

## מחזור החיים של הכוכבים – מהולדתם ועד מותם

### הולדת כוכבים

כבר במאה ה-19 ראו האסטרונומים שאפשר להבחין בתצפית בשמי הלילה ברצועה צפופה של כוכבים. הם כינו אותה בשם **שביל החלב**. היום אנחנו יודעים ששביל החלב הוא חלק מגלקסיה, שבה נמצאת גם מערכת השמש שלנו. לכן מכנים את הגלקסיה בשם **גלקסיית שביל החלב**.

בתצפיות שלהם הבחינו האסטרונומים, בין היתר, שבין קבוצות צפופות של כוכבים מצויים אזורים גדולים שהם חשוכים מאוד. הם העלו את הסברה שאזורים אלה הם ענני חומר ענקיים המכילים ענני אבק וגז, שעיקרו מולקולות של מימן, וכינו אזורים אלה בשם "עננים מולקולריים". כיום ידוע שעננים ענקיים אלה הם המקומות שבהם נולדים כוכבים חדשים.

וכיצד נולדים כוכבים חדשים?

בין כל הגופים בטבע יש כוחות משיכה שמקורם בכוחות הכבידה הפועלים בין כל שני חומרים. משום כך מושכים חלקיקי הענן זה את זה. כאשר אזור מסוים בענן המולקולרי מכיל די חלקיקים, מתחילה קריסה של החלקיקים עד שנוצר ענן קטן יותר ודחוס מאוד. מקובל לכנות ענן קטן יותר ודחוס זה בשם **אב כוכב**, כי ממנו נולד בהמשך כוכב אחד או יותר.

אב הכוכב ממשיך לקלוט עוד חלקיקים ולהידחס עד שעולה בו הטמפרטורה למעל 10 מיליון מעלות צלסיוס, הטמפרטורה שבה נוצר כוכב כמו השמש שלנו. עם העלייה בטמפרטורה מתחילים להתרחש תהליכים תרמו-גרעיניים שבהם אטומים של מימן מתמזגים ויוצרים אטומים של הליום (באטום הליום יש שני אטומי מימן). בתהליכים התרמו-גרעיניים משתחררת אנרגיה עצומה (כמו בפצצת מימן). משך הזמן שעובר מתחילת ההתכווצות של הענן ועד שנולד כוכב כמו השמש הוא 30-50 מיליוני שנים. משך זמן זה קצר בהרבה בהשוואה למשך החיים של הכוכב: מעריכים שהשמש תתקיים כ-10 מיליארדי שנים. כוכבים גדולים מהשמש נוצרים אף בזמן קצר יותר, כמיליון שנים בלבד. כוכבים נוצרים רק כשהעננים גדולים מספיק. מעננים קטנים לא נוצרים כוכבים.

### מותם של כוכבים

משך החיים של כוכב מוגדר לעתים כמשך הזמן שעובר מהרגע שבו הכוכב נולד ועד לרגע שבו נגמר מלאי המימן בליבתו, מימן שהופך להליום.

בכוכבים כמו השמש שלב זה יכול להימשך כאמור כ-10 מיליארדי שנים. בכוכבים שהם קטנים מהשמש התהליך נמשך זמן רב יותר, ואילו בכוכבים גדולים מהשמש (מסתם גדולה מזו של השמש), משך החיים קצר יותר.

משך החיים של הכוכבים תלוי במסה שלהם. הכוכבים מסיימים את חייהם אחרי שמלאי המימן אוזל בליבת הכוכב ובעקבות זאת עולה ייצור האנרגיה בכוכב. כתוצאה מהעלייה הזו "נדחפת" המעטפת של הכוכב ומתפשטת במידה ניכרת וכך נתקבל כוכב עצום בגודלו. כוכב בגודלה של השמש יכול לגדול פי 50-100 מגודלו המקורי. בשלב זה מקבל הכוכב צבע אדום והוא מכונה משום כך **כוכב אדום**. תהליך ההיווצרות של כוכב אדום נמשך יותר מ-100 מיליוני שנים. תהליך זה מורכב משלבים רבים ובהם הופך ההליום לפחמן והכוכב גדל בהתמדה בנפחו. כוכב כמו השמש יכול לגדול בנפחו במידה כה רבה עד שהרדיוס שלו יהיה גדול מהמרחק של כדור הארץ מהשמש! בתהליך ההתפשטות שלו מאבד הכוכב חומר רב, המתפשט במהירות סביבו ויוצר מעטפת המורכבת מענן זוהר הקרוי בשם **ערפילית פלנטרית**. הכוכב עצמו נעשה קטן הרבה יותר והוא בהיר מאוד. זהו השלב שבו הוא נקרא **ננס לבן**. מסתו של כוכב הדומה לשמש פוחתת עד לכ-60% מהמסה המקורית ורדיוסו פוחת במידה ניכרת: מ-700,000 לכ-10,000

ק"מ (רק מעט יותר מהרדיוס של כדור הארץ). הטמפרטורה של ננס לבן יכולה להגיע עד ל- $200,000^{\circ}\text{C}$ , אלא שהוא מתקרר במהירות והופך לננס כהה, שאי אפשר עוד לראותו. זהו סופו של כוכב הדומה לשמש.

