**כדור הארץ בחלל**

**תפיסות ביחס למיקומו של כדור הארץ בחלל**

התפיסה המדעית שעל פיה המדע המודרני מסביר את התופעות הקשורות לשנה, לעונות השנה וליממה היא התפיסה ההליוצנטרית. לפי תפיסה זו, השמש ("הֶליוס" ביוונית) היא המרכז ("צנטרום" בלטינית) שסביבו כדור הארץ נע. התפיסה ההליוצנטרית מנוגדת לתפיסה הגיאוצנטרית, שלפיה כדור הארץ ("גאיה" ביוונית פירושה אדמה) הוא המרכז, וסביבו נעים השמש, כוכבי הלכת וכל יתר הכוכבים. באופן אינטואיטיבי, אם לשפוט לפי מראה העיניים, נראה כי התפיסה הגיאוצנטרית היא המתקבלת על הדעת, ואכן כך סברו בני-האדם במשך אלפי שנים. רק במאה השש עשרה הועלה (או חוּדש)[[1]](#footnote-1) הרעיון המהפכני שכדור הארץ אינו אלא כוכב לכת הנע בחלל, וכי השמש היא הניצבת במרכז מסלול ההקפה שלו. רעיון זה הועלה על ידי האסטרונום הפולני ניקולס קופרניקוס (1473–1543), אשר הסיק, על סמך תצפיות וחישובים, כי כדור הארץ הוא שמקיף את השמש, ולא להפך, כפי שחשבו עד אז. טענה זו שינתה לחלוטין את התפיסה על-אודות מיקומו של כדור הארץ בחלל: לא עוד גוף מרכזי שכל הגופים השמימיים מקיפים אותו, אלא כוכב-לכת אחד מבין חמישה (שהיו מוכרים עד אז) המשתייכים כולם למערכת השמש.

**תנועת כדור הארץ סביב השמש- פרק הזמן שנה**

פרק הזמן הקרוי "שנה" היה מוכר לקדמונים, והוא מוזכר רבות גם בתנ"ך. כבר אז הבחינו ש"גובהה" המרבי של השמש בשמים, בצהרי היום, משתנה מזמן לזמן במחזוריות של כ-365 ימים, וכי עמה משתנים באופן מחזורי גם כמות האור ואורכי היום והלילה. במקומות רבים נבנו מתקנים שקרני השמש האירו אותם רק פעם אחת בכל תקופה כזו של 365 יום, וכאשר הגיע אור השמש שוב אל אותה נקודה, ידעו כולם שנגמר מחזור שנתי נוסף.

מעניין שהמילה העברית "שנה" אכן קשורה למהות המחזורית של פרק זמן זה. המילה "שנה" דומה ל"שני", ונגזרת מאותו שורש: לִשְנות, כלומר, "לחזור על". השנה, על כל תופעות הטבע הקשורות אליה, חוזרת על עצמה, ולכן היא נקראת "שנה". גם החגים חוזרים ובאים עלינו לטובה במחזוריות קבועה, ומכאן שמם: "חגים", כלומר, מסתובבים... התפיסה ההליוצנטרית מעניקה משמעות נוספת למושג "שנה", והודות לתפיסה זו אנו יכולים להגדיר את פרק הזמן הזה בפשטות: השנה היא פרק הזמן שבו כדור הארץ משלים הקפה אחת סביב השמש.

הקפת השמש על ידי כדור הארץ נמשכת 365 יממות ועוד רבע יממה (כ-6 שעות). פרק זמן זה נקרא גם "שנה שמשית" או "שנת חמה". פרק הזמן של שנה הוא ארוך למדי. הוא נוח לספירת אירועים וחגים הקשורים לעונות השנה או למעקב אחר תהליכים איטיים, כגון גדילה והתבגרות. אבל לצרכים יומיומיים אנו זקוקים לפרקי-זמן קצרים יותר משנה, ולכן בלוח המסדר את הימים לנוחותנו מחלקים את השנה ל-12 יחידות קטנות יותר, בנות 30 או 31 יממות. (רק חודש אחד – פברואר – הוא בן 28 יממות.) אלה הם החודשים של הלוח הכללי (האזרחי) של התרבות המערבית-הנוצרית. בלוח זה "מתעלמים" מרבע היממה העודף של השנה, וסופרים רק 365 יממות שלמות. אחת לארבע שנים, כאשר מצטברים ארבעה רבעים, מחזירים יממה שלמה נוספת ללוח, בדמות היום ה-29 של חודש פברואר.

