קואורדינטות שמימיות – הירח ותנועתו

לקריאה משלימה ולתרגולים

פרק זה מבוסס על פרק ג' בספר
מדריך להכרת השמים, ד"ר יגאל פת-אל, הוצאת קוסמוס טלסקופים
http://cosmos.co.il/wfile/catalog/books.htm

פרקי תרגול לפרק זה מצויים באתר זה בפרקי מבוא ובתרגולים למורים:
http://education.org.il/edication/lab_edu.htm

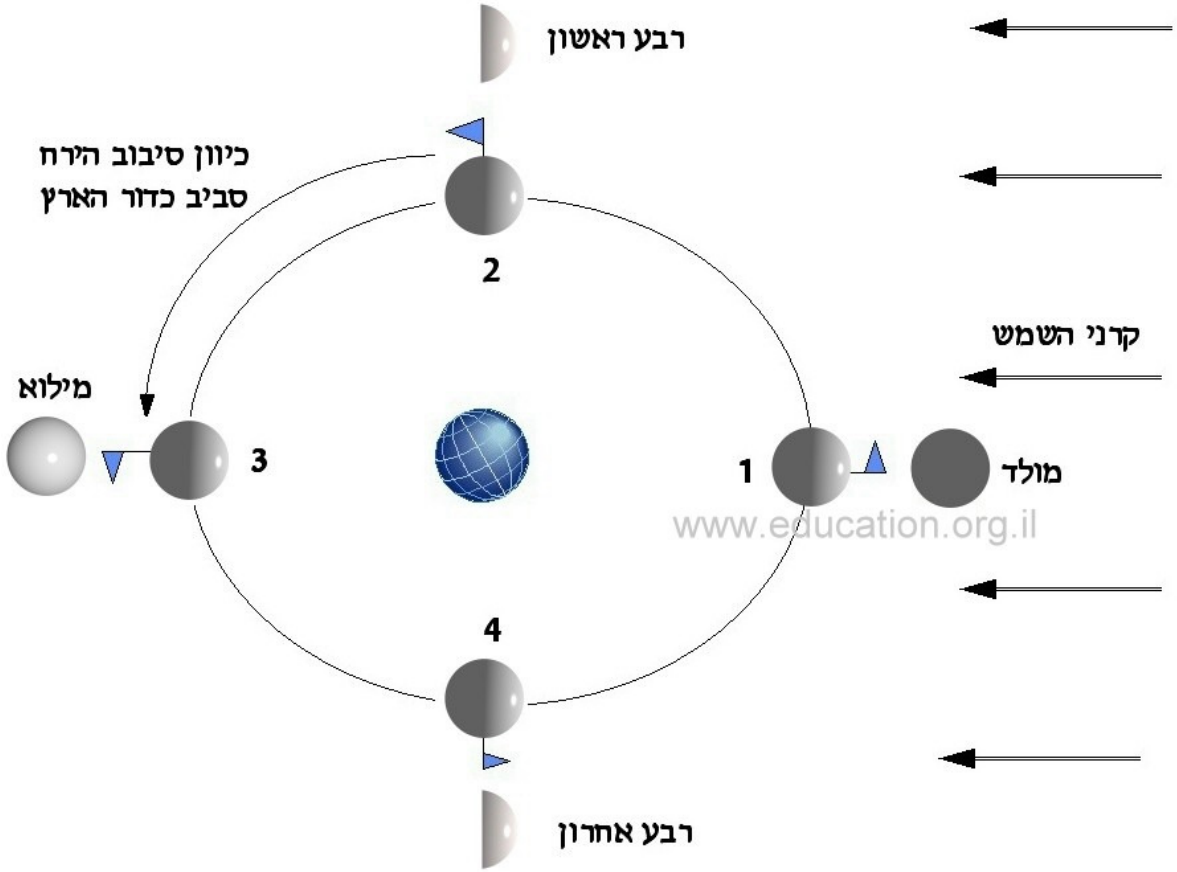
הגדרות החודש

החודש הוא פרק זמן מחזורי המבוסס על תנועת הירח ביחס לכדור הארץ והשמש

החודש העברי מבוסס על מופעי הירח

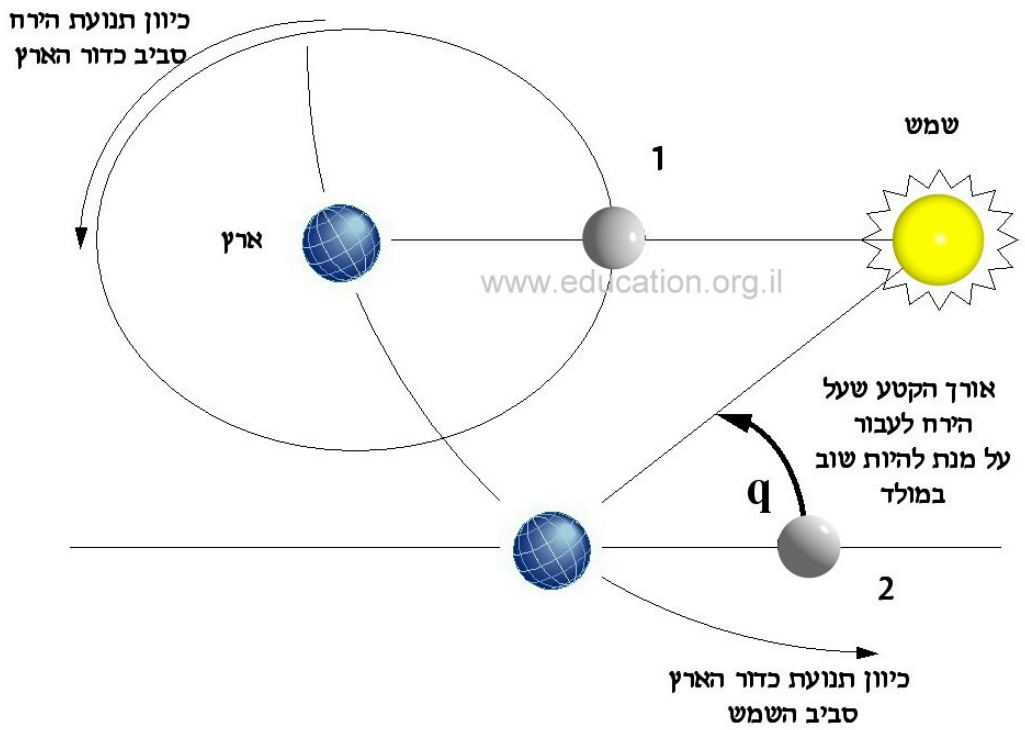
מופעי הירח

- מופעי הירח הם אחוז החלק במואר של הירח הנראה לכדור הארץ ותלוי בזווית שבין השמש, הירח והצופה



החודש הסידרי והסינודי

כיוון שבעת שהירח משלים הקפה שלמה סביב כדור הארץ, עבר כדור הארץ באותו זמן חלק של מסלולו סביב השמש.



לכן, משך הזמן ממולד למולד אינו זהה למשך הזמן בו הוא מקיף את כדור הארץ ולכן נדרש לירח לעבור את הקטע q כדי להגיע שוב למולד(קו אחד עם כדור הארץ והשמש)