כוכבים שמסתם גדולה ממסת השמש, למשל פי 10 ממסת השמש, יכלו את המימן שבליבתם בזמן הקצר פי 720 בערך מזה של כוכבים כמו השמש. גם הם יהפכו לענק אדום. בהמשך מתרחשים בהם תהליכים מסובכים שבמהלכם נוצרים היסודות המוכרים לנו – פחמן, מגנזיום, חמצן, סיליקון ועד לברזל. אחר כך קורים בהם תהליכים מהירים שלא את כולם אנחנו מבינים במלואם. ליבת הכוכב קורסת תוך התפוצצות לכוכב קטן הנקרא **כוכב נויטרונים**, שרדיוסו כ-10 ק"מ בלבד! צפיפותו גדולה פי  $10^{15}$  מזו של מים!

בהתפוצצות האדירה, שנקראת סופרנובה, נע חומר רב במהירות של עשרות אלפי קילומטרים בשנייה תוך יצירת חום רב וקרינה חזקה השווה לזו של 10 מיליארדי שמשות. הקרינה החזקה הזאת נמשכת שבועות אחדים ואף חודשים. דוגמה ידועה להתפוצצות סופרנובה היא זו של ערפילית הסרטן שהתרחשה בשנת 1504 והתגלתה על ידי הסינים. הם כינו אותה בשם כוכב אורח. הסופרנובה הזאת האירה באור כה חזק עד שאפשר היה להבחין בה במשך שלושה שבועות באור יום. בהדרגה נחלש האור עד שהוא נעלם לגמרי. רק שנים רבות מאוחר יותר גילו האסטרונומים בעזרת טלסקופים את הסופרנובה עין החתול. התברר שמקורה בכוכב האורח שהסינים גילו מאות שנים מוקדם יותר.

סופרנובה מפורסמת לא פחות התרחשה בגלקסיה קרובה אלינו בשנת 1987.

כוכבי נויטרונים אחראיים לתופעה מרתקת – **פולסרים**, שלא נדון בה במסגרת זו.

בהתפוצצות סופרנובה של כוכבים כבדים במיוחד ממשיכה הליבה לקרוס גם אחרי שנוצר כוכב נויטרונים. כאשר רדיוס הליבה קטן עד מתחת לגודל מסוים (כ-3 ק"מ עבור ליבה שהמסה שנותרה בה דומה למסה של השמש), נוצר מצב שבו אי אפשר עוד "לראות" מה קורה בליבה, כי כל הקרינה היוצאת ממנה נבלעת חזרה. זהו מצב הנקרא **חור שחור**.

## מדוע הכוכבים מנצנצים?

כאשר צופים בשמי הלילה יש כמה דרכים להבחין בין כוכבים לפלנטות (כוכבי לכת):

- בדרך כלל הפלנטות (כוכבי הלכת) בהירות יותר מהכוכבים.
- הכוכבים, שלא כמו הפלנטות, נראים לנו מנצנצים.

הכוכבים הם גופים הרחוקים מאוד מכדור הארץ ולכן הם נראים לנו קטנים מאוד, נקודתיים. האור היוצא מהם עובר באטמוספירה של כדור הארץ תהליך שבירה, שבגללו נוצרת דמות של הכוכב. למעשה מקומם של השמש והכוכבים כפי שהם נראים לנו, שונה ממקומם האמיתי. כמו כן, האטמוספירה אינה יציבה ולכן הדמות שנוצרת מנקודה בשמים נראית בכל פעם במקום אחר. השינוי במקום יוצר אצלנו תחושה של נצנוץ.

לא כך המצב בפלנטות: הפלנטה נראית ככתם גדול יותר מן העצם הנקודתי, כלומר היא נראית כמו אוסף של נקודות אור רבות. כל נקודה כזו יוצרת דמות שאינה במקום אחד. אולם אוסף כל הנקודות יוצר דמות יציבה שאינה מנצנצת.

## כוחות ותנועות והיציאה לחלל

תנועה של גוף היא למעשה שינוי מקומו של הגוף ביחס לגוף אחר או לנקודת ייחוס כלשהי. כוחות הפועלים על גופים גורמים לשינוי במקומם ולתנועתם. המדען הדגול אייזיק ניוטון ניסח שלושה חוקי תנועה הנקראים על שמו:

- החוק הראשון של ניוטון מוכר גם בשם **חוק ההתמדה**. החוק קובע שגוף יתמיד במהירותו ובכיוון תנועתו, אלא אם כן יפעל עליו כוח חיצוני.

