



משחק אסטרטגיה בנושא טלסקופים, תופעות ואירועי שמיים

משחק זה מבוסס על פיתוח שהוצע במסגרת HACK SPACE 2018 של קרן רמון וסוכנות החלל הישראלית

על ידי חברי הצוות: אלמוג אוחיון, אתי דגן, אלה רץ, רנדא שוקייר ואבי עמיצור
ייעוץ ופיתוח פדגוגי: תעשיידע (ע"ר), מחלקת פיתוח הדרכה. ייעוץ מקצועי: מר יורם אורעד



ספקטרום

המשחק שלפניך מאפשר הוראה חווייתית באמצעות משחק. זהו משחק במתכונת "צוללות", משחק אסטרטגיה מוכר. התלמידים ילמדו בעזרתו על טכנולוגיית הטלסקופ ועל סוגי טלסקופים ויכולותיהם, ולאחר כמה סבבים ידעו לומר מה הטלסקופים בחלל יכולים לזהות.

המשחק וכליו:

מטרת המשחק:

- במשחק מתחרות קבוצות. בכל קבוצה 2-3 תלמידים.
- מטרת המשחק: לזהות אלמנטים וגרמים שמימיים שנמצאים על לוח הקבוצה היריבה.
- הקבוצה המנצחת היא זו שחשפה באמצעות טלסקופים שונים את כל האלמנטים והגרמים השמימיים שעל לוחו של היריב.
- כל קבוצה מקבלת לוח בעל 49 משבצות. יש לקרוא ולהבין את לוח האסטרטגיה ואת כרטיסיות הטלסקופים.
- בתחילת המשחק כל קבוצה ממקמת על הלוח שלה 6 אלמנטים.

מתחילים!

- כל קבוצה בתורה בוחרת טלסקופ, מציינת את שמו ומכוונת אותו למשבצת בלוח היריב שעליה נמצא מה שברצונה לחשוף.
- הקבוצה מכריזה על המטרה בקול רם, למשל: "ניוטון מביט לכיוון B2!"
- אם הטלסקופ זיהה גרם שמימי, יש להכריז באוזני היריב על זיהויו של הגרם או של חלק ממנו (שימו לב שיש גרם שמימיים המתפרשים על פני יותר ממשבצת אחת בלוח).

משך זמן מקסימלי לסיום המשחק:

45 דקות

קהל יעד:

ה'-ח'

הקדמה למשחק והנחיות נוספות:

טרם חלוקת לוחות המשחק יש לחלק לכל התלמידים כרטיסיות טלסקופים ולתת להם 5-10 דקות לסקור את כל הטלסקופים ולקרוא בעיון את ההסבר עליהם. יש להדגיש לפניהם שבכרטיסיות יש מידע שימושי שיסייע להם במשחק. עליהם ללמוד מהכרטיסיות על הטלסקופ, על טווח הקליטה שלו ועל הספקטרום האלקטרומגנטי שלו, ולדעת מה הוא מסוגל לזהות בחלל.

לאחר מכן יש לאפשר לתלמידים, שהתחלקו לקבוצות, לשבץ את האלמנטים בחלל על גבי הלוח שלהם. עליהם לשבץ עד 6 אלמנטים שונים בלוח אחד. את השיבוץ יש לעשות לפי המקרא המצורף למשחק, ויש להסתירו מהיריב.

עזרים:

- לוחות משחק בעל 49 משבצות
- עפרונות לסימון על גבי הלוח
- כרטיסיות של סוגי טלסקופים לשינון
- לוח אסטרטגיה ומקרא שיבוצים

כך נראה לוח של מחקן לאחר שסייץ בו אולנטים:

	1	2	3	4	5	6	7
A	אלקסיה 						
B							
C				כוכב לכת 			
D							
E			חור שחור 			חומר אפל 	
F							
G							
H		צביר אלקסיות 					
I						קואכר 	



חוקים בסיסיים:

