הירח

הפרק מיועד לתלמידים בכל הרמות ולמורים

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

הירח שלנו

הירח הוא הלווין הטבעי של כדור הארץ.

הירח – מבנה ומאפיינים

- חסר אטמוספירה
- סלעי
- אין מים נוזליים
- אין שדה מגנטי
- יש הבדל בתצורות הנוף בין חצי הכדור הפונה לכדור הארץ לחצי השני

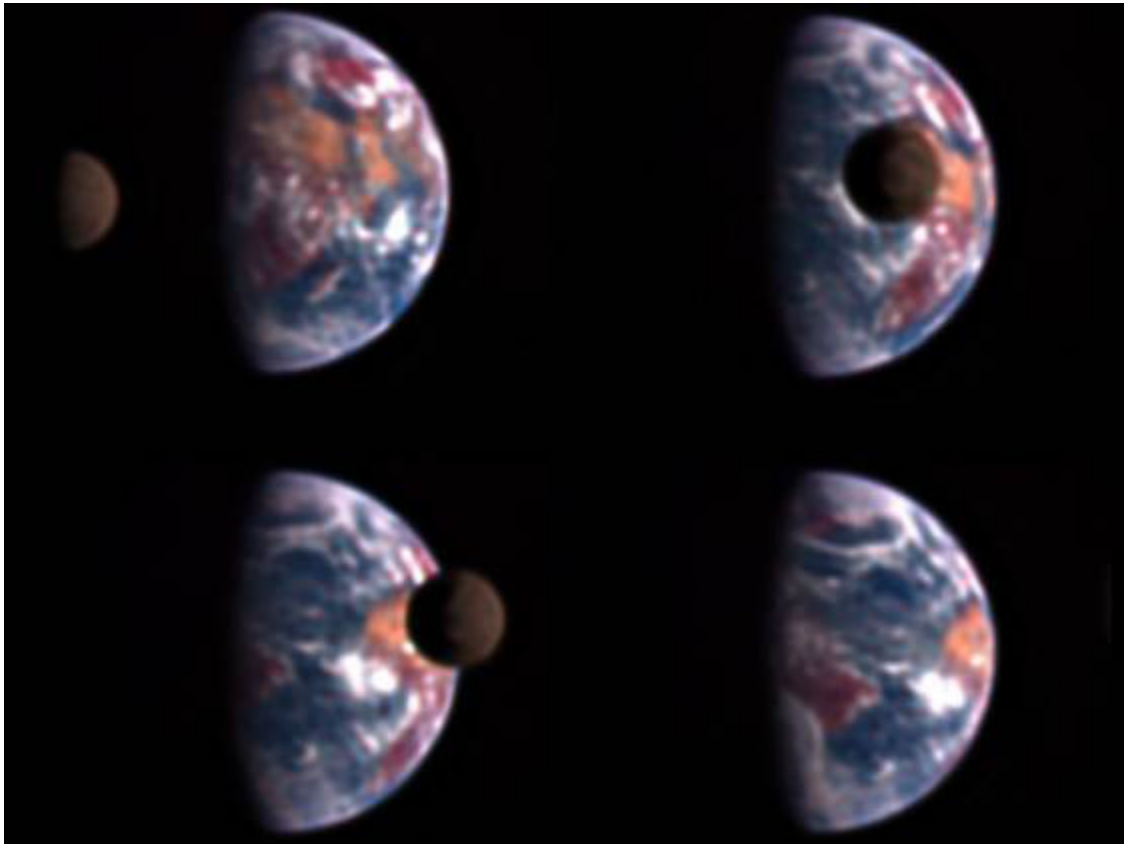
הירח – מאפיינים פיזיקליים

- רדיוס – 1738 ק"מ
- צפיפות – 3.35 גרם לסמ"ק
- מהירות בריחה (קו המשווה) – 2.38 ק"מ לשנייה
- תאוצת כובד (קו המשווה) – 1.6 מטר לשנייה^2

- אלבדו גיאומטרי (החזר אור) 0.136

מעבר של הירח על פני כדור הארץ

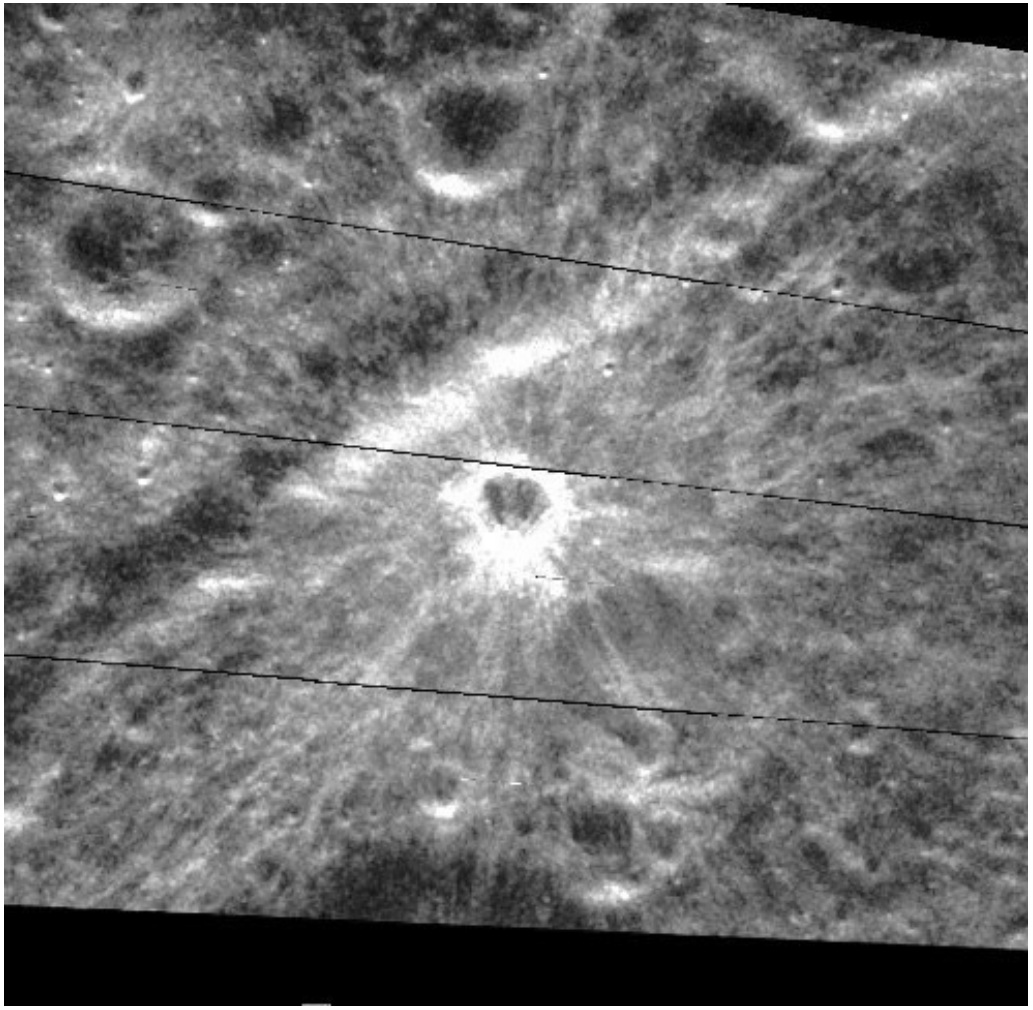
ההבדל בין הפרש הגדלים והאלבדו (היחס בין קרני האור הנופלות על הגוף לאלה המוחזרות ממנו) נראה היטב בעת צילום מעבר של הירח על פני כדור הארץ. צולם על ידי החללית Deep Impact, NASA



הירח – תוואי נוף עיקריים

- מכתשי פגיעה של מטאוריטים בירח. שכיחים מאוד מכל תקופות הגיל עקב אי-בלייה כתוצאה מהיעדר אטמוספירה והעדר פעילות טקטונית מאוחרת. CREDIT -NASA

מכתש טרי

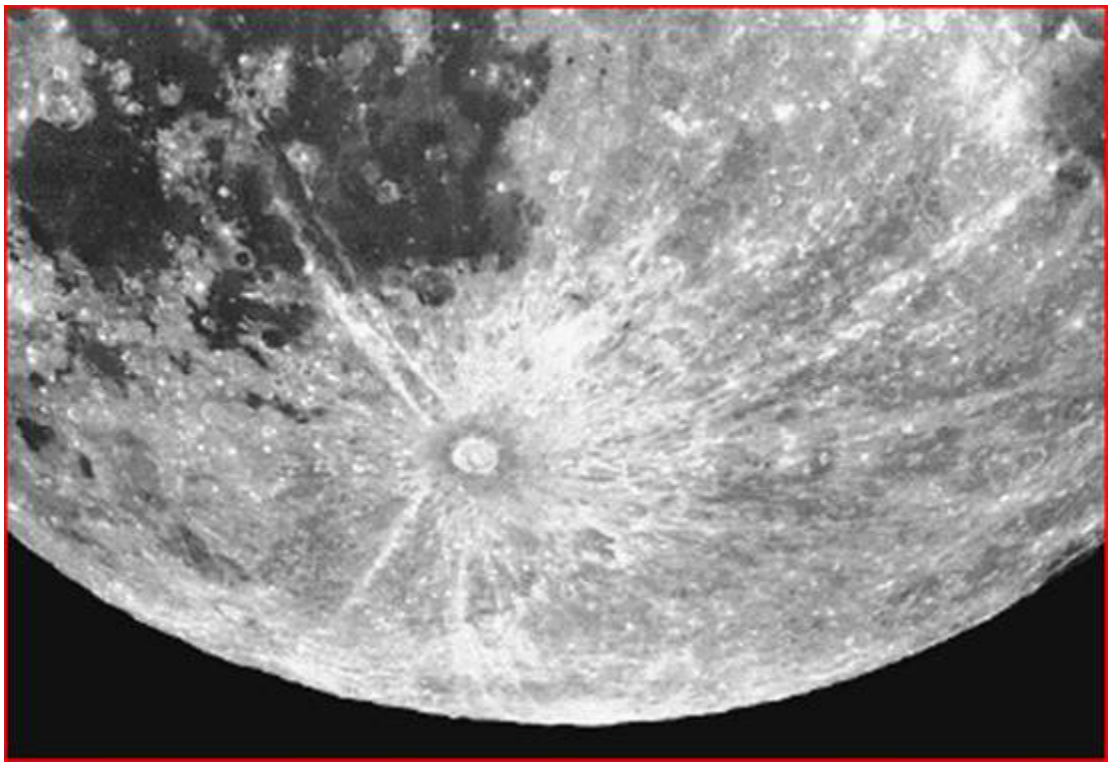


CREDIT -NASA

אנו יודעים כי מכתש הינו טרי לפי הנתונים הבאים:

- המכתש מצוי בתוך צורורת נוף עתיקות יותר (כגון מכתשים מוקדמים יותר
- המכתש בהיר יותר, כיוון שבהיווצרותו, החומר הכהה המצוי על קרקע הירח מועף ומגלה חומר בהיר יותר מתחת
- עדיין אפשר לראות את הפסים הנמשכים מהמכתש שנוצרו בעת היווצרותו