$$\frac{27.32166}{365.2422} = 0.07480$$

החודש הסינודי

פרק זמן זה מגדיר האת מחזור המופעים של הירח והוא תלוי במיקום ההדדי של הירח, כדור הארץ והשמש, והוא פרק הזמן החולף בין שני מולדים עוקבים של הירח

אורכו של החודש הסינודי הוא 29.53059 ימים ועליו מבוסס הלוח העברי וכל לוח האחר המבוסס על הירח (המוסלמי, לדוגמה).

החודש הסידרלי

זהו פרק הזמן בו משלים הירח הקפה שלמה סביב כדור הארץ

הוא נמדד ביחס לכוכבים המצויים כה רחוק שאפשר להתייחס אליהם כגרמי שמים המצויים באינסוף

אורכו של החודש הסידראלי 27.32166 ימים והוא קצר מהחודש הסינודי בגלל תנועת כדור הארץ סביב השמש בפרק זמן זה המחייבת את הירח לנוע קטע נוסף במסלולו כדי להגיע שוב למולד

קו הקשרים

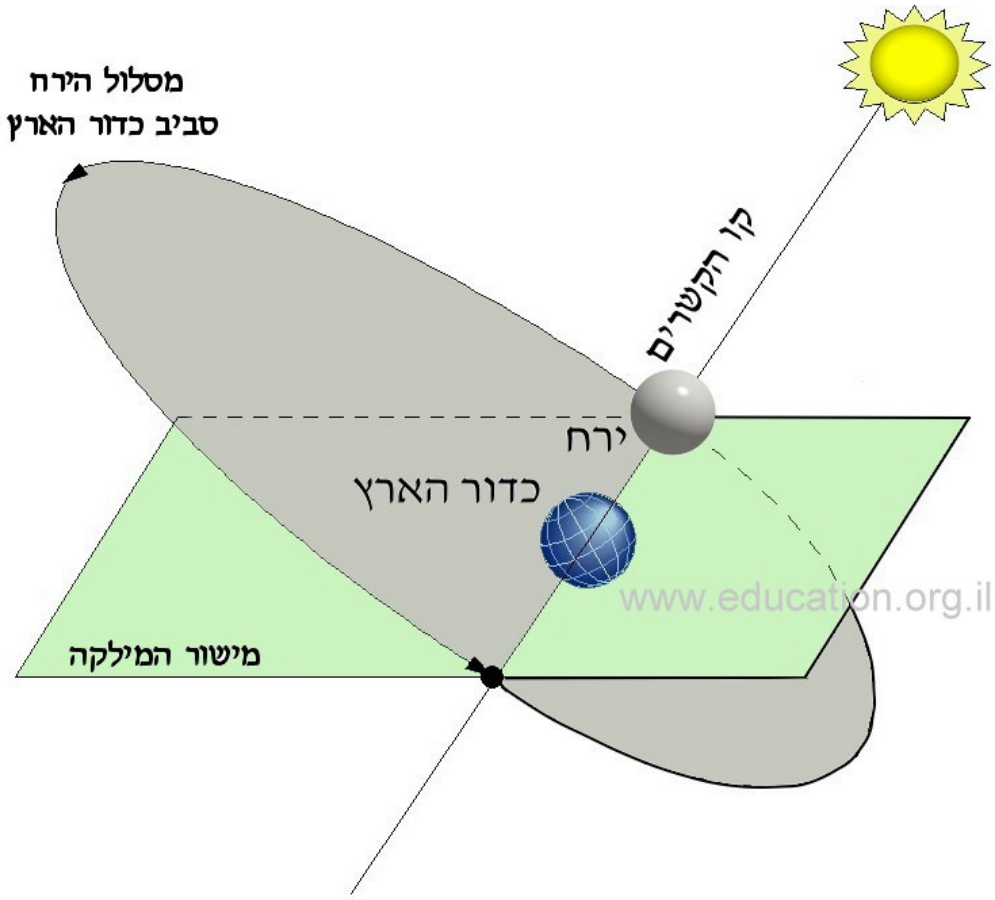
הגדרה – קו החיתוך של מסלול
גרם שמים עם מישור המילקה

