

מוסף הארץ

31.5.2018



איפה כולם

רצף תגליות מדעיות
עומד להרחיב את החיפוש
אחר חיים מחוץ לכדור הארץ.
ייתכן מאוד שנזכה לתשובה
עוד בימי חיינו עודד כרמלי

לכדור הארץ), אבל בתחרות העזה בין מדענים שונים לשלב את המכשירים והניסויים שלהם בגשושית הבאה שנחתת על מאדים, בחללית שיוצאת לשבתאי או בטלסקופ המוצב בחלל — האסטרוביולוגים תמיד מפסידים לגיאולוגים, לפיזיקאים ולאסטרונומים. הם האנדרדוגים, ואף פעם אין מקום לאנדרדוגים בחקר החלל היקר.

לא עוד. באוקטובר 2018 הגישה האקדמיה הלאומית למדעים של ארה"ב דוח לקונגרס המחייב את נאס"א להרחיב את החיפוש אחר חיים מחוץ לכדור הארץ ולכלול את מדע האסטרוביולוגיה בכל שלבי התכנון של משימותיה העתידיות. בשנים האחרונות גם האקדמיה הכשירה את תחום האסטרוביולוגיה כענף מדעי מעשי. למעשה, עצם הגדרת הדיסציפלינה משתנה לנגד עינינו: לא עוד חיפוש אחר סביבות המאפשרות חיים כפי שאנו מכירים אותם, אלא חיפוש אחר דינמיקות של חיים וסביבות המשתנים יחד. הרי גם כדור הארץ הקדום לא היה כוכב לכת מסביר פנים לחיים. החיים הם ששינו את הרכבם הכימי של האטמוספירה והקרקע לאורך מיליארדי שנים, התאימו אותם לצורכיהם. הגדרה מעגלית כזאת אולי נשמעת רוחנית (במובנה הרע של המילה), אבל אסטרוביולוגים מצאו חיים בסביבות הקשות ביותר פה בכדור הארץ — מהחושך הקיצוני השורר במעמקי האוקיינוסים ועד החום הקיצוני השורר בלועיהם של הרי געש. אין סיבה להניח, אם כן, שחיים לא יכולים לשגשג בכל מקום — מתחת לירח הקרח אנקלדוס, בקצות העננים של נוגה או באגמי המתאן של טיטאן. "החל משנות ה-90, אסטרוביולוגיה היא מדע מעשי, אמפירי, ניסיוני ועשיר בתוצאות", אומרת ד"ר רעות סורק-אברמוביץ', אסטרוביולוגית ממרכז המחקר והפיתוח מדבר וים המלח. "לא צריך לצייר תמונה שלפיה עד היום לא נעשה דבר למציאת חיים, ורק עכשיו נזכרים להתחיל לחפש. מדובר בעליית מדרגה משמעותית, אבל היא נשענת על עבודה מחקרית קשה שנעשתה בעשורים האחרונים כן בכדור הארץ: ראשית החיים, דנ"א סינתטי ואלטרנטיבות לדנ"א, סביבות חיים קיצוניות ועוד ועוד".

זהבה ושלושת הדובים

לאור דברים אלה, בחודש מאי אשתקד פירסמה נאס"א — לראשונה מאז 1976 — קול קורא לניסויים אסטרוביולוגיים שייערכו על עולם אחר במערכת השמש שלנו, במטרה לזהות שם חיים במישרין. את התשתית התיאורטית לקול הקורא פרשה סוכנות החלל במאמר בשם "The Ladder of Life Detection", שפורסם בחודש יוני בכתב העת "Astrobiology", ומפרט את הדרכים לאשר או לשלול פעילות מטאבולית בדגימות קרקע. הפעם סוכנות החלל בטוחה שהיא תדע לבנות ניסוי שיניב תוצאות, ולא מן הנמנע שכבר בעשור הבא נראה שיחזור של ניסוי הוויקינגים — בין אם על מאדים ובין אם על אחד מירחי הקרח של צדק או שבתאי. במקביל לביטחון שסוכנות החלל מפגינה לגבי יכולתה לזהות חיים בדגימות קרקע, היא גם מאמצת את הגישה ההפוכה: חישה מרחוק. לפי גישה זו, שעם מצדדיה נמנה המדען הבריטי ג'יימס לאבלוק (ממנסחי "השערת גאיה"), אין צורך לנחות על כוכב לכת כדי לדעת אם יש בו חיים, כיוון שהביולוגיה משנה את הכימיה של כוכב הלכת כולו. לכן לא צריך לצאת למסעות בינכוכביים כדי לגלות חיים: די להביט בכוכב לכת כדי לדעת אם הוא חי או מת. למעשה, לפחות עולם חי אחד כבר זוהה מרחוק. ב-1990, בזמן שהגשושית גלילאו היתה בדרכה לצדק, היא ביצעה יעף על פני כדור הארץ. קרל סייגן, סופר ואסטרונום שחקר את החיים מחוץ לכדור הארץ, ניצל את ההזדמנות כדי לנסות לזהות את החותם הכימי שמשאירים החיים על האטמוספירה

שלנו. על ידי ניתוח ספקטרומטרי בלבד של אור השמש המוחזר מכדור הארץ, גלילאו גילתה חוסר איזון כימי באטמוספירה, עדות לחיים המחדשים ללא הרף את מלאי החמצן והמתאן באוויר, וכן ספיגה חריגה ולא אחידה של אור — עדות לפוטוסינתזה של הצמחים.

"בחולפה סמוך לכדור הארץ", כתב סייגן במאמר הקלאסי שפירסם ב-"Nature", "החללית גלילאו מצאה ראיות לשפע של חמצן, לפיגמנטים נרחבים ביותר על פני השטח עם ספיגה חריפה של הקצה האדום של הספקטרום הנראה ולמתאן אטמוספרי בחוסר איזון כימי קיצוני; יחד, כל אלה מצביעים בבירור על קיומם של חיים על כדור הארץ". ב-2017, אגב, החללית אוסיריס-רקס חזרה על הניסוי בדרכה לאסטרואיד בנו, ומצאה עלייה חדה ברמות הפחמן הדו-חמצני והמתאן, עדות לכך שהחיים התבוניים בכוכב הלכת התרבו וזיהמו מאז את עולמם.

כשסייגן מצא סימני חיים בכדור הארץ ב-1990, לא היה ידוע בוודאות על אף כוכב לכת מחוץ למערכת השמש. היום, בעיקר הודות לטלסקופ החלל קפלר, ידוע על 3,500 עולמות מחוץ למערכת השמש. סטטיסטית, סביב כל כוכב שאנו רואים בלילה עלינו לדמיין שאנו רואים שניים, שלושה או שבעה עולמות, חלקם ענקיים גזיים כמו צדק וחלקם סלעיים, דמויי-ארץ, הנמצאים במרחק הנכון מהכוכב שלהם כדי לאפשר את קיומם של מים נוזליים על פני השטח, אזור שנקרא "האזור הישיב" או "אזור זהבה", לפי המשפט בזהבה ושלושת הדובים: "לא קר מדי ולא חם מדי".

אז על כמה כדורי ארץ אנחנו מדברים? המספרים — איך לא — אסטרונומיים. אפילו אם מביאים בחשבון את כל המשתנים, הערכות המינימום מדברות על 40 מיליארד כדורי ארץ בגלקסיה שלנו ו-6 סקסטיליון כדורי ארץ ביקום. מאחר שהמספר הזה גדול על המוח האנושי, נהוג להשוות אותו לגרגירי חול: לפי חישוב שערך ג'ייסון מרשל, בכל החופים של כדור הארץ יש "רק" 5 סקסטיליון גרגירי חול. אם כן, כשהמלאך הבטיח לאברהם להרבות את זרעו ככוכבי השמים וכחול אשר על שפת הים — על אברהם היה להעדיף את הרישא.

וכאן נפגשות סוף-סוף התגליות המדעיות בכדור הארץ עם התגליות המדעיות במערכות שמש אחרות: אנחנו יודעים איך לזהות פעילות מטאבולית ועכשיו אנחנו גם יודעים איפה לחפש. דוח נוסף של האקדמיה הלאומית למדעים, שפורסם בספטמבר אשתקד, ממליץ שנאס"א תבנה טלסקופ חלל שיוכל ללקט פוטונים של אור מכוכבי לכת דמויי-ארץ במערכות שמש אחרות — כלומר טלסקופ שיוכל לערוך את ניסוי סייגן על עולמות רחוקים.

האסטרונומים של טראמפ

כל הדוחות האלה הם למעשה רק משחק מקדים לקראת הדרמה הגדולה: סקר העשור של האסטרונומיה והאסטרופיזיקה. מדי עשר שנים בערך, האקדמיה הלאומית סוקרת את השאלות הפתוחות הגדולות בתחום — ומציעה דרכים לענות עליהן. הקונגרס וסוכנויות הממשל, לרבות נאס"א, משתמשים בסקר כדי לתעדף פרויקטים. סקר העשור הקודם, שפורסם ב-2010, המליץ לענות על שאלת טבעה של האנרגיה האפלה ולהסביר כיצד נוצרו הגלקסיות ביקום. האסטרוביולוגים מקווים שהסקר הקרוב ימליץ לענות על שאלת החיים מחוץ לכדור הארץ — ונראה שחלומותיהם עוד עשויים, או עלולים, להתגשם.

"טלסקופ החלל קפלר גילה שכרבע מכלל הכוכבים בגלקסיה שלנו, שביל החלב, מלווים בכוכב לכת בגודל כדור הארץ, עם טמפרטורה שמאפשרת מים נוזליים וחיים על פני השטח", אומר פרופ' אבי

לייב, ראש המחלקה לאסטרונומיה באוניברסיטת הרווארד ומי שאחראי על סקר העשור במסגרת תפקידו כראש הוועד המנהל לפיזיקה ואסטרונומיה של האקדמיה הלאומית. "לכן הנושא של חיפוש אחר חיים, בינתיים חיים פשוטים בלבד, מקבל תהודה רבה ויופיע כנושא מרכזי בסקר העשור הבא".

אם אכן ייבנה טלסקופ החלל בעשור הבא, הוא ישוגר באמצע שנות ה-30 של המאה ה-21. כרגע מוצעות שתי תוכניות: טלסקופ החלל (HabEx (Habitable Exoplanet Observatory) וטלסקופ החלל (LUVUOIR (the Large Ultraviolet/Optical/Infrared). הטלסקופ, בין אם במתכונת LUVUOIR ובין אם במתכונת HabEx, ישוגר לנקודת לגראנז' 2, במרחק 1.5 מיליון ק"מ מכדור הארץ. מנקודה זו, הוא יתחיל לסרוק אלפי כוכבי לכת דמויי-ארץ סמוכים (באופן יחסי) הממוקמים באזור הישיב מהשמש שלהם, כשהוא מחפש בהשתקפות האור מהאטמוספירות אחר חתימות ביולוגיות, סמנים כימיים ופיזיים המעידים על קיומם של חיים. הם לא צריכים לשדר בגלי רדיו כדי שנמצא אותם. אם יש להם חילוף חומרים שמפר את האיזון הכימי "הטבעי", כמו ספיגה מחשידה של מולקולות מים או פליטה מחשידה של פחמן דו-חמצני, האטמוספירה שלהם תאותת לנו שעולמם מיושב.

מאחר שאורות כוכבי הלכת חלשים בהרבה מאורם המסנוור של כוכבי השבת, שני הטלסקופים ישתמשו במכשיר חדש שנקרא קרונוגרף כוכבי — נקודה קטנה שיושבת בתוך הטלסקופ עצמו וחוסמת את אור השמש במדויק, עד לקליטת אורם העמום של העולמות המקיפים אותה. טכנולוגיה נוספת שתאפשר לצלם במישרין כוכבי לכת הנמצאים עשרות ומאות שנות אור מאיתנו נקראת Starshade. מדובר בחללית נפרדת לגמרי מהטלסקופ, הטסה במרחק מאות אלפי קילומטרים מהטלסקופ ונפתחת לכדי צורת פרח. כשהפרח ממוקם בדיוק מפליא מול הטלסקופ, הוא חוסם את אור הכוכב — ומאפשר לצלם את הפלנטות מבעד לעלי הכותרת.

LUVUOIR ו-HabEx הם לא הטלסקופים היחידים על השולחן. שתי משימות האסטרוביולוגיה מתחרות בשתי משימות בתחומי הפיזיקה והאסטרופיזיקה, שיחקרו את ראשית היקום, את האבולוציה של גלקסיות ושל כוכבים ואת תוכנו של התווך הבינכוכבי: Origins Space Telescope ו-Lynx X-ray Observatory. ארבע הקבוצות מתחרות על מקום בסקר העשור של האקדמיה הלאומית, כקרש קפיצה לתוכנית הדגל (Flagship) של נאס"א. אם תיבחר משימה אסטרוביולוגית, זו תהיה היסטוריה מדעית: ענף פרינג'י, שבדרך כלל מעורר כחוכחי גרון, יזכה לטלסקופ חלל משלו.

בחודשים הקרובים תדרג האקדמיה הלאומית את ההצעות, והדוח הסופי אמור להישלח לקונגרס מיד אחרי בחירות 2020. אם טראמפ ייבחר לקדנציה נוספת, צפוי מאבק בינו לבין הקונגרס. טראמפ רוצה לבטל את תוכנית הדגל של נאס"א כדי לממן את התוכנית שלו — להנחית אסטרונואוטים על הירח בחמש השנים הקרובות.

בהנחה שהתוכנית תינצל, הסיכוי שכל ארבעת הטלסקופים ישוגרו הוא קלוש עד אפסי. נאס"א אמנם הודיעה לקבוצות המתחרות שעליהן להגביל את עצמן לתקציב של שלושה עד חמישה מיליארד דולר, אבל זה כבר לא יקרה. ככלל, משימות חלל נוטות לחריגות. כך, למשל, טלסקופ החלל הרב-תכליתי ג'יימס ווב היה אמור לעלות בין מיליארד לשלושה וחצי מיליארד דולר, ולהשתגר בין 2007 ל-2011. כרגע הוא עתיד להשתגר ב-2021 והתקציב שלו נושק לתשעה מיליארד. הבעיה עם טלסקופים בחלל היא שאי-אפשר להחזיר אותם אחר כך למוסך. ואף אחד לא רוצה לגלות בדיעבד ששיגר לחלל מיליארדים שלא הניבו דבר.

אפילו אם לא מביאים בחשבון את כל העיכובים והחריגות, HabEx צפוי לעלות חמישה מיליארד דולר, ואילו LOUVIOR צפוי לעלות סכום שיא של 20 מיליארד דולר. אם ייבחר, LUVUOIR עתיד להיות

הטלסקופ הגדול בהיסטוריה — לא רק בחלל, אלא בכלל: מראת הטלסקופ תהיה בקוטר של 15 מטר — פי אחד וחצי מקוטר המראה במצפה הכוכבים הגדול ביותר בכדור הארץ. לשם השוואה, קוטר המראה של טלסקופ החלל האבל הוא 2.5 מטרים בלבד. תמורת 20 מיליארד דולר, שיממנו את אותם 15 מטר של LOUVIOR, האנושות תדע בעשור הרביעי של המאה ה-21 אם היא לבד ביקום. ד"ר סורק-אברמוביץ' לא מתלהבת מרעיון טלסקופ החלל. "נגיד שכיוונת טלסקופ לכוכב לכת איקס, והוא נראה לך מת — מה זה אומר לך? יכולות להיות אינספור וריאציות של חיים. בכדור הארץ, למשל, החיים נוצרו לפני ארבעה מיליארד שנה, אבל אנחנו מוצאים מאובנים של חיים רב-תאיים רק מלפני 600 מיליון שנה. וגם אחרי הופעת הרב-תאיים, היו לפחות חמש הכחדות המוניות, שנמשכו גם עשרות מיליוני שנים, לעומת תקופות של התפתחות שיא. מה שמונע מאיתנו לגלות חיים זו לא הטכנולוגיה — אלא העובדה שמשך החיים הממוצע של בני האדם הוא קצר להחריד לעומת תהליכי חיים בהיסטוריה של פלנטה אחרת. לכן, במקום טלסקופים יקרים להחריד, צריך לעבוד במערכת השמש ולהבין איך מחפשים חיים כאן, בעזרת רובוטים ובני אדם. נכון, גם זה יקר, אבל אנחנו נקבל ערך מוסף גבוה מאוד: הבנה עמוקה יותר של ההיסטוריה של החיים, בכל מערכת השמש ולא רק על הפלנטה הנהדרת שלנו".

במקביל, באפריל 2018 הורה הקונגרס לנאס"א להקצות משאבים לחיפוש אחר חיים תבוניים בחלל, כלומר להציע דרכים לחפש אחר חתימות טכנולוגיות לצד חתימות ביולוגיות, ואנחנו צפויים לראות שימוש נרחב יותר בטלסקופים הקיימים והעתידיים, בחלל ועל הארץ, לטובת ציד צווייליזציות. "אני סבור שגם חיים טכנולוגיים ברוח החברה האנושית נפוצים בגלקסיה", מסביר פרופ' לייב, "וצריך לחפש גם אחרי סימנים טכנולוגיים כמו אורות מלאכותיים, זיהום תעשייתי ומבנים בחלל". כך או כך, פשוטים או תבוניים, במישרין או בעקיפין, מה שנתפס שנים רבות כשאלה נצחית, עשוי לזכות בקרוב לתשובה אמפירית חד משמעית. אם יש חיים ביקום, או לפחות חיים בחלקת היקום הקטנה שלנו, אנו נדע להצביע עליהם עוד בימי חיינו. ואם לא — לפחות נדע אחת ולתמיד שאנחנו באמת לבד, שכל ההרפתקה הזאת ששמה מרחב-זמן מונחת רק על כתפנו.