

מה מספרים לנו גלי רדיו על היקום?

Sarah Scoles*

עיתונאית מדע, ברקלי, קליפורניה, ארצות הברית

סוקרים צעירים

GREEN BANK
ELEMENTARY/
MIDDLE SCHOOL

גיל: 11-12



ספקטרום אלקטרומגנטי (Electromagnetic spectrum)

האור הנראה שאנחנו יכולים לראות הוא רק חלק קטן מ"הספקטרום האלקטרומגנטי". אור נראה עשוי מפוטונים עם אנרגיה בינונית. פוטונים עם יותר אנרגיה הם קרינה אולטרה-סגולה, קרני רנטגן וקרני גמא (לקרני גמא יש הכי הרבה אנרגיה). פוטונים עם פחות אנרגיה הם גלים אינפרה-אדומים וגלי רדיו (לגלי רדיו יש הכי מעט אנרגיה).

אסטרונומיית רדיו החלה בשנת 1933, כאשר מהנדס ששמו קארל יאנסקי גילה במקרה שגלי רדיו מגיעים לא רק מהמצאות שבני אדם יוצרים אלא גם ממקורות טבעיים בחלל. מאז, אסטרונומים בנו טלסקופים טובים יותר כדי לנסות למצוא את גלי הרדיו הקוסמיים האלה וללמוד עוד על המקורות שלהם ועל מה שהם יכולים לספר לנו על היקום. מדענים יכולים ללמוד הרבה מהאור הנראה שהם קולטים עם טלסקופים רגילים ובד בבד הם יכולים לקלוט אובייקטים ומאורעות שונים כמו חורים שחורים, היווצרות של כוכבים, לידה של כוכבי לכת, מוות של כוכבים ועוד, בעזרת טלסקופים של גלי רדיו. שימוש בכמה טלסקופים המאפשרים לראות סוגים שונים של גלים – החל מגלי רדיו, דרך אור נראה וכלה בגלי גמא, נותן תמונה שלמה יותר של היקום, יותר מאשר ניתן לראות בעזרת שימוש בטלסקופ מסוג אחד.

כשאתם מסתכלים למעלה לשמיים בלילה אתם רואים אורות בוחקים של כוכבים. אם אתם גרים באזור חשוך הרחק מערים, אתם יכולים לראות אלפי כוכבים. אבל, הנקודות הבודדות שאתם רואים נמצאות כולן בקרבת כוכבים. כ-100 מיליארד כוכבים נוספים קיימים בגלקסיה שלנו בלבד, אשר נקראת "שביל החלב". מעבר לשביל החלב, אסטרונומים מעריכים שקיימות כ-100 מיליארד גלקסיות נוספות (כל אחת עם 100 מיליארד כוכבים משלה). כמעט כל הכוכבים האלה הם בלתי נראים עבור העיניים שלנו, שאינן יכולות לראות את האור החלש שמגיע מכוכבים רחוקים. העיניים שלנו מפסידות דברים נוספים. האור הנראה שהן יכולות לקלוט הוא רק חלק קטנטן ממה שאסטרונומים מכנים "הספקטרום האלקטרומגנטי", הטווח הכולל שבו גלי אור יכולים להתקיים. הספקטרום האלקטרומגנטי כולל גם קרני גמא, קרני רנטגן, קרינה אולטרה-

סגולה, קרינה אינפרה-אדומה, גלי מיקרו וגלי רדיו. מאחר שעניינים של בני אדם יכולות לראות רק אור נראה אנחנו צריכים לבנות טלסקופים מיוחדים כדי לקלוט את שאר ה"ספקטרום", ואז להפוך אותו לתמונות ולגרפים שאנחנו יכולים לראות.

