

הינה הס כוכב

חיים מחוץ לכדור הארץ, חלק ב' | נוסחת דרייק



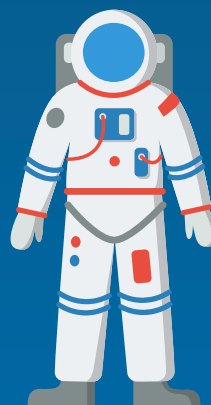
.....
אי התאוריות: כיתות ו-ח'

משך השיעור: 45 דקות

רקע נדרש: היכרות בסיסית עם מושגי יסוד
באסטרונומיה: יקום, גלקסיה, כוכב, פלנטה, שנת
אור, גלקסיית שביל החלב

.....

ההנחיות במערך זה מנוסחות בלשון זכר אך מיועדות
לתלמידות ולתלמידים, למורות ולמורים כאחד.





האם אנחנו לבד? האם קיימים חיים תבוניים מחוץ לכדור הארץ? מה הסבירות שניצור קשר עם חיים תבוניים בגלקסיה שלנו?

תשובה לשאלה זו, האחרונה, הציע פרנק דרייק, אסטרונום אמריקאי שפיתח נוסחה, הנקראת על שמו - "נוסחת דרייק", להערכת מספרן התאורטי של הציוויליזציות בגלקסיית שביל החלב שלנו שיוכלו ליצור קשר עם האנושות באמצעות תקשורת רדיו.

בשיעור זה יציגו התלמידים את המשתנים השונים בנוסחה דרך פיענוח חידות, וינסו להעריך את הסבירות ליצירת קשר עם חיים מחוץ לכדור הארץ. כדאי ללמוד שיעור זה בצמידות לשיעור 'איפה הם כולם?' על פרדוקס פרמי.

מטרת השיעור: הצגת נוסחת דרייק כאמצעי לחישוב הסבירות המשוערת ליצירת קשר עם חיים תבוניים מחוץ לכדור הארץ.



מטרת נוספות

- הבנת גודל היקום והאפשרויות הרבות לקיום חיים שונים
- יצירת דיון בקרב התלמידים על האפשרות לחיים תבוניים חוץ-ארציים

רצף מוחלף לסיכור

פרק זמן	פעילות	דגשים
10 דקות	פתיחה - סיעור מוחות בשאלה אם ייתכן שיש חיים תבוניים מחוץ לכדה"א. הצגת נוסחת דרייק - הצגת הרעיון לחישוב הסתברות חיים מחוץ לכדור הארץ	מצגת
25 דקות	חידות נוסחת דרייק	בחלק הראשון עבודה בקבוצות עם דף החידה, לאחר מכן עיבוד עם כלל הכיתה בעזרת המצגת
10 דקות	סיכום ורפקלציה	

עכרים

- מצגת השיעור, מחשב בעל חיבור למרשתת
- מקרן
- דף חידות לכל קבוצה או זוג





פתיחה

// שקופיות 1-4 : הציגו לתלמידים את נושא השיעור: הסתברות לחיים תבוניים מחוץ לכדור הארץ.

// שקופית 2

בתמונה טלסקופ החלל קפלר. הטלסקופ שוגר במרס 2009 לחלל והוא יועד לחיפוש כוכבי לכת חוץ-שמשיים דמויי ארץ. מאז שיגורו גילה הטלסקופ מעל 2,300 כוכבים וכ-1,500 כוכבי לכת חוץ-שמשיים. באוקטובר 2018 אצל הדלק בטלסקופ קפלר והוא יצא מכלל שימוש. נשאל את התלמידים: **מדוע לדעתכם מחפשים כוכבי לכת חוץ-שמשיים?**

נסביר לתלמידים כי לצד המחקר המעמיק והמתמשך על כוכבי הלכת במערכת השמש שלנו לשם איתור סימני חיים, נעשים מאמצים לאיתור חיים בכוכבי לכת חוץ שמשיים.

// שקופית 3

נסביר לתלמידים כי שאלת הבדידות ביקום - וליתר דיוק, השאלה אם אנחנו לבד בעולם - מעסיקה רבות חוקרים וחוקרות ממדע האסטרונומיה. אחד החוקרים שעסק בשאלה זו בהרחבה החל משנות השישים הוא האסטרונם האמריקאי פרנק דרייק. דרייק העריך כי בשל גודלה העצום של גלקסיית שביל החלב יש סיכוי למצוא חיים תבוניים מחוץ לכדור הארץ.

