



מבנה והיווצרות היקום

ערכה: טליה גלס
כל הזכויות שמורות ©

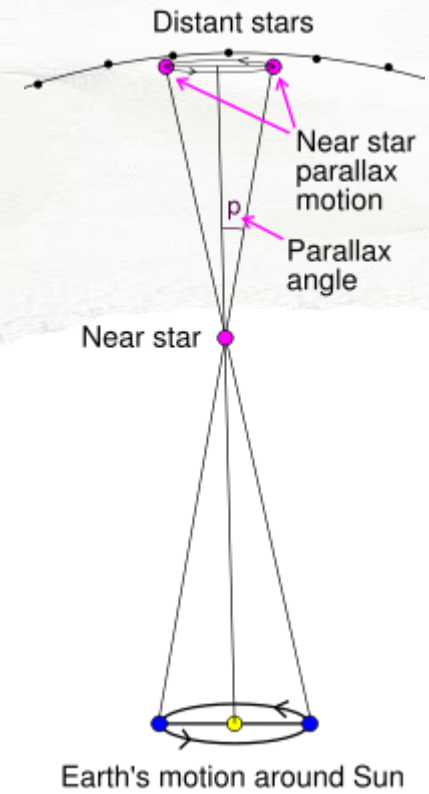
היקום

הוא מרחב החלל והזמן, הכולל את כל החומר והאנרגיה שבו.

היקום הוא אינסופי ובו מתקיימים כל חוקי הפיזיקה המוכרים לנו מכדור הארץ.



היקום הנצפה - החלק מהיקום הניתן לצפייה, לצופה מנקודה מסוימת בכדור הארץ.



מדידה ע"י חישוב מתמטי
(פרלסקה)



המרחקים בחלל עצומים וקשה לאדם פשוט לתפוס עד כמה.
מרחקים אלו מודדים ביחידות מידה ייחודיות הקרויות:
שנת אור – המרחק שעובר האור בשנה אחת.

מרחק זה ניתן לחישוב פשוט (נוסחת זמן מהירות ודרך)

מהירות האור 300,000 ק"מ בשניה

בשנה אחת הוא עובר מרחק של 9,460,730,472,580 ק"מ, כ- 10^{13} ק"מ.

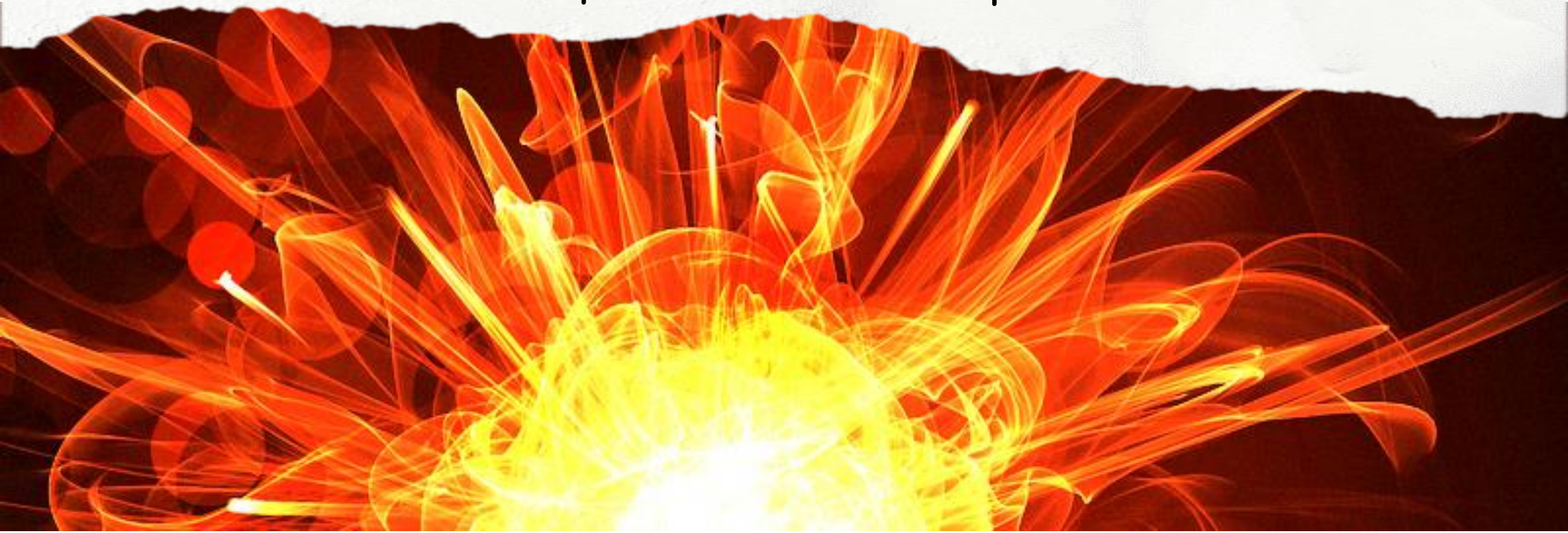
המפץ הגדול

התיאוריה הרווחת כיום להיווצרות היקום.

היקום החל כנקודה קטנה ודחוסה שהכילה את כל החומר והאנרגיה שקיימים בו כיום.

לפני כ-13.7 מיליארדי שנים התרחש מפץ עצום אשר גרם לנקודה זו להתפשט בבת אחת באירוע עצום מימדים!

תהליך ההתפשטות מתרחש עד אינסוף.



המפץ הגדול

היווה השראה לתוכנית קומית מפורסמת (מאוד!!! מכירים?!)