**ראש השנה**

השנה היא מחזורית ואין לה התחלה או סוף, אך כדי **לספור** את השנים החולפות או כדי לקבוע גיל של בני-אדם או משך זמן של מאורעות, בחרו בני-האדם ימים מסוימים וקבעו אותם כנקודות התחלה לאירועים השונים. **ראש השנה** הוא אפוא נקודת-ציון שרירותית מוסכמת על-פני ציר הזמן, המאפשר ספירה נוחה של השנים. קביעת ראש השנה היא מעשה שרירותי, המבוסס על צרכים של אמונה, תרבות וכלכלה. כך אנו מוצאים בתרבויות שונות מועדים שונים לציון ראשית השנה: ראש השנה היהודי סופר את השנים למן בריאת העולם, יום העצמאות סופר את השנים למן קום המדינה, היום הראשון בחודש ינואר הוא ראש השנה הכללי של התרבות המערבית וגם ראש השנה הכלכלית, ובעצם כל יום-הולדת הוא ראש השנה הפרטי של כל אחד מאתנו, הסופר את השנים שחלפו מאז נולדנו...

**עונות השנה**

העונות הן פרקי זמן במהלך השנה שבהם נצפים על פני כדור הארץ שינויים בטבע החוזרים על עצמם באופן קבוע: שינויי אור וצל, שינויים במזג-האוויר, שינויים במחזורי החיים של הצומח (לבלוב, פריחה, הבשלת פירות) ושינויים בהתנהגותם של בעלי-חיים (נדידה, קינון, ייחום).

העונות והשינויים המחזוריים המאפיינים אותן הם תוצאה ישירה של **כמויות האור** המגיעות מהשמש אל האזורים השונים על פני כדור הארץ. כמויות אור אלה משתנות במהלך השנה בהשפעת הנטייה של ציר הסיבוב של כדור הארץ סביב צירו יחסית למישור ההקפה סביב השמש. מידת הנטייה של הציר היא °23.5 מן הקו המאונך (ראו איור בספר התלמיד/ה, עמוד 169). ניתן לומר, אם כן, שהעונות נוצרות בגלל נטיית ציר הסיבוב של כדור הארץ. אלמלא היה ציר הסיבוב של כדור הארץ מוּטֶה יחסית למישור ההקפה סביב השמש, לא היה שינוי מחזורי בכמות האור ולא היו נוצרות עונות השנה: בכל מקום נתון היה שורר אותו מזג אוויר במשך כל ימות השנה!

נטיית הציר של סיבוב כדור הארץ סביב צירו גורמת לכך שבמשך רבע מהמסלול החלק הצפוני של הכדור מואר יותר, וכעבור מחצית מסלול החלק הדרומי של הכדור מואר יותר. בשני הרבעים הנותרים של מסלול ההקפה כמות האור שווה בשני חצאי הכדור. זאת הסיבה לכך שבחלקים ניכרים על פני כדור הארץ מבחינים ב**ארבע** עונות: קיץ (שבו האור רב), חורף (שבו האור מועט), ושתי עונות מעבר: סתיו ואביב. אך בגלל מבנהו הכדורי של כדור הארץ, מתקיימת באזור הטרופי שסביב קו המשווה רק עונה אחת, ואילו באזורי הקטבים מורגשות בעיקר שתי עונות: קיץ וחורף.