מכתשים – פסים רדיאליים



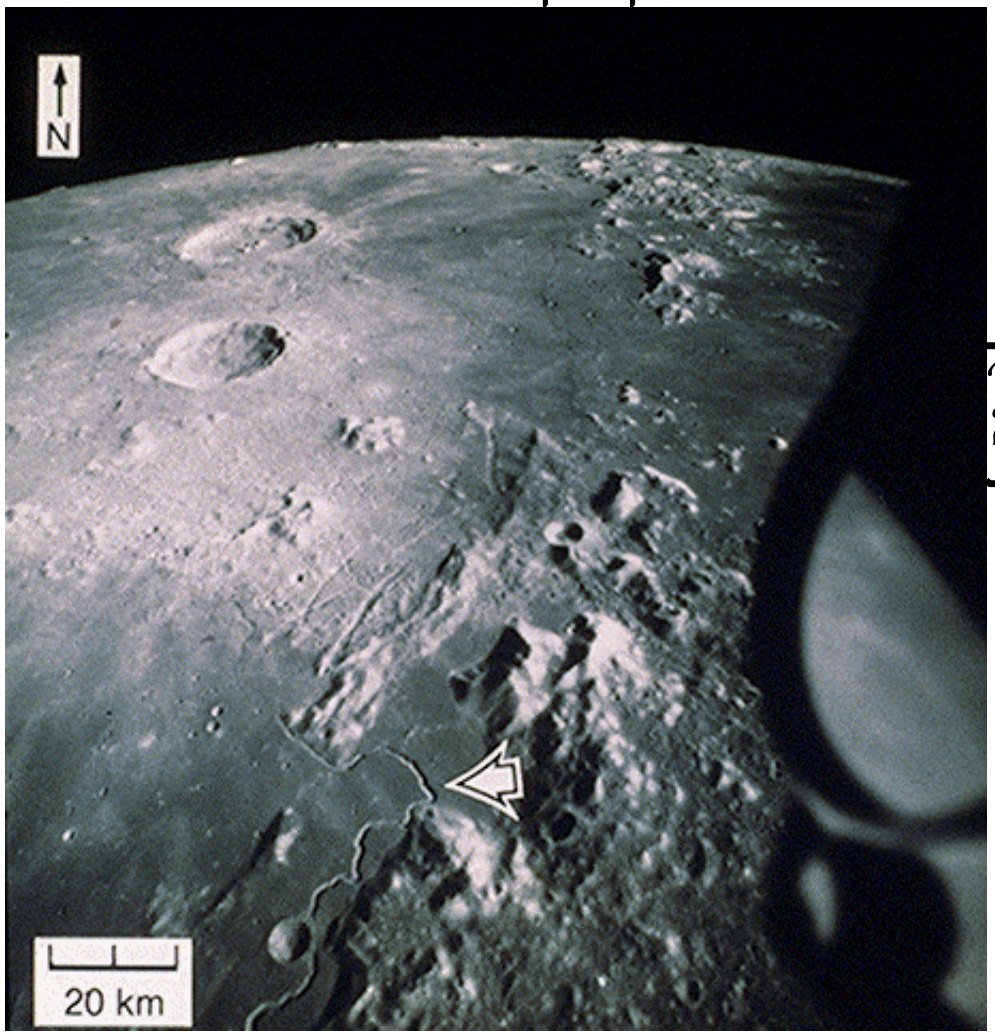
אלה פסים שנוצרו בעת פגיעת המטאוריט. בעת היווצרות המכתש הועף חומר רב, בין היתר מקביל לפני הקרקע ויצר את הפסים הבהירים. צילום: NASA, HST

הירח – רמות וימות

CREDIT: NASA, HST

שתי צורות נוף בסיסיות של פני הירח – ימות שבסיסן חומר כהה – לבה כתוצאה מפעילות וולקנית. ורמות – אזורים מוגבהים. הימות מאוחרות יותר. הקרקע של הימות ענייה יחסית במכתשי פגיעה.

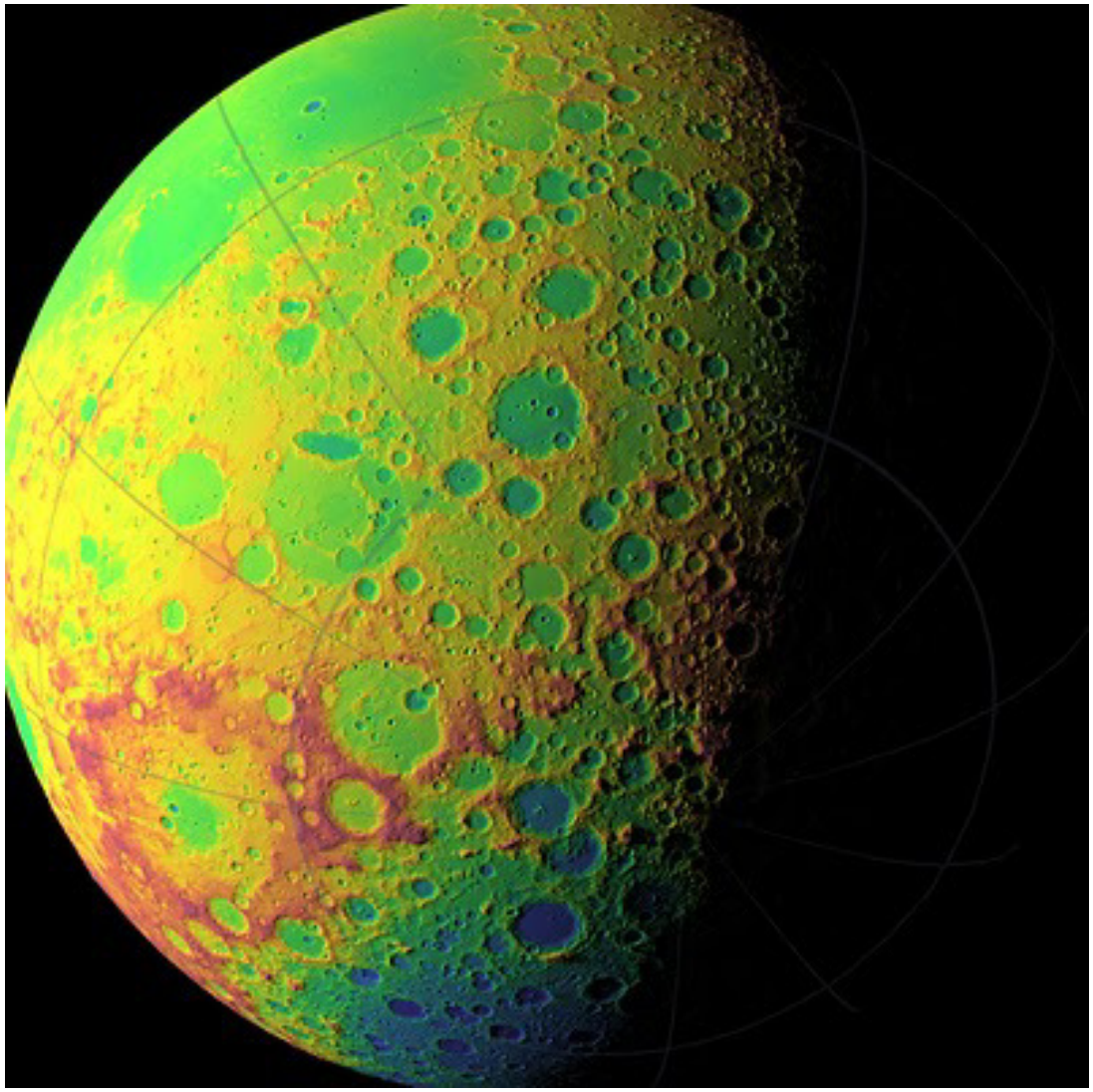
הירח – הרים ונקיקים



על הירח שרשרות הרים בולטות המתנשאות לגובה של קרוב ל-6000 מטרים והנקודה הגבוהה ביותר על פניו מצויה בגובה של קרוב ל-12000 מטרים – גובה העולה על זה של ההרים בכדור הארץ.

CREDIT: NASA, Appolo

הירח – מפה טופוגרפית של הצד המוסתר

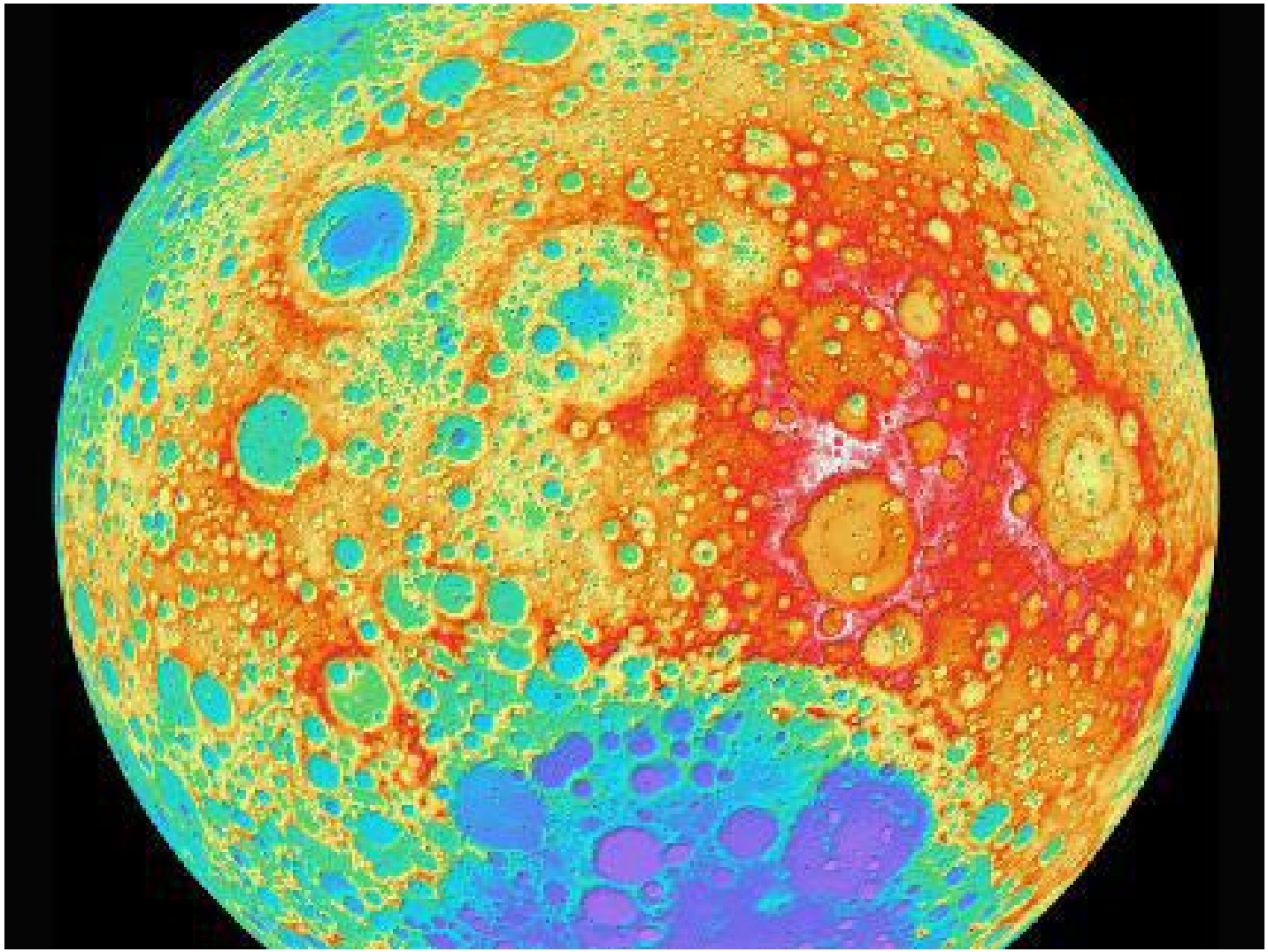


מפה טופורגרפית – ימות, מכתשים ורמות. הצד ה"מוסתר". מאופיין בהיעדר ימות ובהיעדר רמות גדולות.

