



אנחנו יכולים למצוא באלפא קנטאורי דברים שאנחנו לא יכולים לדמיין



פרופ' אבי לייב, מושבניק שהפך להיות ראש המחלקה לאסטרונומיה בהרווארד, נבחר לעמוד בראש פרויקט החלל מעורר ההשראה מכולם: הובלת האנושות אל מחוץ למערכת השמש. השיטה: אלפי חלליות זעירות שיחפשו חיים תבוניים במערכת הכוכבים אלפא קנטאורי, קרני לייזר אדירות בחזר מנוע, מהירות של 3.5 מיליון קילומטר בדקה וסקרנות אינסופית. הזוי? לא כשעומדים מאחוריו סטיבן הוקינג, מארק צוקרברג, יורי מילנר ו-10 מיליארד דולר

עומר כביר

ה

רעיון לאחד הפרויקטים הנועזים ביותר בתולדות המסע לחלל התגבש בכלל בחוות עזים בנגב. פרופ' אבי לייב, ראש המחלקה לאסטרונומיה באוניברסיטת הרווארד, היה בחופשה עם משפחתו כשהגיע המייל ובו הוראה לא שגרית: המיליארדר יורי מילנר, מהמשקיעים הבולטים בהייטק העולמי, רוצה שתבוא אליו הביתה בשבוע הבא כדי להציג בפניו תוכנית למסע לאלפא קנטאורי. המטרה: לחקור את מערכת הכוכבים המרוחקת 4.37 שנות אור מכדור הארץ, שכיום אנחנו יכולים רק לראות בשמי הלילה, ולגלות אם יש בה חיים תבוניים. "הגעתי בדצמבר לביקור מולדת, ואשתי הציגה לי לטייל קצת עם הילדים", מספר לייב בשיחת סקייפ ומחייך מבעד למסך. "יום אחרי שהגענו קיבלתי את המייל, והלכתי למשרד של החווה כדי לעבוד. בשש בבוקר ישבתי שם והסתכלתי על העצים, שאחת מהן בדיוק המליטה, ותכננתי מסע בין-כוכבי. זה היה מאוד סוריאליסטי".

התוכניות של לייב בנה באותה ישיבה בחווה נהפכו לפני שלושה שבועות, להכרזה שמציתה את דמיונם של מדענים, אסטרונומים וחובבי התחום בכל רחבי העולם. תוכנית Breakthrough Initiative, המתמקדת במיזמים שמטרתם לאתר חיים תבוניים מחוץ לכדור הארץ, הודיעה כי היא מתכננת לשלוח לראשונה בתולדות האנושות חלליות אל מערכת כוכבים זרה, הקרובה ביותר למערכת השמש שלנו. "אנחנו מבצעים כעת את הקפיצה הגדולה הבאה לתוך הקוסמוס, כי אני חנו בני אדם וטבענו הוא לעוף", הכריז סטיבן הוקינג, שכמו מייסד פייסבוק מארק צוקרברג חבר בדיקטטור ריון התוכנית. הניסויים הראשוניים בפרויקט המסע לאלפא קנטאורי, המכונה Starshot, יחלו בתוך כמה שבועות. כהוכחה לרצינות כוונותיו הודיע מילנר כי יקציב לו 100 מיליון דולר מכספו האישי.

אבל אל תטעו: לא מדובר בתחביב של מיליארדרים משועממים וסלבס מדעיים, אלא בחזון נועז וארוך שנים. זמן העבודה עד לשיגור החלליות יימשך כשנתיים עשורים, אם הכל יעבוד כמו שצריך.

המשך בעמ' 12

פרופ' אבי לייב.
"ישבתי בחווה
בנגב, הסתכלתי
על העזים ותכנתי
מסע בייכוכבי"



צילום: ג'ארד לידס



מימין: אבי לייב, הפיזיקאי פרימן דייסון, סטיבן הוקינג והמיליארדר יורי מילנר בהכרזה על הפרויקט. משלבים כוחות כדי לבצע את "הקפיצה הגדולה הבאה לתוך הקוסמוס"

זמן המסע והזמן שיידרש כדי שהמידע יעשה את דרכו בחזרה מובילים להערכה שהשנה שבה הפרויקט צפוי להסתיים היא 2060. התהליך הזה יעלה 10 מיליארד דולר, לכל הפחות, שדירקטוריון היוזמה המקושרת ינסה לגייס. כשלייב, המדען הראשי של המיזם, נשאל מה אמורה להניב ההשקעה האדירה הזאת, הוא ענה בפשטות: "אף אחד לא יודע. וזה בדיוק מה שמעניין".