מן האיור ניתן לראות כי כאשר הקוטב הצפוני של כדור הארץ נוטה כלפי השמש, שורר קיץ בחצי הכדור הצפוני וחורף בדרומי, ואילו כאשר הקוטב הדרומי פונה אל השמש, שורר קיץ בחצי הכדור הדרומי וחורף בצפוני. האזור ששורר בו קיץ מואר למשך זמן רב יותר במהלך היממה, ולכן בקיץ הימים – כלומר, שעות האור – הם ארוכים. בחצי הצפוני של כדור הארץ היום הארוך ביותר בשנה חל ב-21 ביוני, והיום הקצר ביותר הוא ה-21 בדצמבר. בחצי הדרומי, לעומת זאת, שורר קיץ בדצמבר וחורף ביוני. עונות הסתיו והאביב מתקבלות כאשר נטיית כדור הארץ אינה פונה אל השמש. בעונות אלה אורכי היום והלילה דומים. אורך היום ואורך הלילה משתווים פעמיים בשנה, בימים המכונים "ימי השוויון". ימים אלה הם ה-21 במרס וה-23 בספטמבר.

מעניין לקרוא את דברי המדרש בתלמוד (עבודה זרה, ח, ע"א) על אורכי היום והלילה בחילופי העונות:

"תָנו רבנן: לפי שראה אדם הראשון יום שמתמעט והולך, אמר: אוי לי, שמא בשביל שסרחתי עולם חשוך בעדי וחוזר לתוהו ובוהו, וזו היא מיתה שנקנסה עלי מן השמים. עמד וישב ח' ימים בתענית ובתפִלה. כיון שראה **תקופת טבת** וראה יום שמאריך והולך, אמר: מנהגו של עולם הוא, הלך ועשה **שמונה** ימים טובים, לשנה האחרת עשאן לאלו ולאלו ימים טובים..."

גם **חגי ישראל** קשורים לעונות השנה, במיוחד **חג הפסח** ("שמור את חֹדש האביב ועשית פסח..." דברים, טז, א). לכן מתאימים את הלוח העברי, שהוא לוח ירחי (כפי שיוסבר בהרחבה ברקע המדעי לפרק השלישי), אל הלוח השמשי, ומוסיפים מדי שנתיים או שלוש שנים חודש נוסף (אדר), כדי שהחגים יחולו בעונה המתאימה. הלוח העברי הוא אם כן **לוח משולב**, המותאם הן לשנה הירחית והן לשנה השמשית. הלוח המוסלמי, לעומת זאת, אינו מתאים את צירו לעונות השנה, ולכן חודש רמדאן, למשל, נודד על פני כל העונות: פעם הוא חל בחורף, פעם באביב, פעם בקיץ ופעם בסתיו.

**כדור הארץ סובב סביב צירו – פרק הזמן יממה**

נוסף על תנועת ההקפה שלו סביב השמש, כדור הארץ מסתובב גם סביב צירו, כמו סביבון, **ממערב למזרח**, ללא הפסקה. הסיבוב הוא מחזורי, באותו כיוון ובאותה מהירות. נעיר כי מהירות הסיבוב של כדור הארץ קטֵנה למעשה בהדרגה (בעבר הרחוק הוא השלים סיבוב ב-12 שעות בלבד), אולם מדובר בשינוי שהתרחש לאורך מיליארדי שנים, ולפיכך לכל צורך מעשי יש להניח כי מהירות הסיבוב קבועה. המחזוריות הזאת של סיבוב כדור הארץ על צירו היא שנתנה לנו, בני-האדם, את האפשרות להגדיר את פרק הזמן ששמו "יממה". היממה היא פרק הזמן שבו כדור הארץ משלים סיבוב אחד סביב צירו.

**מהירות, הדרגתיות ומחזוריות**

מהירות הסיבוב סביב הציר גדולה מאוד: כחצי קילומטר בשנייה או 1,700 ק"מ בשעה. אך למרות זאת אנו, תושבי הכדור המסתובב הזה, איננו מרגישים כלל ב"סחרור"! אכן, אילו הסתובב כדור הארץ סביב צירו בחלל הריק והחשוך, לא הייתה משמעות רבה לסיבוב זה! אבל כאשר **השמש** ניצבת אי-שם במרחב, הסיבוב מקבל משמעות דרמתית, כי בכל רגע ורגע חלק מסוים מהכדור **מואר** על ידי השמש – כלומר, שורר בו **יום** – בעוד החלק האחר של הכדור **מוצל**, כלומר, שורר בו **לילה**.