על עלילות מדענים צעירים באוניברסיטה בארה"ב...



המפץ הגדול

היווה השראה לתוכנית קומית מפורסמת (מאוד!!! מכירים?!)

על עלילות מדענים צעירים באוניברסיטה בארה"ב...



המפץ הגדול

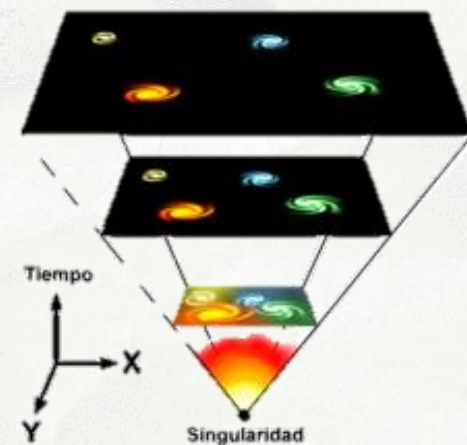


היווצרות היקום

מהמפץ הגדול ועד היום:

מפץ גדול (סינגולריות) ותהליך התקררות והתפשטות

לוויין המחקר WMAP



אנרגיה אפלה המאיצה את התפשטות היקום

התפתחות גלקסיות, כוכבים וכו'

הזמן האפל של היקום

מקור קרינת הרקע הקוסמית כ- 400 אלף שנה אחרי המפץ הגדול

אינפלציה קוסמית

תנודות קוונטיות

כוכבים ראשונים כ- 400 מיליון שנה אחרי המפץ הגדול

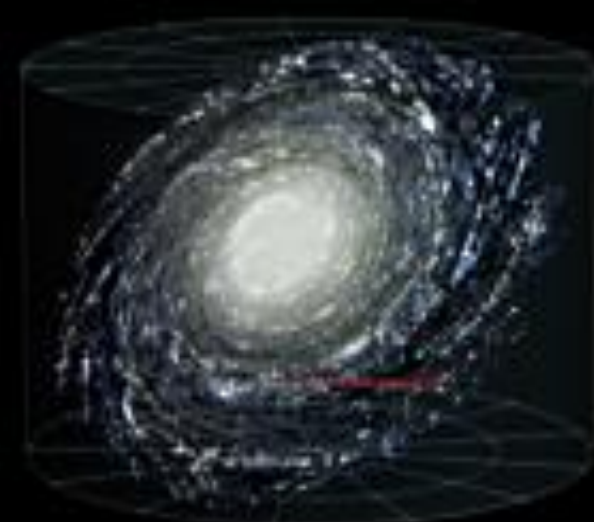
התפשטות המפץ הגדול

13.7 מיליארד שנה אחרי המפץ הגדול

היקום ומרכיביו (היררכיה)



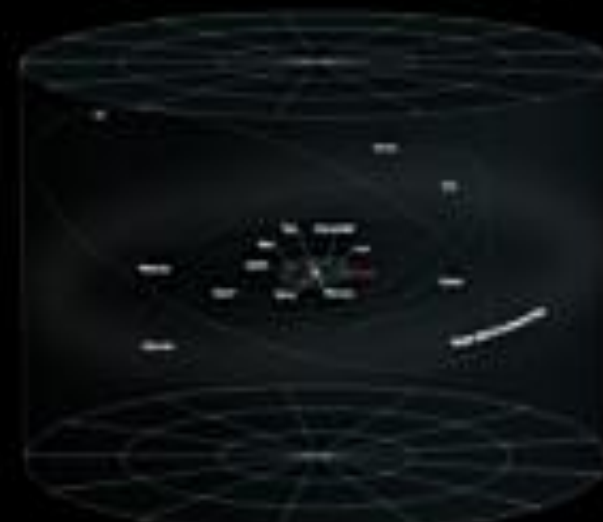
שביל החלב



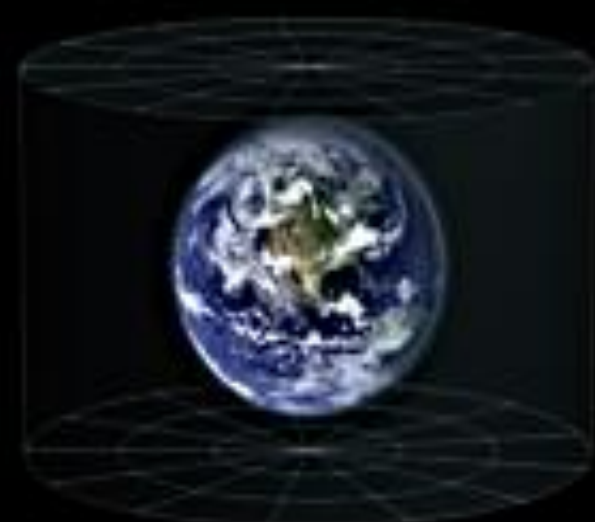
הענן הבין-כוכבי המקומי



מערכת השמש



כדור הארץ



היקום הנצפה



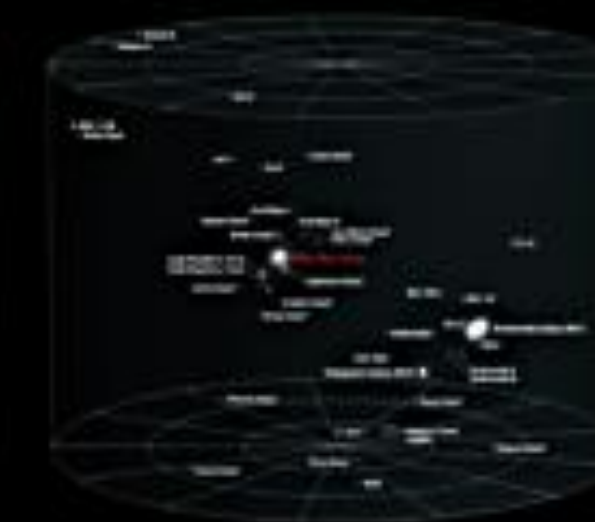
לניאקואה



צביר-על הבתולה



הקבוצה המקומית



גלקסיה

ביקום ישנן מאות מיליארדי גלקסיות המופיעות במגוון צורות וגדלים.