"סביר מאוד שנמצא באלפא קנטאורי ובדרך לשם דברים שלא חישבו, שאנחנו לא יכולים אפילו להעלות ברענתנו", אומר לייב בראיון ל"מוסף כלכליסט". "למה זה דומה? מי שרק יסתכל מההלון בחצר האחורית שלי, לא יראה את הארנבות והציפורים. כשקור לומבוס הפליג לחפש את הורו הוא מצא את העולם החדש. אין הרבה דוגמאות בהיסטוריה למקרים שבהם המין האנושי פרץ למרחבים שלא ביקר בהם, ואם נצליח לעשות זאת בימי חייו זה יהיה דרמטי".

כשהסמארטפון מחפש חייזרים

לייב נבחר להוביל את Starshot חצי שנה קודם לכן, כשמילנר ופיט וורדן, לשעבר מנהל מרכז המחקר הנחשב איימס של נאס"א, קפצו לביקור במשרדו בה רווארד. "מילנר שאל אם אני יכול להיות אחראי על הצד התיאורטי של היוזמה", הוא מספר. "במשך שישה חודשים בדקתי עם הסטודנטים והפוסט-דוקטורטים שלי כל מיני רעיונות. הציעו להשתמש בהיתוך גרעיני או אנטי-חומר, אבל אף אחת מהדרכים האלו לא היתה פרקטית. התברר שיש רק דרך אחת – להשאיר את הדלק בבית, ולדחוף את החללית בעזרת קרינת לייזר".

הרעיון שעליו מדבר לייב נשמע לקוח מספר מדע בדיוני. טיל סטנדרטי ישגר לחלל "ספינת אם" ובה מטען של כמה אלפי חלליות זעירות (גשושיות), שכל אחת מהן שוקלת גרם ומורכבת בעיקר ממעבר, רכיב כי תקשורת, מצלמה וחיישנים. כשספינת האם תגיע למסלול היקפי סביב כדור הארץ ישוגרו ממנה הגשושיות, שיפרשו מפרשים דקיקים. קרני לייזר עוזרות צמתיות ישוגרו מכדור הארץ לעבר מפרשים אלו, ובמשך שתי דקות יאיצו את הגשושיות למהירות של 3.5 מיליון קילומטר בדקה, חמישית ממהירות האור. הדבר יאפשר להן להשלים את המסע בתוך כ-20 שנה ולהעביר תמונות ומידע מאלפא קנטאורי.

העיקרון המדעי מאחורי השיטה הזאת מכונה "לחץ קרינה", ובהפשטה רבה הוא פועל כך: על כל משטח שנחשף לקרינה אלקטרומגנטית מופעל לחץ, ואם המשטח מחוזה את הקרינה ולא סופג אותה הלחץ מייצר תרגום לחץ, שגדל ככל שמוחזרת קרינה רבה יותר. המפרשים אמורים להחזיר את קרינת הלייזר ביעילות, וכך לדחוף קדימה את הגשושיות. נאס"א כבר ניסתה להשתמש בשיטה זו ובטכניקות דומות, אך עד כה המשימות, שהיא וגופים אחרים ניהלו, התמקדו רק במערכת השמש. גם גשושיות שהגיעו לגבולה (כמו וויאג'ר 1 ששוגרה ב-1977) נעות באיטיות רבה ואינן מיועדות לחקור מערכות כוכבים ורות. המסע לאלפא קנטאורי שאפתני בהרבה, ומתאפשר בזכות התפתחות בענף שונה לחלוטין: הטלפונים החכמים.