**ההדרגתיות** הזאת במעבר מחושך לאור ומאור לחושך היא תוצאה, בין היתר, של **המבנה הכדורי** של כדור הארץ. תארו לעצמכם של"**ארץ**" היה מבנה של קובייה: הופעת השמש (הזריחה) והיעלמותה (השקיעה) היו אז פתאומיות לגמרי; רגע אחד היה אור מלא, וברגע הבא הייתה השמש נעלמת לה מעבר לפינה...

אנו יכולים לעקוב בדייקנות אחר סיבובו של כדור הארץ מול השמש. כך אנו יכולים להגדיר את **היממה** גם כזמן העובר בין רגע נתון (הזריחה, למשל) ביום אחד לבין רגע מקביל (הזריחה) ביום הבא.

היממה היא תופעה **מחזורית**, וכך גם כל אחד מחלקיה: הבוקר, הצהריים, הערב והלילה. מחזוריות זו היא האחראית להגדרה המדויקת ביותר של היממה, והיא: משך הזמן העובר מהרגע שבו השמש נצפית כאשר היא חוצה את הקו הדמיוני צפון–דרום (רגע **הצהירה**) ועד לרגע שבו היא נצפית שוב באותה נקודה.

**היממה והתאריך**

בעברית – היממה נקראת גם "מעת לעת", ולפי המסורת היהודית היא מתחילה מרגע השקיעה של יום אחד ונמשכת עד לרגע השקיעה של היום הבא. כלומר, היממה החדשה מתחילה כבר מהערב, ובהתאם לכך מתחלף גם התאריך. לכן אנו חוגגים את השבת ואת כל החגים והמועדים החל בערב שקודם ליום החג. נוהג זה קשור לימי הבריאה המתוארים בפרשת בראשית, שם חוזרת האמירה "ויהי ערב ויהי בֹקר יום אחד... יום שני" וכולי.

לתלמידים המכירים כבר את לוח השנה כדאי להדגיש כי אף על פי שבמשבצת של הלוח כתוב "יום שישי", בסופו של אותו יום הוא נהיה "ליל שבת", ולא "ליל שישי", כפי שאומרים לפעמים בטעות. הוא הדין גם ב"ליל הסדר", ליל ל"ג בעומר וליל יום-הזיכרון.

לעומת זאת, בתרבות המערבית (וכיום הדבר מקובל בכל העולם) היממה החדשה מתחילה בחצות הלילה ונמשכת עד לשעת החצות של הלילה הבא אחריו, ובהתאם להגדרה (שרירותית) זו מתחלף גם התאריך של אותו יום.

**אורך היממה**

אורך היממה קבוע ובלתי-משתנה (אלא לאורך טווחי זמן של מיליארדי שנים). היממה חולקה (באופן שרירותי) ל-24 חלקים שווים הנקראים "**שעות**". לתלמידים המכירים את השעון הספרתי (הדיגיטלי) אפשר להראות כיצד השעות מסומנות במספרים מ-0 ועד 24.

**השמות של חלקי היממה**

שעות האור במהלך יממה אחת נקראות "**יום**", ושעות החושך נקראות "**לילה**". אורך היום ואורך הלילה אינם אחידים במשך כל ימות השנה: במהלך השנה, עם חילוף העונות, משתנים בהדרגה גם אורכי היום והלילה ברוב חלקי העולם (פרט לאזור קו-המשווה). אלמלא היה ציר הסיבוב של כדור הארץ נטוי (כלומר, אילו ציר הסיבוב היה מאונך למישור ההקפה של כדור הארץ סביב השמש), לא היו אורכי היום והלילה משתנים במהלך השנה, ובכל מקום על פני כדור הארץ היה אורך יום קבוע של 12 שעות ואורך לילה קבוע של 12 שעות.

