות באטמוספירה, פרט למקרה אחד או שניים שנשארו בספק למשל שתי צלחות מעופפות כאלה יכולות לנבוע מהחזרה של אורות של שני פנסים מאירים של רכב העולה בהר בלילה. האטמוספירה (או עננים דקים מאוד) מחזירה פשוט את אור הפנסים לעבר הצופה למטה על כדור הארץ. כאשר תפנה המכונית פניה חדה במעלה ההר (בסיבוב) אז שני העגולים הזוהרים בשמים ינועו במהירות עצומה לעיני הצופה. ישנם גם צילומים רבים של חובבי עבמ"ם אשר כביכול מראים את מבנה הצלחות האלו אולם כל הצילומים האלה הוכחו כזיוף והם נעשו ע"י הדבקה צילום על גבי צילום (תמונה 17).



תמונה 17: זיוף של "צלחות מעופפות": שני עיגולי האור הושתלו ע"י הדבקה על גבי צילום אחר של נוף הבתים.

לאחרונה "נתגלה" יצור כזה של עב"ם אשר העמיד את כל האוכלוסיה בישראל על הרגליים. התברר כי זו היתה בסך הכל תולעת הגדלה בהפרשה של פרות. אין בידינו שום ממצא רציני עד היום שיעיד על כך שייצורים מן החלל החיצון ביקרו אותנו אי פעם.

בשנת 1998 התקבל צילום חד של איזור על פני מאדים והוא פתר בכך "תעלומה" שהסעירה את אלה המאמינים ביצורים חיים בחלל החיצון. תמונה 18 מראה צילום של גבעה על פני מאדים שמימדיה 2.5 ק"מ על 2.0 ק"מ ואשר גובהה כ-400 מטר, והדומה להפליא לפניו של אדם. החוקרים היו בדיעה שזהו



תמונה 18: א. דמות של "פני אדם" על פני מאדים (למעלה במרכז התמונה כפי שצולמה בשנת 1976).





ב. בתמונה למטה מימין הצילום המקורי א' של "פני האדם" על פני מאדים. למעלה שמאלה הוא הצילום החד שנלקח בשנת 1998 שהראה "שפני האדם" אינם אלא אשליה אופטית.

רק צרוף פרטים מקרי בצילום הנותן את האשליה האופטית של פני אדם. אבל, כרגיל, האגודות הפעילות למען העבמ"ם חשדו באנשי המחקר בסוכנות החלל האמריקאית שגם במקרה זו מנסים להעלים מן הציבור את האמת על קיומם של יצורים מן החלל החיצון והם הפיצו את השמועה שגבעה זו נחצבה

כביכול על ידי יצורים מן החלל שחיו אי פעם על פני מאדים, ובכך גם השאירו לנו רמז על קיומם. אבל, לפני כשנתיים, כאמור, נלקחה תמונה חדה מאד של גבעה זו והתברר סופית שאכן זו היתה אשליה אופטית של אורות וצללים. מדי פעם גם מתפרסמים ספרים מיובאים מחו"ל "המוכיחים" כביכול שייצורים כאלה נחתו על כדור הארץ בעבר ובהווה, אבל אין לספרים אלה מטרה אחרת אלא מסחרית גרידא.

עבורנו כיהודים מאמינים אין לנו כל צורך בכל "החגיגה התקשורתית" הזאת. ההתענינות ההיסטרית שלהם נובעת בעצם מהרגשת בדידות שיש להם כאן עלי אדמות. וכבר התבטא אחד מחכמיהם באמרו: "ישנן שתי אפשרויות: או שאנחנו לבד ביקום או שאין אנו לבד. ושתי אפשרויות אלו הן מבהילות כשלעצמן". אבל, גם מציאותם או אי מציאותם של ייצורים בכוכבים אחרים אינה מבהילה אותנו כלל, כי מי שמאמין בהשגחה העליונה אין לו הרגשת בדידות ואינו בהול, אנחנו קבלנו את תורתנו הקדושה מאתו יתברך והיא ממלאה את חלל לבנו בעושר ובאושר אינסופי מן הבוקר ועד הערב. מהיום שאנו נולדים ועד שאנו נפטרים מן העולם. אין לנו כל כך ענין אם יש עוד ייצורים בצורה של תולעים, חיידקים או אפילו בהמות הגועות באחו של איזה כוכב רחוק מאתנו אלפי שנות אור. לכל היותר, אם אכן יתגלו יצורים כלשהם בעתיד, הרי זה יעיד על כך שהקב"ה ברא "גן חיות" הרבה יותר גדול ממה שחשבנו, והיצורים החדשים שיתגלו עוד ייובאו וגם ישכנו כבוד בגני החיות כאן בתוך כלובים או צנצנות או אקווריומים, ואנחנו עוד נלך בבין הזמנים יחד עם נשינו וטפינו להסתכל בקוריוזים החדשים שהגיעו מן החלל החיצון. היצורים האלה יכולים להיות חכמים מאד כמו קופים ושימפנזות ואולי אף יותר מזה, כדברי ספר הברית, אבל תורה אין להם. מבחינת חיי תורה הרי אין לנו צורך במציאותם של איזה בהמות נוספות אי שם במרחבי היקום. יש לנו מספיק בהמות וייצורים אטומים ללא תורה על כדור הארץ בלאו הכי, וכבר אמרו חז"ל (בענין אחר לגמרי ולהבדיל אלפי הבדלות) "על הראשונים אנחנו בושים, ואתה בא להוסיף עליהם!". דמיונות פרועים של מדענים החוברים עם עתונאים בעלי פנטזיה, הם חלק עקרוני ובלתי נפרד מתרבות של חשיבה מופקרת אשר נועדה רק להסיח דעתנו מגדרי תורתנו ולבלבל אותנו, ובעצם הם נבראו רק לצורך זה. וכפי שיש רק קב"ה אחד ורק תורה אחת, כך יש רק עם ישראל אחד ואין עוד".