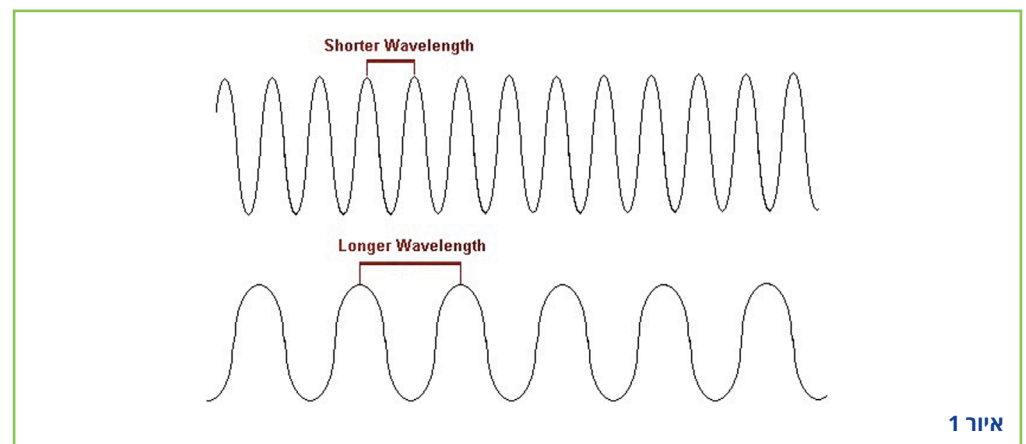
מהו גל רדיו?

האור מורכב מחלקיקים קטנטנים שנקראים "**פוטונים**". לפוטונים של האור הנראה יש כמות אנרגיה בינונית. כאשר לפוטונים יש קצת יותר אנרגיה הם נהפכים לקרינה אולטרה-סגולה, אותה אי אפשר לראות בעין אבל היא יכולה לגרום להשתזפות. עם אנרגיה נוספת הפוטונים נהפכים לקרני רנטגן, שעוברות ישירות דרככם. אם לפוטונים יש אפילו יותר אנרגיה הם נהפכים לקרני גמא, כמו אלה שנפלטות מכוכבים כשהם מתפוצצים.

אבל, כאשר לפוטונים יש קצת פחות אנרגיה מאשר לפוטונים של אור נראה, הם מקרים בתור קרינה אינפרה-אדומה. אתם יכולים להרגיש אותם בצורה של חום. לבסוף, אנו מכנים את הפוטונים עם הכי פחות אנרגיה בשם "גלי רדיו". גלי רדיו מגיעים ממקומות משונים בחלל – המקומות הקרים והעתיקים ביותר, וגם מהכוכבים הצפופים ביותר (אלה שמכילים הכי הרבה חומר שדחוס לנפח קטן). גלי רדיו מספרים לנו על חלקים ביקום שבכלל לא היינו יודעים על קיומם אם היינו משתמשים רק בעיניים שלנו או בטלסקופים שקולטים פוטונים מהאור הנראה.

אורך גל ותדר

אסטרונומים של גלי רדיו משתמשים בפוטונים של גלי רדיו כדי ללמוד על היקום הבלתי נראה. הפוטונים מטיילים בצורה של גלים, כאילו שהם נוסעים על רכבת הרים שמשתמשת שוב ושוב באותן שתי מסילות [1]. גודל הגל של הפוטון – **אורך הגל** שלו – מספר לנו על האנרגיה שלו. איור 1 מראה גלים עם שני אורכי גל שונים. אם הגל ארוך, אין לו הרבה אנרגיה; אם הוא קצר, יש לו הרבה אנרגיה. לגלי רדיו אין הרבה אנרגיה, וזה אומר שהם מטיילים כגלים גדולים עם אורכי גל ארוכים. גלי רדיו יכולים להיות באורך של מאות מטרים, או של סנטימטרים בודדים.



איור 1

פוטון (Photon)

האור מורכב מחלקיקים שנקראים פוטונים, אשר נעים בצורה של גלים.

אורך גל (Wavelength)

אורכי הגל שפוטון נע בתוכו.

איור 1

פוטונים מטיילים בגלים. הגודל של כל גל נקרא אורך גל.
= Shorter Wavelength
אורך גל קצר יותר
= Longer Wavelength
אורך גל ארוך יותר

תדר (Frequency)

מספר אורכי הגל שעוברים דרך אותה נקודה במשך שנייה אחת.