מלבד היום והלילה יוחדו שמות גם למצבי המעבר במהלך היום ובין היום והלילה: **בוקר** מלשון "בוקע" – האור מבקיע את החושך; **צהריים** מלשון "צוהר" או "זוהר", שהרי בזמן זה השמש זוהרת במרומי הרקיע בכל זוהרה; לקראת סוף היום, כאשר השמש נוטה מערבה, האור מתמעט אך שורר עדיין אור מסביב, ולפיכך אנו קוראים לשעה זו "שעת **בין ערביים**" או "**בין השמשות**"; ולאחר שהשמש נעלמת מעינינו וצללי החושך "**מתערבבים**" עם שרידי האור השורר עוד באטמוספרה, אנו מגיעים אל שעת **הערב**.

**תנועת ההקפה של הירח סביב כדור הארץ –פרק הזמן חודש**

הירח הוא הגוף האסטרונומי הקרוב ביותר אל כדור הארץ ועל-כן גם הבולט ביותר בשמי הלילה. מרחקו הממוצע מכדור הארץ הוא כ-384,400 ק"מ (מרחק קטן בהשוואה למרחקו של כדור הארץ מהשמש, שהוא בממוצע כ-150,000,000 ק"מ). בגלל קרבתו אל כדור הארץ, ובשל המופעים השונים והכתמים הכהים הנראים על "פניו", עורר הירח את סקרנותם של בני-האדם מאז ומתמיד. החקר המדעי של הירח קיבל תפנית בראשית המאה השבע-עשרה, עם מחקריו של האסטרונום האיטלקי גלילאו גליליי (1564–1642).

גלילאו גילה, באמצעות הטלסקופ שהרכיב בצירו, כי אין ימים או אוקיינוסים על הירח, כי פני הירח אינם חלקים וכי הצלליות הנוצרות על הירח ("הפרצוף של הירח") הן תוצאה של מבנהו הטופוגרפי. פני הירח אינם מישוריים: יש עליו הרים, רמות, עמקים ומכתשים נרחבים. ממחקרים מודרניים שנערכו בארבעים השנים האחרונות ידוע גם שעל הירח אין אוויר, וכי רוב הסלעים בו דומים בהרכבם לסלעי כדור הארץ. במקומות רבים הסלעים מכוסים באבק דק, דמוי אבקת זכוכית. לאחרונה התגלו מים קפואים (קרח) באחד ממכתשי הירח ובאחד הקטבים שלו.

קוטר הירח הוא 3,476 ק"מ (לשם השוואה, קוטרו של כדור הארץ הוא 12,756 ק"מ, וקוטר השמש – 1,392,000 ק"מ). נפח הירח קטן פי 49 מנפח כדור הארץ, והמסה שלו קטנה פי 81 מזו של כדור הארץ. כתוצאה מכך כוח הכבידה של הירח הוא רק שישית מכוח הכבידה של כדור הארץ. זאת הסיבה לכך שגוף על פני הירח קל פי שישה מאשר על פני כדור הארץ. זאת גם הסיבה לכך שאין לירח אטמוספרה: כוח הכבידה שלו קטן מכדי להחזיק שכבת גזים בקרבתו.

מאחר שאין לירח אטמוספרה (שהייתה יכולה לווסת את הקרינה המגיעה אל פניו מהשמש), הטמפרטורה בצד הפונה אל השמש שונה באופן קיצוני מהטמפרטורה בצד שאינו פונה אל השמש. בצד הפונה אל השמש הטמפרטורות יכולות להגיע עד ל-°C134+, ואילו בצד האחר, שאינו פונה אל השמש, הטמפרטורות נמוכות מאוד, ומגיעות עד ל-°C170-.

בדומה לכדור הארץ, גם הירח מסתובב סביב צירו, כלומר, גם על הירח יש יום ויש לילה. קצב הסיבוב של הירח סביב צירו זהה למשך ההקפה שלו סביב כדור הארץ, ולכן אותו צד של הירח פונה אלינו כל הזמן.