- החוק השני של ניוטון קושר בין הכוח -  $F$ , המופעל על הגוף ובין תאוצתו -  $a$ . ככל שהכוח המופעל על גוף נתון - שמסתו  $m$  - גדול יותר, כך תהיה תאוצתו של הגוף גדולה יותר. במילים אחרות, התאוצה תגדל ככל שהכוח הפועל על הגוף גדל. אם כוח שווה פועל על שלושה גופים שונים, שלכל אחד מהם מסה שונה, תאוצתו של הגוף בעל המסה הגדולה ביותר תהיה הקטנה ביותר. הניסוח המתמטי של החוק השני של ניוטון, שהוא אולי החשוב ביותר, היא:  $F=ma$
- החוק השלישי של ניוטון ידוע גם בשם חוק הפעולה והתגובה. החוק קובע כי כאשר גוף אחד מפעיל כוח כלשהו על גוף שני (משיכה או דחייה), הגוף השני מפעיל על הגוף הראשון כוח שווה שכיוונו הפוך. כך למשל, כאשר אנחנו מכים בכף ידנו על השולחן, מופעל על השולחן כוח שיכול לגרום לשבירתו. בה בעת מפעיל השולחן כוח על כף ידנו, כפי שהכאב בכף היד מוכיח...

יחידת המדידה של כוח היא **ניוטון**. ניוטון אחד שווה למשקל של 102 סמ"ק מים על פני כדור הארץ. **הגדרה אחרת של הכוח:** ניוטון אחד הוא הכוח הגורם למסה של 1 ק"ג תאוצה של 1 מטר **בשנייה**<sup>2</sup> (שנייה בריבוע).

בטבע מוכרים לנו כוחות רבים והידוע שבהם הוא **כוח הכבידה**, הפועל בין כל שני גופים בטבע. כוח זה המוכר לנו מחיי היומיום, התגלה על ידי ניוטון. כוח הכבידה פועל בטבע מרחוק וללא מגע והוא הגורם לכך שגופים נופלים אל כדור הארץ. כוח הכבידה הפועל בין כל שני גופים נמצא ביחס ישר למסות של שני הגופים (כלומר ככל שהמסות גדולות יותר הכוח גדול יותר), וביחס הפוך לריבוע המרחק ביניהם. עוצמתו של הכוח קטנה מאוד ולכן הוא ניכר רק כאשר אחד הגופים (או שניהם) הם בעלי מסה גדולה מאוד.

על פי החוק השלישי של ניוטון, יש הדדיות בפעולת כוח הכבידה, כלומר הכוח שבו מושך גוף אחד את הגוף השני שווה בדיוק לכוח שבו מושך הגוף השני את הגוף הראשון. קביעה זו נראית מנוגדת להיגיון, אך יש לה ביסוס מדעי. כך לדוגמה, אבן הנופלת אל כדור הארץ מפעילה על כדור הארץ כוח משיכה השווה בדיוק לכוח שבו מושך כדור הארץ את האבן אליו. אלא שבגלל מסתו הגדולה הרבה יותר, התזוזה של כדור הארץ היא קטנה מאוד ולמעשה היא זניחה.

כוח הכבידה הוא האחראי לנפילת גופים על פני כדור הארץ ועל פני כוכבי לכת אחרים, לתנועתם של כוכבי הלכת סביב השמש, ולכך שירחים מקיפים את הפלנטות שלהם.

כדי לצאת אל החלל יש להתגבר על כוח הכבידה הפועל עלינו. נזכור שאם נזרוק גוף במהירות מסוימת בניצב לכדור הארץ, תלך מהירותו ותקטן (בגלל כוח המשיכה שפועל עליו ומושך אותו אל כדור הארץ), עד שהוא ייעצר בגובה מסוים ואחר כך ייפול חזרה. כדי לגרום לגוף לצאת אל מחוץ לתחום המשיכה של כדור הארץ, יש להקנות לו מהירות עצומה. לשם כך משתמשים בטילים בעלי מנועים רבי עוצמה.

## מסה ומשקל

מסתו של כל גוף קבועה בלי תלות במקום שבו הוא נמצא בחלל, אבל משקלו תלוי בכוח הכבידה המופעל עליו. כוח הכבידה השורר על פני כל פלנטה גדל ביחס ישר למסתו של הכוכב ופוחת ככל שרדיוסו גדול יותר (הכוח הוא ביחס הפוך לריבוע רדיוס הפלנטה). כך למשל, מסתו של הירח קטנה פי 81 מזו של כדור הארץ. הרדיוס שלו הוא 1,750 ק"מ (קטן פי 3.5 לערך מזה של כדור הארץ, שרדיוסו הוא 6,370 ק"מ). השילוב של שני הבדלים אלה יוצר על פני הירח כוח כבידה הקטן פי 6 בערך מזה שעל פני כדור הארץ וגם התאוצה על פניו קטנה פי 6 מזו שעל פני כדור הארץ.

כוח הכבידה הפועל על חללית הולך ופוחת ככל שהיא מתרחקת מכדור הארץ. במרחק גדול מאוד יהיה משקלו של אדם הנמצא בחללית קטן מאוד (כמעט חסר משקל).

כדאי לציין שאדם הנמצא בתחנת חלל או במעבורת חלל המקיפות את כדור הארץ במרחק של כמה מאות קילומטרים

ירגיש בחוסר המשקל, על אף שכוח הכבידה הפועל עליו נחלש רק מעט בגלל המרחק הקטן מכדור הארץ. הסיבה לכך היא הסיבוב של המעבורת או תחנת החלל סביב כדור הארץ (תנועת הסיבוב יוצרת כוח צנטריפוגלי המנטרל את השפעתו כוח המשיכה. כך למשל, יכול אופנוע לנוע בניצב בלי ליפול על דופן של מכל המסתובב במהירות רבה). אם ננחת על פני אחת מהפלנטות החיצוניות של מערכת השמש, נניח, על צדק, נגלה שמשקלנו יגדל פחות מפי 3 ממשקלנו על פני כדור הארץ. מסתו של צדק גדולה פי 318 ממסת כדור הארץ, אבל רדיוסו גדול פי 11.2 מזה של כדור הארץ. על פני השמש גדול כוח הכבידה פי 28 בערך מזה שעל פני כדור הארץ.

## **מידע מפורט על שיגור כלי רכב מסביב לכדור הארץ ואל כוכבי הלכת במערכת השמש**

### **היסטוריה קצרה של תחנות החלל**

הראשונים ששיגרו תחנה לחלל היו הרוסים: באפריל 1971 שיגרו הרוסים לראשונה לחלל את תחנת החלל סליוט 1. התחנה הוחזרה לכדור הארץ אחרי חצי שנה. אחרי סליוט 1 נשלחו לחלל עוד 6 תחנות שנקראו סליוט. האחרונה שבהם – סליוט 7, שוגרה בפברואר 1982 והוחזרה לכדור הארץ רק אחרי 9 שנים, בפברואר 1991. האמריקאים שיגרו לחלל רק תחנת חלל אחת, סקיילב ("מעבדת חלל"). היא שוגרה במאי 1973 וננטשה ביולי 1979. סקיילב נשרפה כאשר חזרה לאטמוספירה. הרוסים שיגרו עוד תחנת חלל בשם מיר, בפברואר 1986. בשנת 1995 התחיל שיתוף פעולה בינלאומי בחקר החלל. טייסי חלל ממדינות רבות הגיעו למיר ושהו בה כמה חודשים. ד"ר ולרי פוליאקוב היה האדם ששהה משך הזמן הארוך ביותר בחלל – 437 ימים. מיר שהתה בחלל 15 שנים. היא ננטשה במרץ 2001 ונשרפה כאשר נכנסה לאטמוספירה.

### **גשושית וחללית לחקר חמה**

לכוכב הלכת חמה נשלחו עד שנת 2008 רק גשושית אחת וחללית אחת. בשנת 1974 שלחו האמריקאים את הגשושית מרינר 10 לכוכב הלכת חמה. הגשושית נעה סביב חמה בשנים 1974-1975 וגילתה שרידים של גזים שהיו כנראה פעם חלק מהאטמוספירה של חמה. הגשושית גם הצליחה למפות כמחצית משטח הפנים של חמה. אחרי יותר מ-30 שנים שבהם כוכב הלכת ושיגרה חמה לא נחקר, שיגרה אליו בשנת 2004 סוכנות החלל האירופית את החללית מְקוֹרִי מְסֶנְגֶ'ר. החללית עברה בדרכה ליד כוכב הלכת נוגה ומשם הגיעה בתחילת 2008 לכוכב חמה. היא הגיעה למרחק של 200 ק"מ משטח פני כוכב הלכת ושיגרה נתונים שיעזרו להשלים את מיפוי שטח פניו. החללית תתחיל להקיף את חמה באופן סדיר שלוש שנים אחר כך (בשנת 2011), ותאסוף מידע על הרכבו של כוכב הלכת ועל מכתשים גדולים במיוחד שיצרו בו מטאוריטים.

### **גשושיות וחלליות שנשלחו לכוכב הלכת נוגה**

כוכב הלכת נוגה עורר סקרנות רבה אצל בני האדם כבר לפני מאות בשנים. במהלך המאה ה-20 ותחילת המאה ה-21 שוגרו לנוגה יותר מ-30 גשושיות וחלליות. התחילו בכך האמריקאים ששיגרו בשנת 1962 לנוגה את הגשושית הראשונה, מרינר 2. היא הגיעה למרחק של כ-40,000 ק"מ מפני כוכב הלכת. הנתונים ששידרה אימתו השערות של החוקרים לפיהן על פני הכוכב שוררות טמפרטורות גבוהות מאוד. בשנים 1961-1983 שיגרו הרוסים סדרה של 16 גשושיות וחלליות בשם ונרה (Venera) כדי לחקור את כוכב הלכת נוגה. בשנת 1970 נחתה החללית ונרה 7 על פני נוגה וצילמה את פני הכוכב הלכת בעזרת מצלמות ורדאר. היא הצליחה לשרוד שעה אחת בלבד בגלל התנאים הקשים על פני נוגה.

בשנת 1978 שיגרו האמריקאים במקביל שתי חלליות - ונוס ופיוניר. ונוס אספה עד שנת 1992 נתונים על האטמוספירה של נוגה ומיפתה את פני נוגה. פיוניר שיגרה גשושיות לחקר האטמוספירה של נוגה וגם היא עצמה חקרה את האטמוספירה. האמריקאים שלחו כמה חלליות בסדרת מַגֶּלֶן בשנים 1990-1994. הן הגיעו לקרבת כוכב הלכת ובעזרת מצלמות ורדאר הצליחו למפות את רוב שטח פניו. המיפוי גילה בין השאר את דבר קיומם של מכתשים, כיפות של לָּהּ, שברים ורכסי הרים גבוהים על פני כוכב הלכת נוגה. נאסף גם מידע רב על האטמוספירה של נוגה. העניין שמעוררת נוגה במדענים בכדור הארץ לא שכך. בנובמבר 2005 שלחה סוכנות החלל האירופית לנוגה את החללית ונוס אקספרס וגילתה שגם בנוגה יש ברקים ורעמים. מתוכננים שיגורים של חלליות נוספות שיותאמו לתנאים השוררים על פני נוגה ויאפשרו לנחות על פני כוכב הלכת.

## **הצלחות בחקר המאדים – גשושיות וחלליות אספו מידע רב ערך על כוכב הלכת**

כבר בשנת 1964 שיגרו האמריקאים בהצלחה גשושית למאדים. היתה זו מרינר 4 שהגיעה עד למרחק של כ-10,000 ק"מ ממאדים ושיגרה תמונות של שטח פניו. בשנת 1969 נשלחו עוד זוג גשושיות מרינר (6 ו-7) שהגיעו עד למרחק של 3,550 ק"מ ממאדים ושיגרו תמונות רבות שהן צילמו. בשנים 1971, 1973 ו-1974 שיגרו הרוסים שלושה זוגות של חלליות מחקר בשם מארס. הם הצליחו להנחית רכבי נחיתה על המאדים ולצלם את שטח פניו מקרוב. בשנת 1976 שיגרו האמריקאים צמד חלליות שנשאו רכבי נחיתה והצליחו להנחית אותם על פני מאדים. חלליות אלה אספו מידע רב ערך על מבנה פניו של מאדים. סורבייר (Mars Global Surveyor) לוויין צילום, שנשא גם ציוד לחישה מרחוק, הגיע למאדים בסוף שנת 1997 והמשיך להקיף אותו עד שנת 2006. הלוויין אסף מידע רב על מאדים. ביולי 1997 הנחתת פטפינדר Pathfinder נחתה על כוכב הלכת. על הנחתת היה רובוט מיוחד שהופעל מרחוק על ידי מדענים בכדור הארץ. הנחתת ביצעה מדידות של האטמוספירה על מאדים ואילו הרובוט לקח דגימות קרקע מהמאדים. הממצאים ממשימה זו הובילו את המדענים למסקנה, שבתקופה האחרונה הגיעו מים משכבות עמוקות יותר בקרקע אל שטח הפנים של המאדים. Mars Exploration Rovers - אלה הם רכבי שטח רובוטיים שנחתו על פני המאדים וחקרו את הקרקע והסלעים על פני הכוכב. הם היו הראשונים שגילו עדויות לקיומם של מים בעבר במאדים. במרץ 2006 הגיעה למאדים חללית סיום, ששוגרה על ידי סוכנות החלל האמריקאית. היא אמורה לחקור את האקלים ואת מבנה הסלעים במאדים, לברר אם יש סימנים למים במאדים ולברר אם אפשר לשגר בני אדם למאדים. בשנת 2007 שיגרה סוכנות החלל האמריקאית חללית בשם פניקס. היא אמורה להנחית נחתת באזור הקוטב של מאדים ולחקור את הקרח המצוי בו.

