



כוכב מנוקד להפליא

Brett M. Morris*

המחלקה לאסטרונומיה, אוניברסיטת וושינגטון, סיאטל, וושינגטון, ארצות הברית

סוקרים צעירים

LAPWAI
HIGH
SCHOOL
גיל: 14-17



לכוכבים כמו השמש יש כתמים כהים על פני השטח שלהם. הכתמים הכהים האלה חשובים לאסטרונומים מאחר שהם מאפשרים לנו לעקוב אחרי מהירות הסיבוב של הכוכב, שקשורה לגיל של הכוכב. היות שכדור הארץ קרוב לשמש, קל לנו לראות את הכתמים על השמש, אולם עבור כוכבים רחוקים הטלסקופים שלנו לא חזקים מספיק כדי לראות את הכתמים. זו הסיבה לכך שאסטרונומים התחילו להשתמש בכוכבי לכת במטרה לחקור כתמים על כוכבים. כשכוכב לכת מסתיר את הכוכב שלו, כמות האור החסרה תלויה בהאם הכוכב חוסם את החלק הבהיר או המעומעם של הכוכב, כמו כן כוכב. באמצעות השיטה הזו, אסטרונומים קבעו ש-HAT-P-11, כוכב שמסתו קטנה ב-20% מהשמש, מכיל כתמים כמו השמש, אולם פני השטח שלו מכילים פי 100 יותר כתמים מפני השטח של השמש.

כוכבים מנוקדים מסתובבים

כל הכוכבים מסתובבים. כשכוכב דמוי-שמש נולד, הוא מסתובב באופן מהיר להפליא, ומשלים סיבוב אחד בכל כמה שעות. כשכוכבים מזדקנים, הסיבוב שלהם נעשה איטי יותר. השמש היא כוכב בגיל ביניים, והיא משלימה סיבוב כל כ-26 יום. חלק מהכוכבים המבוגרים יותר יכולים להסתובב הרבה יותר לאט מהשמש.

דמיינו לרגע שאתם מסובבים כדור כדורגל לבן, עם טלאי שחור אחד עליו. אתם יכולים לומר שהכדור מסתובב מאחר שאתם יכולים לראות שהטלאי השחור נע משמאל לימין דרך הכדור, ונעלם סביב לצד האחורי של הכדור, ואז חוזר שוב לצד השמאלי שלו. כעת, דמיינו שהכדור נמצא במרחק אלפי קילומטרים, ואתם מסתכלים עליו דרך טלסקופ. אתם עשויים שלא להיות מסוגלים לראות את הטלאי השחור נע משמאל לימין דרך הכדור, אולם כשהטלאי השחור פונה אליכם, הכדור יראה כהה יותר מהמצב שבו הטלאי השחור מסתובב בחלק האחורי של הכדור ואתם רואים רק חלקים לבנים. לכן, באמצעות מדידה זהירה של בהירות הכדור כשהוא מסתובב, אתם יכולים לראות שהכדור בהיר כשהחלק הלבן פונה אליכם, הכדור מעומעם יותר כשהחלק השחור פונה אליכם, ואז הכדור נעשה שוב בהיר יותר כשהטלאי השחור מסתובב מחוץ לשדה הראייה פעם נוספת, ואתם יכולים לראות רק את החלקים הלבנים.

אותו הדבר נכון גם עבור כוכבים – מאחר שלכוכבים יש נקודות בהירות עליהם, הם נדמים כבהירים יותר ומעומעמים יותר בזמן שהם מסתובבים. אם אתם מוזדדים את בהירות הכוכב מאוד בזהירות, תמצאו שהבהירות שלו משתנה מגבוהה לנמוכה לגבוהה שוב, כשהכתמים מסתובבים לתוך שדה הראייה ומחוץ לו. לכן, על-ידי מדידת משך הזמן שלוקח לבהירות הכוכב להשתנות מבהירות גבוהה לנמוכה לגבוהה, אנו יכולים למדוד באיזו מהירות הכוכב מסתובב, אפילו שאיננו יכולים לראות את הפרטים של פני השטח שלו!