גלקסיה ממוצעת מכילה מאות מיליארדי **כוכבים** וכן מיליוני **ערפיליות**.

במרכזה של כל גלקסיה מצוי על פי השערת החוקרים חור שחור שהכבידה שלו חזקה במיוחד.

הגלקסיות אינן מפוזרות בחלל באקראי אלא מצויות בקבוצות, המכונות "**צבירי גלקסיות**".

"החבורה המקומית" הוא שמו של **צביר גלקסיות** קטן יחסית, ובו כמה עשרות גלקסיות, אחת מהן היא **גלקסיית "שביל החלב"**.

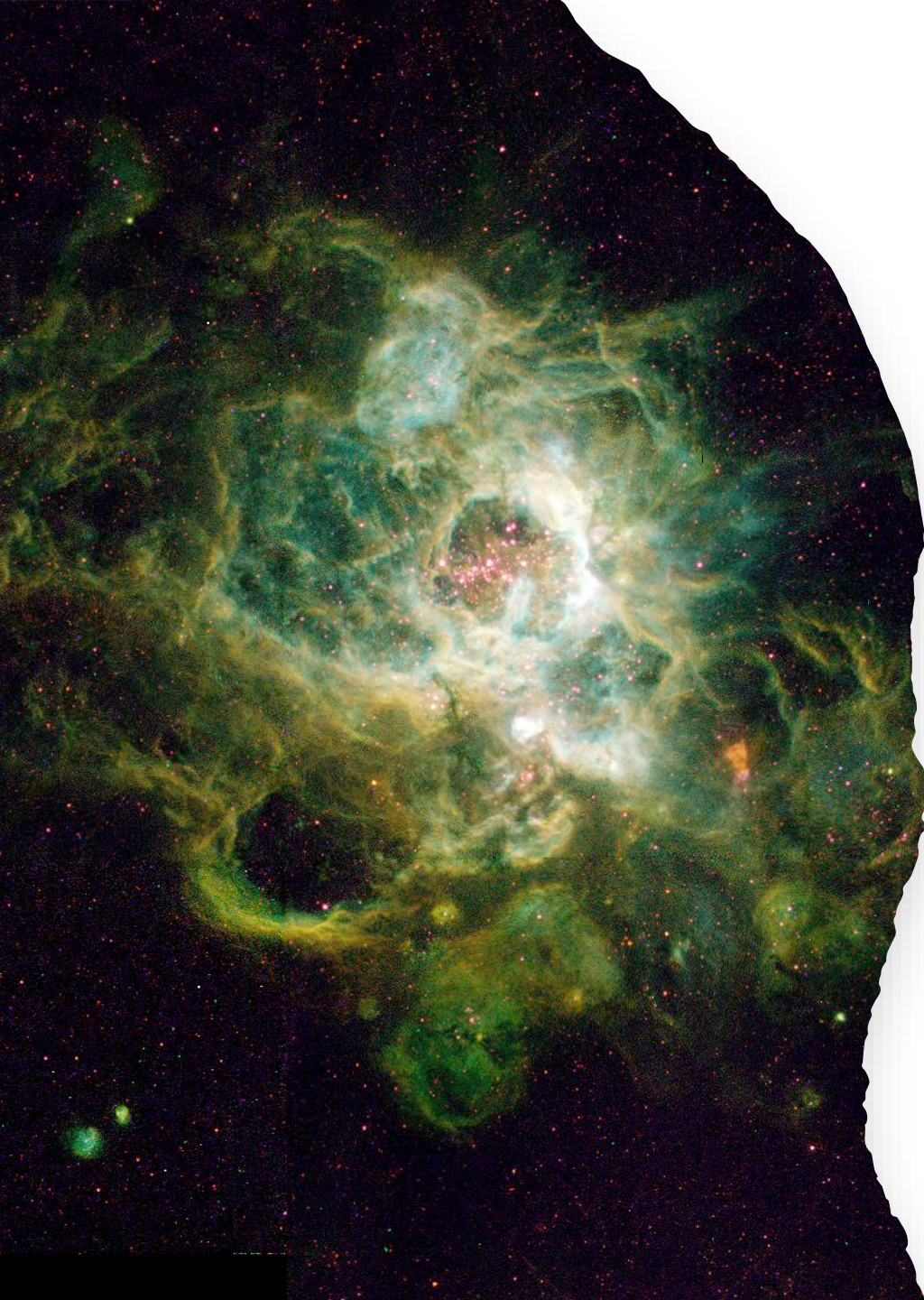


ערפילית

אזורים בגלקסיה בהם יש ריכוז גבוה של **גז ואבק**.

קיימים שני סוגי ערפיליות: בחלקן נוצרים **כוכבים חדשים** ובחלקן מצוי החומר הנותר מכוכבים שסיימו את חייהם.

האבק בערפילית מורכב מגרגרים קטנטנים של יסודות כגון ברזל וצורן ומחומרים אחרים. הגזים שבערפיליות מורכבים בעיקר **ממימן**, היסוד הנפוץ ביותר ביקום.





כוכבים (stars)

כוכבים הם גופים שמימיים אשר מפיקים קרינה בליבתם בתהליכים תרמו-גרעיניים, ופולטים אותה כקרינה אלקטרומגנטית, שהיא קרינה בכל אורכי הגל.

השמש שלנו היא כוכב. בכל גלקסייה מאות מיליארדי כוכבים.

ריכוז גבוה מאוד של כוכבים, הקרובים יחסית זה לזה, מכונה "**צביר כוכבים**". בכל צביר כזה מצויים מכמה מאות ועד מאות אלפי כוכבים.



כוכב לעומת כוכב לכת

נבחין בין שני סוגי כוכבים:

1. **כוכבים (star)** – נקראים גם כוכבי 'שבת'

2. **כוכבי לכת (plante)**

ישנם הבדלים מהותיים בין שני סוגים אלו:

כוכבים - גדולים בהרבה מכוכבי לכת ומפיצים
בעצם את האור המגיע מהם.

כוכבי לכת קטנים יחסית אליהם ומסתובבים סביבם
(מכאן שמם 'לכת')

כוכב לעומת כוכב לכת

כשמרימים את הראש בשעות החשכה לשמיים
(מכדור הארץ) רוב הכוכבים שאנו רואים הם כוכבים!

השמש 'שלנו' (**sun**) היא הכוכב הקרוב ביותר אלינו.
(נרחיב על כך בהמשך...)

למעשה,

אנו צופים על מליארדי 'שמשות' אחרות רחוקות
מאוד מאתנו.



מחזור חיים של כוכב

1. **התחלה** - היווצרות בערפילית מאבק וגז
ההולכים ונדחסים.

2. **היתוך גרעיני** - גרעיני אטומים של מימן
מתמזגים, מתחברים, ויוצרים אטומים של הליום;
וגרעיני אטומים של הליום מתחברים ויוצרים
אטומים של חומרים כבדים יותר. נפלטת אנרגיה
עצומה אל החלל כקרינה אלקטרומגנטית.

3. **סיום** - תלוי מסה

החומרים שמהם היו בנויים הכוכבים מתפזרים בחלל כאבק
כוכבים המעשיר את הערפיליות, והוא החומר שממנו ייווצרו כוכבים
חדשים ומערכות שמש חדשות בתהליך מחזורי.

סיום חיי כוכבים



חור שחור

התמונה הראשונה של חור שחור
צולמה לא מזמן,
באפריל 2019.

כיום מקובל להתייחס אליהם ככוכבים בעלי מסה עצומה,
ובהתאם לכך מפעילים כוח כבידה עצום, עד כי הכול
נמשך ו'קורס' לתוכם - חומר וקרינה.

גם האור נמשך לחור השחור ולא מסוגל לצאת ממנו. כך
שלמעשה לא ניתן 'לראות' חור שחור.
(התגלו ע"י השפעתם על כוכבים סמוכים)

במרכז כל אחת מהגלקסיות ישנם חורים שחורים עצומים.

חור השחור במרכז של הגלקסיה
Messier 87 (M87) שמרחקה מאיתנו
כ- 55 מיליון שנות אור.

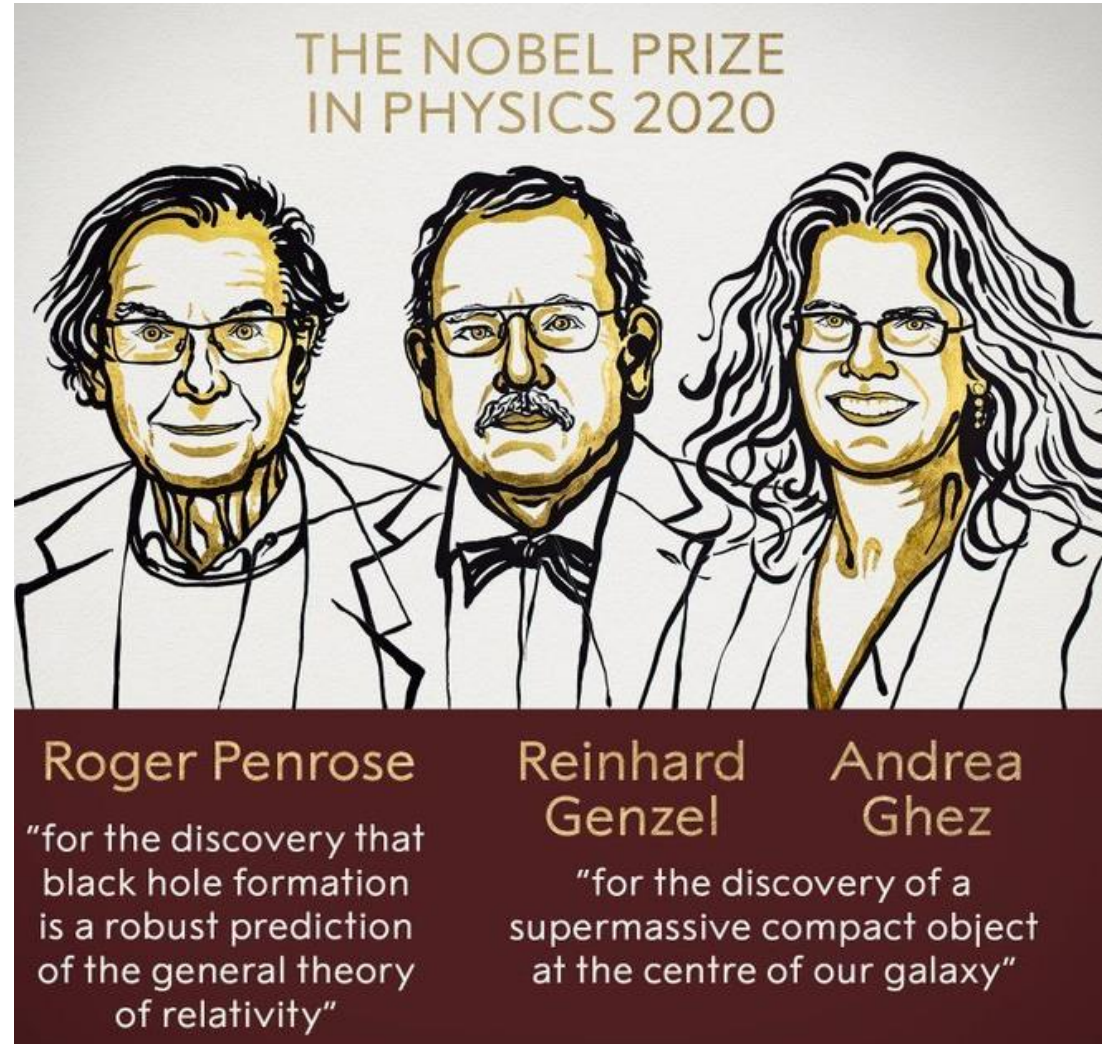
סטיבן הוקינג

פיזיקאי על, חוקר חורים
שחורים מפורסם



פרס נובל בפיזיקה 2020

על מחקר בתחום החורים השחורים וגילוי החור השחור
בלב גלקסיית 'שביל החלב'



גלקסיית שביל החלב

מכילה כ- **200 מיליארד** כוכבים. השמש שלנו הוא אחד מהם, וכן ערפיליות וענני אבק וגז.

לאחרונה התגלה חור שחור בעל כבידה חזקה במיוחד ברכזה (נובל בפיזיקה 2020).

בלילה, במקומות המרוחקים מאזורי יישוב מוארים, אפשר לראות את גלקסיית שביל החלב כפס חיוור בשמים. (מכאן שמה)

צורתה של גלקסיית שביל החלב היא כשל **ספירלה שטוחה**, כעין שבשבת עם זרועות, שקוטרה כ- 100,000 שנות אור ועוביה כמה אלפי שנות אור.





קבוצות כוכבים

כוכבים בולטים בד"כ בשמיים. האדם 'יצר' בדמיונו מקבוצת כוכבים סמוכים (יחסית) צורות המוכרות לו.

בפועל, אין באמת קשר בין כוכבים אלו, ודבר זה נעשה לצרכי האדם, הבולט בהם הוא ניווט.

'גלגל המזלות' – כל קבוצת כוכבים היוצרת צורה אופיינית היא 'מזל'. יש מחזוריות שנתית בהופעת הקבוצה.

שגיים צפוניים

העגלה
הקטנה
(דובה קטנה)

Polaris

כוכב הצפון

העגלה
הגדולה
(דובה גדולה)

Dubhe

Merak



'גלגל המזלות'



בכל חודש קבוצת
כוכבים אחרת

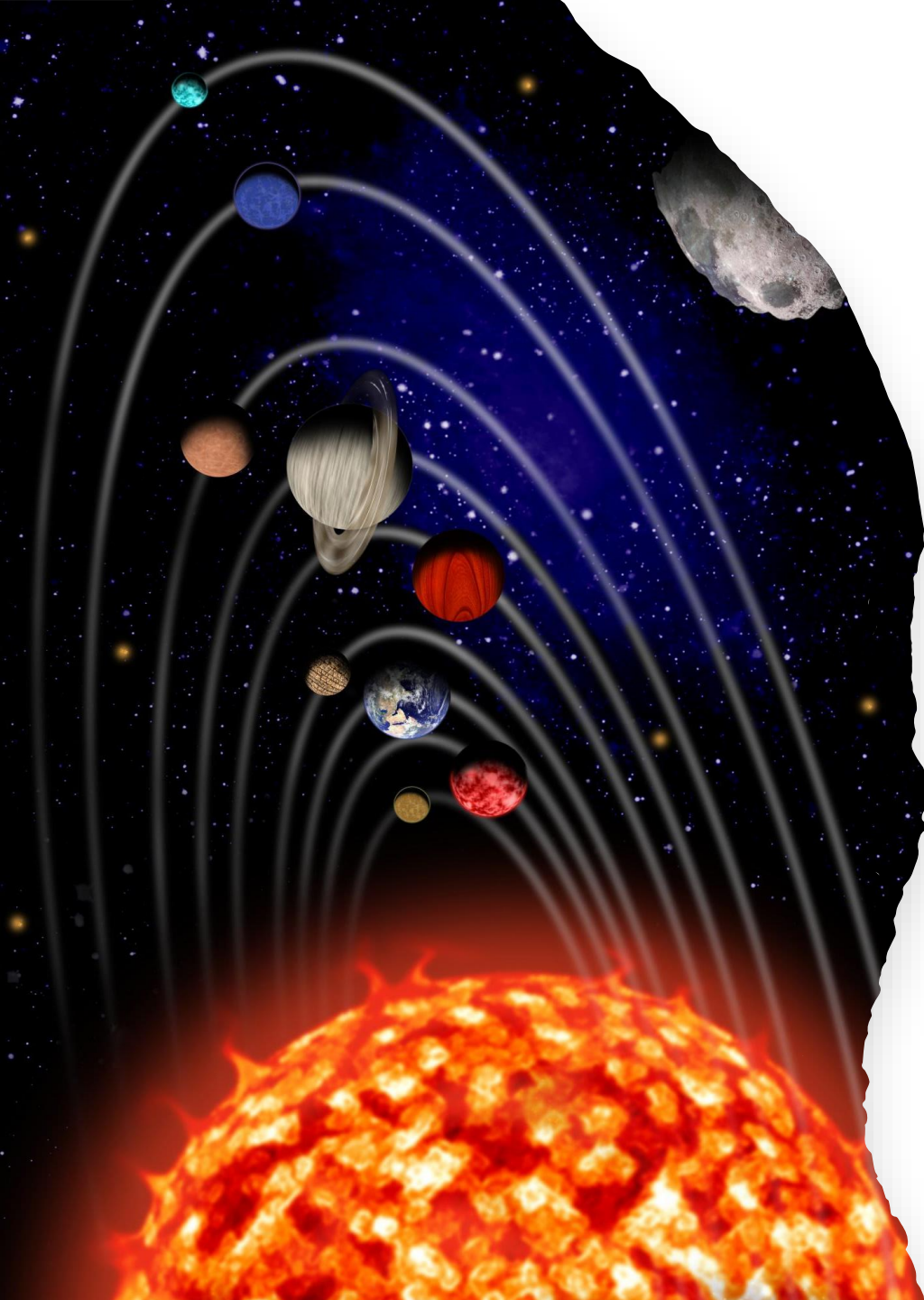
מערכת השמש

מערכת של כוכב (star) וכוכבי לכת (planet) המקיפים אותו.

ב'מערכת השמש', ישנה השמש (sun) ו-8 כוכבי לכת, כוכבי לכת ננסיים, אסטרואידים ושביטים.

את חלק מכוכבי הלכת מקיפים ירח אחד או יותר, וכן טבעות של שברי סלע.

רוב מסלולי ההקפה של כוכבי הלכת נמצאים סמוך למישור ההקפה של כדור הארץ סביב השמש, הקרוי "מישור המלקה".



השמש (sun)

כוכב בגיל 'מתקדם', בינוני בגודלו, שנדחס והתבצעו בו תהליכי היתוך גרעיני.

ההיתוך הגרעיני מביא לקרינה ואנרגיה שהכוכב פולט.

הטמפרטורה על פני השמש היא כ $6,000^{\circ}\text{C}$
במרכזה הליבה הן מגיעות ל- $15,000,000^{\circ}\text{C}$!

החומר שממנו עשויה השמש כולל **71% מימן** ו-**26% הליום**,
וכן כמויות קטנות וזניחות של יסודות כבדים יותר.



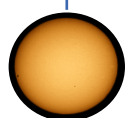
כוכבים במערכת השמש



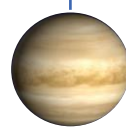
סלעיים (ארציים)



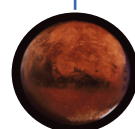
ארץ



חמה
(מרקורי)



נוגה

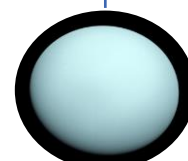


מאדים
(מאדים)

גזיים



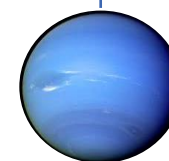
צדק
(יופיטר)



אוראנוס



שבתאי
(סטורן)



נפטון

ננסיים



קרוס



פלוטו

כוכבים ננסיים

קטנים מכוכבי הלכת אינם
לוויינים של כוכב לכת
(אינם ירחים או טבעות)
חלקם מצויים בחגורת
האסטרואידים (קֶרֶס)
חלק רחוקים יותר (פלוטו)



קֶרֶס



פלוטו

כוכבים גזיים (ענקים גזיים)

רחוקים יותר מהשמש
הרכב גזי
גדולים מאוד יחסית
ירחים וטבעות
מסה גדולה מאוד
כוח גדול
אטמוספירה עבה



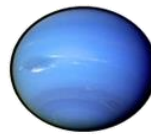
צֶדֶק
(יופִיטֶר)



אורֶאנוס



שבתאי
(סַטוּרן)



נֶפְטוּן

כוכבים סלעיים (ארציים)

הקרובים ביותר לשמש
הרכב סלעי
קטנים יחסית
מעט ירחים אם בכלל
מסה קטנה יחסית
כוח משיכה קטן
אטמוספירה דקה



ארץ



חמה
(מרקורי)



נוגה



מאדים
(מָאָרְס)

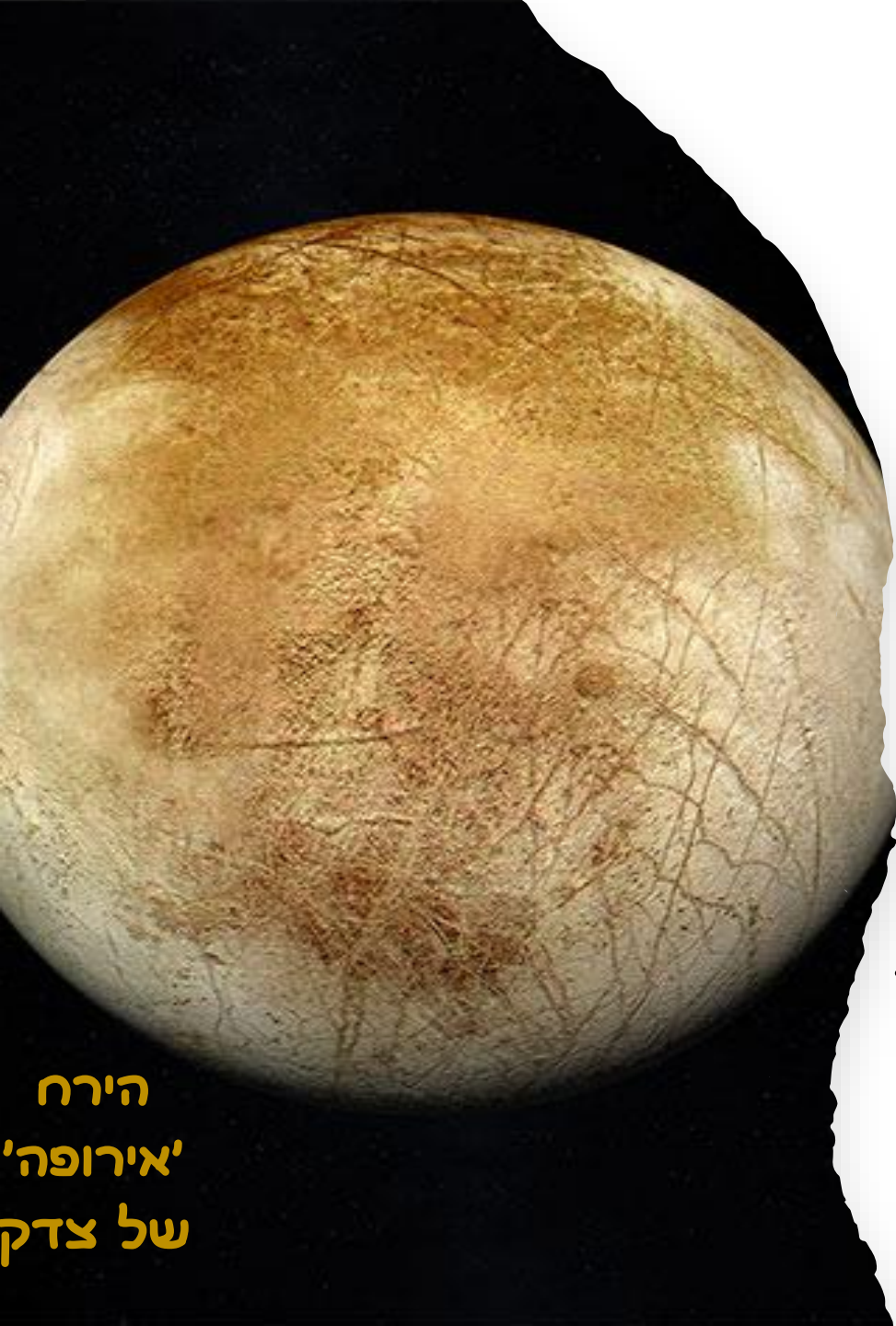
ירחים

ירחים הם 'לוויינים טבעיים' של כוכבי לכת המקיפים אותם.
כתוצאה מ כוח הכבידה.

לכוכב חמה ולנוגה אין כלל ירחים, לכדור הארץ ירח אחד.
ככל שמתרחקים מן השמש עולה מספר הירחים.

חלק מהירחים מעניינים במיוחד את החוקרים ככאלה שעל
פניהם שוררים תנאים שייתכן מאפשרים קיום חיים מסוג כלשהו.
לדוגמה: הירח 'אירופה' של צדק ו 'טיטאן' של שבתאי
שבהם התגלו עדויות לקיום מים נוזליים.

הירח
'אירופה'
של צדק



הירח של כדור הארץ (moon)

אחד הירחים הגדולים ביותר במערכת השמש.

הוא גדול גם יחסית לכדור-הארץ, עד כי יש המכנים את הצמד: "כוכב-הלכת הכפול".

קוטרו בקו המשווה 3,476 ק"מ.

מרחקו מכדור הארץ - 384,000 ק"מ.

הכבידה של הירח היא כשישית מזו של כדור הארץ והרכבו סלעי.

בתצפיות טלסקופיות ובצילומי החלליות שביקרו בירח, מתגלים נופים דומים לאלה שעל-פני כדור-הארץ: הרים, בקעות ומישורים נרחבים. המיוחד בנופיו של הירח הם מאות אלפי המכתשים הפזורים על-פניו.



כוכבי לכת והירחים שלהם

צדק אידה 243 מאדים כדור הארץ



פובוס
דימוס

דאקטיל



איו



אירופה



גנימד



קליסטו

שבתאי

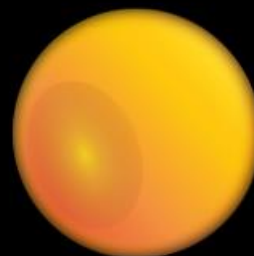
מימס

אנקלדוס

טתיס

דיוני

ריאה



טיטאן

היפריון

יאפטוס

פובה

אורנוס

פאק

מירנדה

אריאל

אומבריאל

טיטניה

אוברון

נפטון



טריטון

נראיד

פלוטו



כארון



להשוואת
סדרי גודל

כדור הארץ

אסטרואידים

מאות אלפי גושי סלעים הנעים בעיקר בין המסלולים של מאדים ושל צדק.

נראה שהכבידה החזקה של צדק מנעה מגרגרי האבק והסלעים להתלכד ולהפוך לכוכב לכת, וכי גושי הסלע האלה המשיכו להתנגש זה בזה, התפוררו ונתרו כ"חגורה" ("חגורת האסטרואידים") בין מאדים לצדק.

גודלם נע ממאות ס"מ ועד עשרות ק"מ.

מבנה מגוון: מבנה סלעי, מבנה מתכתי ובחלקם חומרים אורגניים (קונדריטים).

כמה מהאסטרואידים נזרקו אל פנים מערכת השמש וחלקם נעים בקרבה יחסית גם לכדור הארץ.



שביטים

מיליוני גושים קטנים שמורכבים בעיקר קרח מים, גזים קפואים ואבק הכלוא בקרח.

השביטים מקיפים את השמש כענן ענקי הרחק מעבר למסלולו של נפטון.

משערים שהם "שאריות" מהחומרים שמערכת השמש נוצרה מהם.

מדי פעם מתקרב מסלולו של שביט אל השמש ואז קרני השמש מאירות ומחממות אותו והוא נראה כגוף בעל ראש זוהר וזנב ענקי: הקרח שבו מתנדף, והאבק שכלוא בקרח משתחרר מהשביט ונמשך כעין זנב הזוהר באור השמש המוחזר ממנו ומקנה לשביט את מראהו רב ההוד.



מטאורים

מכונים בטעות "כוכבים נופלים" הנראים כשובלים קצרים של אור הניצתים ונעלמים במהירות.

אלה אינם כוכבים והם אינם נופלים, אלה הם **מטאורים**.

חלקיקים קטנים שמקורם בחלקיקי אסטרואידים או בחלקיקי שביטים המגיעים אל כדור הארץ במהירות עצומה.

בעת כניסתם לאטמוספירה של כדור הארץ, מתחככים במולקולות האוויר ו**מלהיטים** אותם ואז אנרגיית האור נפלטת מהם.



מטאוריטים

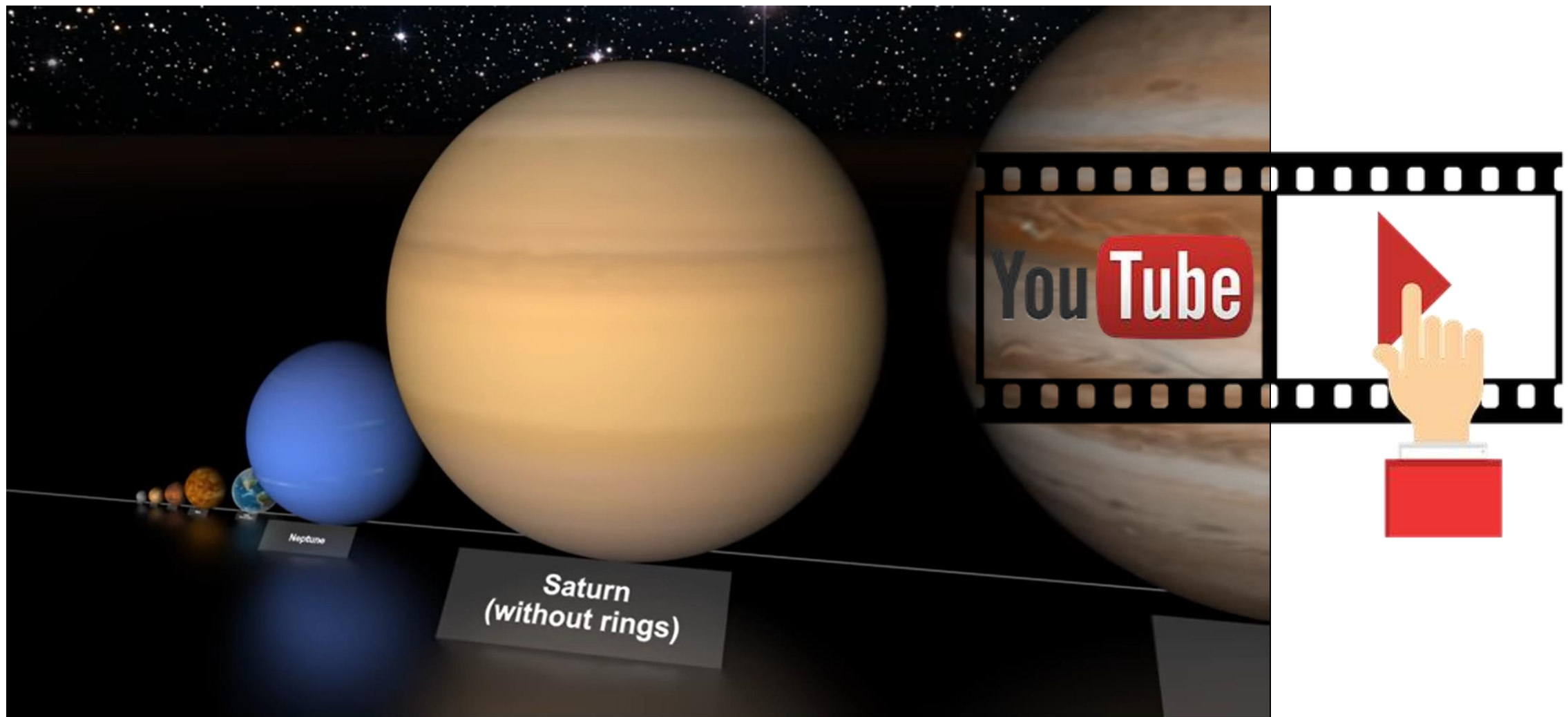
בכל בדרך כלל החיכוך באטמוספירה שורף לגמרי את המטאורים.

אך לעתים המטאור גדול דיו כדי לשרוד את הכניסה לאטמוספירה ולהגיע אל פני כדור הארץ.

מטאור המצליח להגיע אל פני כדור הארץ מכונה מטאוריט.



מטאוריט



סרטון סדרי גודל ביקום