## **ציוני דרך בשיגור גשושיות וחלליות לכוכב הלכת צדק**

במרץ 1972 שלחו האמריקאים את הגשושית פיוניר 10 לכוכב הלכת צדק ששלחה לראשונה תמונות של שטח הפנים שלו. בשנת 1979 חלפו ליד צדק שתי גשושיות מסדרת וויאג'ר (Voyager) – 1 ו-2 ושלחו מידע רב על כוכב הלכת. הן גילו בין השאר את טבעת האבק מסביב לצדק והבחינו בהרי געש על אחד הירחים של צדק. בשנת 1989 המשיכה הגשושית וויאג'ר 1 בדרכה אל מחוץ למערכת השמש.

בשנת 1995 הגיעה החללית גליליאו לקרבת כוכב הלכת צדק ושלחה תמונה של אירופה, אחד הירחים המקיפים את כוכב הלכת, גילתה ירחים חדשים ושלחה מידע על האטמוספירה של צדק. גליליאו היא החללית היחידה שהצליח להיכנס לאטמוספירה של צדק.

## גשושיות וחלליות שנשלחו לשבתאי

חללית ראשונה, פיוניר 11, הגיעה לשבתאי בשנת 1971. היא עברה ליד האטמוספירה של שבתאי, גילתה ירחים חדשים וטבעת נוספת.

שתי גשושיות מסדרת וויאג'ר (1 ו-2) הגיעו לשבתאי בשנים 1980-1981. הן צפו מקרוב בטבעות של שבתאי וגילו כמה טבעות רחבות נוספות. הן גם הראו שכל טבעת רחבה מורכבת מאלפי טבעות דקות. הן שלחו לכדור הארץ תמונות יפות רבות של שבתאי.

בשנת 2004 הגיעה לשבתאי החללית קסיני אחרי שבע שנים של טיסה כשהיא נושאת עמה גשושית, הוינג'ס, וציווד מדעי רב לאיסוף נתונים. מטרתה לחקור את שבתאי ואת הירחים שלו במשך 4 שנים. על פי התוכנית תקיף קסיני את שבתאי 74 פעמים ותחקור את הטבעות שלו. היא תקיף ואת הירח הגדול שלו, טיטאן, 44 פעמים. בינואר 2005 הנחיתה קסיני על פני טיטאן את הגשושית הוינג'ס כדי לחקור את האטמוספירה ואת שטח פניו. המטרה היא גם לנסות לברר באמצעות ציוד מיוחד אם יש חיים על פני טיטאן. קסיני תתקרב לכמה ירחים נוספים ותחקור גם אותם.

## כיצד נוצרים מופעי הירח?

הירח מחזיר אור המגיע אליו מן השמש. הצד של הירח הפונה אל השמש מחזיר לכיוון השמש את האור שהוא מקבל. הצד השני חשוך בדיוק כמו מצב יום ולילה בכדור הארץ. אנחנו רואים תמיד רק צד אחד של הירח. תוך כדי תנועתו של הירח סביב כדור הארץ הוא קולט אור מן השמש. צורת הירח כפי שהיא נראית מכדור הארץ מושפעת מהמקום שלו ביחס לשמש ולכדור הארץ, כפי שמודגם באיור שבעמוד הבא.

כאשר הירח נמצא בין השמש לכדור הארץ לא רואים את הירח. במצב זה כל האור שהירח קולט מהשמש מוחזר לכיוון השמש. מכיוון שהשמש נמצאת בכיוון הפוך לזה של כדור הארץ, לא מוחזר כלל אור לכיוון כדור הארץ, אלא לכיוון השמש בלבד. וכך אנחנו לא רואים את האור המוחזר מהירח. אנחנו קוראים למצב זה בשם **מולד הירח**. שימו לב שליקוי חמה נוצר כאשר הירח נמצא בדיוק על הקו המחבר את כדור הארץ והשמש. במצב רגיל הירח נמצא מעל הקו המחבר את כדור הארץ והשמש או מתחתיו.

במחצית הראשונה של מסלול התנועה של הירח מסביב לכדור הארץ אנחנו רואים בהדרגה חלקים גדולים יותר מהצד המואר של הירח. הירח הולך ומתמלא: תחילה רואים רק חרמש דק שגדל בהדרגה. כשהירח משלים רבע מההקפה שלו סביב כדור הארץ כבר רואים מחצית מהחלק המואר של הירח.