**מופעי הירח**

**מופע** הוא השם שניתן **לצורות השונות** שבהן גוף אסטרונומי נראה בחלל כתוצאה מהארה שונה. הירח, כידוע, אינו מפיק אור בצירו. אור השמש המגיע אל הירח ומוחזר משם לעינינו הוא שמאפשר לנו לראות את הירח. במהלך הקפתו סביב כדור הארץ הירח משנה בהדרגה את מיקומו בחלל יחסית לכדור הארץ והשמש, ובהתאם לכך משתנה גם הזווית שממנה אנו רואים את הירח. לכן המתבונן על הירח מכדור הארץ רואה נתח מואר שמשתנה בגודלו ככל שהירח מתקדם במסלולו סביב כדור הארץ: ביום "תחילת" המסלול, הנקרא "**מולד הירח**", הירח מופיע לעינינו כמגל דקיק (חרמש); בהמשך המופעים גדלים בהדרגה עד שמתקבלת צורה של דסקית עגולה **ב"אמצע" המסלול**; אחר כך המופעים קטֵנים בהדרגה עד שמתקבלת שוב צורה של חרמש לקראת "סוף" המסלול; וחוזר חלילה. למעשה, ביום האחרון של ההקפה אין רואים את הירח כלל. ביום זה הירח נמצא בין כדור הארץ לבין השמש, ומאחר שחלקו הפונה אלינו חשוך כולו, איננו מסוגלים לראותו ביום זה.

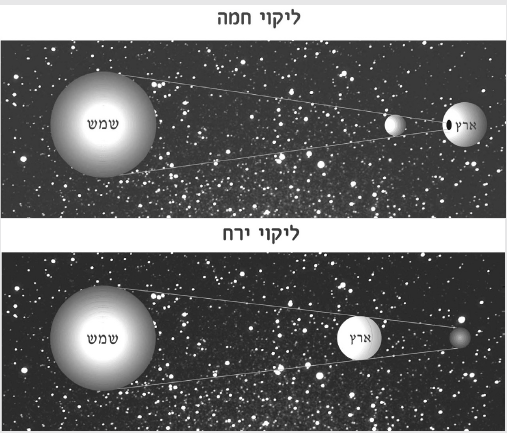
מופעי הירח היוו תמיד מקור לאגדות ולסיפורים בתרבויות שונות. לדוגמה, אגדה סינית עתיקה מספרת כי מדי חודש בחודשו דרקון ענק בולע לאיטו את הירח ולאחר-מכן שב ופולט אותו מפיו, וזה ההסבר לתהליך "היעלמותו" ו"חזרתו".

**ליקוי חמה וליקוי ירח**

הירח בדרך כלל אינו מסתיר מעינינו את השמש. זאת, מכיוון שמישור ההקפה של הירח סביב כדור הארץ נטוי ב-°5 ביחס למישור ההקפה של כדור הארץ סביב השמש. הודות לנטייה זו הירח נמצא על פי רוב "מעל" או "מתחת" לאזור שבו עשוי להתקבל ליקוי.

למרות זאת, מדי תקופה קורה שהירח מסתיר את השמש מאזור קטן על פני כדור הארץ. מצב זה, שבו השמש "מוסתרת" על ידי הירח, נקרא "**ליקוי חמה**", והוא נמשך לכל-היותר 12 דקות. ליקוי חמה יכול להתרחש רק סמוך מאוד למולד הירח (כלומר, בסוף חודש או בראש חודש).

קיים גם מצב שבו הירח מוסתר מהשמש על ידי כדור הארץ. מצב זה נקרא "**ליקוי ירח**", והוא עשוי להתרחש רק באמצע החודש, כאשר הירח נראה במילואו. ביום זה הירח, כדור הארץ והשמש מצויים לעיתים על קו ישר. מצב זה נמשך כשעתיים, וניתן לצפות בו כמעט מכל מקום על פני כדור הארץ ששורר בו לילה בזמן הליקוי. בשעת ליקוי הירח נראה בדרך-כלל בצבע אדום כהה.



1. יש הטוענים שרעיון זה הועלה כבר על ידי הפילוסוף היווני אריסתרכוס (Aristarchus) במאה השלישית לפני הספירה. [↑](#footnote-ref-1)