"תיאורטית", הרעיון שעליו אנחנו מתבססים קיים עוד משנות ה-60, מסביר לייב. "ממש אחרי המצאת הלייזר הציעו להשתמש בו כדי לדחוף מסות קדימה. הטעות הבסיסית שעשו בעבר היתה שחשבו על שליחת

בני אדם, או על מטענים של מאות טונות. זה לא פרקטי ודורש אנרגיה עצומה. ואז הגיעה הטכנולוגיה של הסמארטפונים המודרניים, שאפשרה למזער את הגושיות ורכיביהן לסקאלות של גרמים. במקביל תחום הלייזר התפתח ואפשר ליצור קרינה רבת עוצמה".

ולטכניקה הזאת, אומר לייב, יכולה להיות השלכה מעניינת. "אם יש חיים תבוניים על אלפא קנטאורי – וההסתברות לכך קטנה מאוד, כמוכּוּן – הם יראו את הלייזר ותהיה להם אזהרה מוקדמת שמשוה מתקרב. העניין הוא שאם באמת יש תרבויות אחרות, יכול להיות שגם הן עצמן משגרות דברים לחלל. אנחנו רגילים לחשוב שהדרך הטובה ביותר לחפש חיים תבוניים היא לאתר כוכב לכת. הדמיון שלנו תמיד מוגבל למה שאנחנו עושים, ולכן אנו מניחים שאם אנחנו חיים על כדור הארץ או הם יחיו בתנאים דומים. אבל יכול להיות שהחיים הביולוגיים כמו שאנחנו מכירים אותם הם רק שלב בייניים, והעתידי הוא מערכות טכנולוגיות ששולחות מידע ורכיבים אלקטרוניים לחלל, שאותם אנחנו לא יכולים לראות מכדור הארץ. יכול להיות שהן עושות זאת כבר מיליארדי שנים ושהחלל מלא בפסולת שהן שיגרו".

ואם לא תמצאו צורות חיים חדשות, מבחינתכם זה יהיה כישלון?

"לא. גם אם נאתר כוכבי לכת דמויי כדור הארץ, למשל, זה יהיה מעניין מבחינה מדעית. נוכל לצלם מקרוב אובייקטים שהחלליות יעברו לידם ולחקור אותם, ואפשר לשלוח חיישנים שיבדקו סוגיות בפני זיקה בסיסית, כמו תנועה תחת שדות גרביטציוניים, דברים שאפשר למדוד רק על פני סקאלת מרחקים גדולה. אני בכלל לא מודאג, ברגע שפותחים חלון חדש ליקום מגלים דברים חדשים".

"בנוסף, יש גם את ההיבט של המשכיות המין האנושי והתרבות האנושית. יש הרבה סכנות על כדור הארץ שיכולות למחוק אותנו, והמסע יוצר הזדמנות לשלוח לחלל משהו שישמר לפחות חלק מהדברים שחשובים לנו. אפשר גם לשלוח צורות חיים זעירות שמסוגלות להתקיים בחלל, כמו דובוני מים – מעין אסטרונאוטים קטנים על חללית קטנה, שאם ישרדו, יעשירו את גלקסיית שביל החלב בחיים".

פילוסוף כלול התרנגולות

בעולם האסטרופיזיקה נחשב לייב (54) לאחד החוקרים המובילים בכל מה שקשור להיווצרות

מהשקעה בפייסבוק לזימות חלל

יורי מילנר רוצה לעקוף את מאסק ובזוס

הקשר בין חקר החלל ליורי מילנר, המיליארדר היהודי-רוסי שמאחורי פרויקט המסע לאלפא קנטאורי, החל כבר בלידתו. הוא הגיע לעולם בנובמבר 1961 ונקרא על שמו של הקוסמונאוט יורי גגארין, שחצי שנה קודם לכן נהפך לאדם הראשון בחלל. אלא שמילנר פנה דווקא לעסקים: אם בשנות ה-80 הוא עוד מכר מחשבי DOS בשוק האפור של ברית המועצות, הרי שעשור לאחר מכן הוא כבר נהפך למנהל חברת ההשקעות הפרטית של מיכאל חודרקובסקי. גם כשהאוליגרך הסתבך עם ולדימיר פוטין לא ניווקו קשריו של מילנר עם השלטון הרוסי, והוא הפך להיות אחד מאנשי העסקים הבולטים במדינה.