החלק המואר שאנחנו רואים מכדור הארץ ממשיך לגדול ככל שהירח מתקרב במסלולו למצב שבו הוא נמצא בדיוק מאחורי כדור הארץ. אז אנחנו רואים ירח מלא. בנקודה זו משלים הירח מחצית מההקפה של כדור הארץ.

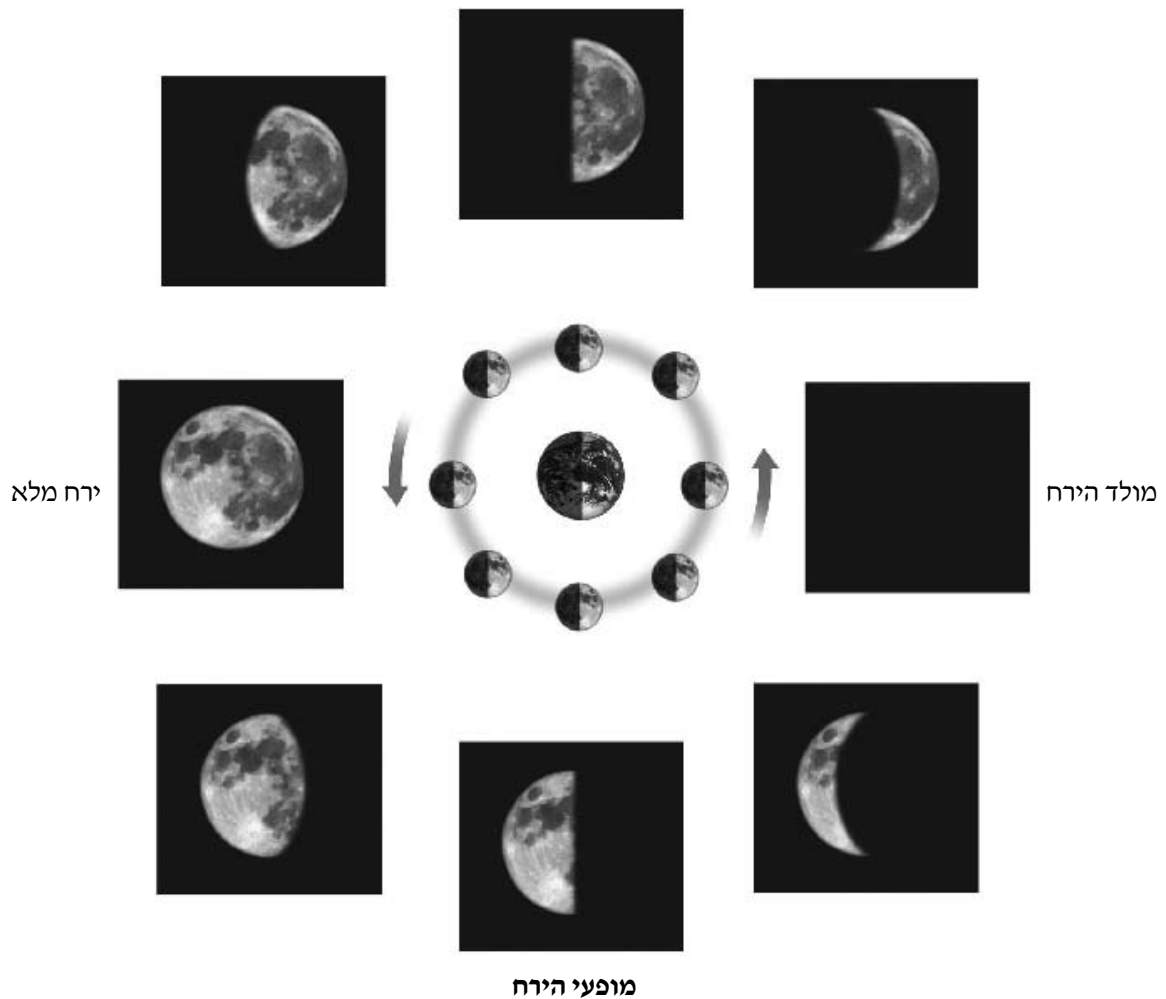
במחצית השנייה של מסלול התנועה של הירח מסביב לכדור הארץ הירח הולך ומתמעט: פוחת בהדרגה החלק המואר המואר של הירח שאנחנו רואים מכדור הארץ. כשהירח משלים שלושה רבעים מההקפה סביב כדור הארץ אנחנו רואים חצי עיגול. בהמשך המסלול מקבל הירח צורת חרמש שהולך ונעשה דק עד למולד הירח הבא. בנקודה זו הירח השלים הקפה אחת שלמה של כדור הארץ.

גם לכדור הארץ יש מופעים בדיוק כמו לירח. כאשר כדור הארץ נמצא בין הירח לשמש, אי אפשר לראות אותו מהירח. כאשר כדור הארץ נמצא מאחורי הירח, רואים עיגול מלא.