קשר עולה – כאשר גרם השמים חוצה את
מישור המילקה מדרום לצפון

קשר יורד – כאשר גרם השמים חוצה את
מישור המילקה מצפון לדרום

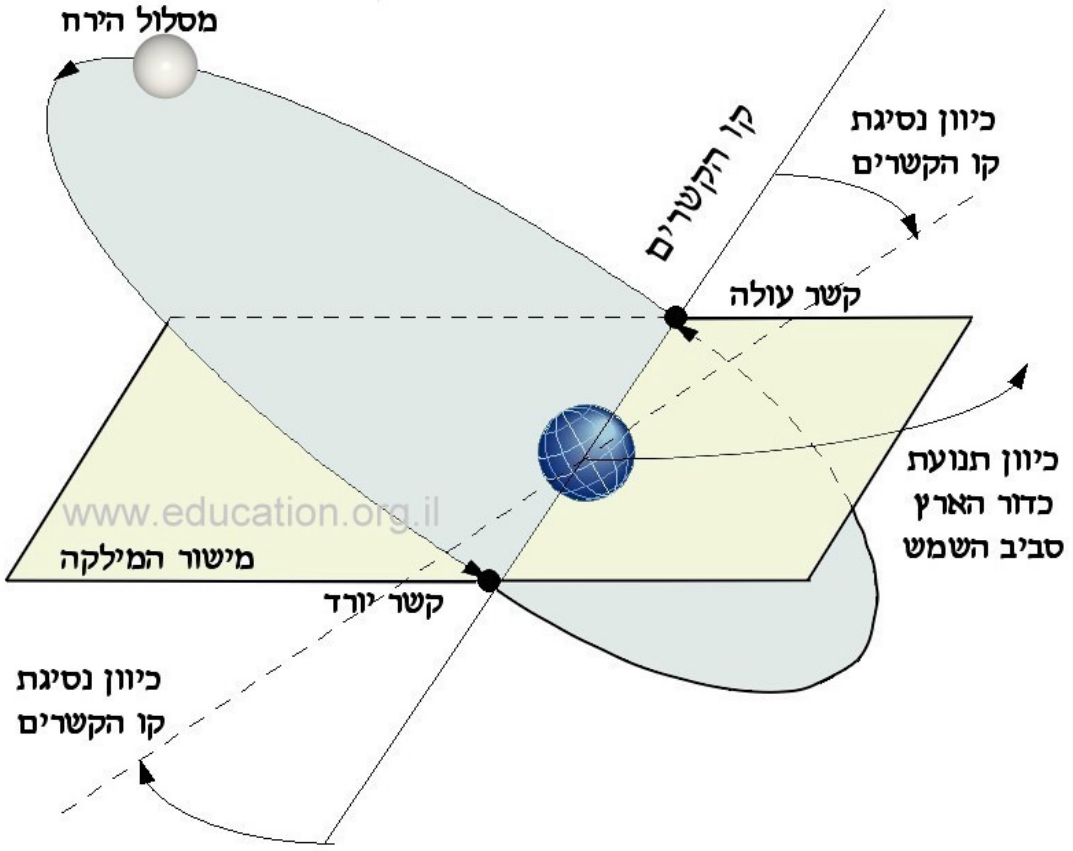
קשרים עולים ויורדים במסלול הירח

- קו הקשרים הוא הקו המחבר את הנקודות בהן הירח מצוי על מישור המילקה.



נסיגת קו הקשרים של הירח

- בשל השפעת הכבידה של השמש, קו הקשרים נע מערבה ולכן הירח מקדים להגיע לנקודת הקשר של מסלולו בטרם ישלים הקפה שלמה סביב כדור הארץ



תוצאות נסיגת קו הקשרים

המעבר בין שני קשרים עולים עוקבים יהיה קצר מהחודש הסידרלי.

פרק הזמן החולף בין שני מעברים בקשר העולה קרוי: חודש דרקוני

זמן המחזור של סיבוב קו הקשרים הוא 18.6 שנים

אורכו של החודש הדרקוני קצר, לפיכך, ב-0.1904 ימים מהחודש הסידרלי ואורכו 27.21222 ימים

קו האפסידים

הקו המחבר את הנקודות על מסלול קפלראיני של גוף
בהן הוא קרוב ביותר (פריאפסיס) ורחוק ביותר (אפאפסיס) לגוף המרכזי

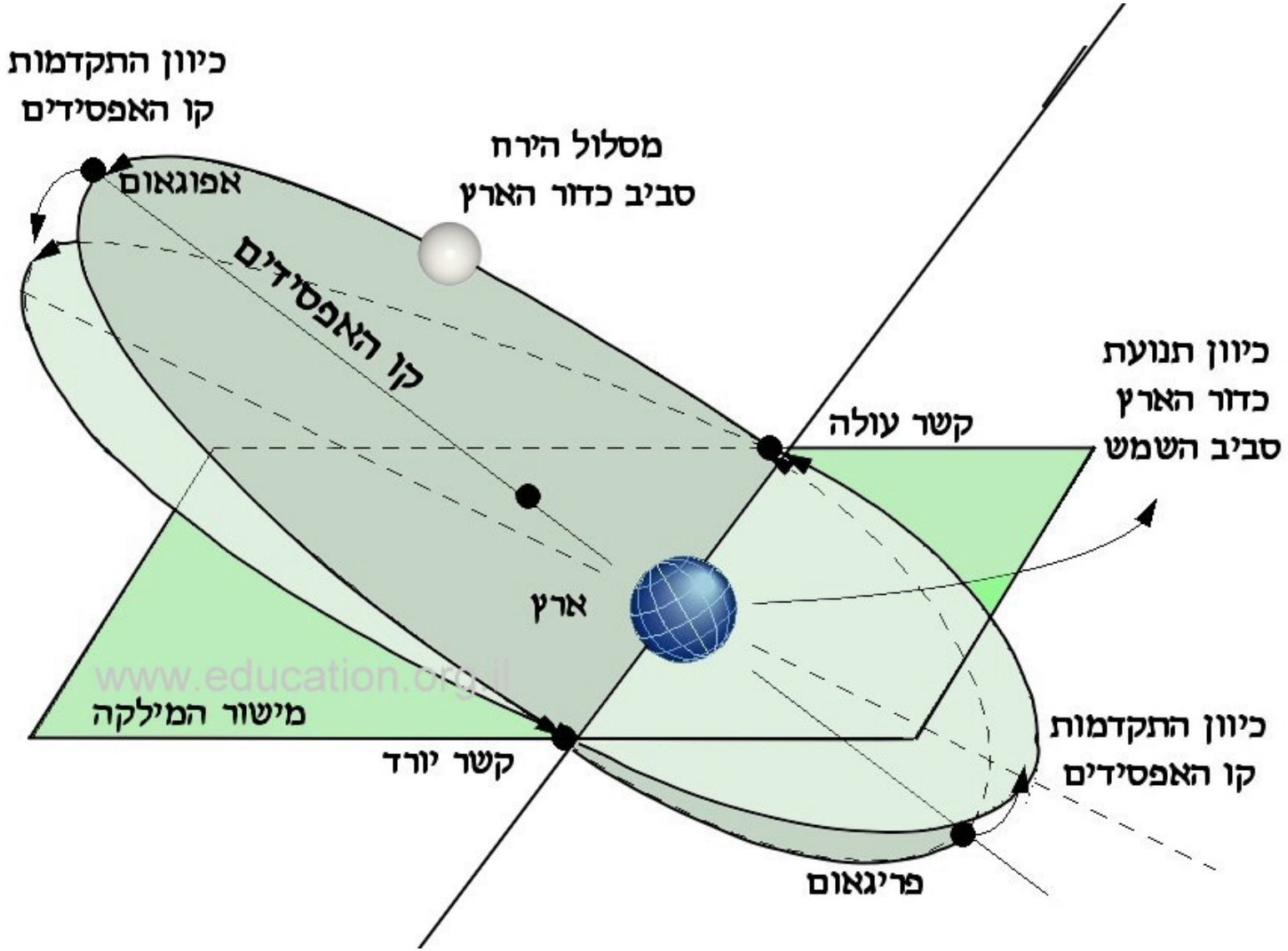
הציר הארוך של האליפסה

במערכת של הירח כדור הארץ – פריגאום, אפגאום

במסלול סביב השמש – פריהליון, אפהליון

קו האפסידים של הירח סביב כדור הארץ מתקדם לכיוון מזרח

נסיגת קו הקשרים והתקדמות קו האפסידים



תוצאות התקדמות קו האפסידים

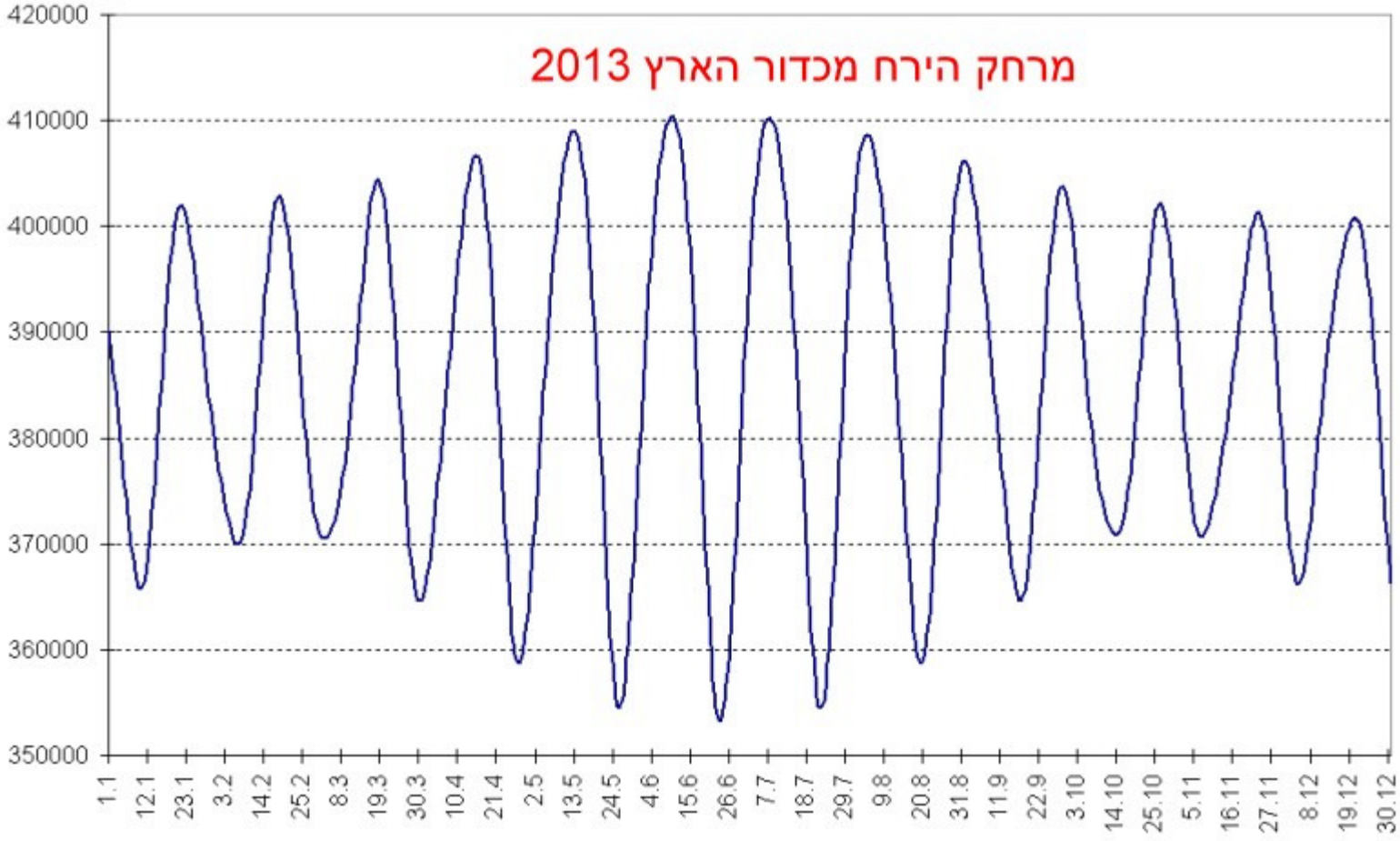
מחזור התקדמות שלם של קו האפסידים הוא 8.85 שנים