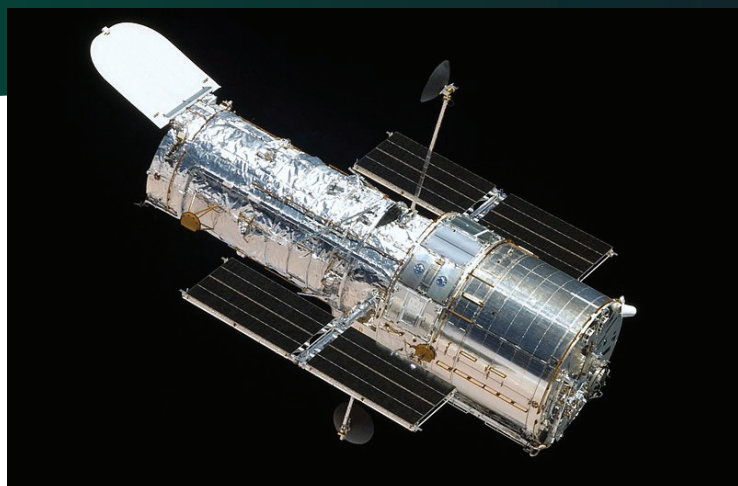
טלסקופ

טלסקופ הוא מכשיר לצפייה בעצמים מרוחקים. טלסקופ אופטי משתמש בקרינת אור נראה. הוא מראה עצמים מרוחקים כאילו הם קרובים יותר. בצורתו הפשוטה וההיסטורית (למשל הטלסקופ של גלילאו) הוא גליל שבשני קצותיו עדשות קמורות, עדשות מִרְכָּזוֹת. בחקר החלל טלסקופים משמשים לצפייה בגרמי שמיים שונים כגון כוכבים, כוכבי לכת, ירחים, אסטרואידים וגלקסיות. יש טלסקופים הפועלים באמצעות סידור של מראות, ויש גם טלסקופים הפועלים באמצעות שילוב של עדשות ומראות. רדיוטלסקופ הוא טלסקופ שמשתמש בקרינת רדיו לצפייה בעצמים מרוחקים. טלסקופ קרני גמא וטלסקופ קרינת רנטגן משתמשים בקרינת גמא ובקרינת רנטגן לצפייה בעצמים מרוחקים.

ספקטרום אלקטרומגנטי

הספקטרום האלקטרומגנטי הוא אוסף כל הקרינות. נהוג לחלק את הקרינות באופן הבא:

- **אור נראה:** תחום הקרינות הנראות לעין האנושית.
- **קרינת רדיו:** קרינה המשמשת בין היתר לתקשורת אלחוטית.
- **קרינת מיקרו:** קרינה חדירה (חודרת דרך חפצים רבים). משמשת בין היתר לחימום מזון בתנור המיקרוגל המוכר לנו.
- **קרינת תת־אדומה (אינפֿרה־אדומה):** קרינה המשמשת במכשירים שונים כגון שלט רחוק, מצלמות המסוגלות לראות ולצלם בלילה. הדברים שעל פני כדור הארץ, ובייחוד בעלי החיים ובהם האדם, פולטים קרינה תת־אדומה. לכן אפשר לצלם במצלמות תת־אדום גם בלילה, ללא צורך במקור תאורה חיצוני. בעלי חיים מסוימים (למשל נחשים) מסוגלים להבחין בקרינת תת־אדומה.
- **קרינה עליסגולה (אולטרה־סגולה):** קרינה חדירה בעלת השפעות חיוביות ומזיקות כאחד. בין ההשפעות החיוביות: ייצור ויטמין D, הדרוש לגוף האדם. בין ההשפעות המזיקות: התקטנות העור לאחר חשיפה ממושכת לקרינה והעלאת הסיכוי לסרטן העור.
- **קרינת רנטגן (קרינת X):** קרינה חדירה מאוד (עוברת גם דרך רקמות של גוף האדם). התגלתה בשנת 1895 על ידי ויליאם רנטגן. משמשת בתחומים רבים, בעיקר בתחום הרפואה, בזכות חדירותה המאפשרת לצלם איברי גוף פנימיים. היא משמשת גם לאיתור פגמים במבנים, מטוסים ועוד. שימוש נוסף הוא לאיתור מטעני נפץ במטעני נוסעים העוברים בשדה התעופה לפני עלותם למטוס.
- **קרינת גמא:** קרינה חדירה מאוד הנוצרת בין היתר במהלך התפרקות רדיואקטיבית. קרינת גמא מסוכנת מאוד לאדם. חדירותה כה גבוהה עד שהיא מסוגלת לחדור דרך כמה סנטימטרים של עופרת יצוקה. חשיפה לכמות קטנה שלה עלולה לגרום לסרטן.

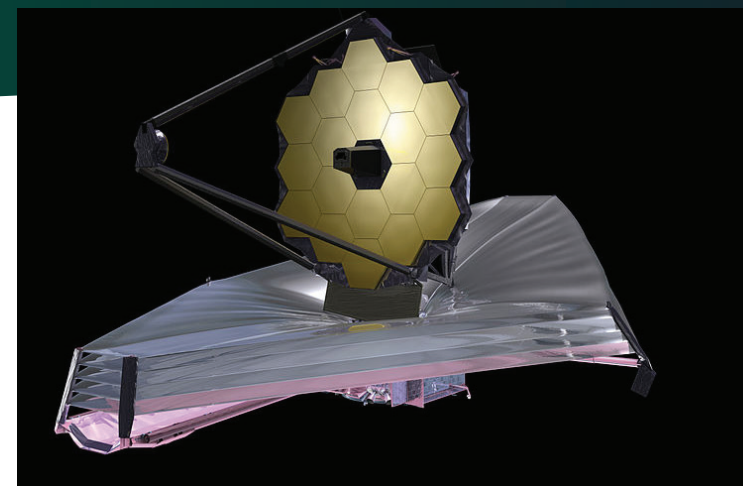


טלסקופ החלל האבל. תמונה: נאס"א

טלסקופ החלל האבל (Hubble Space Telescope)

האבל, קרוי על שם האסטרונום אדווין האבל, הוא טלסקופ המקיף את כדור הארץ במסלול נמוך (600 קילומטר בקירוב). זהו טלסקופ מחזיר אור, ובמילים אחרות - טלסקופ המבוסס על מראה המחזירה את האור הפוגע בה.

האבל מסוגל לצפות ולצלם עצמים בקרינת אור נראה, ואף בקרינה על-סגולה ובקרינה תת-אדומה, דבר שאי אפשר לעשות מהקרקע עקב סינון תחומי האור הללו, העליסגול והתת-אדום, באטמוספירה. המכשור המותקן בהאבל מאפשר להבין את המבנה של כוכבי לכת, כוכבים, ערפיליות, גלקסיות וצבירי גלקסיות. חלק גדול מזמן התצפית של האבל מוקדש לצפייה בגופים של מערכת השמש ובהם כוכבי לכת וכוכבי לכת ננסיים.



טלסקופ החלל ג'יימס וב (הדמיה)

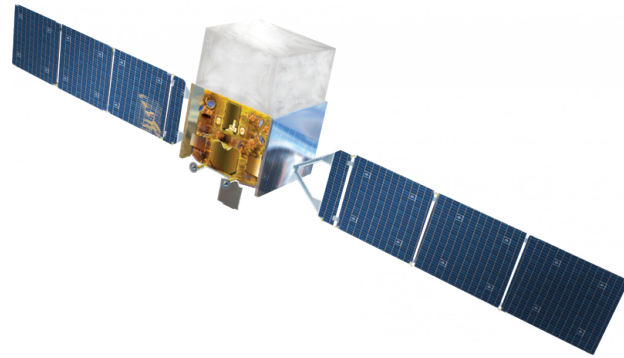
טלסקופ החלל ג'יימס וב

ג'יימס וב (James Webb Space Telescope) הוא טלסקופ חלל ששיגורו מתוכנן למרץ 2021. הוא יוצב במרחק של 1.5 מיליון קילומטרים מכדור הארץ. הטלסקופ הוא פרויקט משותף של נאס"א, סוכנות החלל האירופאית וסוכנות החלל של קנדה.

ג'יימס וב יצפה בגופים בחלל בתחום קרינת האור הנראה הארוך (כגון כתום ואדום) וכן בתחום הקרינה התת-אדומה. הוא יצויד במכשירים מדעיים שיקנו לו רזולוציה ורגישות רבים בתחומים אלה. אחת ממטרותיו היא צפייה בעצמים ואירועים רחוקים בחלל, לדוגמה צפייה בהיווצרות הגלקסיות הראשונות. מטרה אחרת היא חקר היווצרותם של כוכבים וכוכבי לכת.



טלסקופ החלל פרמי



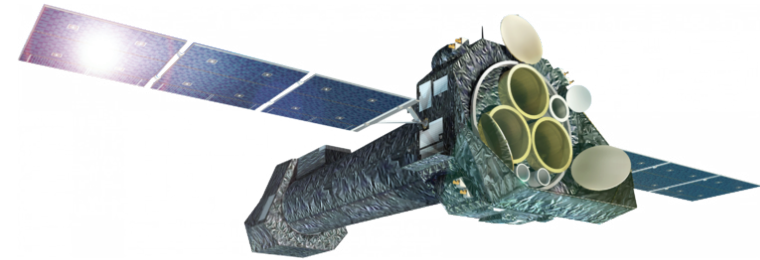
טלסקופ החלל פרמי

פרמי הוא טלסקופ חלל המקיף את כדור הארץ במסלול בגובה נמוך - 550 קילומטרים מעל פני הקרקע. הטלסקופ הוא פרי שיתוף פעולה בין סוכנויות החלל של ארצות הברית (נאס"א) לסוכנויות החלל של צרפת, גרמניה, איטליה, יפן ושבדיה. התוכנית המקורית הייתה להפעיל את הטלסקופ למשך חמש שנים, אך הפעלתו הוארכה והיא נמשכת עד היום.

הטלסקופ צופה בחלל בתחום קרינת הגמא. הוא יועד לסייע בלמידת התנהגותן של התפרצויות קרינת גמא. אחת ממטרותיו היא סקירת השמיים כדי לספק מידע על תופעות אסטרופיזיקליות וקוסמולוגיות, בהן מרכזים פעילים של גלקסיות, פולסרים ומקורות שנפלטת מהם אנרגיה בקנה מידה גדול, וכן על החומר האפל.



סקופ החלל ניוטון



טלסקופ החלל ניוטון

ניוטון הוא טלסקופ חלל הקרוי על שמו של אייזק ניוטון (1642-1727), מגדולי הפיזיקאים בכל הדורות.

הטלסקופ צופה בגופים בחלל באמצעות קרינת רנטגן ומיועד לצפות בעצמים אנרגטיים כגון דיסקות ספיחה של חורים שחורים (דיסקת ספיחה היא מבנה דמוי דיסק שנוצר סביב גרם שמיים מסיבי), סופרנובות, פולסרים (פולסר - כוכב המסתובב סביב עצמו ומשדר קרינה אלקטרומגנטית בשתי אלומות צרות) וקוואזרים (הקוואזר הוא למעשה חור שחור עלימסיבי בעל מסה בסדר גודל של מאה מיליון מסות שמש, הסופח אליו גז דרך דיסקת הספיחה). ניוטון מצויד בשלושה טלסקופי רנטגן נפרדים. כמו כן הוא מצויד בטלסקופ אופטי המסוגל לצפות בקרינת אור נראה ובקרינת על-סגול.

הטלסקופ ניוטון הצליח לגלות צבירי גלקסיות הנמצאות במרחק של 7 ו-10 מיליארד שנות אור, ואלה צבירי הגלקסיות העתיקים ביותר המוכרים לנו.





סופרנובה

בכוכבים (שמשות) מתקיים איזון בין כבידת הכוכב, המושכת את הכוכב כלפי מטה אל מרכזו ובין תהליך ההיתוך הגרעיני המתחולל בתוכו (תהליך של התמזגות מספר אטומים לאטום אחד, המפיק אנרגיה בקנה מידה עצום). התהליך מפעיל כוח כלפי מעלה ומונע את קריסת הכוכב אל תוך עצמו עקב כבידתו. בכוכבים מסיביים במיוחד מגיע שלב שבו תהליך ההיתוך הגרעיני הולך ונחלש עד כדי כך שהכוח שמפעיל תהליך ההיתוך אינו מספיק עוד כדי לאזן את הכוכב. אז, הכוכב קורס אל תוך עצמו וכעבור זמן מה מתפוצץ. בשלב זה בהירותו גדלה בקנה מידה עצום ולעתים יכולה להגיע ליותר מפי מיליון מאשר הייתה עד לפני הקריסה. הבהירות עשויה להיות גדולה יותר אף מזו של גלקסיה שלמה. תופעה זו קרויה בשם סופרנובה (Supernova). הסופרנובה מהווה את השלב האחרון בחייו של כוכב מסיבי. כאשר הדלק הגרעיני אוזל אין עוד כוח שיתנגד למשיכת הכבידה והכוכב קורס אל תוך עצמו. במהלך הפיצוץ האדיר מעטפת הכוכב נזרקת החוצה.

אחד ממאפייני תופעת הסופרנובה הוא התפרצויות של קרינת גמא הנוצרות במהלכה, תוך כדי קריסת הכוכב, למרות שלא כל סופרנובה מלווה בהתפרצויות קרינת גמא.



טלסקופ החלל צ'נדרה (Chandra X-ray Observatory)

טלסקופ החלל צ'נדרה הוא לוויין ששוגר על ידי נאס"א ביולי 1999. הטלסקופ קרוי על שם האסטרופיזיקאי ההודי סוברהמניאן צ'נדראסקאר שכינניו היה צ'נדרה. הוא נע סביב כדור הארץ במסלול שמרחקו נע בין כ-14,000 קילומטרים לכ-135,000 קילומטרים ומשלים הקפה אחת סביבו ב-64 שעות.

צ'נדרה מסוגל לזהות קרינת רנטגן, קרינה שכמעט ואיננה חודרת דרך אטמוספירת כדור הארץ. מאז יולי 1999 הוא משמש כטלסקופ החלל החשוב ביותר של נאס"א לצפייה בקרינת רנטגן. הוא תוכנן במיוחד לזיהוי קרינת רנטגן מאזורים חמים מאד ביקום כמו כוכבים מתפוצצים, צבירי גלקסיות וחומר המצוי מסביב לחורים שחורים. משימת צ'נדרה תוכננה לחמש שנים אך היא נמשכת עד היום. התגליות שבוצעו במסגרתה היו רבות וקידמו משמעותית את אסטרונמיית הרנטגן.





פולסר

דמיינו כוכב דחוס מאד המסתובב סביב צירו במהירות עצומה ומשדר קרינת רדיו בשתי אלומות צרות. זהו פולסר. עקב סיבובו נוצרים פולסים מחזוריים של קרינת רדיו שהמחזור שלהם הוא מחזור הסיבוב של הפולסר סביב צירו. המחזור הזה מדויק מאד והוא נע בין אלפיות השנייה לשניות. הפולסר הקרוב ביותר למערכת השמש נמצא במרחק של 100 שנות אור ממנה. מחזור הסיבוב שלו הוא כ-0.25 שניה, ובמילים אחרות הוא מסתובב סביב צירו ארבע פעמים בשניה. הפולסר הראשון התגלה בשנת 1967 וכאשר גילו את שידור הרדיו שלו חשבו בתחילה, עקב המחזוריות המדויקת שלו, שזהו שידור רדיו של חוצנים אינטליגנטיים.

צופה יכול לקלוט את שידור הרדיו של הפולסר רק כאשר אלומת הרדיו מכוונת אליו, ובמקרה של כדור הארץ, כשהיא מכוונת אל כדור הארץ. זאת, בדומה למגדלור שצופה מסוגל לצפות באלומת האור היוצאת ממנו רק אם הוא בכיוון האלומה.



חור שחור

הכבידה של גוף חללי מושכת אליה גופים וכדי להימלט ממנו אל החלל יש צורך במהירות מספיקה. מהירות זו קרויה בשם מהירות מילוט. ככל שהכבידה גדולה יותר, כך יש צורך במהירות מילוט גדולה יותר כדי לעשות זאת. לעתים, כבידתו של הגוף כה גדולה עד שמהירות המילוט הנדרשת גדולה ממהירות האור ולכן שום עצם אינו יכול להימלט מן הגוף החללי, גם לא האור עצמו. גוף חללי כזה קרוי חור שחור (Black Hole). איננו יכולים לראות חור שחור משום שגם האור אינו יכול לצאת ממנו. חור שחור יכול להיווצר עקב קריסתו של גוף מאד מסיבי אל תוך עצמו. החור השחור המסיבי ביותר הידוע נכון להיום הוא בעל מסה של כשלושים מיליארד מסות שמש. למרות שחור שחור אינו מקרין כלפי חוץ הרי שלעמים נוצרים בקרבתו תהליכים העשויים לגרום לפליטת קרינת רנטגן. לעתים נוצרת סביב החור השחור דיסקת ספיחה, שהיא חומר מפוזר שיכול להיות למשל גז. החומר נע בתנועה מעגלית סביב החור השחור. החלקיקים בדיסקת הספיחה נסחפים כל העת אל מרכזו ומתנגשים זה בזה כל העת, ועקב כך נפלטת קרינת רנטגן בקצב משתנה. איתור מקומות בחלל שבהן נפלטת קרינת רנטגן בקצב משתנה היא גם דרך לגילוי חורים שחורים.

את החור השחור מקיף משטח דמיוני בשם אופק האירועים. כל מה שמתחת לאופק האירועים (ובכלל זה קרינה) אינו יכול להגיע אליו מן החור השחור ולחצות אותו כלפי חוץ. חלקיקים או קרינה שמחוץ לאזור הזה יכולים ליפול פנימה אל החור השחור ולחצות אותו אך לעולם אינם יכולים לחזור החוצה.



ערפילית

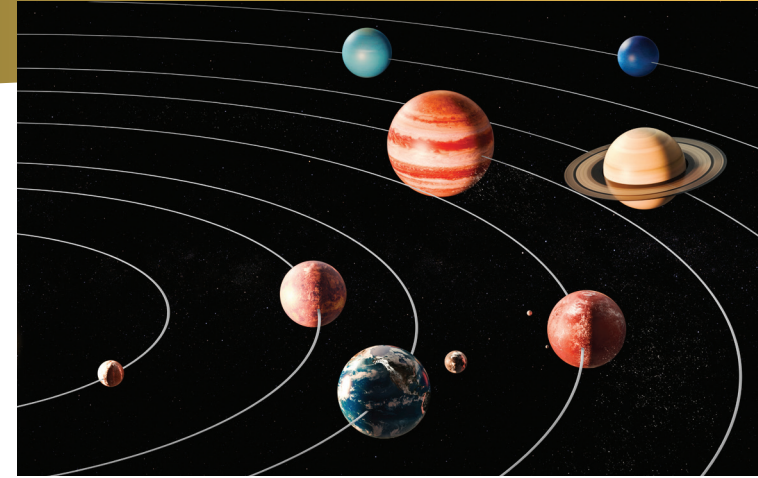


ערפילית

ערפילית היא אוסף של גז ואבק המורכב מחומרים שונים. בערפילית עשויים להימצא כוכבים. מבחינים בין שלוש סוגי ערפיליות. האחת היא ערפילית פליטה - ערפילית הפולטת קרינה. ערפילית אחרת היא ערפילית החזרה. זוהי ערפילית המחזירה אור של כוכבים המצויים סביבה וגם בתוכה. סוג נוסף הוא ערפילית בליעה שהיא ערפילית כהה, לא מוארות על ידי כוכבים. היא מהווה מעין מסך המסתיר את הכוכבים הנמצאים מאחוריה (ביחס לנקודת הצפייה שלנו).



כוכבי הלכת של מערכת השמש



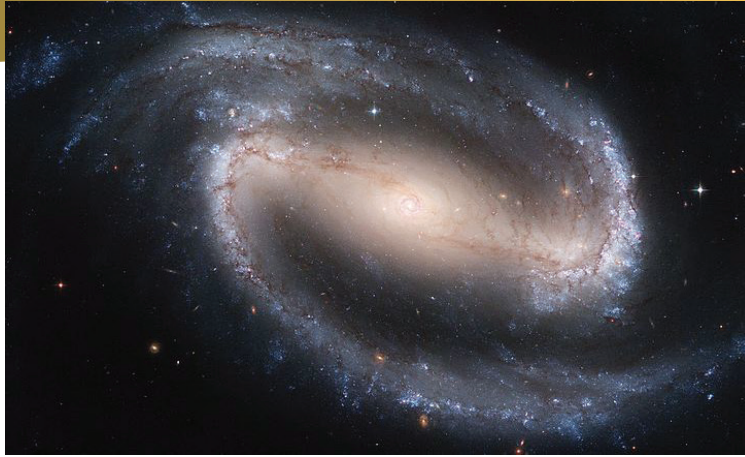
כוכב לכת

כוכב לכת (פלנטה) הוא גוף חלל שאיננו כוכב (שמש), הנמצא במסלול קבוע סביב השמש שלו וצורתו כדורית או כמעט כדורית. כוכבי לכת מקיפים את השמש במערכת השמש שלנו אך גם במערכות שמש אחרות כוכבי לכת מקיפים את השמשות שלהם.

האור המגיע מכוכב לכת הוא אור השמש המוחזר ממנו לאחר פגיעתו בו. חלק גדול מקרינת השמש היא בתחום הנראה ובהתאם לכך גם חלק גדול מהאור המוחזר מפני השטח של כוכב הלכת הוא בתחום הנראה. העצמים על פני כוכב לכת פולטים גם קרינה תת אדומה ובכדור הארץ עושים זאת גם בעלי החיים כולל האדם. קרינת השמש מגיעה אל כל כוכבי מערכת השמש שלנו וכך גם במערכות שמש אחרות. קרינת השמש במערכת השמש שלנו היא המקור העיקרי לאור ולחום על כדור הארץ וגם מקור האנרגיה לכל תהליכי הפוטוסינתזה, שהם תהליכים המאפשרים את גדילתם והתפתחותם של הצמחים בעולם. היא גם אחראית להיווצרות מחזור המים.



גלקסיה



גלקסיה וצביר גלקסיות

גלקסיה היא אוסף כוכבים (שמשות) הנשארים ביחד עקב כבידתם. כבידתם של הכוכבים מושכת אותם זה אל זה. הכוכבים סובבים ביחד סביב מרכז הגלקסיה. ביקום יש מיליארדים רבים של גלקסיות והטלסקופים המודרניים אתרו כמאתיים מיליארד גלקסיות. רוב הכוכבים נמצאים בתוך גלקסיה. גודל הגלקסיות שונה מאד מאחת לשניה. יש גלקסיות קטנות המונות כעשרה מיליון כוכבים בלבד ויש כאלה המכילות כמאה טריליון כוכבים (טריליון הוא אלף מיליארד). גלקסיה ממוצעת מונה כמה עשרות מיליארדי כוכבים והגלקסיה שלנו, גלקסיית שביל החלב, מונה בין 200 ל-400 מיליארד כוכבים. רוב הגלקסיות מרוכזות בצבירים הקרויים צבירי גלקסיות.



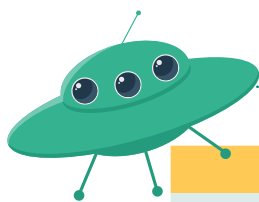
חומר אפל משוער. האזור הסגול מציין את החומר האפל



חומר אפל

החומר האפל הוא חומר משוער המסביר את חוסר ההתאמה בין המסה הנצפית ברבות מן הגלקסיות, לבין אופן תנועתם של הגופים שבהן. לדוגמה, מהירותם של ענני גז הנעים בשולי גלקסיות רבות גבוה בהרבה מהצפוי בהתאם למסה הנצפית של הגלקסיה (במלים אחרות - המסה של הגופים שניתן לראותם). במקרים רבים המסה הנדרשת כדי להשאיר אותם בתנועתם מבלי להינתק מן הגלקסיה עקב מהירותם הגבוהה אמורה להיות גדולה מהמסה הנראית. לאור אי ההתאמה, מניחים את קיומה של מעין הילה של חומר שאינו מאיר העוטפת את הגלקסיה. הגלקסיה נמצאת במרכז ההילה. חומר זה נקרא בשם חומר אפל. ההילה משתרעת הרחק מעבר לאזור הנראה של הגלקסיה. מסת החומר האפל מסבירה למשל מדוע ענני הגז אינם ניתקים מגלקסיות רבות למרות מהירותם הגבוהה.

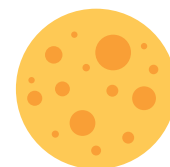




לוח אסטרטגיה

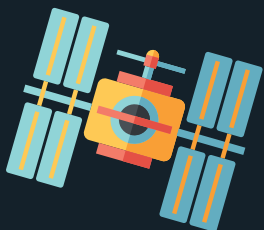
תקרא

סלסקופ	מה הוא מכהה בחלל?
ניוטון	- סופרנובה - פולסר - קוואזר
פרמי	- מרכזים פעילים של גלקסיות - פולסר - חומר אפל
האבל	- כוכבי לכת - ערפיליות - גלקסיות
גיימס ווב	היווצרות גלקסיות ראשונות
צ'נדרה	צברי גלקסיות



לוח סימון של האויב

	1	2	3	4	5	6	7
א							
ב							
ג							
ד							
ה							
ו							
ז							
ח							
ט							



לוח המחקר שלך

מקמו 6 גרמי שמים על גבי הלוח

	1	2	3	4	5	6	7
A							
B							
C							
D							
E							
F							
G							
H							
I							