כדי להשלים הקפה אחת של כדור הארץ דרושים לירח 27 ימים ו-8 שעות. אך למעשה משלים הירח הקפה מלאה סביב כדור הארץ ב-29.5 ימים.

מדוע?

עלינו לזכור שכדור הארץ נע במסלולו סביב השמש. במשך חודש משתנה מקומו של כדור הארץ במסלולו. נדרשים לירח עוד יומיים כדי להשלים את המרחק שכדור הארץ עבר במסלול במשך חודש ימים.



## מדוע רואים תמיד אותו צד של הירח? – הצעות להדגמה בכיתה

מאחר שדרוש לירח אותו משך זמן כדי להשלים הקפה סביב עצמו והקפה סביב כדור הארץ, אנחנו רואים תמיד את אותו הצד של הירח.

אפשר להמחיש עניין זה על ידי הדגמה בעזרת תלמידים: לבקש מתלמיד או מתלמידה לעמוד במרכז העיגול ותלמיד או תלמידה אחרים ינועו על מעגל שיקיף אותו, כשהם מחזיקים בידם תפוז שבמרכזו נעוץ קיסם עץ. פניהם של התלמידים הנעים במעגל צריכים להיות מופנים כל הזמן אל התלמידים שבמרכז העיגול והקיסם הנעוץ בתפוז צריך גם הוא לפנות כל הזמן למרכז העיגול. כך שהם מבצעים בעצם הקפה סביב עצמם וגם סביב התלמידים שבמרכז העיגול.

אפשר להמחיש זה גם באמצעות ההדגמה הבאה:

**מטרת ההדגמה:** לברר את התנועה של הירח סביב כדור הארץ וסביב צירו.

**כלים וחומרים:** תפוז, קיסם שיניים מעץ או גפרור, עט סימון, חפץ בצורת עיגול.

### הוראות עבודה:

1. קחו תפוז עגול וסמנו עליו 4 קווים במרחקים שווים זה מזה, כך שיווצרו 4 חלקים שווים.
2. נעצו קיסם שיניים או גפרור במרכזו של אחד מהקווים שסימנתם.
3. סובבו בזהירות את התפוז סביב עצמו, בכל פעם רבע סיבוב (מקו אחד שסימנתם לקו השני). שימו לב לאיזה כיוון פונה הקיסם שנעצתם בתפוז אחרי כל רבע סיבוב.
4. שימו חפץ עגול על השולחן (למשל CD של מוזיקה או של מחשב) וסמנו סביבו מעגל.
5. סמנו על המעגל 4 נקודות במרחקים שווים (כמו בשעון: שעה 3, 6, 9, 12).
6. הניחו את התפוז עם קיסם העץ בשעה 12.
7. הניעו את התפוז לאט על המעגל שסימנתם נגד כיוון השעון (משעה 12 לשעה 9) ובאותו זמן סובבו אותו סביב עצמו נגד כיוון השעון, כך שיבצע רבע סיבוב עד שיגיע לשעה 9.
8. זכרו שהזמן הדרוש לירח להסתובב סביב עצמו שווה לזמן שדרוש לו להקיף את כדור הארץ. לכן צריך לבצע את שתי התנועות באותו זמן.
9. הניעו את התפוז לאט על המעגל שסימנתם נגד כיוון השעון (משעה 9 לשעה 6) ובאותו זמן סובבו אותו סביב עצמו נגד כיוון השעון, כך שיבצע רבע סיבוב עד שיגיע לשעה 6.
9. חזרו על אותן פעולות עוד פעמיים:
  - א. סובבו את התפוז סביב עצמו עוד רבע סיבוב תוך כדי תנועה משעה 6 לשעה 3.
  - ב. סובבו את התפוז סביב עצמו עוד רבע סיבוב תוך כדי תנועה משעה 3 לשעה 12.
10. בדקו מה היה קורה לו היה הירח מקיף את כדור הארץ בלי להסתובב על צירו: הניעו את התפוז על המעגל בלי לסובב אותו סביב צירו. בדקו לאיזה כיוון יפנה הקיסם שנעצתם בתפוז בנקודות 3, 6, 9 ו-12.

### תוצאות:

1. רשמו, לו ניצב מישהו במרכז המעגל, מה היה רואה בכל פעם שסובבתם את התפוז רבע סיבוב: בשעה 9, בשעה 6, בשעה 3 ובשעה 12?
2. רשמו, מה היה רואה מי שנמצא במרכז המעגל כאשר לא מסובבים את התפוז סביב עצמו.

### מסקנות:

בכדור הארץ רואים תמיד את אותו הצד של הירח משום ש.....