לכן, הירח מאחר להגיע לנקודת הפריגאום במסלולו ב-0.232389 ימים

ולכן, פרק הזמן בין שני מעברים עוקבים של
הירח בנקודת הפריגאום הוא 27.55455 ימים
ונקרא – חודש אנומליסטי

אווקציה Evection

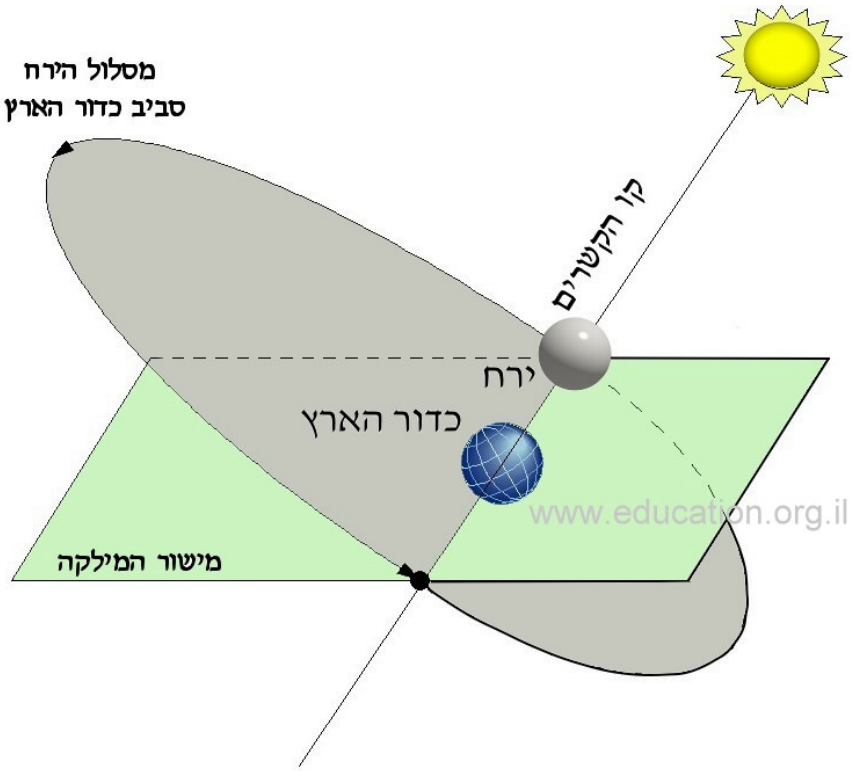
בהשפעת כבידת השמש, משתנה שיעור האקסצנטריות
של מסלול הירח סביב כדור הארץ במחזור של 31.807 ימים



ליקויים

ליקוי מוגדר כמצב שבו

- הירח מסתיר את השמש לגבי צופה מכדור הארץ (ליקוי חמה)
- כאשר כדור הארץ מסתיר את השמש מהירח (ליקוי לבנה)
- כיוון שכך, ליקויים חלים רק כאשר הירח מצוי על (או סמוך) לקשרים במסלולו