הרץ (Hertz)

הרץ אחד משמעותו שגל אחד עובר דרך אותה נקודה במשך שנייה אחת. מגה-הרץ אחד משמעותו שמיליון גלים עוברים בנקודה אחת בכל שנייה.

אסטרונומים מדברים על כמה מהגלים האלה עוברים אזור מסוים בכל שנייה – זהו ה"תדר" של הגל. אתם יכולים לחשוב על התדר כך: דמיינו בריכה של מים. אם אתם זורקים אבן לתוך המים אדוות מתחילות להתפשט לאורך הבריכה. אם אתם עומדים בתוך המים, הגלים יכו את הקרטוליים שלכם. מספר הגלים שיתנגשו בכם בשנייה אחת אומר לכם מהו התדר של הגלים. תדר של גל אחד בשנייה נקרא "הרץ". תדר של מיליון גלים בשנייה נקרא "מגה-הרץ". אם הגלים הם ארוכים, פחות מהם יכו אתכם בכל שנייה, לכן לגלים ארוכים יש תדרים נמוכים יותר. לגלי רדיו יש אורכי גל ארוכים ותדרים נמוכים.

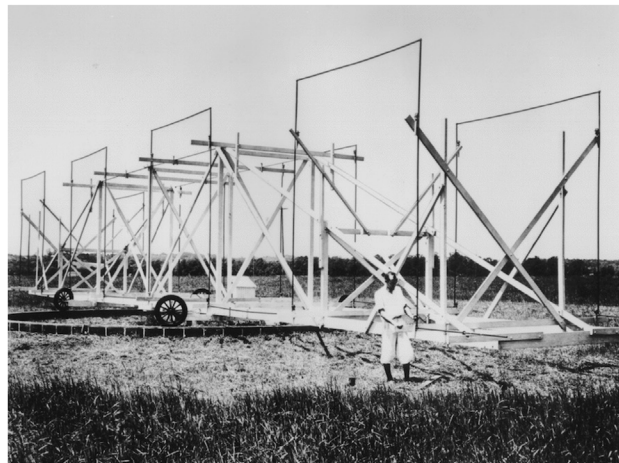
חלוצי הרדיו

האסטרונומים הראשונים של הרדיו לא התכוונו להיות כאלה. בשנת 1933, אדם ששמו קארל יאנסקי עבד על פרויקט עבור מעבדות בל (Bell) שנמצאות בניו-ג'רסי ונקראות על שמו של אלכסנדר גראהם בל, האיש שהמציא את הטלפון. מהנדסים שם עבדו על פיתוח הטלפון הראשון שיפעל בין שני צידי האוקיינוס האטלנטי. כאשר אנשים ניסו לראשונה לקיים שיחות טלפון באותה המערכת, הם שמעו רחש ברקע בזמנים מסוימים במהלך היום. במעבדות בל חשבו שהרעש הזה לא טוב לעסקים, לכן הם שלחו את קארל יאנסקי כדי לבדוק מהו הגורם לרחש. במהרה הוא שם לב שהרחש החל כאשר הגלקסיה שלנו זרחה בשמיים, ונעלם כאשר היא שקעה (כל דבר בשמיים זורח ושוקע בדיוק כפי שעושים השמש והירח). יאנסקי הבין שגלי הרדיו אשר מגיעים ממרכז הגלקסיה הם אלה שמשבשים את חיבור הטלפון ויוצרים את הרחש. הוא, והטלפון, גילו גלי רדיו מהחלל [1]. יאנסקי פתח יקום חדש, בלתי נראה. באיור 2 אתם יכולים לראות את האנטנה שבה השתמש קארל יאנסקי כדי לקלוט גלי רדיו מהחלל.