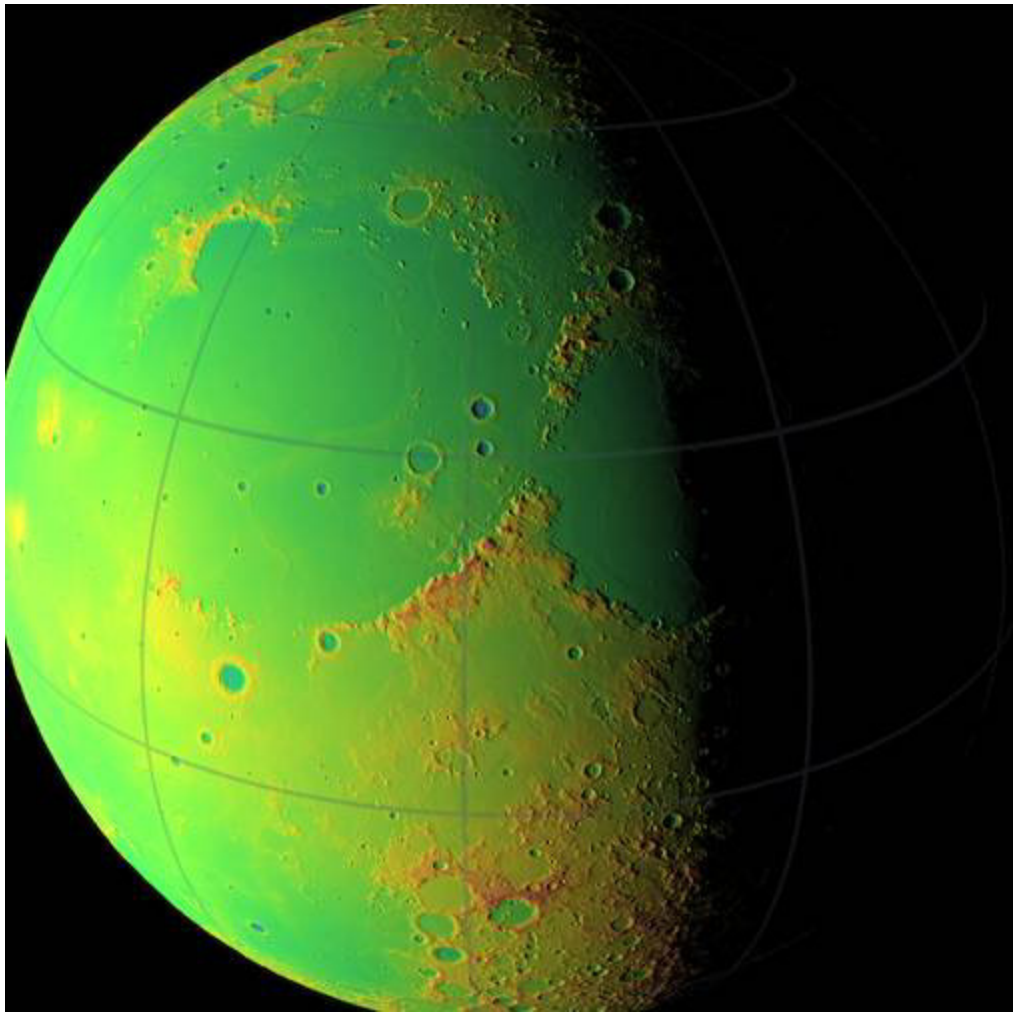
צילום NASA, LRO

הירח – טופוגרפיה – הצד ה"מוסתר"

NASA, LRO



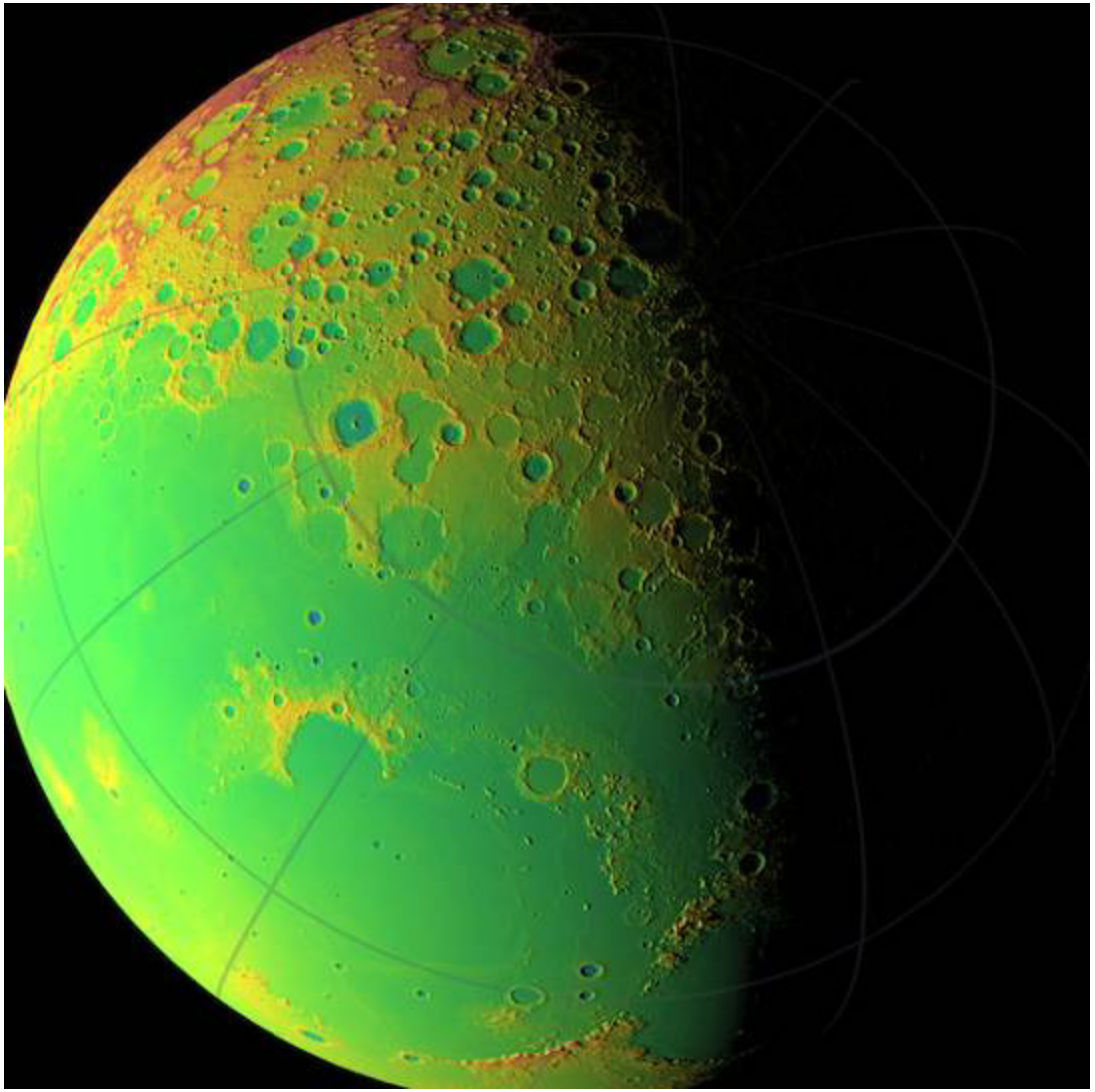
הירח – הצד הפונה לכדור הארץ



הצד הפונה לכדור הארץ עתיר בימות גדולות על לבה ובשרשרות הרים ארוכות התוחמות את אזורי הימות. מעיד על פעילות וולקנית אקטיבית יותר בצד הפונה אל כדור הארץ כתוצאה מחימום פני השטח כתוצאה מכוחות גיאות של כדור הארץ. כבגלל כוחות אלה שהופעלו על הירח, סיבוב הירח סביב צירו הואט עד לסיבוב סינכורני (משלים סיבוב סביב כדור הארץ בפרק זמן בו הוא משלים הקפה סביבו)

צילום NASA, LRO

הירח - ימות

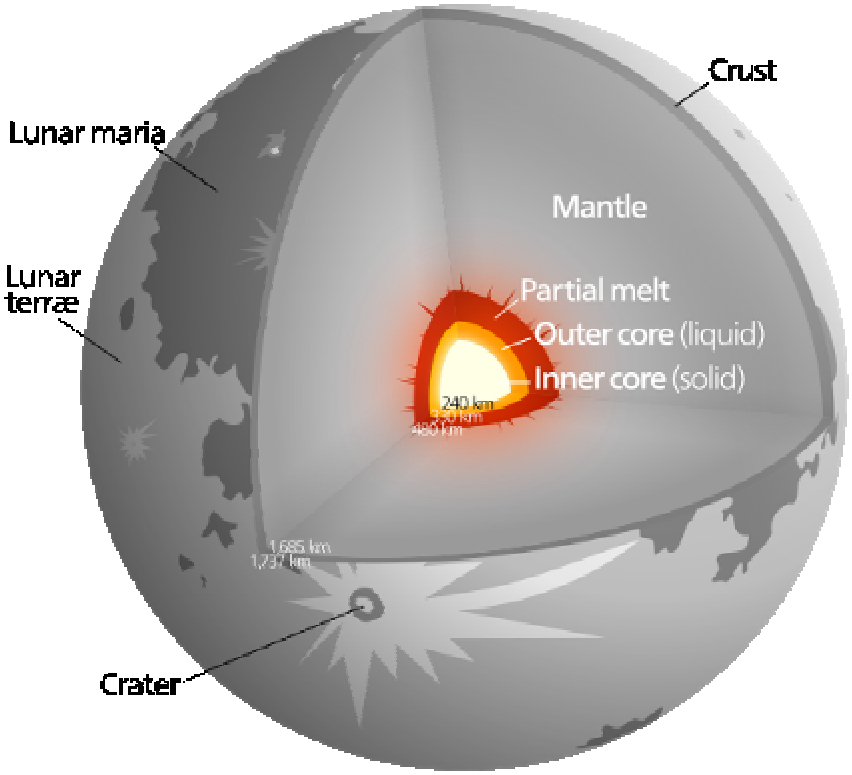


מאפיין בולט בימות הוא שכיחות נמוכה יותר של מכתשי פגיעה ביחס לאזורי הרמות. מעיד על גיל מאוחר יותר של הימות ופעילות וולקנית מאוחרת שמילאה את הימות בלבה.