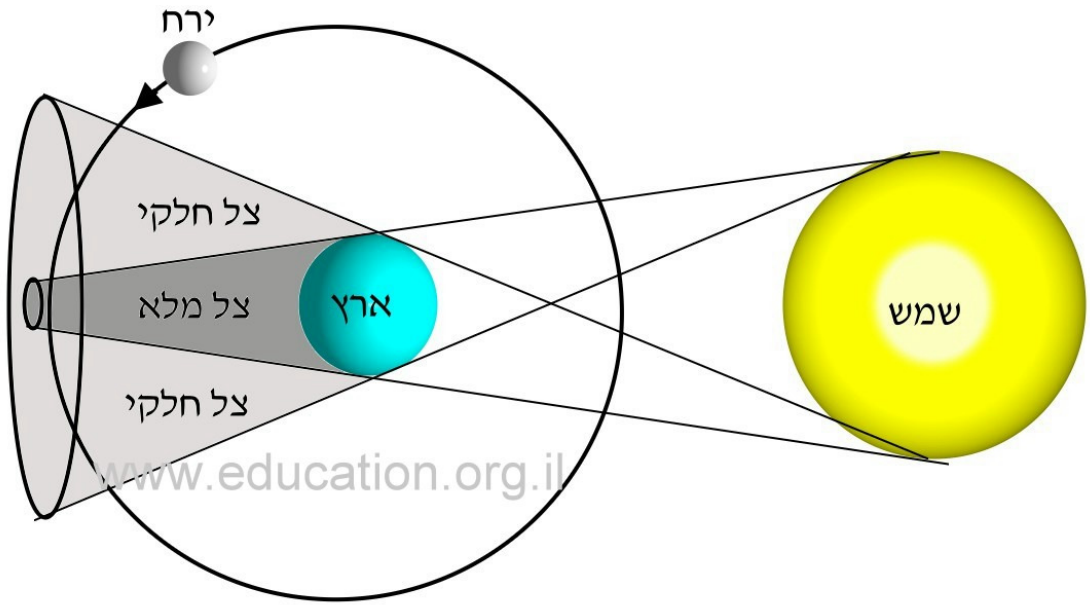


ליקויי לבנה

כאשר כדור הארץ מסתיר את הירח מאור השמש.

כיוון שהירח מקבל את אורו מהשמש, במקרה זה נמנע ממנו אורה של השמש והוא לוקה.

לכן, בעת ליקוי לבנה, כל מי שרואה את הירח מעל האופק יבחין בליקוי ללא קשר למיקומו באיור מלמטה אפשר לראות שיש אזורים בהם רק חלק מאור השמש נמנע מהירח



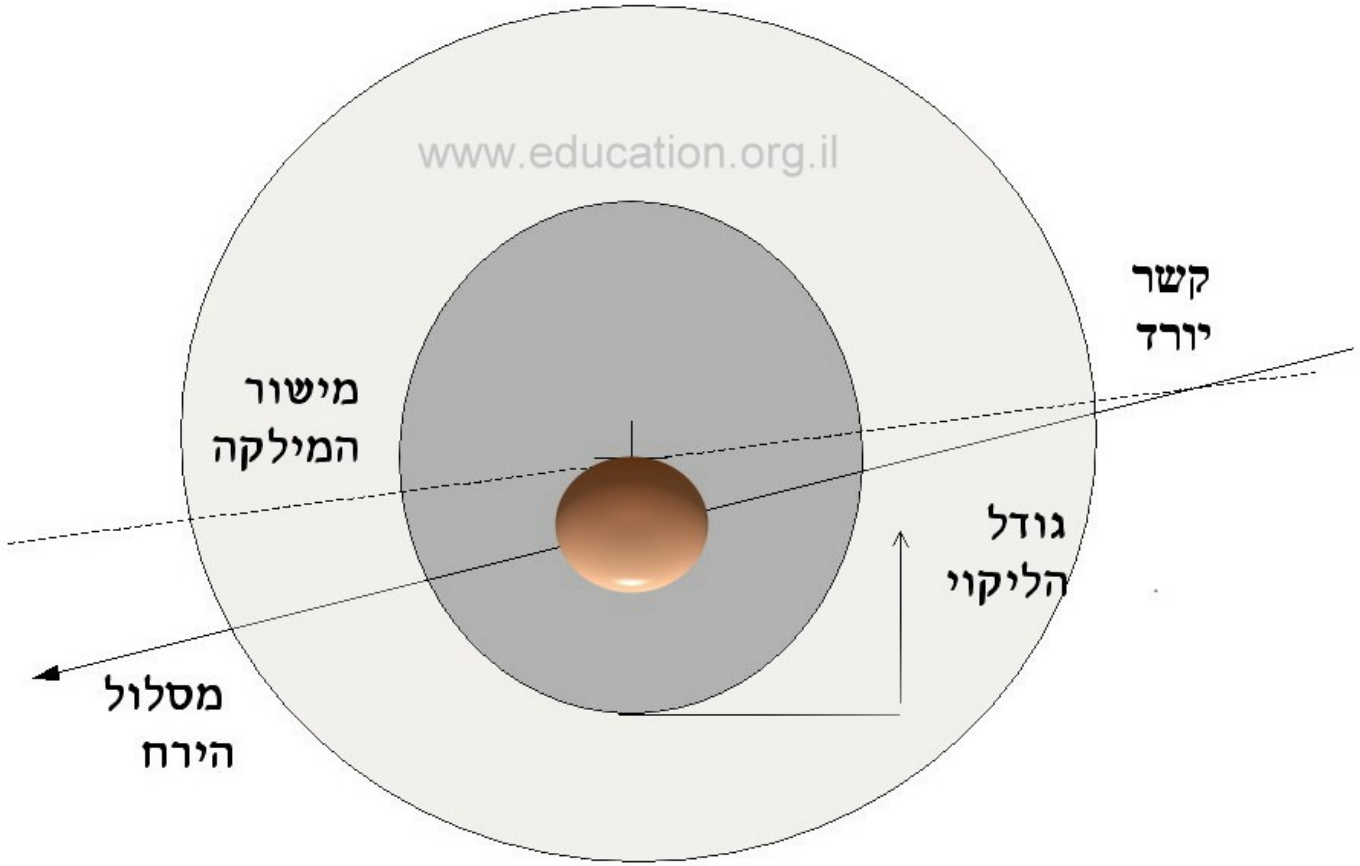
מושגי יסוד בליקויי לבנה

ליקוי מלא – כל הירח נכנס לחרוט הצל המלא

ליקוי חלקי – רק חלק מהירח נכנס לחרוט הצל המלא

ליקוי חצי צל (פנאומברה) – הירח נכנס רק לצל החלקי

חרוט הצל של כדור הארץ



שכיחות הליקויים

הנחות יסוד

הירח, כדור הארץ והשמש אינם גופים נקודתיים. לכן, ליקויים יכולים לחול גם כאשר הירח מצוי סמוך לקשר של מסלולו

המרחקים לירח ולשמש הם סופיים

יש פרלקסה הן לירח והן לשמש הנובעת משינוי מיקומם על פני כיפת השמים בהתאם למיקום הצופה על כדור הארץ

ליקוי ירח מלא – השפעה אטמוספירית

כיוון שלכדור הארץ יש אטמוספירה, חלק מקרני השמש חודר דרך האטמוספירה אל תוך חרוט הצל.

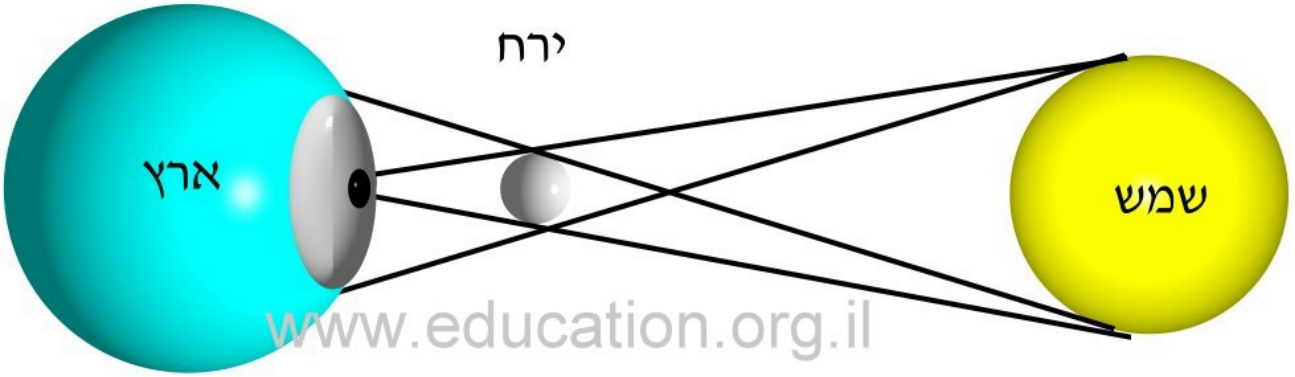
כיוון שקרנים אדומות חודרות ביתר יעילות את האטמוספירה, ככל שהירח עמוק יותר בחרוט הצל, צבעו יהיה אדום יותר

בציור משמאל, הכיוון למרכז חרוט הצל הוא למעלה. כיוון ששולי הצל מצויים בכיוון למטה, אפשר לראות גם קרנים צהובות שהצליחו לחדור לשולי הצל.

ליקוי חמה

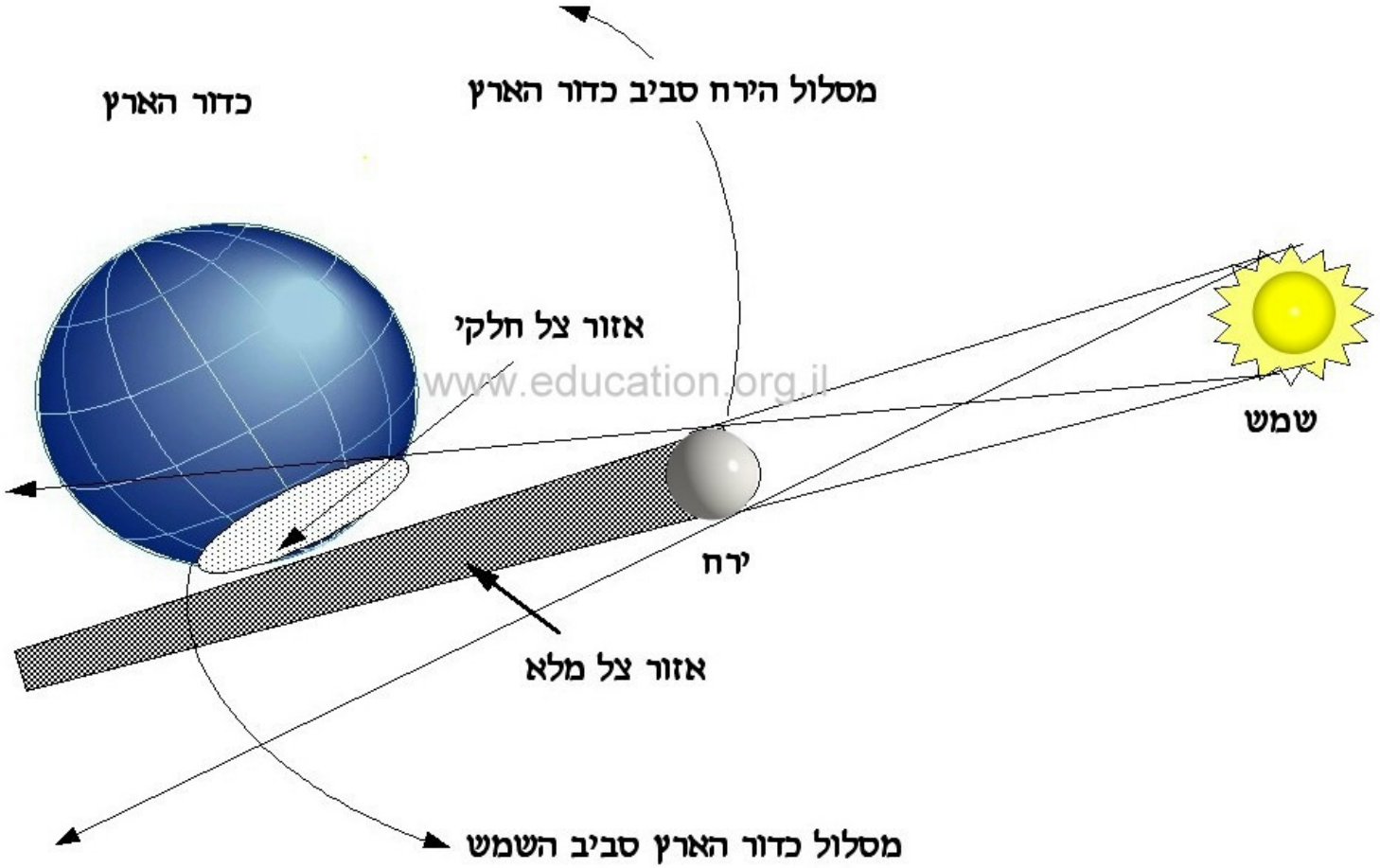
כאשר הירח מסתיר את השמש מאיזור מסוים בכדור הארץ.