עד כמה גדולה גלקסיית שביל החלב?

נציג לתלמידים את ההערכה שלפיה בגלקסיה יש כ-200-400 מיליארד כוכבים. קוטרה של הגלקסיה מוערך בכ-100,000 שנות אור (שנת אור: המרחק שקרן אור עוברת במשך שנה - למעלה מ-9 טריליון ק"מ).

// שקופית 4

כדי לנסות ולהעריך את הסבירות לפגוש חיים תבוניים בגלקסיה שלנו יצר פרנק דרייק (בתמונה) נוסחה בעלת משתנים שונים. N מייצג את ההסתברות למספר התאורטי של ציוויליזציות בגלקסיית שביל החלב שיוכלו ליצור תקשורת רדיו עם האנושות, ומכאן ניתן להגיע לאומדן של הסיכוי ליצור קשר עם חיים מחוץ לכדור הארץ.

הנוסחה הומצאה כדי לעורר את הסקרנות המדעית בנוגע ליקום, את השיח בקהילה המדעית בנוגע למחקר על חיים תבוניים חוץ-ארציים, ואת ההבנה כי אנחנו חלק מהיקום האינסופי. **לפיכך, נוסחת דרייק לא נועדה להעריך את מספר הציוויליזציות.** כלל המשתנים בנוסחה צריכים להישקל יחד כאשר דנים בשאלת חיים תבוניים מחוץ לכדור הארץ.



דף חזרה נוסחת דרייק

1. חלקו את התלמידים לקבוצות. הסבירו כי כעת נכיר את המשתנים של נוסחת דרייק.
2. כל קבוצה תקבל דף שעליו עבדו חוקרים אשר ניסו להעריך בעזרת נוסחת דרייק את מספר הציוויליזציות שיהיה ניתן ליצור עימן תקשורת רדיו. ה"חוקרים" השאירו את הדף, אך שכחו למלא את הנתונים הסופיים. בעזרת הרמזים יוכלו התלמידים להעלות השערות בנוגע למשתנים בנוסחת דרייק, ולנסות לפתור אותה.
3. התלמידים יציגו את המשתנים אשר הציבו בנוסחה, ואת השיקולים שהובילו להצבתם.
4. באמצעות שקופיות 5-7 נסביר לתלמידים על משוואת דרייק.

"פתרון" החידות - הצגת משתני המשוואה ודיון

לאחר שהתלמידים יציגו את פתרון החידות, נסביר על משוואת דרייק, ונדגיש כי דרך החידות הציגו התלמידים שיקולים והנחות לחישוב משתנים במשוואה.

שקופית 5: נסביר כי חלק ניכר מהמשתנים במשוואה לא ניתנים כלל למדידה, אלא הם בגדר השערה בלבד ולכן אין בנתונים אשר התקבלו משום חישוב מתמטי להסתברות לקיום חיים תבוניים בגלקסיית שביל החלב שיכולות ליצור תקשורת רדיו עם האנושות.

הצגת נתוני משוואת דרייק

// שקופית 5

נתון ראשון- מספר הכוכבים בגלקסיה שלנו.

בגלקסיית שביל החלב בן 200-100 מיליארד כוכבים. כל מספר בטווח הזה יהווה תשובה נכונה, ולכן השערת "החוקרים" של 100 מיליארד כוכבים בדף הפעילות הם בגדר השערה נכונה.

חשוב להבין כי מספר הכוכבים בגלקסיה שלנו איננו קבוע, ולמעשה כוכבים "נולדים" ו"מתים" כל הזמן. בגלקסיית שביל החלב מדובר על מסת גז המקבילה ליצירה של 1-6 כוכבים בסדר גודל השמש כל השנה. יש מקומות אחרים עם מספרים מעט יותר גבוהים (עד 10 כוכבים בשנה).

אורך חייו של כוכב תלוי במסתו. החישובים מתארים מצב בגלקסיית שביל החלב בו כל 100 שנה בערך כוכב בעל מסה גדולה מסיים את חייו בסופרנובה. כוכבים פחות גדולים כמו השמש, מסיימים את חייהם כננסים לבנים בקצב של 1-3 לשנה.

אם ניקח את גלקסיית שביל החלב כערך ממוצע, ואת מספר הגלקסיות ביקום כ-100 מיליארד, הרי שבכל שנה נוצרים בן 100 ל-300 מיליארד כוכבים ביקום.





נתון שני - כוכבים שיש להם פלנטות

החידה השנייה ממחישה את המשתנה שהוא החלק היחסי של כוכבים שיש להם פלנטות. אין מידע או הערכות לקצב היווצרות פלנטות. המידע אשר הציבו בדף החידה הוא בגדר השערה בלבד.

פלנטה היא כוכב לכת. כוכב לכת הוא גוף עגול המקיף כוכב (שמש). למשל, סביב השמש שלנו חגים כוכבי לכת שונים, שאחד מהם הוא כדור הארץ. כוח הכבידה של השמש הוא שמחזיק את כוכבי הלכת במסלול סביבה. כמו כן, מסלולו של כוכב הלכת פנוי מעצמים אחרים.



נתון שלישי - פלנטות עם תנאים מתאימים להתפתחות חיים

הנתון השלישי במשוואת דרייק מציג את החלק היחסי של הכוכבים שלהם תנאים המתאימים להתפתחות חיים. נקודת המוצא של משוואת דרייק היא שכאשר אנו דנים במספר הציוויליזציות שמקיימות חיים תבוניים מחוץ לכדה"א, אנו מתכוונים לחיים אורגניים כפי שאנו מכירים.

האזור הישיב הוא האזור סביב כוכב (שמש) שעל פני השטח שלו יכולים להתקיים מים בצורה נוזלית בתנאי שיש לחץ אטמוספרי גבוה דיו. אזור ישיב יכול להתקיים במערכת כוכבי לכת או בגלקסיה. בנובמבר 2013, לאחר תצפיות טלסקופ קפלר, הוערך כי באזורים ישיבים חגים כ-40 מיליארד כוכבי לכת דמויי ארץ.

נתון רביעי - כוכבי לכת אשר התפתחו עליהם חיים

הנתון הרביעי במשוואה מציג את הסיכוי שעל כוכב לכת עם תנאים מתאימים אכן יתפתחו חיים. עד כה לא התגלו חיים על שום גרם שמיים, ולכן אין אפשרות לנקוב במספר. המספר הנקוב בדף החידה הוא בגדר השערה בלבד.

נתון חמישי - כוכבי לכת אשר התפתחו עליהם חיים אינטליגנטיים

נתון זה במשוואה ניתן רק להעריך.

גיאולוגים טוענים כי כמיליארד שנה לאחר התייצבות התנאים בכדה"א החלו להיווצר יצורים חד-תאיים. רק לאחר 2.1 מיליארד שנים החלו להיווצר יצורים רב-תאיים, ומכאן ההתפתחות למגוון רחב של יצורים הייתה מהירה, אך רק לפני כ-2.5 מיליון שנה הופיע האדם הראשון. לפני כ-200 אלף שנה הופיע ההומו ספיאנס- שעליו אנו נמנים. הערכת זמן היווצרות החיים על פני כדה"א מלמדת על כדה"א בלבד, ולא ניתן להשליך ממנה על פלנטות אחרות. ערכים לסעיף זה נותרו שנויים במחלוקת. יש הגורסים כי העובדה שהחיים בכדה"א החלו מוקדם מעלה את הסבירות שהם יתפתחו גם במקום אחר. אחרים מצביעים על שברירות החיים ועל העובדה כי רק מין אחד הפך תבוני וגורסים כי הסבירות שכך יקרה גם במקום אחר נמוכה. התשובה בדף החידות מציגה את "השערת החוקרים" כרעיון בלבד.





נתון שישי - החלק היחסי של הציוויליזציות שיפתחו תקשורת שתפלוט אותות הניתנים לגילוי בחלל

פרנק דרייק הציע כי רק חלק יחסי של הפלנטות עם חיים תבוניים הן בעלות יכולות תקשורת. כידוע, ערך זה ניתן רק להעריך; המידע היחיד שיש בידינו הוא על כדה"א, ואף על פי שיש לנו כיום יכולות טכנולוגיות מתקדמות, התקדמות זו היא חידוש של "הרגע האחרון" במושגים של גיל כדה"א. על פי הערכות, חיים מתקיימים על כדה"א 3.6 מיליארד שנה, רק ב-200,000 השנים האחרונות החלו להתקיים חיים תבוניים, ורק ב-100 השנים האחרונות קיימת הטכנולוגיה המאפשרת לתקשר למרחקים ארוכים.

פרנק דרייק עצמו העריך כי 10-20% מכוכבי הלכת הישיבים בעלי חיים אינטליגנטים יכולים לקיים תקשורת, וזהו הנתון המוצג בדף "החוקרים".

נתון שביעי - זמן החיים של ציוויליזציה זו

על פי הערכות, חיים תבוניים מתקיימים במחזורים, ויש הכחדות הנגרמות מגורמים חיצוניים ופנימיים (לדוגמה עידני קרח בכדה"א, מלחמות, מחלות וכדומה). לפיכך, זמן החיים של ציוויליזציה חוץ-ארצית צריך להיות קרוב לזמן החיים המתקיימים באותה עת בכדה"א. העיתוי בו אנו צריכים לאתר את החיים החיצוניים צריך להיות חופף, כלומר שבשני הכוכבים, כדור הארץ ובכוכב היעד, יתקיימו חיים במקביל. ההערכות נעות בין זמן חיים של עשרות אלפי שנים לזמן חיים של מיליארדי שנים. הנתון המוצג בדף "החוקרים" הוא השערתם בלבד.

לסיכום פעילות דף החידה של נוסחת דרייק

נסכם עם התלמידים את פעילות החידה ונזכיר שמטרתן הייתה להציג את המשתנים השונים במשוואה. משוואת דרייק יכולה לתת טווח רחב של ערכים על יסוד הנחות שונות. פרנק דרייק עצמו העריך כי יש כ-20-50 מיליון ציוויליזציות בגלקסיית שביל החלב. עם זאת, יש השוללים באופן גורף את האפשרות לקיום חיים תבוניים מחוץ לכדור הארץ.



// שקופית 6

פרויקט סט"י (SETI, קיצור של Search for Extraterrestrial Intelligence). פרויקט סט"י הוא פרויקט לחיפוש חיים תבוניים מחוץ לכדור הארץ באמצעות האזנה לאותות רדיו המגיעים מהחלל. החיפוש נעשה באמצעות תקשורת רדיו משום שזוהי כנראה הדרך המעשית והכלכלית ביותר לעשות זאת. שיגור חלליות, למשל, הוא עניין יקר ורוב מגבלות (מבחינת המרחק שאפשר להגיע אליו עם חללית, מבחינת מהירות ההגעה, ועוד). תקשורת הרדיו (כמו כל תקשורת אלקטרומגנטית אחרת) היא מהירה מאוד (300,000 קילומטר בשנייה) וגם זולה לאין ערוך משיגור חלליות.

בשנת 1960 החל פרנק דרייק בהאזנה לאותות רדיו מן החלל, בפרויקט "אוזמה", הקרוי על שם הנסיכה אוזמה מהספר "הקוסם מארץ עוץ". במשך השנים שוכללה הטכנולוגיה ובוצעו האזנות לתשדורות רדיו באלפי כוכבים וביותר ממיליארד תדרי רדיו. הדבר נעשה באמצעות סריקת השמיים באורכי גל רבים. כל העת נסרקים אזורים שונים של השמיים, בתקווה לכסות כמה שיותר כיוונים בחלל ולגלות אות שיוכל להתפרש כבעל משמעות, כמסר תבוני. כבר כמה פעמים חשבו החוקרים בפרויקט שאולי התגלה אות כזה, אך הם התבדו. כך למשל בשנת 1977 גילה אחד מטלסקופי הרדיו אות בן 37 שניות, שהיה יכול להיות שדר תבוני ששלחה ציוויליזציה תבונית. אלא שכל הסריקות שכוונו מאז לאותה נקודה שממנה הוא הגיע לא הצליחו לאתרו בשנית. חשוב להדגיש כי זהו מחקר אדיר היקפים, ומעולם לפני כן לא כיסו במחקר כל כך הרבה תדרים. הפרויקט מתנהל במימון של תורמים.





חלק 7

סיכום ורפלקציה

נבקש מהתלמידים לסכם ולומר אילו נתונים כדאי לנו להביא בחשבון כאשר אנו דנים בחיים תבוניים מחוץ לכדור הארץ.
נשאל:

- האם לדעתכם יש נתונים נוספים שכדאי להביא בחשבון?
- האם יש לכם השגות על משוואת דרייק?
- מה לדעתכם הסבירות לתקשורת עם חיים תבוניים חוץ־ארציים?
- מה לדעתכם הסבירות לעצם קיומם?
- האם לדעתם הגילויים של כוכבי לכת חוץ ארציים מאז שנות התשעים, מסייעים לתת אומדן לגבי חלק מהרכיבים של נוסחת דרייק.