צילום NASA, LRO

מבנה פנימי של הירח

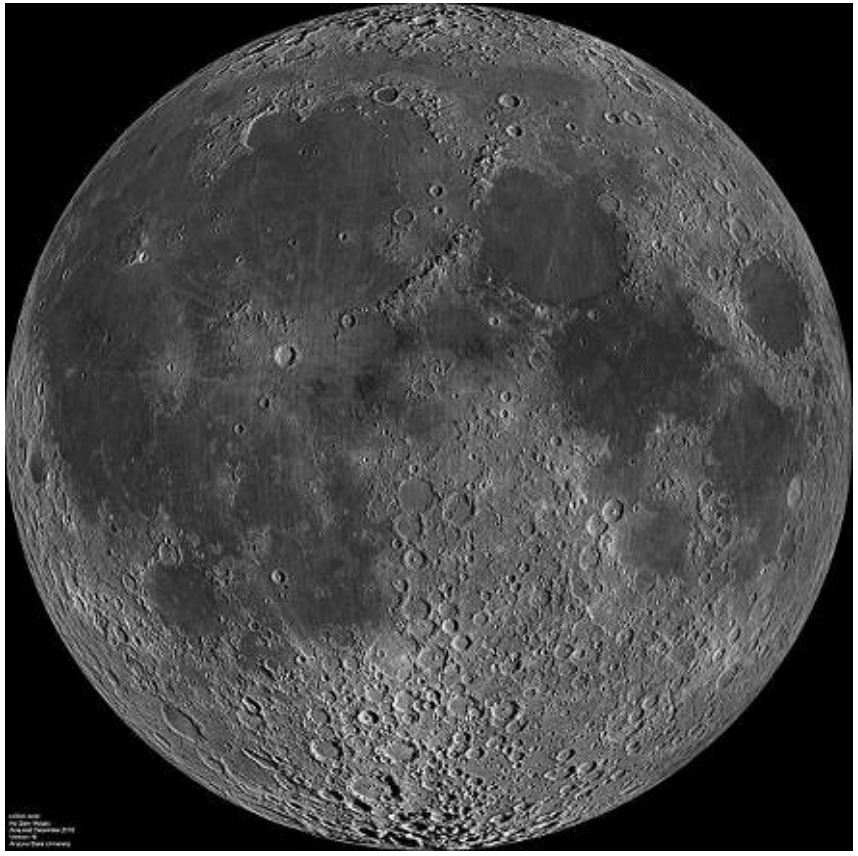
המבנה הפנימי של הירח הוא בעיקרו ליבה קטנה מוצקה, שמסביבה שתי שכבות דקות של שכבה נוזלית ומותכת. רוב נפח הירח הוא שכבה מוצקה המגיעה עד לקרום הירח.

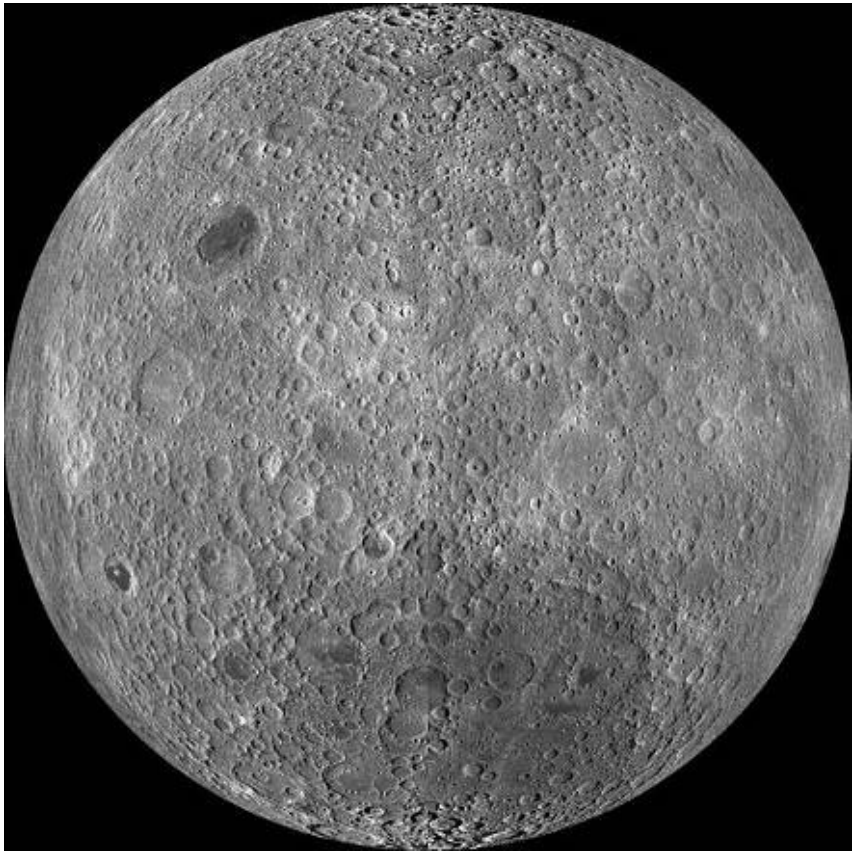


http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/eb/Moon_diagram.svg/646px-Moon_diagram.svg.png

הירח – הבדלים בין שני חצאי הכדור

- ימין – חצי הכדור הפונה הלאה מכדור הארץ. משמאל – חצי הכדור הפונה אל כדור הארץ. ההבדלים ניכרים מיד: חצי הכדור הפונה אל כדור הארץ עשיר בימות כהות, רמות ושרשרות הרים. צילום NASA





http://apod.nasa.gov/apod/ap110303.html ,NASA

ליברציות

"נדנוד" הירח. הירח מפנה אלינו רק צד אחד של פניו, ולכאורה אנו אמורים לראות רק 50% מפניו. בפועל אנו רואים עד 9% נוספים מפני הירח (במצטבר) מהסיבות הבאות:

- מהירותו השונה של הירח סביב כדור הארץ. מאפשרת לראות את הירח בצורה שונה כאשר אנו מקדימים אותו או מפגרים אחריו
- הפרש המיקום של הצופה ביחס לירח
- נטיית מישור הירח ביחס לכדור הארץ, מאפשר לצופה לראות מעבר לקטבי הירח.

סוגי ליברציות

- ליברציות אורכיות

ליברציות בהן אנו רואים קווי אורך נוספים מעבר ל-180 מעלות של הירח (קווי רוחב מערביים ומזרחיים של הירח

- ליברציות רוחביות

ליברציות בהן אנו רואים קווי רוחב נוספים. מעבר לקטבים הדרומי והצפוני של הירח.

השילוב של הליברציות האורכיות והאופקיות גורם לכך שבכל יום אנו נראה מעבר לשולי הירח בנקודה מסוימת, המאופיינת בזווית של הנמדדת מצפון הירח לכיוון מזרח על שוליו. הליברציה היומית תציין את זווית המצב של הליברציה (הנמדדת מהצפון מזרחה על שוליו) וכן את השטח הנצפה מעבר למחצית הכדור הפונה אלינו באחוזים (יש להדגיש שבכל רגע נתון נראה 50% מפני הירח. התוספת היא מפני השטח המוסתרים שייראו לצופה על חשבון פני השטח הנראים.

(ראו בהרחבה בפרק העוסק בקואורדינטות שמימיות – כדור הארץ והירח)

ליברציות

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

היווצרות הירח והתפתחותו

יחס הגדלים בין כדור הארץ והירח מיוחד בכל כוכבי הלכת במערכת השמש, למעט פלוטו. אם כי הירח אינו הגדול שבירחים במערכת השמש, הירח הוא הגדול ביותר שבין הירחים במערכת השמש ביחס לכוכב הלכת אותו הוא מקיף וגם צפיפותו היא הגדולה ביותר. בין הירחים הגדולים של מערכת השמש הוא מהיחידים (למעט איו של צדק) שאינו מכיל קרח מים ומורכב מסלע ומתכות.

שאלת היווצרותו של הירח אמורה היתה לפתור כמה בעיות ובהן:

- יחס הגדלים שבין הירח לכדור הארץ
- הרכב הירח
- הפרש הגילים שבין פני הירח לפני כדור הארץ
- הצפיפות יוצאת הדופן של הירח ביחס לכוכבי הלכת הסלעיים
- תנועת הירח סביב כדור הארץ וסביב צירו

בעיות במודלים הראשונים

לירח צפיפות שונה מאשר לכוכב הלכת הסלעיים, רמז לכך שהוא לא נוצר באותו איזור של הענן הסולארי בו נוצרו כוכבי הלכת הסלעיים. גם גיל סלעי הירח עתיק יותר מאשר סלעי כדור הארץ והרכבם מעט שונה. יש לזכור כי צפיפות כוכב הלכת והירח היא הצפיפות הממוצעת וצפיפות הירח דומה לצפיפות הממוצעת של החלק החיצוני של כדור הארץ ולזו של מאדים

צפיפות	גוף
5.4 g/cm^3	כוכב חמה
5.2 g/cm^3	נוגה
5.5 g/cm^3	ארץ
3.3 g/cm^3	הירח

היווצרות הירח - לכידה

לכידה – עד שנות ה-80 היה מודל פופולארי לפיו הירח נוצר במקום אחר בערפילית הסולארית ונלכד על ידי כדור הארץ. המודל עשוי להסביר את השוני בצפיפות הירח וגיל פניו והוא נתמך במודלים לפיהן התרחשה לכידה של ירחים על ידי כוכבי הלכת הגזיים ואולי גם על ידי מאדים אך למודל זה כמה בעיות:

- צפיפות הירח גבוהה מאוד ביחס לצפיפויות באזורים רחוקים במערכת השמש ומתאימה לצפיפות באזור מאדים. מכאן שהוא אמור היה להיווצר באזור חיצוני יותר של מערכת השמש
- משיקולים דינמיים, נראה שמסלול הירח בעבר היה קרוב יותר לכדור הארץ מאשר בהווה, מציב בעייה באשר לפתרון דינמי של לכידת הירח.

היווצרות הירח - היפרדות

- לפי מודל זה, הירח וכדור הארץ נוצרו כגוף אחד. בתחילת דרכם, הגוף המשותף, ירח וכדור הארץ, סב סביב צירו במהירות גבוהה מאוד. החומר המותך לא הצליח להחזיק את המסה המשותפת כנגד הכוח הצנטריפוגלי שנבע מהמהירות העצומה ומסת הירח נפרדה מכדור הארץ. המודל עשוי להסביר את הפרשי הצפיפויות בין כדור הארץ לגוף שניתק משוליו וגם את הפרש הגיל בין פני הירח שהתמצקו מוקדם יותר. מאידך, הבעיות במודל:
- מודל כזה מצריך מהירות עצומה כדי לנתק מסה בגודל הירח מכדור הארץ. קשה להסביר מאין נובעת מהירות סיבוב כה גדולה.
- שיקולים דינמיים של מסלול הירח הנוכחי סביב כדור הארץ וסביב צירו ביחס למהירות הגבוהה ההתחלתית. אינה מסבירה את מקור התנע המאוד גדול שכדור הארץ הפסיד לטובת הירח המתרחק.

היווצרות הירח – דיסקת ספיחה

- לפי מודל זה, הירח נוצר סביב דיסקת ספיחה שנוצרה סביב כדור הארץ המתגבש. המודל המקובל של היווצרות מערכת השמש מראה שבעת היווצרות השמש נוצרה סביבה דיסקת ספיחה וכי לאחר היווצרות של ליבות כוכבי הלכת נוצרו סביבם דיסקות ספיחה קטנות. מודל זה מתיישב עם המודל של היווצרות הירחים הגליליאניים של צדק אך הבעייה הגדולה ביותר היא הפרש הצפיפויות הגדול שבין כדור הארץ לירח. לפי מודל הספיחה והעובדה שהירח נע בעבר במסלול קרוב הרבה יותר לכדור הארץ, צפיפויות שני הגופים היו צריכות להיות דומות.

