

TRAPPIST-1: כוכב כהה עם עתיד בהיר

Brett M. Morris*

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

מתוך אלפי הכוכבים שידועים כ"מארחים" של כוכבי לכת חוץ-שמשיים (אקזופלנטות, שהם כוכבי לכת מחוץ למערכת השמש שלנו), כוכב מרתק במיוחד בולט מהשאר. הוא ידוע בשם TRAPPIST-1: כוכב קטנטן בגודלו של כוכב צדק, שמהווה בית לא אחד, לא לשניים אלא לשבעה כוכבי לכת בגודל של כדור הארץ! כוכבי הלכת האלה הם ככל הנראה עולמות סלעיים, כמו כדור הארץ, וחלקם עשויים להכיל טמפרטורת פני שטח מתאימה עבור קיומם של מים נוזליים, אולם זה תלוי אם לכוכבי הלכת האלה יש אטמוספירות או לא, וממה האטמוספירות האלה עשויות. אסטרונומים עובדים כיום במטרה להבין אם ל- TRAPPIST-1 יש או אין נקודות בהירות על גביו, מה שעשוי להשפיע על האופן שבו אנו רואים כוכבי לכת.

גילוי כוכבי לכת רחוקים

למרבית הכוכבים יש כוכבי לכת שחגים סביבם. הכוכבים האלה נקראים "כוכבים מארחים". **כוכבי לכת חוץ-שמשיים (אקזופלנטות)** הן כוכבי הלכת שחגים סביב כוכבים אחרים, מחוץ למערכת השמש שלנו. אם אנו מתבוננים במערכת של אקזופלנטה מהזווית הנכונה, האקזופלנטות יגרמו לליקוי של הכוכב המארח שלהן בזמן שהן יזוזו סביב לכוכב במסלולים שלהן. אם אנו מודדים מאוד במדויק את הבהירות של כוכב כשהוא גורם לליקוי של כוכב אחר,

סוקרים צעירים

STEVENSON
PACT
ELEMENTARY
SCHOOL
גיל: 12-15



כוכב מארח (Host star)

כוכב שמקיפה אותו
אקזופלנטה (כוכב
לכת חוץ-שמש).

אקזופלנטה (Exoplanet)

כוכב לכת שמקיף כוכב
שאינו השמש.

איור 1

פירוש אומנותי של איך נראית מערכת TRAPPIST-1. שבעה כוכבי לכת חגים סביב הכוכב הזה. העיגולים הכהים על הכוכב הם צללים של כוכבי לכת שעוברים מלפני הכוכב. קרדיט לתמונה: NASA/JPL-Caltech.



איור 1

מעבר

(Transit)

כאשר אקזופלנטה חוסמת אור מה-host star שלה.

שנת אור

(Light year)

המרחק שאור עובר במשך שנה אחת.

היתוך

(Fusion)

תגובה גרעינית שמתרחשת בליבה של כוכבים, וגורמת להם לזרוח.

הפצת אור

(Luminosity)

הבהירות הכולל של אובייקט אסטרונומי.

אנו יכולים להבחין באירוע **מעבר (transit)**, שמתואר בפירוט במאמר פרונטירז הזה. במהלך מעבר, כוכב לכת חוסם חלק מהאור, ואסטרונומים על כדור הארץ רואים נפילה בכמות אור הכוכב הכללית, מה שבדרך כלל נמשך כמה שעות (איור 1).

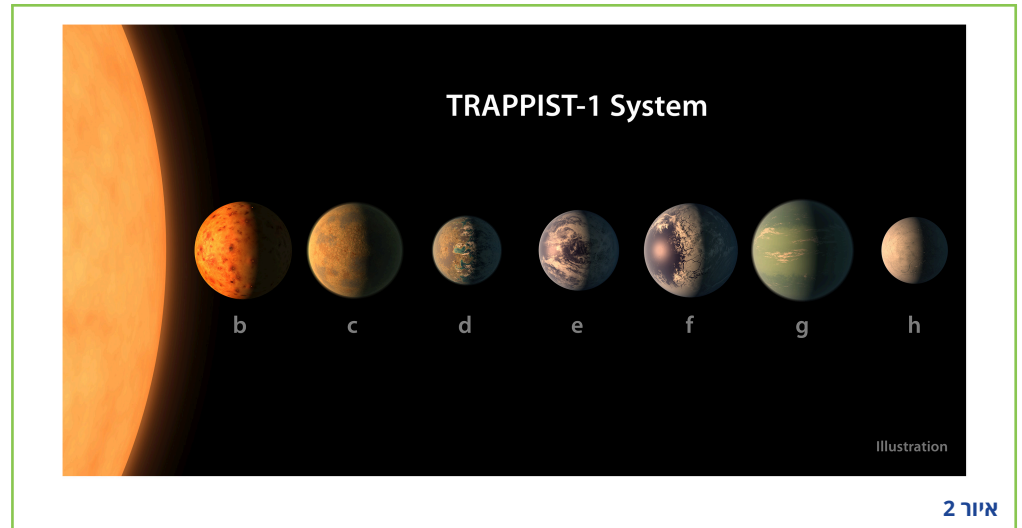
TRAPPIST-1 הוא כוכב אדום קטן מאוד שממוקם 40 **שנות אור** מאיתנו, בקבוצת הכוכבים אקווריוס (Aquarius). למעשה, TRAPPIST-1 הוא הכוכב הכי קטן שיכול להיות – אם הוא היה מעט קטן יותר, הוא לא היה נחשב כוכב מאחר שהוא לא היה מספיק גדול להפיק את האור של עצמו באמצעות **היתוך** של מימן להליום בליבה שלו. TRAPPIST-1 בערך בגודל של צדק, אולם הוא שוקל פי 80 מצדק. הוא זורח עם **הפצת אור** שמהווה רק כ-0.05% מזו של השמש [1]. מרבית הכוכבים בגלקסיה הם כוכבים קטנים כמו TRAPPIST-1, ומאחר שהם כל כך קטנים ועמומים, מאתגר לחקור אותם.

שבע פלנטות קטנות

האתגרים האלה לא עצרו קבוצת אסטרונומים היושבת בבליגיה מלנסות למצוא כוכבי לכת שחגים סביב ל-TRAPPIST-1, ואיזה גן חיות של כוכבי לכת הם מצאו! ישנן שבע אקזופלנטות ידועות שחגות סביב הכוכב הזעיר הזה, כל אחת מהן עוברת מלפני הכוכב כשצופים בה מכדור הארץ, מה שגורם לאירועי מעבר. אנו יכולים להבין מה הגודל של כל כוכב לכת באמצעות מדידת כמות האור שנעלם כשכוכב הלכת עובר מלפני הכוכב. כוכבי לכת קטנים חוסמים רק חלק קטן מהאור, בעוד שכוכבים גדולים חוסמים יותר אור. מדידות הבהירות של TRAPPIST-1 העלו שהגדלים של כוכבי הלכת האלה דומים לכדור הארץ – כוכב הלכת הקטן ביותר היה בגודל

איור 2

פירוש אומנותי של כוכבי הלכת של TRAPPIST-1, שנקראים b-h, וה-host star שלהם, כאשר הגדלים שלהם מוצגים על גבי סקאלה (אף על פי שהמרחקים לא בקנה מידה). קרדיט לתמונה: NASA/JPL-Caltech.



איור 2

של שלושה רבעים מכדור הארץ, וכוכב הלכת הגדול ביותר היה גדול בכ-13% מכדור הארץ (ראו איור 2) [1].

כוכבי הלכת של TRAPPIST-1 חגים סביב הכוכב המארח שלהם הרבה יותר קרוב משכוכבי הלכת במערכת השמש שלנו חגים סביב השמש. כוכב הלכת הקרוב ביותר, שנקרא TRAPPIST-1 b, משלים סיבוב אחד סביב לכוכב שלו אחת לכל 1.5 ימים. השוו את זה עם כדור הארץ, שלוקח לו שנה להשלים הקפה אחת סביב השמש. כוכב הלכת המרוחק ביותר, TRAPPIST-1 h, משלים הקפה כל 18 ימים. אם הייתם צריכים לשים את כל כוכבי TRAPPIST-1 במערכת השמש, ההקפות שלהם ייכנסו כולן בתוך ההקפה של כוכב חמה, כוכב הלכת הפנימי ביותר במערכת השמש.

האם מים נוזליים (ואולי חיים) יכולים להתקיים על אחד מכוכבי הלכת?

אתם עשויים לתהות אם כוכבי הלכת האלה קרובים מדי לכוכב בשביל שבני אדם יוכלו לבקר אותם בלי להימס. מסתבר שמאחר שהכוכב TRAPPIST-1 הוא כל כך מעומעם, הכוכבים צריכים להיות קרובים מאוד אליו כדי להישאר חמים. כוכבים עובדים ממש כמו מדורה – ככל שכוכב הלכת קרוב יותר לכוכב, כך הוא ככל הנראה יהיה חם יותר. אולם המרחק מהכוכב הוא לא הגורם היחיד שקובע כמה חם יהיה כוכב הלכת.

האטמוספירה של כוכב לכת היא גם חשובה, מאחר שחלק מהאטמוספרות שומרות על כוכבי הלכת שלהן חמים במיוחד וקלים. כוכב חמה ונוגה הם דוגמאות טובות לאפקט התחממות של האטמוספרות. כוכב חמה קרוב פי שתיים לשמש מאשר נוגה, כך שאתם עשויים לנחש שכוכב חמה יהיה הכוכב החם ביותר במערכת השמש שלנו. אולם הטמפרטורה בפני השטח העליונים ביותר של כוכב חמה היא בערך 430 מעלות צלזיוס, בעוד שהטמפרטורה של פני השטח של נוגה אפילו חמה יותר, בסביבות 460 מעלות צלזיוס. הסיבה לכך שכוכב נוגה חם יותר מכוכב חמה היא שהאטמוספירה שלו מורכבת בעיקר מפחמן דו-חמצני, אשר כולא חום באטמוספירה של נוגה, תופעה שנקראת **אפקט החממה**. לכוכב חמה אין אטמוספירה, ולכן אין בו אפקט חממה והטמפרטורה לא עולה גבוה כמו בנוגה.

אטמוספירה (Atmosphere)

שכבת גז שמקיפה כוכב לכת (כמו האוויר של כדור הארץ).

אפקט החממה (Greenhouse effect)

כאשר האטמוספירה של כוכב לכת מורכבת מגז שלוכד חום, ומגדילה את טמפרטורת פני השטח של כוכב הלכת.

טמפרטורת פני השטח של כל אחד מכוכבי הלכת של TRAPPIST-1 תלויה באם יש או אין להם אטמוספירות, וממה האטמוספירות האלה מורכבות. כיום, איננו יודעים בוודאות אם לאלה מכוכבי TRAPPIST-1 יש אטמוספירות, וישנו מגוון רחב של אטמוספירות אפשריות שיכולות להתקיים על כל אחד מכוכבי הלכת, שלכל אחת מהן יכולה להיות השפעה משמעותית על כמה חם כוכב הלכת יכול להיות.

כתוצאה מהשאלות הבלתי פתורות האלה על אטמוספירות, איננו יודעים עדיין את טמפרטורות פני השטח של כל אחד מכוכבי TRAPPIST-1. איננו יודעים גם בוודאות אם בכל אחד מהם יכולים להיות מים נוזליים על פני השטח או לא! אולם אנו מתכוונים לגלות!

דרך אחת שבה אנו יכולים לגלות זאת היא באמצעות צפייה בכל כוכב לכת שעובר לפני הכוכב – כוכבי לכת עם אטמוספירות חוסמים יותר צבעים מסוימים של אור מכוכבי לכת ללא אטמוספירות, והצבעים שנחסמים תלויים בכימיקלים שנמצאים באטמוספירה של כוכב הלכת. באמצעות מדידת הצבע של הכוכב בזהירות רבה כשכוכבים עוברים מלפניו, אנו עשויים להיות מסוגלים לקבוע אם לכוכבי הלכת יש אטמוספירות, וממה האטמוספירות האלה מורכבות.

הנקודות המסתוריות על פני השטח של TRAPPIST-1

אולם, ישנו אתגר גדול שגורם לקושי בחקירת האטמוספירות של כוכבי הלכת של TRAPPIST-1 – איננו יודעים כיצד נראים פני השטח של הכוכב. הכוכב יכול להכיל כתמים קטנים או גדולים על פני השטח שלו, שנקראים 'כתמי כוכבים' (starspots), אשר משפיעים על הבהירות ועל צבע המדידות שאנו מבצעים על הכוכב [2]. מאחר שאנו סומכים על הבהירות וצבע המדידות כדי ללמוד על האטמוספירות של כוכבי הלכת, ובהתאם אם יכולים להיות בכוכבי הלכת מים נוזליים או לא, עלינו לדעת בדיוק כיצד הכתמים על TRAPPIST-1 משפיעים על הצבע של הכוכב ועל בהירותו.

מאמץ אחד לחקור את הכתמים של TRAPPIST-1 באמצעות טלסקופי החלל *Kepler* ו-*Spitzer* של נאס"א מלמד כי ייתכן שלכוכב בכלל אין כתמים כמו שיש לשמש, אולם ייתכן שיש לו נקודות חמות *בהירות* על פני השטח שלו [3]. הנקודות הבהירות האלה גורמות לכוכב להיראות מעט יותר כחול ובהיר כאשר הנקודות הבהירות פונות אלינו, וקצת יותר אדום ועמום כשהנקודות הבהירות יוצאות מחוץ לטווח הראייה שלנו כשהכוכב מסתובב. הֶבְנַת מספרן של הנקודות האלה, הטמפרטורה שלהן ובהירותן חשובה להבנת החותם שכוכבי הלכת משאירים על אור הכוכב שמגיע מ-TRAPPIST-1. לאחרונה, שתי קבוצות מדענים אחרות שחקרות את צבעו של TRAPPIST-1 גם הגיעו למסקנה שעשויות להיות נקודות בהירות (חמות) על פני השטח שלו [4, 5]. במקביל להיאספות הראיות של הנקודות המזרות האלה, גדלה גם המסתוריות סביבן מאחר שלשמש – הכוכב היחיד שיכול להיחקר מקרוב – אין נקודות בהירות חמות דומות על פני השטח שלה.

מבט חדש על השמיים

אסטרונומים ככל הנראה יצליחו לענות על השאלות שלהם לגבי הנקודות שעל TRAPPIST-1 כשישוגר טלסקופ חלל חדש, שנקרא James Webb Space Telescope (JWST). ה-JWST

יהיה טלסקופ החלל הגדול ביותר שנבנה אי פעם, והוא מיועד לצפות בכוכבי הלכת של TRAPPIST-1 בתחילת משימתו בת חמש השנים. בשילוב עם תצפיות שנלקחו על-ידי טלסקופים על כדור הארץ, אסטרונומים ישתמשו בתצפיות מ-JWST כדי להבין סופסוף כיצד נראים פני השטח של TRAPPIST-1 ואז, בתקווה, אם האטמוספרות של כוכבי הלכת של TRAPPIST-1 יכולות לאפשר את קיומן של צורות חיים שאנו מכירים, אם לאו.

מקורות

1. Gillon, M., Triaud, A. H. M. J., Demory, B.-O., Jehin, E., Agol, E., Deck, K. M., et al. 2017. Seven temperate terrestrial planets around the nearby ultracool dwarf star TRAPPIST-1. *Nature*. 542:456–60. doi: 10.1038/nature21360
2. Rackham, B. V., Apai, D., and Giampapa, M. S. 2018. The transit light source effect: false spectral features and incorrect densities for M-dwarf transiting planets. *Astrophys. J.* 853:122. doi: 10.3847/1538-4357/aaa08c
3. Morris, B. M., Agol, E., Davenport, J. R. A., and Hawley, S. L. 2018. Possible bright starspots on TRAPPIST-1. *Astrophys. J.* 857:39. doi: 10.3847/1538-4357/aab6a5
4. Ducrot, E., Sestovic, M., Morris, B. M., Gillon, M., Triaud, A. H. M. J., De Wit, J., et al. 2018. The 0.8–4.5 μ m broadband transmission spectra of TRAPPIST-1 planets. *Astron. J.* 156:218. doi: 10.3847/1538-3881/aade94
5. Wakeford, H. R., Lewis, N. K., Fowler, J., Bruno, G., Wilson, T. J., Moran, S. E., et al. 2019. Disentangling the planet from the star in late-type M dwarfs: a case study of TRAPPIST-1g. *Astron. J.* 157:11. doi: 10.3847/1538-3881/aaf04d

פורסם אונליין: 28 בינואר 2021

נערך על ידי: Edward Gomez, Las Cumbres Observatory Global Telescope Network, United States

ציטוט: Morris BM (2021) TRAPPIST-1: כוכב כהה עם עתיד בהיר. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2019.00056-he

תורגם והותאם:

Morris BM (2019) TRAPPIST-1: A Dark Star With a Bright Future. *Front. Young Minds* 7:56. doi: 10.3389/frym.2019.00056

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

COPYRIGHT © 2019 © Morris 2020. 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

15-12 גיל: STEVENSON PACT ELEMENTARY SCHOOL

אנו התלמידים היצירתיים בכיתה ה', הכוללנים, הכיפיים, החדשניים, הבוגרים, האחראיים, האנרגטיים, המעורבים במדע, הנדיבים, העמידים, משתפי הפעולה והמתלהבים של Stevenson PACT! ככותבים אנו עובדים על גילוי עובדות ועל להיות ממוקדים באסטרטגיות יצירת הרשומות שלנו כדי לשפר את טענותינו ואת המחקר המדעי שלנו.

הכותב

BRETT M. MORRIS

Brett M. Morris הוא מועמד לדוקטורט באוניברסיטת וושינגטון שלומד אסטרונומיה ואסטרוביולוגיה. לפני כן, ברט למד אסטרונומיה ופיזיקה באוניברסיטת מרילנד, וגדל בלונג איילנד שבניו-יורק. ברט תמיד רצה להיות אסטרונום, והוא כבר כמעט שם! *morrisbrettm@gmail.com

Hebrew version
provided by

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