בניגוד לליקוי לבנה, ליקוי חמה ייראה רק לצופה שמצוי באיזור המוסתר



ליקוי חמה חלקי

הירח מצוי מעל או מתחת למישור המילקה במידה כזו, שרק חלק מחרוט הצל שהוא מטיל פוגע בכדור הארץ



מושגי יסוד בליקויי חמה

ליקוי מלא – הירח מסתיר את כל דיסקת השמש

ליקוי חלקי – הירח מסתיר חלק מדיסקת השמש

ליקוי טבעתי – הירח אינו מכסה את כל דיסקת השמש
(כאשר הוא קרוב לאפגאום והשמש קרובה לפריהליון)

ליקוי היברידי – כאשר בו יש ליקוי מלא וטבעתי

מחזור הסארוס

כדי שיתקיים ליקוי, נדרשים שני תנאים

להיות סמוך למולד (ליקוי חמה) או למילוא (ליקוי ירח)

הירח חייב להיות סמוך לנקודת הקשרים של מסלולו

בגלל נסיגת קו הקשרים, המחזור הסינודי אינו מנבא
שני ליקויים עוקבים ולכן נדרשת מכפלה של מחזור סינודי
במחזור דרקוני

$$29.5306x223 = 242x27.21222 = 6583.32d = 18y11d$$

במחזור סארוס כ-72 ליקויים בממוצע

היחס בין שכיחויות ליקויי חמה ולבנה

ליקויי ירח יכולים להתרחש במרחק של 12.25 מעלות מהקשרים

ליקויי חמה יכולים להתרחש במרחק של 18.5 מעלות מהקשרים

לכן, היחס בין ליקויי חמה ללבנה (לא כולל ליקוי חצי צל) הוא

$$\frac{18.5}{12.15} \cong 1.5$$

בשנה יש מינימום שני ליקויים (שניהם חמה) ומקסימום 7 ליקויים שרובם ליקויי לבנה

נוטציה

שינוי בכיוון ציר הסיבוב של כדור הארץ בהשפעת הירח

מחזוריות - אחת ל-18.6 שנים, גודל השינוי "9 -/+

ליברציות

"נדנוד" של הירח שבעטיו אנו רואים יותר מאשר מחצית פני הירח

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lunar_libration_with_phase_Oct_2007.gif

ליברציות – הבליוס 1645

הבליוס הבחין כבר בשנת 1645בהשפעת הליברציה על אפשרות לראות פרטים מעבר לשולי חצי כדור הירח המופנה אלינו.

ליברציות גיאומטריות

נגרמות כתוצאה מכך כשאנו מביטים על הירח מכיוונים שונים

ליברציות רוחביות

אלה נגרמות מהעובדה כי קו המשווה של הירח נוטה בזווית יחסית למישור הקפתו את הארץ. עקב כך, אנו מצויים במשך החודש פעם 'מעליו' ופעם 'מתחתיו' של הירח, ולפיכך, ניתן לראות מעט מעברו של כל קוטב מקוטבי הירח.

ליברציות אורכיות

הליברציות האורכיות הן בעלות השיעור הגדול ביותר מבין הליברציות והן נובעות מהעובדה כי צורתו מסלול הירח אליפטית, ועקב כך מהירותו לאורך מסלולו אינה אחידה. בעת שהירח קרוב לכדור הארץ, הוא נע מהר יותר מאשר הוא נע כשהוא רחוק יותר, כל זאת כאשר מהירות הסיבוב של הירח סביב צירו היא אחידה. עקב כך, אפשר לראות עד 7°45’ לסירוגין מעבר לשוליו המזרחיים והמערביים של הירח.

ליברציות יומיות

ליברציות אלה נובעות מהעובדה, כי המרחק בין שתי נקודות על פני כדור הארץ, יחסית למרחק הירח קטן. לפיכך, צופה המביט על הירח משתי נקודות שונות במשך היום, כתוצאה מסיבוב כדור הארץ סביב צירו, יזכה לראות מעט מעבר לשולי הירח.

ליברציות פיזיקליות

הליברציות הפיזיקליות משתייכות לסוג השני של ליברציות, אלה הנגרמות כתוצאה מהשפעת הכבידה של כדור הארץ על הירח, שצורתו אינה כדור מושלם. עקב כך, מיטלטל הירח במסלולו מצד לצד בשיעור הקטן משתי דקות קשת, ואנו זוכים להבחין בשטח קטן נוסף של כדקת קשת ומחצה מעבר לשולי הירח. הליברציות הפיזיקליות מאפשרות לנו למדוד, בדיוק יחסי, את התפלגות המסה בתוך הירח.