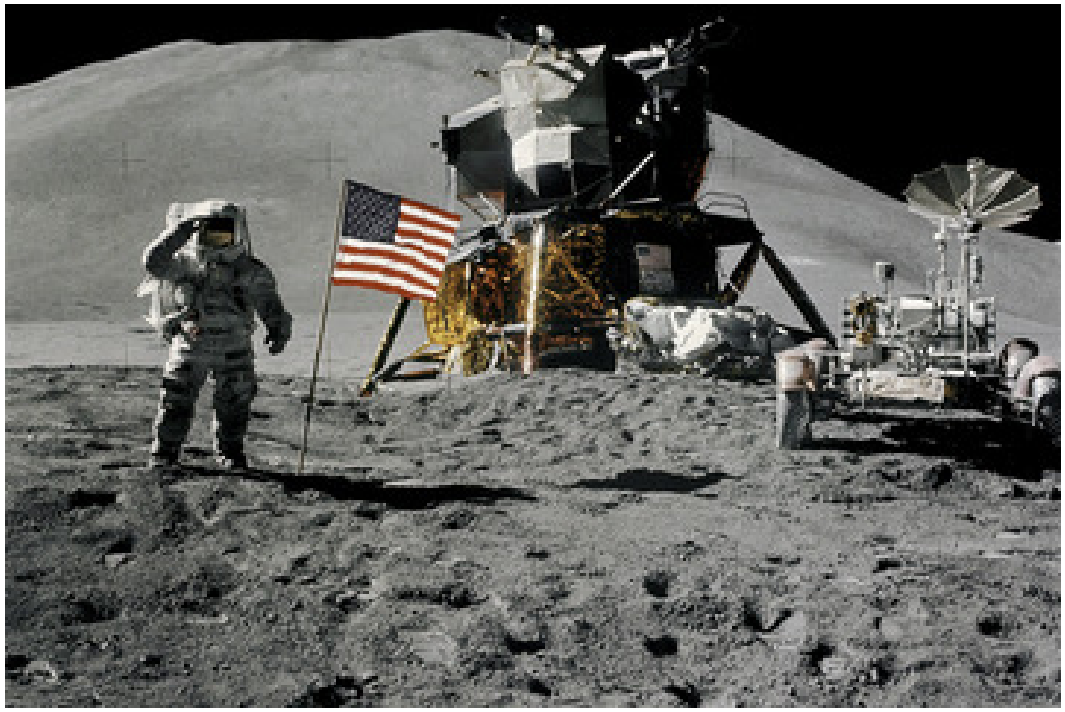
היווצרות הירח – מודל ההתנגשות

- מודל זה הוא המודל המועדף והמקובל היום. מודל ההתנגשות מניח שגוף גדול, במסה ובצפיפות של מאדים, התנגש בכדור הארץ בשלבים הראשונים של היווצרותו. ההתנגשות היתה בשולי כדור הארץ והעיפה ממנו חומר בצפיפות נמוכה מזו שבמרכז (בכדור הארץ, כמו בכל הגופים הגדולים, הצפיפות יורדת ככל שמתרחקים מהמרכז). החומר שהועף יצר דיסקת ספיחה ממנה נוצר הירח. מודל זה מסביר את הבדלי הצפיפות שבין שני הגופים ואת הפרש הגילאים של פני הירח וכדור הארץ. גם ההבדל בהרכב פני כדור הארץ והירח מוסבר בשכיחויות השונות של הגוף שהתנגש בכדור הארץ לבין שכיחויות החומרים בכדור הארץ.

האטמוספירה של הירח

בגלל הכבידה הנמוכה של הירח והטמפרטורה הגבוהה מאוד על פניו, הירח חסר אטמוספירה כמעט לחלוטין למעט אטמוספירה רגעית כתוצאה מאינטרקציה שבין קרינת השמש ופני הירח. בגלל חוסר האטמוספירה נוצרים כמה אפקטים תצפיתיים:

- שמי הירח נראים תמיד שחורים גם כשהשמש ברום השמים, כיוון שאין פיזור של קרני השמש.
- שולי הצל של גופים המוטל על הירח חדים מאוד.
- ההבדלים בין יום ולילה חדים מאוד בגבול ההארה וכן מבחינת הפרשי הטמפרטורות (הירח גם סובב לאט סביב צירו ולכן מספיק להתקרר ולהתחמם ביעילות)
- בצילום, אסטרונאוט אפולו 15, דיוויס סקוט (NASA). שימו לב לשמים הכהים מאוד באמצע היום ולשולי הצל החדים. גם הדגל אינו נע ואינו זע בהעדר רוח.



חוסר אטמוספירה - תוצאות

- אין מנגנון איזון תרמי – הפרשים גדולים בין לילה ליום, בין 100 מעלות קלווין ל-כמעט 400 מעלות קלווין (במשווה). ההפרש הגדול בין הטמפרטורות של יום ולילה נגרם גם בגלל הסיבוב המאוד איטי של הירח סביב צירו, המאפשר קירור וחימום יעיל של פניו.
- אין מנגנון בלימה של מטאוריטים. גם מטאוריטים זעירים פוגעים בפני הירח
- אין אירוזיה.
- בהיעדר מנגנון בלימה ואירוזיה, פני הירח מכותשות במכתשים בגילאים שונים מסוף תהליך התמצקות של פניו ועד להיום.
- אין פיזור של אור השמש

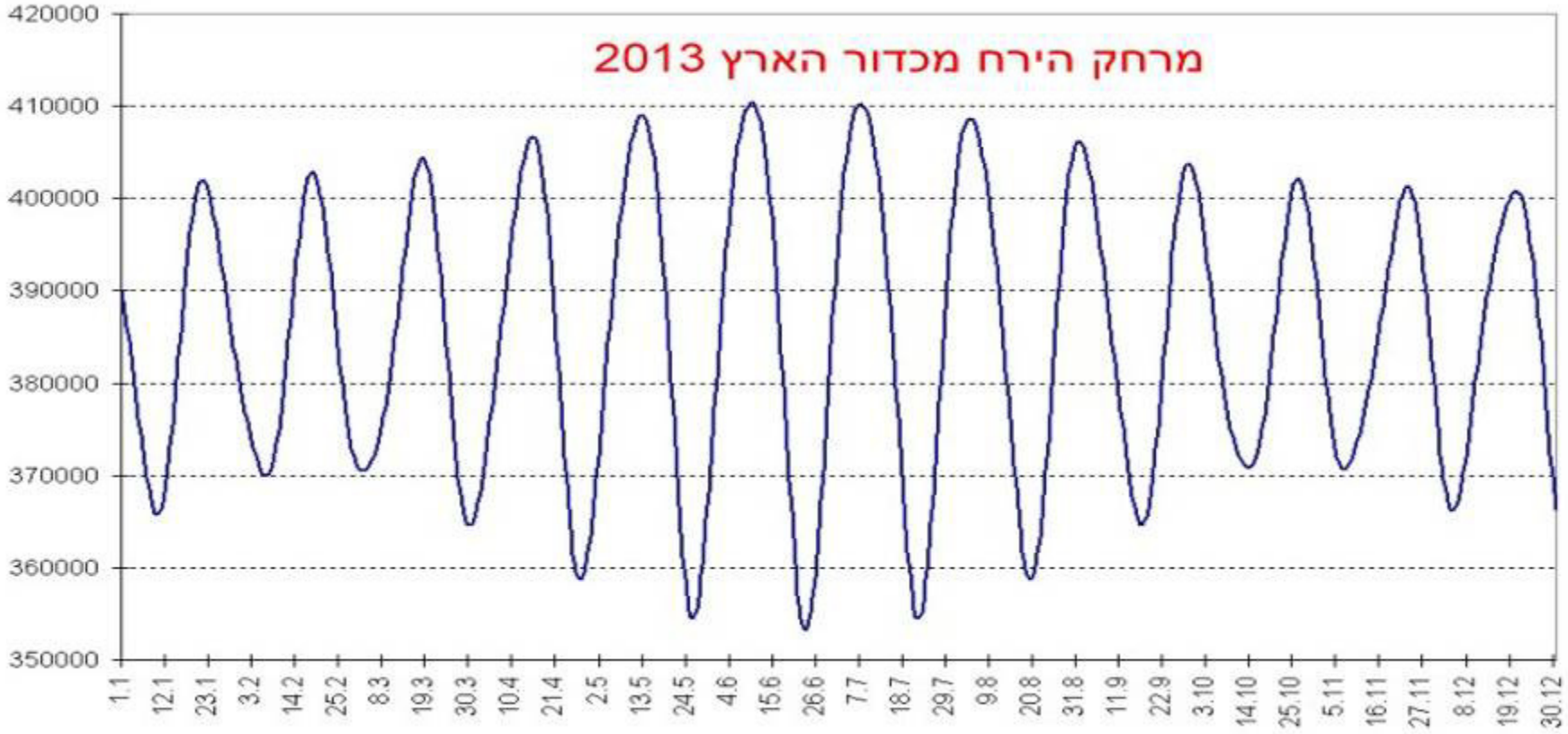
הירח – נתוני מסלול

- נטיית המסלול ביחס למישור המילקה – 5.1 מעלות
- חודש סידרלי (סיבוב עצמי) – 27.32 ימים
- חודש סינודי (מופעים) – 29.53 ימים

- הירח נע סביב כדור הארץ במסלול אליפטי מאוד: מרחק מכדור הארץ בין 362 אלף ק"מ ל- 405 אלף ק"מ
- בגלל השפעת כבידת השמש משתנה הן המרחק של הירח וכדור הארץ וכן מישור הסיבוב של הירח סביב כדור הארץ ביחס לשמש.

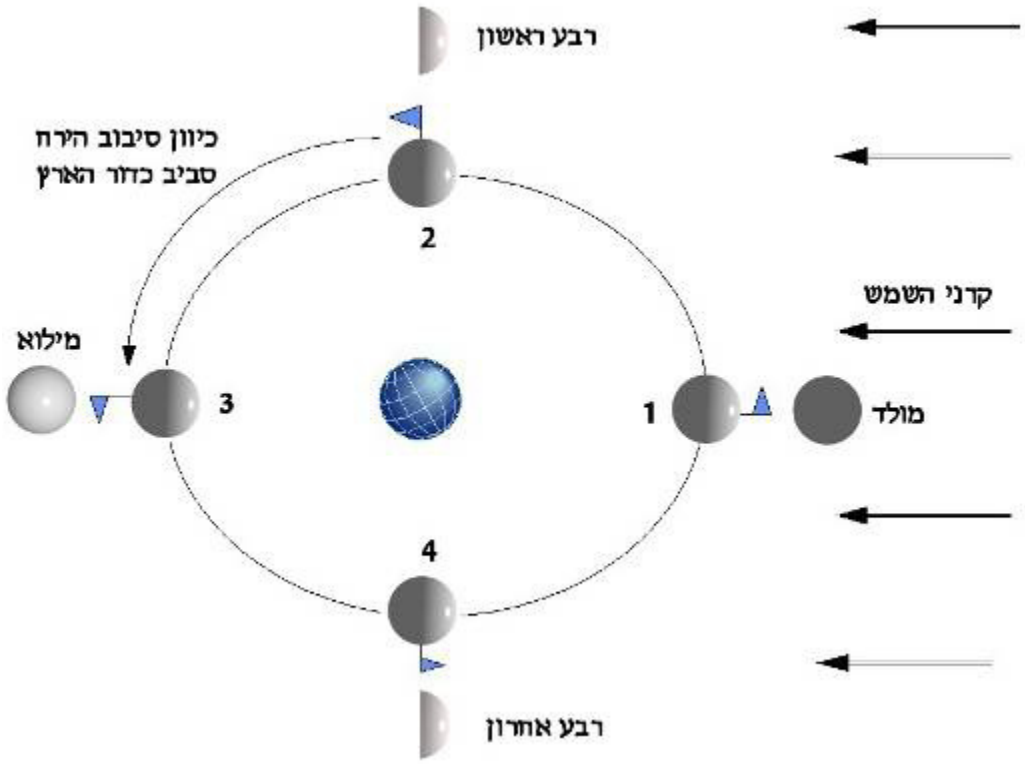
אפוגיאה ופריגיאה של הירח

בגלל השפעת השמש, המרחקים המינימליים (פריגיאה) והמקסימליים (אפוגיאה) של הירח מכדור הארץ משתנים. להלן מרחקי הפריגיאה והאפוגיאה של הירח מכדור הארץ בשנת 2013:



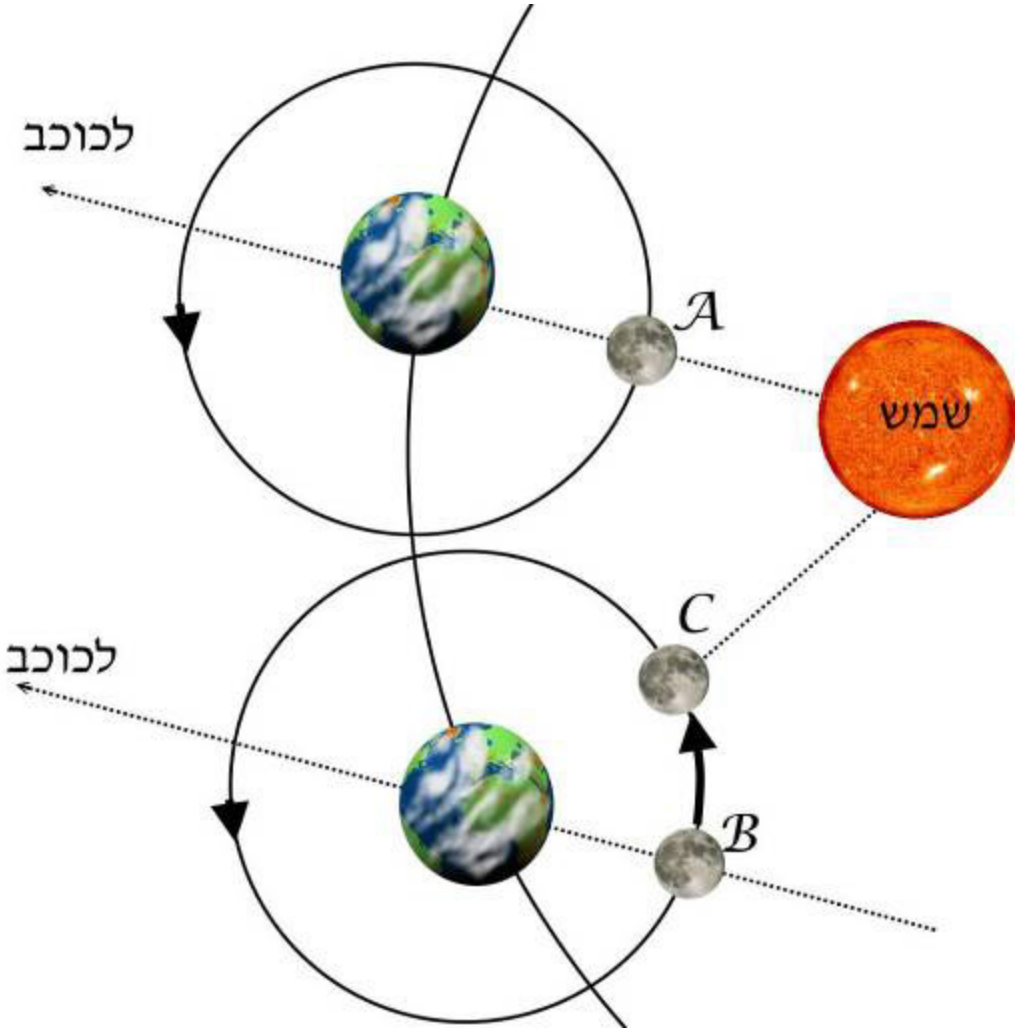
מופעי הירח

נגרמים עקב המצב ההדדי שבין כדור הארץ, השמש והירח. באיור, השמש מצויה מימין. שימו לב לדגל המוצב על פני הירח המוסתרות מאיתנו. צופה על כדור הארץ ייראה תמיד את הצד שבו אין דגל, אולם צופה היפותטי המצוי באינסוף (נניח מימין)יראה את הדגל משלים הקפה בדיוק בזמן שבו הירח משלים הקפה סביב כדור הארץ. לכן, הירח סובב סביב צירו בזמן מחזור מסונכרן עם זמן מחזור הקפתו את כדור הארץ. מצב כזה שבו גוף מקיף את עצמו באותו פרק זמן בו הוא מקיף גוף אחר קרוי – סיבוב סינכרוני והוא אופייני למרבית הירחים במערכת השמש.



החודש הסינודי

זהו פרק הזמן העובר בין שני מולדים. ארוך מהחודש הסידרלי (פרק הזמן בו הירח נדרש להשלים הקפה סביב כדור הארץ) בגלל הפרש המסלול שכדור הארץ נע במסלולו סביב השמש במשך החודש הסידרלי.



הירח. המרכז הישראלי למידע אסטרונומי www.education.org.il יגאל פת-אל

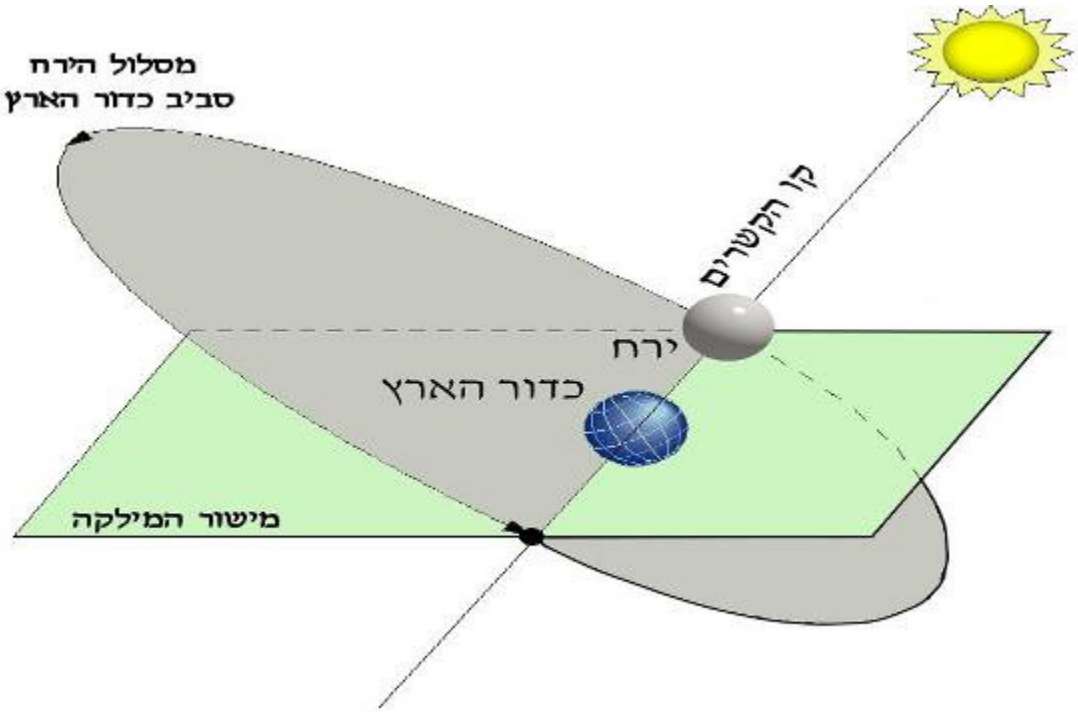
קו הקשרים

קו החיתוך בין מישור הקפת הירח סביב כדור הארץ למישור הקפת כדור הארץ את השמש. כדי שיתרחש ליקוי, צריכים להתקיים שני תנאים מצטברים:

הירח מצוי סמוך לקו הקשרים של מסלולו (כיוון שהירח, הארץ והשמש אינם נקודתיים, אין תורך המצאות ממש על קו הקשרים)

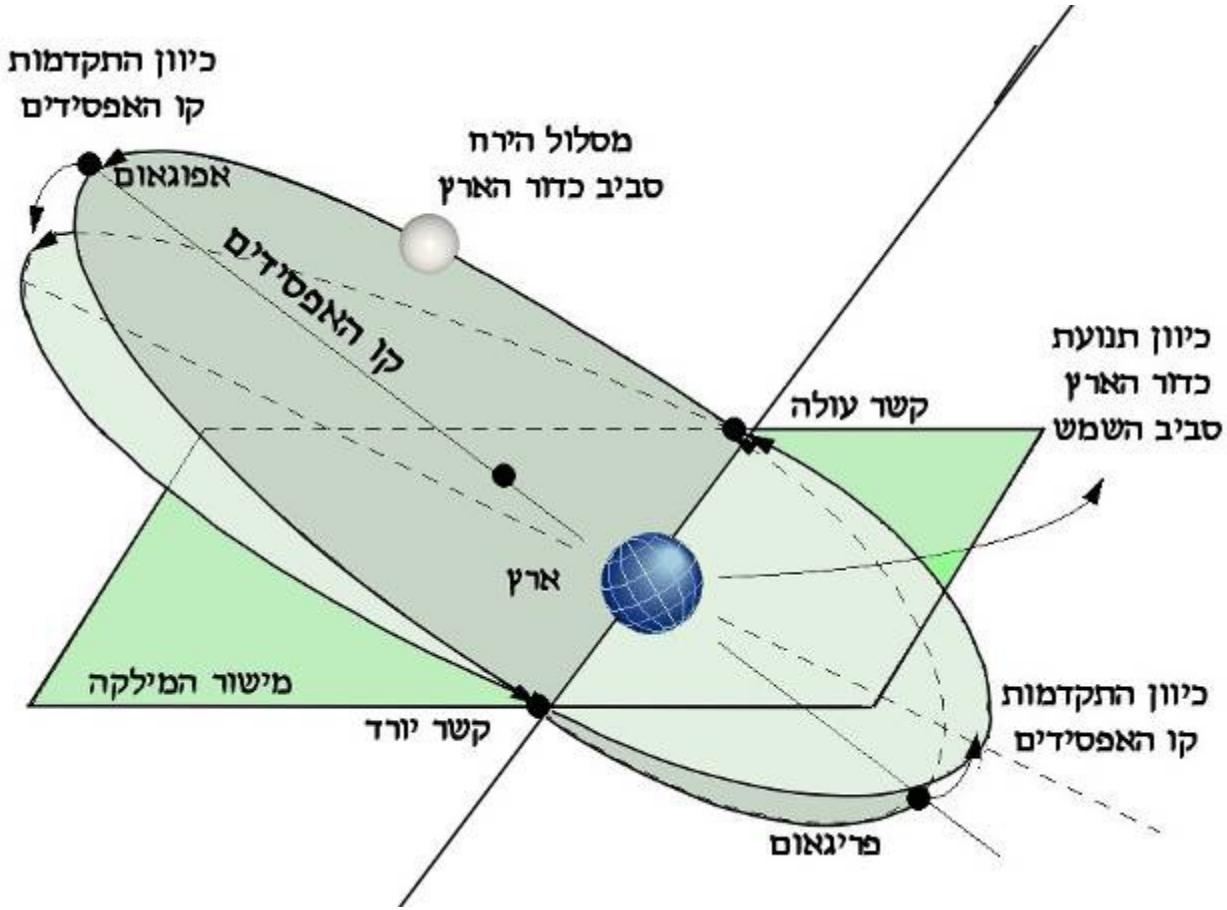
הירח יהיה במולד (אז יהיה ליקוי חמה) או במילואו (ליקוי לבנה)

(ראו בהרחבה בפרק העוסק בקואורדינטות שמימיות – כדור הארץ והירח)



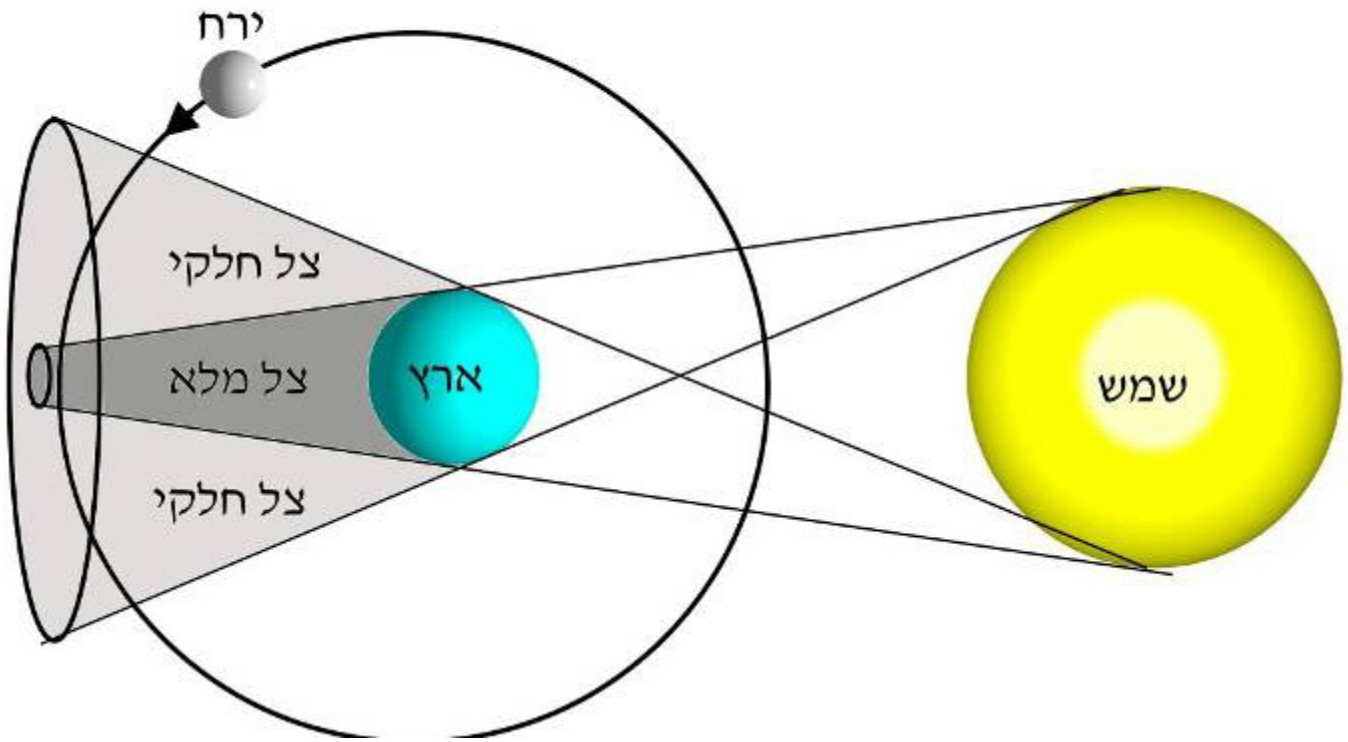
התקדמות קו האפסידים ונסיגת קו הקשרים

בגלל השפעת השמש, משתנה הן מיקום קו החיתוך בין המישורים ביחס לשמש וכן כיוון אליפסת המסלול של הירח (קו האפסידים) ביחס לשמש (ראו בהרחבה בפרק העוסק בקואורדינטות שמימיות – כדור הארץ והירח)



ליקויי לבנה

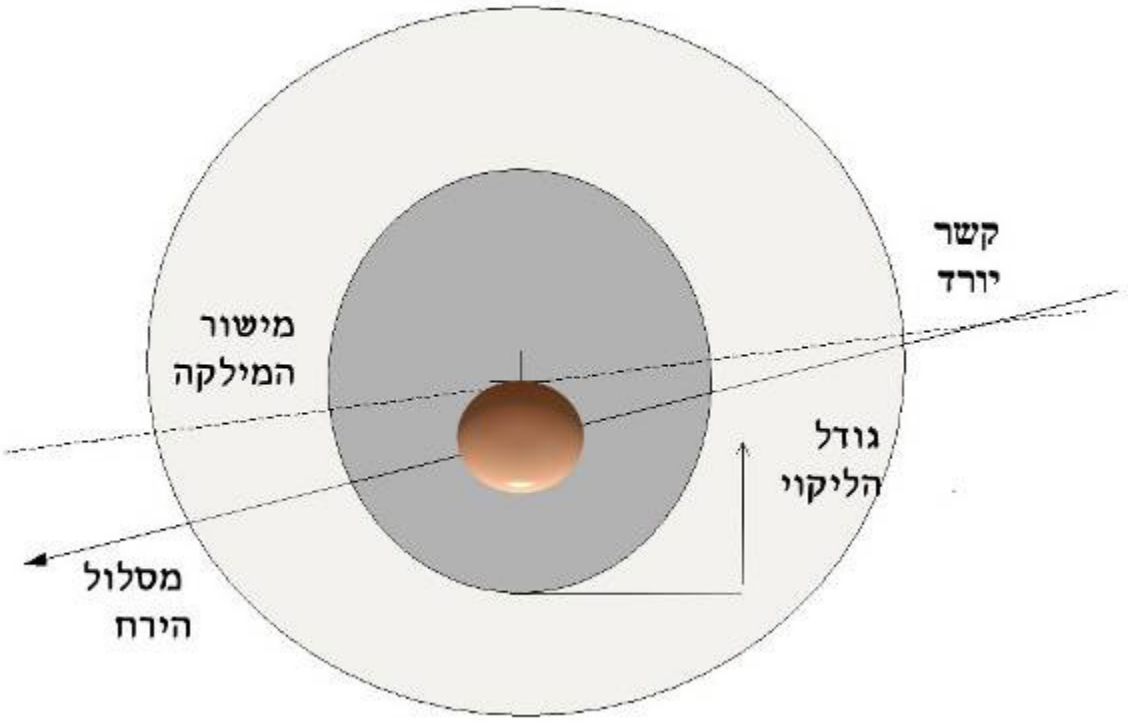
מצב בו הירח מוסתר מאור השמש, כולן או בחלקן, על ידי כדור הארץ (ראו בהרחבה בפרק העוסק בקואורדינטות שמימיות – כדור הארץ והירח)



חרוט הצל של כדור הארץ

חרוט הצל של כדור הארץ הוא האזור בו כל קרני השמש (צל מלא) או חלקן (צל חלקי), מוסתר על ידי כדור הארץ. ליקוי לבנה יתרחש אם אחד הקשרים במסלול הירח יהיה בחרוט הצל או סמוך אליו. בגלל המרחק הרחוק של כדור הארץ מהשמש, היחס בין קוטר חרוט הצל המלא לקוטר הירח דומה ליחס בין קוטר כדור הארץ לקוטר הירח

(ראו בהרחבה בפרק העוסק בקואורדינטות שמימיות – כדור הארץ והירח)

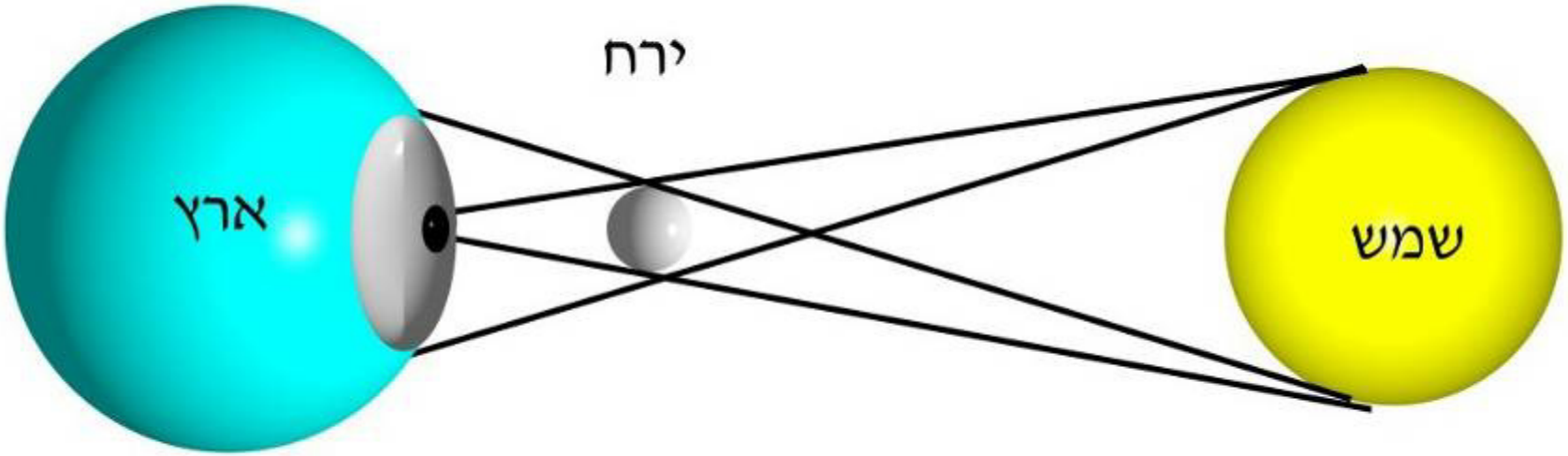


ליקוי ירח מלא – השפעת האטמוספירה

חלק מקרני השמש נשברות באטמוספירת כדור הארץ לתוך חרוט הצל. ככל שאורך הגל של הקרניים גדול יותר, יש להן סיכוי גדול יותר לחדור את האטמוספירה. התוצאה – קרני שמש אדומות חודרות לתוך איזור הצל ו"צובעות" את הירח באדום

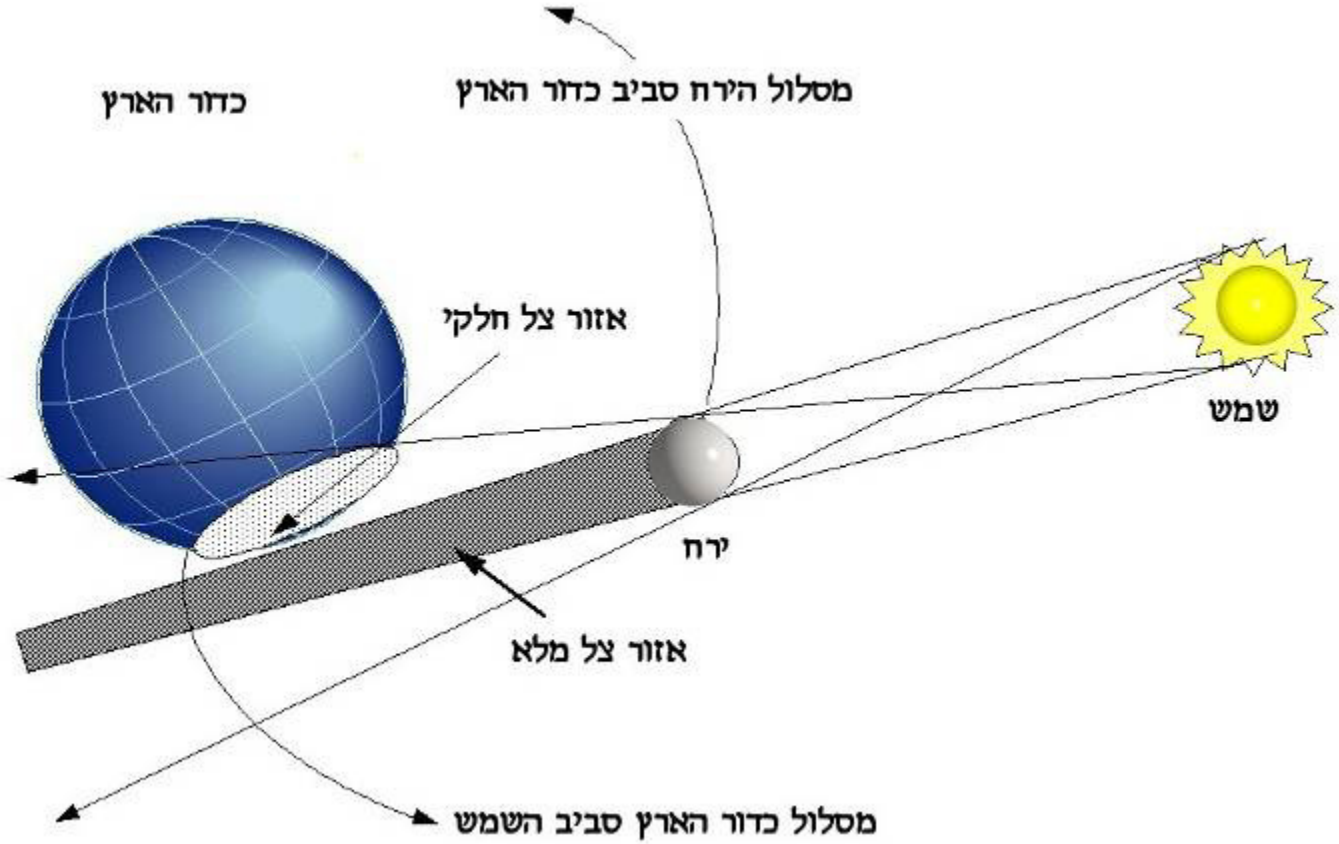
ליקוי חמה

הירח מסתיר את שמש, בחלקה או כולה, מצופה המצוי על כדור הארץ. (ראו בהרחבה בפרק העוסק בקואורדינטות שמימיות – כדור הארץ והירח)



ליקוי חמה חלקי

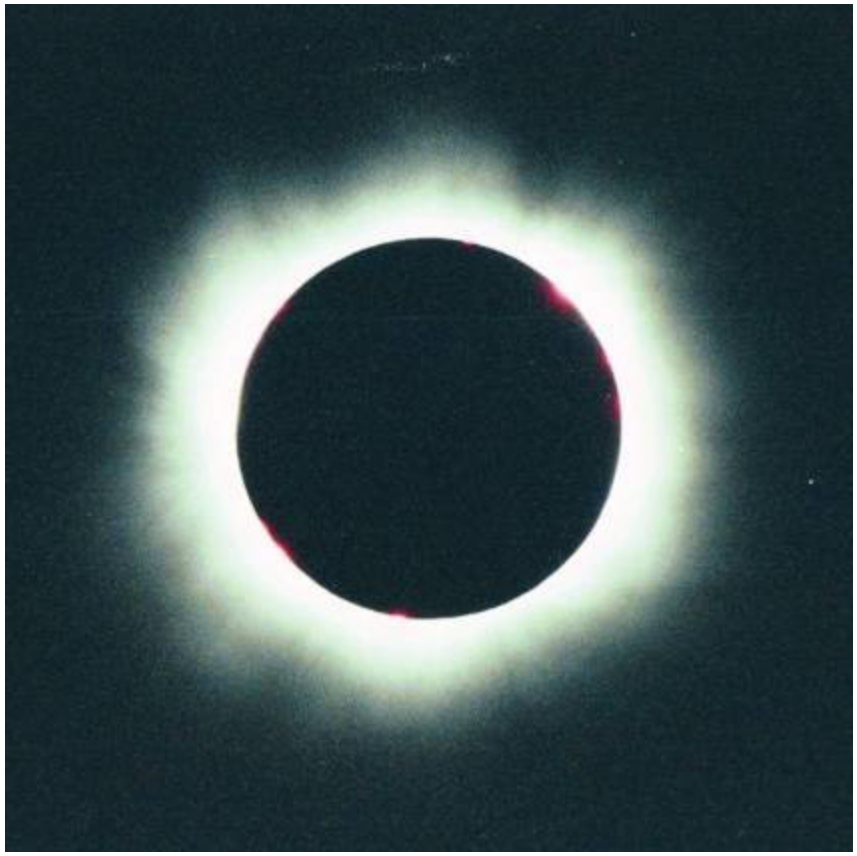
רק כאשר חלק מהשמש מוסתר מצופה המצוי על כדור הארץ (ראו בהרחבה בפרק העוסק בקואורדינטות שמימיות – כדור הארץ והירח)



הירח. המרכז הישראלי למידע אסטרונומי www.education.org.il יגאל פת-אל

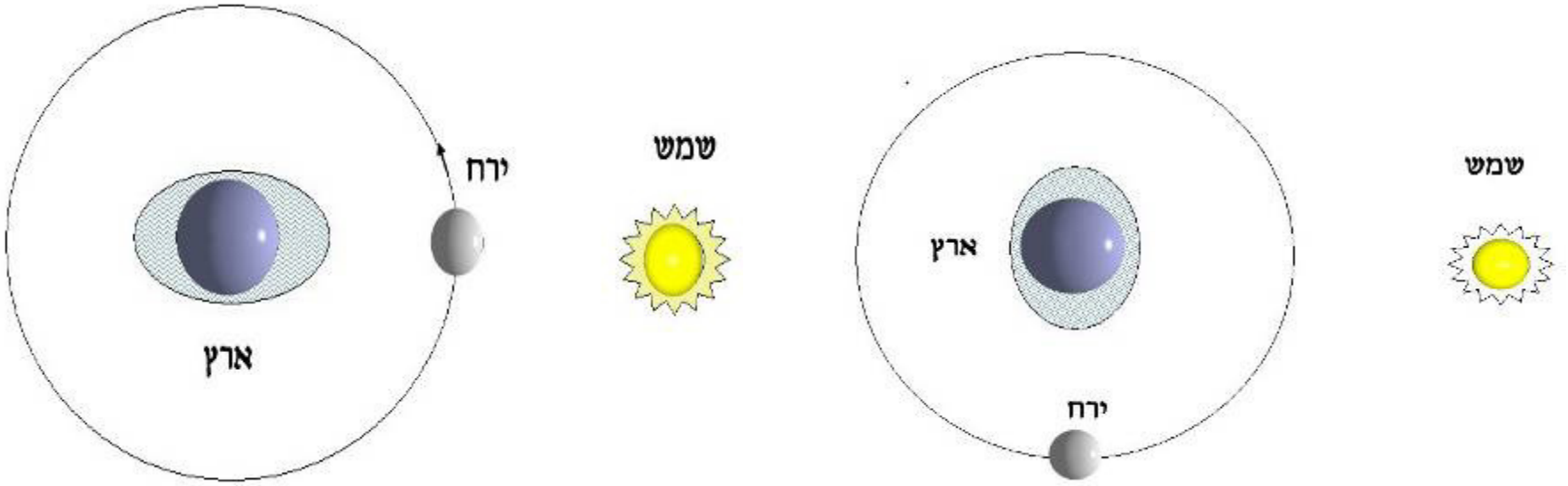
ליקוי חמה מלא - עטרה

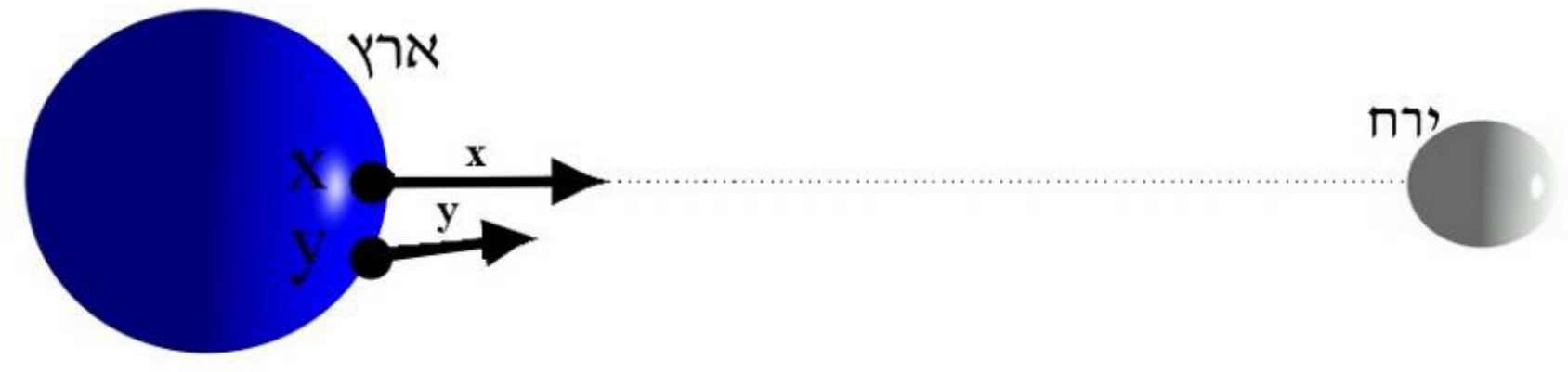
עטרה – גודלו הזוויתי של הירח מכסה את דיסקת השמש. בעת ליקוי מלא נגלית העטרה – החלק החיצוני של אטמוספירת השמש, שביום רגיל אור השמש מאפיל עליה



גאות ושפל

השפעת כבידת הירח והשמש על ההידרוספירה של כדור הארץ. הירח (והשמש) מושכים אליהם את פני המים וכן את כדור הארץ בשל הפרשי הכוחות הפועלים על נקודות המצויים במרחק שונה מהירח). כוח הגיאות נחלש ביחס הפוך למרחק בחזקה השלישית, לכן השפעת הירח גדולה מזו של השמש אף-על-פי שמסתו קטנה מזו של השמש בהרבה (ראו בהרחבה על כוחות גיאות בפרק הדן במבוא למערכת השמש)



הגיאות והירח המתרחק מאיתנו

בגלל תופעת הגיאות, נוצר חיכוך בין המים לקרום כדור הארץ. כתוצאה מפעולת הגיאות, כדור הארץ מאט את סיבובו סביב צירו ותנע עובר מכדור הארץ אל הירח. אפשר לראות את העברת התנע כך: בגלל הפרשי מהירות הסיבוב סביב צירם של שני הגופים, נקודה X, על פני כדור הארץ הנעה במהירות זוויתית גדולה מזו של הירח, מאיצה את הירח עמה. הירח מאיץ (תאוצה סקולרית), מהירותו הקפלראינית גדלה והוא מתרחק מכדור הארץ. אפשר להראות זאת גם הפוך: נניח שבנקודה X נוצרת גיאות. הירח הנע במהירות איטית יותר מנקודה X, מאט אותה (מושך אותה אליו). כתוצאה מכך הירח מאט.