כוכבי לכת מגלים סודות של פני שטח גרמיים

למרבית הכוכבים יש כוכבי לכת שחגים סביבם. לעיתים אנו ברי מזל, והכוכב יוצר **ליקוי** (חסימה של אור השמש) של **הכוכב המארח** שלו בזמן שהוא נע סביב לכוכב. אם תמדדו את בהירות הכוכב מאוד בזהירות בזמן הזה, אתם תצפו באירוע "**מעבר**", שמתואר לפרטים במאמר הזה. במהלך מעבר, כוכב הלכת חוסם חלק מאור הכוכב, ואסטרונומים בכדור הארץ רואים ירידה בכמות אור הכוכב הכוללת, שנמשכת כמה שעות [1].

כמות האור שחסרה במהלך אירוע המעבר תלויה בעיקר בשני דברים: כמה כוכב הלכת גדול, וכמה הכוכב בהיר. אם הכוכב בגודל של צדק, הוא יכול לחסום 2% או יותר מאור הכוכב. אם הכוכב קטן, כמו כדור הארץ, הוא עשוי לחסום רק 0.008% מאור הכוכב. גודל כוכב הלכת משנה את כמות אור הכוכב שחסר.

דמיינו שאתם צופים בטלוויזיה בהירה בחדר חשוך. מקצה החדר, האח הקטן שלכם מגיע בהליכה איטית לפני הטלוויזיה. האח שלכם יצר ליקוי בטלוויזיה – כמות האור הכללית שתראו מהטלוויזיה קטנה יותר בזמן שהוא מול הטלוויזיה. אולם, מה אם הטלוויזיה תכבה? אז בזמן שאחיהם יעבור ממול לטלוויזיה לא יחסר אור, מאחר שהטלוויזיה כבר כבתה. לכן, בהתבסס על כמות האור שחסר כשאחיהם עובר מול הטלוויזיה, אתם יכולים לדעת כמה הטלוויזיה בהירה (וככל הנראה גם כמה אתם צריכים להתעצבן על אחיהם).

כעת, בואו נדמיינו כוכב בגודל של נפטון שחג סביב כוכב מעט קטן יותר מהשמש, כמו הכוכב HAT-P-11 b, שחג סביב כוכב שנקרא HAT-P-11. HAT-P-11 מסתובב פעם אחת כל 29 יום. הכוכב חוסם 0.3% מאור הכוכב פעם אחת כל 5 ימים, כשהוא חולף על פני הכוכב שלו בסיבוב מהיר וקרוב. אם לכוכב יש כתמים כהים עליו – כמו מסך הטלוויזיה שהיה מכובה באופן

ליקוי

(Eclipse)

מצב שבו אובייקט אסטרונומי חוסם את האור מאובייקט אחר.

כוכב מארח

(Host Star)

הכוכב שסביבו אקזו-פלנטה מסתובבת.

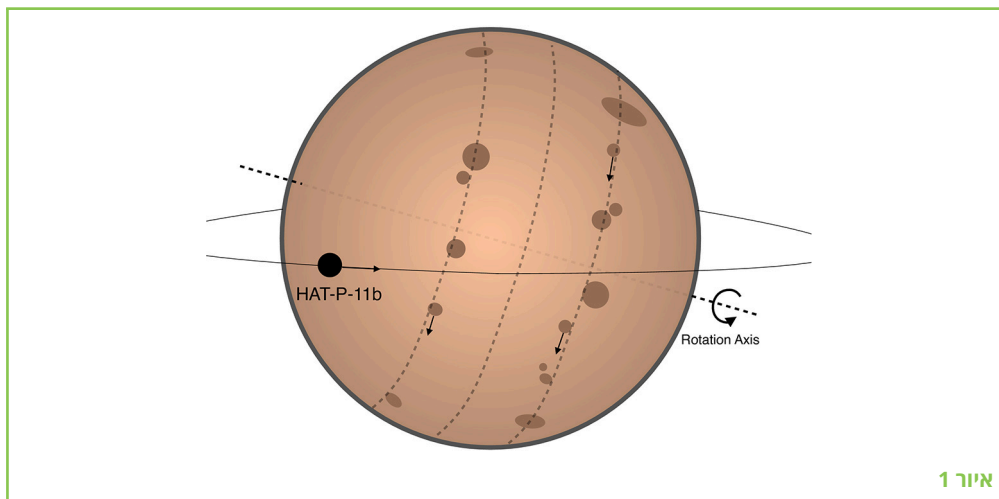
מעבר

(Transit)

כאשר אקזו-פלנטה חוסמת את האור מהכוכב המארח שלה.