את תהילתו הנוכחית חייב מילנר להחליט לפני כעשור להתמקד בהשקעה בחברות טכנולוגיות. DST, קרן ההון סיכון שהקים, דאגה לרכוש 1.96% ממניות פייסבוק עוד ב-2009, ונוסף על כך היתה אחת המשקיעות הראשונות בווטסאפ ובטוויטר ומחזיקה גם בנתחים מהענקיות הסיניות עליבאבא ושיאומי. Mail.Ru של מילנר היא חברת האינטרנט החזקה ביותר בעולם דובר הרוסית, ובין היתר מחזיקה ברשת החברתית הפופרלרית VKontakte (וגם בתוכנת המסרים הישראלית הנוסטלגית ICQ). הונו האישי מוערך כיום ביותר מ-3 מיליארד דולר.

הרומן המחדש של מילנר עם חקר החלל החל ביולי האחרון, כשהוציא לדרך את Breakthrough Initiative. עד היום השיקה התוכנית שלושה פרויקטים: Listen, שמקים מערך של טלסקופי רדיו לחיפוש עדויות לחיים תבוניים בכוכבים מרוחקים; Message, שמעניק פרס שנתי של מיליון דולר ליוצרי הודעות דיגיטליות שמתארות את כדור הארץ והמין האנושי באופן שתרכות זרה תוכל לפענח ולהבין; וכעת גם יוזמת Starshot להגעה לאלפא קנטאורי.

הדבר הופך את מילנר לאחד ממייצגי הבולטים של ההשפעה המעצמת של מיליארדרים ויזמים פרטיים על תעשיית החלל. אם בעבר הם היו רק קבלני משנה של סוכנויות ממשלתיות כמו נאס"א, בשנים האחרונות עברה היוזמה אליהם גם בכל הנוגע לנושאי המחקר ולאופן ביצועו. המובילה בתחום היא ספייס X של אלון מאסק, שכבר פיתחה ושיגרה בהצלחה טילים שיכולים לשאת ציוד לחלל, ואף הנחיתה אחד מהם בחזרה על כדור הארץ. מתחרתה הבולטת היא Blue Origin, שמאחורייה עומד ג'ף בוס, מייסד אמזון.

לייב בילדותו נוסע
בטרקטור עם אחותו
במושב בית חנוך, ליד
בית המשפחה וכקצין
צעיר בתלפיות. "בכלל
אהבתי פילוסופיה"



עכשיו, במסע לאלפא קנטאורי, ינסה לייב לע-
נות על שאלות שפילוסופים יכולים רק להתריין
עליהן. ואולם, גם הוא יודע שהדרך להשלמת המ-
שימה ארוכה, כמעט בלתי סבירה. "ההכרזה על
הפרויקט היתה החלק הקל", הוא אומר. "זה לא שי-
חכו 20 שנה כדי לראות אם יצא מזה משהו, המבחן
האמיתי שלנו הוא בשנים הקרובות. אנחנו צריכים
להציג במהלכן אבות-טיפוס שיוכיחו שהטכנולוגי-
גיה עובדת, ואז יורי (מילנר) ינסה לגייס כספים
נוספים על בסיס ההתקדמות. בפרויקט שאפתני
שכזה קל מאוד להצהיר דברים יוצאי דופן, ובסוף
יכול לא לצאת מזה כלום. זו תוצאה מאוד סבירה
אם לא עושים את הדברים הנכונים, אבל מבחינתי
תי זה אתגר שצריך להוביל לתוצאות, לא הבטחה
מעורפלת".

לייזרים בדרך לגייזרים

במהלך החודש הבא הצוות של לייב מתכוון לשגר
לחלל 100 רכיבים אלקטרוניים בגודל האיפון, כר-
קטה כימית רגילה, כדי לבדוק איך הם מתפקדים
בחלל. כל אחד מהרכיבים, לאחר שיתנתק מהרקטה,
ינסה ליצור תקשורת עם כדור הארץ. "אנחנו לא
שולחים אותם מאוד רחוק, אלא רק רוצים לעשות
בדיקת היתכנות", מסביר לייב.

הטכנולוגיות שיפותחו במסגרת Starshot יישמשו
לא רק במסע לאלפא קנטאורי, אלא גם בפרויקטים
אחרים בתחום החלל. "במשך עשר השנים הק-
רובות אנחנו מתכוונים להגיע למקומות במערכת
השמש שאף אחד עוד לא היה בהם", הוא מפרט בה-
תלהבות. "יש למשל ירח של שבתאי בשם אנקלדוס
שיוצאים ממנו גייזרים, ויכול להיות שיש שם חיים.
אף אחד עוד לא בדק את זה, ולנאס"א ייקח הרבה
זמן לשלוח לשם משהו. אנחנו יכולים להשיג אותם".

למה זה לא קרה עד עכשיו?

"כי הגישה של נאס"א היא ששולחים לחלל משהו
מאוד יקר וחשוב אחת לעשור, ואז צריך להיוזר
מאוד ואין הרבה אפשרויות תמרון. המערכות שלנו,
לעומת זאת, מאוד זולות, ולכן אפשר לשלוח הרבה
מהן ולא אכפת לנו אם הן ייהרסו. מבחינת עלויות
רוב ההשקעה היא בלייזר, ואחר כך אפשר לשגר יח-
סית בזול, ויש הרבה מקומות שאפשר להגיע אליהם
גם בעזרת טיל כימי רגיל".

פליחה על צרות האופקים, אבל מה בעצם ייצא
לנו מכל הדברים האלה? לא עדיף להשקיע במחקר
רים רפואיים, למשל, עם מטרת ברורות?

"בכל פעם שיוצא לדרך פרויקט עם חזון, כמו
הנחתת האדם על הירח בשנות ה-60, יש לזה הש-
לכות על האנושות. לכל הטכנולוגיות שנפתח יהיו
השלכות נוספות – בתחומי התקשורת, הלייזרים
והאלקטרוניקה. אין ספק בכך. צריך גם לזכור שה-
תיאורטי יכול להפוך פתאום למעשי: כשאיינשטיין
הציג את תורת היחסות הכללית, זה היה הדבר הכי
רחוק שאפשר לחשוב עליו מכל השלכה פרקטית.
כיום מערכות ה-GPS מדויקות כל כך רק בזכות
התיקונים של תורת היחסות הכללית. תמיד יהיה
מי שישאל אותנו למה לא להשקיע את הכסף בבתי
חולים. התשובה שלי לשאלות האלה היא פתגם של
אוסקר וויילד: כולנו נמצאים בכיוב, אבל חלקנו נו-
שאים עיניים אל הכוכבים".

**"כיוון שאנחנו חיים בכדור הארץ, אנחנו מניחים
שאם יש בחלל תרבויות זרות הן חיות על כוכב
לכת דומה. אבל יכול להיות שהחיים הביולוגיים
הם רק שלב ביניים בדרך למערכות טכנולוגיות,
ששולחות לחלל רכיבים אלקטרוניים שכרגע
אנחנו לא יכולים לראות"**

**"סביר מאוד שנמצא באלפא קנטאורי ובדרך
לשם דברים שלא חיפשנו, כמו קולומבוס שהפליג
לחפש את הודו ומצא את העולם החדש. אין
הרבה דוגמאות בהיסטוריה למקרים שבהם המין
האנושי פרץ למרחבים שלא ביקר בהם, ואם
נצליח לעשות זאת בימי חיי זה יהיה דרמטי"**

הכוכבים, התפתחות חורים שחורים והקירת עידוש
כבידתי – התופעה שבה קרני אור מתעקמות בקרבת
מסה. בעולם המדעי הוא מוזהה קודם כל עם מבחן
סאנדרג' לייב, המאפשר למדוד שינויים בתאוצת
היקום. אבל גם מחוצה לו הוא כבר זכה להכרה: "הניו
יורק טיימס" והמגזין Science הקדישו לו כתבות
פרופיל בשנים האחרונות, וגם מגזינים כמו "טיים",
"סיינטיפיק אמריקן" ו"אסטרונומי מגזין" עסקו בה-
רחבה במחקריו. בדרך הוא גם הספיק לחבר ספר ליי-
מוד אסטרונומיה מוערך, שיצא בעברית תחת השם
"מהכוכב הראשון עד לאחרית הימים" (כרמל 2015).
בפרויקט של מילנר הוא עומד בראש ועדה
מייעצת, המורכבת מ-23 מדענים בעלי שם, כמו
האסטרונום המלכותי של בריטניה, פרופ' מרטין
ריס; חתן פרס נובל לפיזיקה פרופ' פול פרלמוטר;
והפיזיקאי וההוגה פרופ' פרימן דייסון. לא בדיוק
מצב מובן מאליו עבור מי שהעביר את ילדותו בלול
של מושב בית חנוך. "אספתי ביצים כל יום", הוא
מספר. "כשבגרת השבתי להמשיך לגור במושב,
אבל העבודה האקדמית עניינה אותי. הייתי טוב
בפיזיקה בתיכון, אבל במקור התעניינתי בכלל
בפילוסופיה".

החיבור המחודש בין המושבניק הסקרן לפיזיקה
הגיע בצה"ל, שקיבל אותו לתלפיות – תוכנית העי-
לית למצטיינים במקצועות הישגיים, שאפשרה לו,
כדברי לייב, "לעסוק בעבודה אינטלקטואלית במ-
קום לרוץ בשדות". גם בתלפיות עסק לייב במחקר-
רים הקשורים להאצה אלקטרומגנטית, נושא שעמד
במרכז עבודת הדוקטורט שאותה השלים בגיל 26
במקביל לשירותו הצבאי. בביקור בארצות הברית
הוצעה לו משרת מחקר באוניברסיטת פרינסטון,
בתנאי שימיר את תחום מחקרו לאסטרופיזיקה, ובה-
משך קיבל קביעות בהרווארד ומונה לראש המחלקה.
גם אחרי עשרות שנים בעולם הפיזיקה, ממקום
מושבו כקיימברידג', מסצ'וסטס, לייב עדיין מרגיש
שההתעניינות התיכוניסטית של באה לידי ביטוי
בעבודתו. "אני עוסק בשאלות כמו איך נוצרו הכוכ-
בים הראשונים והאם יש חיים במקומות אחרים. אלה
שאלות בסיסיות שבעבר היו בתחומה של הפילוסו-
פיה, והזרתי אליהן כפיזיקאי עם אמצעים מדעיים
וכלים כמותיים, שמאפשרים להפריך רעיונות בצור-
רה אוניקטיבית. זה הרבה יותר ענייני, בפילוסופיה
הרגשתי שהדיון מתקיים לעתים לרוחב".

תיק משיחה: אלפא קנטאורי

היעד

מערכת הכוכבים אלפא קנטאורי, הקרובה ביותר
למערכת השמש שלנו (מרחק 4.37 שנות אור)

מה אנחנו יודעים

המערכת מורכבת משני כוכבים (לא כוכבי לכת),
המכונים בפשטות אלפא קנטאורי B ו-A. ייתכן
שגם כוכב שלישי, המכונה פרוקסימה קנטאורי,
משתייך אליה. בנוסף יש עדויות שלפיהן המערכת
כוללת לפחות כוכב לכת אחד

מה החוקרים רוצים לדעת

- ← האם התפתחו באלפא קנטאורי צורות חיים, והאם הן תבוניות?
- ← האם מערכת הכוכבים כוללת כוכבי לכת, ומהו הרכבם הפיזי?
- ← כיצד יבואו לידי ביטוי עקרונות פיזיקליים תיאורטיים במרחק גדול כל כך מכדור הארץ?

איך תעבוד החללית

1. טיל ישגר לחלל "ספינת אם" ובה אלפי גשושיות זעירות במשקל גרם כל אחת
2. כשספינת האם תגיע למסלול היקפי סביב כדור הארץ, הגשושיות ישוגרו ויפרשו מפרשים דקיקים
3. קרני לייזר רבות עוצמה ישוגרו מכדור הארץ לכיוון המפרשים ויניעו את הגשושיות
4. בתוך שתי דקות יגיעו הגשושיות למהירות של כ-3.5 מיליון קילומטר בדקה, חמישית ממהירות האור
5. כעבור 20 שנה הגשושיות ישדרו את המסע יגיעו לאלפא קנטאורי ויעבירו מידע ותמונות

הכוכב פרוקסימה קנטאורי. אף חללית לא התקרבה לשם