בהשראת המחקר של יאנסקי, אדם בשם גרוטה רבר בנה טלסקופ רדיו בחצר האחורית שלו באילינוי שבארצות הברית. הוא סיים את הטלסקופ, שהיה באורך של כ-9.5 מטרים, בשנת 1937 והשתמש בו כדי להסתכל על כל השמיים ולראות מאיפה מגיעים גלי רדיו. לאחר מכן הוא השתמש במידע שנאסף מטלסקופ הרדיו שלו ושרטט את המפה הראשונה של "שמי הרדיו" [2].

איור 2

מייסד אסטרונומיית הרדיו, קארל יאנסקי, עומד עם האנטנה שבנה, אשר קלטה את גלי הרדיו הראשונים שזוהו כמגיעים מהחלל. מקור: NRAO.



איור 2

שיחת טלסקופ רדיו

אתם יכולים לראות אור נראה בגלל שפוטונים של אור נראה נעים בגלים קטנים, ועיניכם הן קטנות. אבל, בגלל שגלי רדיו הם גדולים, העיניים שלכם היו צריכות להיות גדולות כדי לקלוט אותם. כך שבעוד שטלסקופים רגילים הם בגודל שבין סנטימטרים בודדים לכמה עשרות סנטימטרים, טלסקופים של גלי רדיו גדולים בהרבה. טלסקופ "גרין בנק" שנמצא במערב וירג'יניה, ארצות הברית, הוא ברוחב של יותר מ-90 מטר ואפשר לראות אותו באיור 3. טלסקופ "ארציבו" שנמצא בג'ונגלים בפורטו ריקו הוא בגודל של יותר מ-300 מטר מצד לצד. טלסקופים אלה נראים כמו גרסאות ענק של צלחות לוויין של טלוויזיה, אבל הם פועלים כמו טלסקופים רגילים.

כאשר משתמשים בטלסקופ רגיל, מכוונים אותו לעבר עצם בחלל. אור שמגיע מאותו העצם פוגע במראה או בעדשה, שמקפיצה את האור למראה או עדשה אחרת, והיא מקפיצה שוב את האור ושולחת אותו אל העין או אל מצלמה.

כשאסטרונומים מכוונים את טלסקופ הרדיו לעבר משהו בחלל, גלי הרדיו מהחלל פוגעים בפני השטח של הטלסקופ. פני שטח אלה, שיכולים להיות מתכת עם חורים בתוכה, הנקראת רשת, או מתכת מוצקה כמו אלומיניום, משמשים כמו מראה עבור גלי הרדיו. הם מקפיצים אותם למעלה לכיוון "מראת רדיו" שנייה, אשר מקפיצה אותם לתוך מה שאסטרונומים מכנים "מקלט". המקלט עושה מה שמצלמה עושה: הוא הופך את גלי הרדיו לתמונה. תמונה זו מראה כמה חזקים גלי הרדיו ומהיכן בשמיים הם מגיעים.

לראות רדיו

כשאסטרונומים מחפשים גלי רדיו הם רואים אובייקטים ומאורעות שונים מאשר אלה שהם רואים כאשר הם מחפשים אור נראה. מקומות שנראים שחורים לעינינו או לטלסקופים רגילים, בוחקים בבהירות בגלי רדיו. לדוגמה, מקומות שכוכבים נוצרים בהם, מלאים באבק, אבק זה חוסם את האור מלהגיע לכדור הארץ, כך שכל האזור נראה כמו כתם שחור. אבל, כשאסטרונומים מכוונים טלסקופי רדיו לאותה נקודה, הם יכולים לראות ישר דרך האבק; הם יכולים לראות כוכב נולד.

איור 3

בעוד שמכשירים כמו טלסקופ "גרין בנק" המצולם כאן אולי לא נראים כמו טלסקופים רגילים, הם עובדים באותו אופן ממש, אבל קולטים גלי רדיו במקום אור נראה. לאחר מכן הם הופכים את גלי הרדיו האלה, שעניינם אנשיות לא יכולות לראות, לתמונות ולגרפים שמדענים יכולים לנתח ולפרש. מקור: NRAO.



איור 3

כוכבים נולדים בתוך עננים עצומים של גז בחלל. ראשית, הגז מתקבץ יחד. לאחר מכן, בגלל כוח הכבידה, יותר ויותר גז נמשך לאותו צֶבֶר גז. הצֶבֶר גִדָּל וגִדָּל ונעשה חם יותר ויותר. כשהוא מספיק חם וגדול הוא מתחיל לרסק אטומי מימן, האטומים הקטנים ביותר שקיימים, אחד לתוך השני. כשאטומי מימן מתנגשים זה בזה הם יוצרים הליום, שהוא אטום קצת יותר גדול. לבסוף, צבר הגז הזה נהפך לכוכב רשמי. טלסקופי רדיו מצלמים תמונות של אותם תינוקות כוכבים [3].

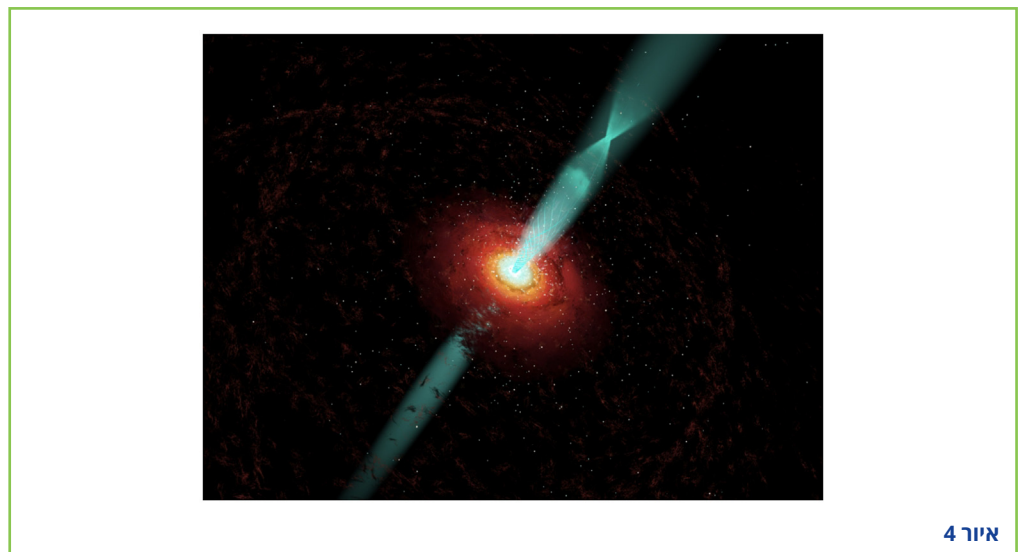
טלסקופי רדיו מגלים גם את הסודות של הכוכב הקרוב ביותר. האור שאנחנו רואים מהשמש מגיע מסביבות המעטפת שלה, שהטמפרטורה בה היא כ-5,000 מעלות צלזיוס. אבל מעל לפני השטח הטמפרטורה מגיעה ליותר מ-500,000 מעלות צלזיוס. טלסקופי רדיו עוזרים לנו ללמוד עוד על החלקים החמים האלה, אשר שולחים החוצה גלי רדיו.

גם לכוכבים במערכת השמש שלנו יש "סוגי אישיות רדיו". טלסקופי רדיו מראים לנו את הגזים שמסתובבים סביב הכוכבים אורנוס ונפטון ואיך הם נעים סביבם. הקטבים הצפוני והדרומי של כוכב צֶדֶק מואָרֵים בגלי רדיו. אם אנחנו שולחים גלי רדיו בכיוון של כוכב חמה, ותופסים בעזרת טלסקופ רדיו את גלי הרדיו שמוחזרים, אנחנו יכולים לבנות מפה של הכוכב שהיא טובה כמעט כמו המפות של גוגל (Google Earth) [4].

כאשר מסתכלים הרבה יותר רחוק, טלסקופי רדיו מראים לנו חלק מהאובייקטים המשונים ביותר ביקום. במרכז של רוב הגלקסיות יש חורים שחורים סופר-מאסיביים. חורים שחורים הם אובייקטים שיש להם המון מסה הדחוסה לתוך חלל קטן. המסה הזאת מספקת להם כל כך הרבה כבידה ששום דבר, אפילו לא אור, אינו יכול לברוח מהמשיכה שלהם. החורים השחורים האלה בולעים כוכבים, גז, וכל דבר אחר שמגיע קרוב מדי אליהם. כאשר החומר חסר המזל הזה מרגיש את המשיכה של החור השחור, הוא קודם כל מסתחרר סביב לחור השחור. ככל שהוא מתקרב, הוא מסתובב מהר יותר ויותר. סילונים עצומים, או עמודות של קרינה אלקטרומגנטית וחומר שלא מצליח להיכנס לתוך החור השחור (לפעמים הסילונים האלה גבוהים יותר מרוחבה של גלקסיה), נוצרים מעל לחור השחור ומתחתי. טלסקופי רדיו מראים את הסילונים האלה בפעולה (איור 4).

איור 4

גלקסיות שיש במרכזן חורים שחורים סופר-מאסיביים יכולות לירות סילונים של חומר וקרינה, כמו אלה שניתן לראות באיור, שהם גבוהים יותר מרוחבה של גלקסיה. מקור: NRAO.



איור 4

אובייקטים מאסיביים כמו החורים השחורים האלה, מעקמים את המארג של היקום, שנקרא זמן-מרחב. דמיינו שאתם ממקמים כדור באולינג, ששוקל הרבה מאוד, על טרמפולינה. הטרמפולינה שוקעת מטה. חומרים כבדים בחלל גורמים לזמן-מרחב לשקוע, ממש כמו הטרמפולינה. כאשר גלי רדיו מגיעים מגלקסיות רחוקות ונעים על פני השקע הזה בדרך לכדור הארץ, הצורה שמתקבלת מתנהגת ממש כמו זכוכית מגדלת שממוקמת על פני כדור הארץ: טלסקופים רואים תמונה גדולה ובהירה יותר של הגלקסיה הרחוקה.

טלסקופי רדיו גם עוזרים לפתור את אחת התעלומות הגדולות ביותר ביקום: מהי אנרגיה אפלה? היקום מתפשט וגדל בכל שנייה. הוא גדל מהר יותר ויותר כל שנייה בגלל ש"אנרגיה אפלה" מתנהגת הפוך מהכבידה: במקום למשוך הכול יחד, היא דוחפת הכול הרחק אחד מהשני. אבל כמה חזקה היא אנרגיה אפלה? טלסקופי רדיו יכולים לעזור למדענים לענות על השאלה הזו על-ידי הסתכלות על "מגה-מייזרים" שמתרחשים באופן טבעי בחלקים מסוימים בחלל. מגה-מייזר הוא בערך כמו לייזר על פני כדור הארץ, אבל הוא שולח גלי רדיו במקום גלים אדומים או ירוקים של לייזר שאותם אנחנו יכולים לראות. מדענים יכולים להשתמש במגה-מייזרים כדי לאתר במדויק את הפרטים של אנרגיה אפלה [5]. אם מדענים יוכלו לפענח עד כמה אותם מגה-מייזרים רחוקים, הם יוכלו להסיק עד כמה רחוקות מאיתנו גלקסיות שונות, ואז יוכלו להבין כמה מהר אותן גלקסיות מתרחקות מאיתנו.

ארגז כלים שלם

אם היו בידינו טלסקופים שקולטים אור נראה בלבד היינו מפסידים הרבה ממה שקורה ביקום. דמיינו שלרופאים היה רק סטטוסקופ בתור כלי עבודה. הם היו יכולים ללמוד הרבה על פעימות הלב של המטופל, אבל היו יכולים ללמוד כל כך הרבה יותר אם היו להם גם מכונות רנטגן, מכשיר לבדיקת אולטרה סאונד, כלי לדימות תהודה מגנטית וסורק טומוגרפיה ממוחשבת. בעזרת הכלים האלה הם יכולים לקבל תמונה מלאה הרבה יותר של מה קורה בתוך גופו של המטופל. מאותה הסיבה, אסטרונומים משתמשים בטלסקופי רדיו יחד עם טלסקופים אולטרה-סגולים, אינפרה-אדומים, אופטיים, טלסקופים של קרני רנטגן ושל קרני גמא: כדי לקבל תמונה מלאה יותר של מה שקורה ביקום.

מקורות

1. Jansky, Karl J. Radio Waves from Outside the Solar System. *Nature*. 1993. 32(3323):66. doi:10.1038/132066a0
2. Reber, Grote. Cosmic Static. *Astrophysical Journal*. 1944. 100:297. doi:10.1086/144668
3. McKee, Christopher F. & Ostriker, Eve. Theory of Star Formation. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*. 2007. 45:565-687. doi:10.1146/annurev.astro.45.051806.110602
4. Ostro, Steven J. Planetary Radar Astronomy. *Reviews of Modern Physics*. 1993. 65(4):1235-1279. doi:10.1103/RevModPhys.65.1235

אנרגיה אפלה (Dark energy)

אנרגיה אפלה מתנהגת הפוך מכבידה, ודוחפת כל דבר ביקום הרחק אחד מהשני.

מגה-מייזר (Megamaser)

"לייזר" טבעי בחלל ששולח החוצה גלי רדיו, במקום האור הירוק או האדום שיוצא מלייזר שאנחנו יכולים לראות.

5. C. Henkel, J. A. Braatz, M. J. Reid, J. J. Condon, K. Y. Lo, et al. Cosmology and the Hubble Constant: On the Megamaser Cosmology Project (MCP). IAU Symposium. 2012. 287:301. doi:10.1017/S1743921312007223

פורסם אונליין: 31 במאי 2018

Kathryn Elizabeth Williamson, National Radio Astronomy Observatory, USA **נערך על ידי:**

Front. Young Minds. **ציטוט:** Scoles S (2018) תהיתם פעם מה משחקי וידאו עושים למוח שלכם? Front. Young Minds. doi:10.3389/frym.2016.00002-he

תורגם והותאם מ:

Scoles S (2016) What do radio waves tell us about the universe? Front. Young Minds 4:2. doi:10.3389/frym.2016.00002

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2016 Scoles. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחבר(ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

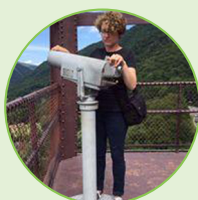
GREEN BANK ELEMENTARY/ MIDDLE SCHOOL, גיל: 11-12

אנחנו תלמידי כיתה ו' בבית הספר שלנו. יש רק כיתה ו' אחת השנה. אנחנו 23 תלמידים ורובנו מכירים זה את זה מאז הגן. לא מזמן הגיעה אלינו מדענית ממצפה הכוכבים לספר לנו על היקום. היא הגיעה פעמיים ומאוד אהבנו את הביקורים שלה. מדע הוא נושא מועדף עבור רובנו. אנחנו גם מעריכים שגברת טולמן, המורה שלנו לאומנות אנגלית וגברת סמית, המורה שלנו למדעים, הסכימו לעזור לנו לעשות את הפרויקט הזה. דברים נוספים שאנחנו אוהבים לעשות הם: לצוד, לדוג, לרכוב על טרקטורונים, לשחק כדורסל, כדורגל, בייסבול וסופטבול (משחק שדומה לבייסבול). אנחנו אוהבים גם שיעורי מתמטיקה, משחקי מחשב, לשחק עם חברים שלנו ולשוחח.

הכותבים

SARAH SCOLES

כותבת מדע שעבודותיה הופיעו במגוון עיתונים מקְרִים בעולם. בעבר עבדה כעורכת במגזין "אסטרונומיה" וכמחנכת ציבורית במצפה הכוכבים הבינלאומי לאסטרונומיית רדיו בגרין בנק, מערב וירג'יניה, ארצות הברית, ביתו של אחד מטלסקופי הרדיו הגדולים בעולם. *sarah.scoles@gmail.com



Hebrew version
provided by

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (ע"ר)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