איור 1

הדיאגרמה הזו מראה אילוסטרציה של מערכת HAT-P-11. הכוכב בצבע כתום-אדום, עם כמה כתמים כהים על פני השטח שלו. ישנה אקזו-פלנטה בגודל של נפטון בערך אשר חגה קרוב מאוד לכוכב.



איור 1

חלקי – כמות האור שחסרה כשכוכב הלכת עובר לפני הטלאי הבהיר של הכוכב גדולה יותר מכמות האור שחסרה כשכוכב הלכת עובר לפני טלאי כהה של הכוכב. לכן, אם נמדוד את בהירות הכוכב בצורה מדויקת מאוד במהלך מעבר, אנו יכולים להבין כמה הכוכב בהיר מתחת לכוכב הלכת, בהתבסס על כמות האור שכוכב הלכת חוסם כשהוא חולף על פני הכוכב.

HAT-P-11: כוכב סופר מנוקד

טלסקופ החלל קפלר של נאס"א צילם את הכוכב HAT-P-11 פעם בדקה במשך 4 שנים, כדי למדוד את הבהירות שלו בדיוק גבוה. האקזו-פלנטה HAT-P-11 חלפה לפני הכוכב שלה יותר מ-200 פעמים במהלך המשימה הזו, מה שאפשר לאסטרונומים למדוד את השוניות בבהירות על פני השטח של הכוכב באמצעות שיטת "האח והטלוויזיה" שתיארנו קודם לכן. כשכוכב הלכת עבר מעל לכתמי כוכב כהים על פני השטח של הכוכב, פחות אור נעלם מאשר כשכוכב הלכת עבר מעל לאזורים בהירים של הכוכב. לכן, אפשר לאסטרונומים לחקור לפרטים את כתמי הכוכב האינדיבידואליים, אף על פי שהטלסקופ לא היה מספיק חזק בשביל להתקרב ולראות את הכתמים באופן ישיר [2]!

מה שאסטרונומים מצאו היה שהכתמים על HAT-P-11 די דומים לכתמים שעל השמש שלנו (ראו איור 1) [3]. הכתמים האלה מופיעים במיקומים דומים על פני השטח של הכוכב, קרוב יותר למרכז הכוכב מאשר לקטבים (קצוות) שלו. הכתמים של HAT-P-11 דומים גם במידת הכהות שלהם לכתמי שמש – הם מעומעמים יותר בכ-30% משאר פני השטח של הכוכב. הכתמים גם דומים בגודלם לכתמי השמש, ובאופן טיפוסי גדולים פי 10 מכדור הארץ.

אולי התגלית המדהימה ביותר היא מספר הכתמים שאסטרונומים מצאו על HAT-P-11. נדמה שהשטח הכולל שמכוסה בכתמים גדול פי 100 על HAT-P-11 מאשר האזור שמכוסה בכתמים על השמש [3]. פני השטח של HAT-P-11 עשויים להיות מכוסים בכתמים עד 14% יותר [4] מפני השטח של השמש. זה הרבה כתמים! התגלית הזו תואמת לתחזית שלנו שכוכבים שמעט קטנים יותר מהשמש, עם זמני סיבוב דומים, אמורים להכיל כתמים רבים יותר מהשמש.

אקזו-פלנטה (Exoplanet)

כוכב שחג סביב לכוכב אחר, שאינו השמש.

כתמי כוכב (Starspots)

כתמים כהים על פני השטח של כוכבים, שנגרמים על-ידי שדות מגנטיים חזקים.

כתמי שמש (Sunspots)

כתמים כהים על פני השטח של השמש, שנגרמים על-ידי שדות מגנטיים חזקים.

הנוף מ- b HAT-P-11

אם הייתם מבקרים בכוכב החם להפליא b HAT-P-11, היה לכם נוף די מרהיב על השמיים ביום, מאחר שהכוכב חג קרוב מאוד לכוכב שלו. אם הייתם מסתכלים למעלה על הכוכב, הוא היה נראה גדול פי 15 מאך שהשמש נראית מכדור הארץ. כתמי הכוכב הגדולים יותר שאסטרונומים ראו על HAT-P-11 גדולים פי שתיים מהשמש כפי שנראית מכדור הארץ. כמובן, זה יהיה קשה מאוד לבקר בכוכב b HAT-P-11 מאחר שהוא כוכב גז ענק ללא פני שטח, כך שלא יהיה איפה לנחות, ומאחר שהוא קרוב כל כך לכוכב שלו, האטמוספירה שלו תהיה בטמפרטורה של אלפי מעלות. b HAT-P-11 הוא מקום שיכול להיות די לא נעים לבקר בו.

מה הלאה?

מקריאת המאמר הזה, אתם יודעים כעת שלכוכבים חגים יש ככל הנראה כתמים כהים על פני השטח שלהם, ולכוכבים מעט פחות מסיביים מהשמש יש כתמים שמתנהגים ממש כמו כתמי שמש. למדתם כיצד אסטרונומים יכולים להשתמש בכוכבים שחגים סביב לכוכבים רחוקים במטרה לחקור את כתמי הכוכב שלהם.

כדי לראות אם HAT-P-11 באמת מתנהג כמו השמש, יש דבר נוסף שאסטרונומים רוצים לבדוק. השמש נעה במחזור של 11 שנים, מכמה כתמים בודדים להרבה מאוד כתמים, ושוב לכמה כתמים בודדים. אנו רוצים לדעת האם ל-HAT-P-11 יש מחזור 11 שנים דומה, אולם התבוננו בו רק 11 שנים, אז מוקדם מדי לדעת אם לכוכב יש מחזור כמו השמש [5]. אסטרונומים ימשיכו להשתמש בטלסקופים בשנים הבאות כדי לצפות ב-HAT-P-11, ולבדוק אם המחזור שלו הוא כמו של השמש.

מקורות

1. Morris, B. M. 2019. How to discover a planet orbiting a distant star. *Front. Young Minds*. 7:74. doi: 10.3389/frym.2018.00074
2. Sanchis-Ojeda, R., and Winn, J. N. 2011. Starspots, spin-orbit misalignment, and active latitudes in the HAT-P-11 exoplanetary system. *Astrophys. J.* 743:61. doi: 10.1088/0004-637X/743/1/61
3. Morris, B. M., Hebb, L., Davenport, J. R. A., Rohn, G., and Hawley, S. L. 2017. The starspots of HAT-P-11: evidence for a solar-like dynamo. *Astrophys. J.* 846:99. doi: 10.3847/1538-4357/aa8555
4. Morris, B. M., Hawley, S. L., and Hebb, L. 2018. Large starspot groups on HAT-P-11 in activity cycle 1. *Res. Notes Am. Astron. Soc.* 2:26. doi: 10.3847/2515-5172/aaac2e
5. Morris, B. M., Hawley, S. L., Hebb, L., Sakari, C., Davenport, J. R. A., Isaacson, H., et al. 2017. Chromospheric activity of HAT-P-11: an unusually active planet-hosting K star. *Astrophys. J.* 848:58. doi: 10.3847/1538-4357/aa8cca

פורסם אונליין: 28 בינואר 2022

נערך על ידי: Amee Jeanette Hennig

מנחה מדעי: Tami Church

ציטוט: Morris BM (2022) כוכב מנוקד להפליא. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2019.00139-he

תורגם והותאם: Morris BM (2019) A Spectacularly Spotted Star. Front. Young Minds 7:139. doi: 10.3389/frym.2019.00139

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

COPYRIGHT © 2019 © Morris 2022. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (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

LAPWAI HIGH SCHOOL, גיל: 14-17

Lapwai High School ממוקם ליד שמורת נז פרס בלאפוואי, איידהו. הסקירה הזו נערכה על-ידי כמה תלמידים הודים אמריקאים של נז פרס, שלומדים בכיתה המתמטיקה של כנסיית תמי.



הכותב

BRETT M. MORRIS

Brett Morris הוא מועמד לדוקטרט באוניברסיטת וושינגטון, שחוקר אסטרונומיה ואסטרוביולוגיה. לפני כן, Brett חקר אסטרונומיה ופיזיקה באוניברסיטת מרילנד, וגדל בלונג איילנד בניו-יורק. Brett תמיד רצה להיות אסטרונום, והוא כמעט שם! morrisbrettm@gmail.com*

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



הוצאת פרונטייה מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK