

מגלומניה קוסמית

עודד כרמלי

בשנים האחרונות נפוצה הדעה כי אין זה סביר שאנו לבד ביקום, והגיוני להניח שיש חיים תבוניים בפלנטות אחרות; אבל הגילויים האסטרונומיים של העשורים האחרונים מובילים דווקא למסקנה הפוכה. נראה שרבים מאיתנו מופעלים על ידי האמונה חסרת הבסיס שהיקום זקוק לנו, אך למעשה אין כל סיבה להניח שהמקרה המוזר של החיים יחזור על עצמו יותר מפעם אחת

יולי 2024

הרמת יד, מי כאן חושב שיש חיים תבוניים מחוץ לכדור הארץ - ומי חושב שאנחנו לבד ביקום? כששאלתי את השאלה הזאת לפני חמש שנים בהרצאות שלי, הידיים נחלקו כמעט שווה בשווה. היום יש במקרה הטוב צדיק אחד בקבוצת הלבד ביקום, למרות שלא נתגלתה בתקופה הזאת אף ראייה לקיומם של חיים כלשהם מחוץ לכדור הארץ, תבוניים או פשוטים. למעשה, אפשר בהחלט לטעון שהראיות שהצטברו בשנים האחרונות לקיומם של תנאי חיים רק מדגישות את היעדרם של חיים ממש, ומגבירות את הדממה החללית המשונה.

אם כן מדוע החליטה האנושות פה אחד שאיננה לבדה ביקום? קל להאשים סדרות כמו **בעיית שלושת הגופים**, המציגות את עצמן כמדע בדיוני ובפועל מציגות פנטזיה, אך נדמה שהפעם לא הוליווד היא שאשמה בהייפ אלא המדענים עצמם. ב־2015, המדענית הראשית של נאס"א אלן סטופן אמרה: "אני חושבת שיהיו לנו אינדיקציות חזקות לחיים מחוץ לכדור הארץ בעשור הקרוב, ואני חושבת שיהיו לנו ראיות מובהקות לקיומם בתוך 10 עד 20 שנה". סטופן, יש לציין, התייחסה לחיים פשוטים: מיקרובים מתים באדמת מאדים, מיקרובים חיים מתחת למעטה הקרח של הירח אירופה וכולי וכולי. כך או כך, דבריה צוטטו ברחבי העולם ("נאס"א: נפגוש חייזרים תוך 20 שנה", עם התמונה המתבקשת של אי.טי). ובכן, העשור הוא בא וחלף, ואין לנו אינדיקציות חזקות ואין לנו אינדיקציות חלשות ואין לנו אינדיקציות בכלל.

אינני בא בטענות לסטופן. בצדק קבעה ש"אנחנו יודעים איפה לחפש, אנחנו יודעים איך לחפש, וברוב המקרים יש לנו את הטכנולוגיה המתאימה". נאס"א אכן משקיעה (סוף סוף, והגיע הזמן, וטוב שכך) משאבים רבים בחיפוש אחר חיים בחלל. אבל גם אם יודעים איך לחפש והיכן, אין פירושו של דבר שמה

שמחפשים אחריו אכן יימצא. אנשים מחפשים אהבה ולא מוצאים. אנשים חיפשו שנים אחר הגביע הקדוש, ארון הברית, אלוהים - אבל יכול להיות שאלה פשוט לא קיימים. הגדיל לעשות בכיר נוסף בנאס"א, ג'פרי ניומארק, שהחריה החזיק אחרי סטופן: "השאלה היא לא האם, אלא מתי". והשאלה שלי היא: למה? למה אנחנו משוכנעים שאנו לא לבד, בהיעדר כל ראיה לכך?

התשובה הקלאסית היא: כי היקום עצום. והיקום אכן גדול. לפי הערכות, יש 10^{24} (10,000,000,000,000,000,000,000,000) כוכבי שבת, ומספר דומה של כוכבי לכת שמקיפים אותם. אבל היקום אינו אינסופי (ככל הידוע לנו). מדענים עדיין מנסים לראות אם ומתי מתחיל האופק החללי להתעקם ולסגור על עצמו). אם היקום היה אינסופי מתמטית, היו אינסוף חיים מחוץ לכדור הארץ. אם היקום היה אינסופי מתמטית, היה אינסוף מהכול: היו אינסוף העתקים זהים של כדור הארץ. היו אינסוף ציפי שביט. היו אינסוף העתקים זהים שלי שיושבים ברגע זה וכותבים את המילים האלה ממש. אינסוף זה אינסוף. ביקום אינסופי, השאלה היא באמת לא "האם" אלא "מתי" (ואני שם כרגע בצד את העובדה שהיקום שאנחנו יכולים לתור בפועל הוא סופי מאוד, ומסתכם בכמה גלקסיות שכנות).

אך ביקום סופי צריך לדעת מה הסיכוי להופעתם של חיים תבוניים כדי להעריך מה הסיכוי שאכן קיימים כאלה. עד כה כל הניסיונות להגיע לאומדן כזה (למשל משוואת דרייק המפורסמת) היו ניחושים ספק-מושכלים, וכולם נכשלו בשני ה"פילטרים" העיקריים: הסיכוי להיווצרות החיים מלכתחילה והסיכוי להתפתחותם של חיים תבוניים מתוך החיים הפשוטים. אנחנו יכולים להגיד היום בבטחה מה הסיכוי להימצאותו של כוכב לכת סביב כוכב שבת כמו השמש שלנו, אבל מי יכול לומר מה הסיכוי להיווצרותם של חיים על פניו? ומה הסיכוי להתפתחותם של חיים תבוניים מתוך אותם חיים לא-תבוניים (ויסלחו לי הדולפינים, הכוונה כאן לחיים שמתקשרים ברדיו ומשגרים חלליות)?

אב קדמון אחד

שימו לב: את הסיכוי להופעתן של עיניים אפשר להעריך, כי העיניים התפתחו באופן עצמאי עשרות ואולי מאות פעמים. מינים שונים, בעידנים שונים ובסביבות שונות, פיתחו ראייה כי ראייה עזרה להם לשרוד. כנ"ל הכנף. העטלף לא התפתח מהיונה, והיונה לא התפתחה מהשפירית, אך שלושתם מצאו פתרון דומה לצורך הבוהר למצוא מזון ולנוס מטורפים: תעופה. תופעה זו מכונה "אבולוציה מתכנסת", דהיינו ביולוגיה שמתכנסת לפתרונות דומים לבעיות דומות כמו תנועה במרחב. אגב, מאחר שהפיזיקה אוניברסלית והאבולוציה אוניברסלית, גם הפתרונות עתידיים להיות אוניברסליים. אם התפתחו חיים על כוכב לכת עם לחץ אטמוספרי משמעותי, בנקל אפשר לקבוע שנמצא שם יצורים מכונפים. ואילו בכוכב לכת מסיבי מדי יצורים כאלה יתקשו להמריא, והאבולוציה תעדיף זחילה על גחון. בקיצור, החיזורים לא יהיו חיזורים יותר מחתול סיאמי.

לא כך החיים בכללותם. ככל הידוע לנו, החיים הופיעו פעם אחת ויחידה. כל האורגניזמים בכדור הארץ - החזזיות, החסילונים, הסקוויה הענקית וציפי שביט - חולקים אב קדמון משותף, אורגניזם אחד שחי פה לפני כ-3.5 מיליארד שנה. זאת עובדה שראוי להתעכב עליה. היא לא טריוויאלית. היה אפשר לדמיין מצב שבו החיים נוצרו פעמיים או שלוש באופן עצמאי, והיום היינו חיים בעולם עם שתיים או שלוש

שושלות גנטיות נפרדות. ולא היא. כולם זהים. יש לנו דוגמה אחת לחיים, והיא כל החיים בכדור הארץ. השפע, הריבוי והגיוון שאנו רואים בעולם הם שפע, ריבוי וגיוון בתוך דבר אחד, בתוך חי אחד. נקרא לו כאן משה. אנחנו עומדים בתור במזללה ונושאים עינינו לוונטה המרשרשת בתקרה ושם, לחרדתנו, אנו רואים מושבות על גבי מושבות של פטריות וחיידקים באפורה-ירוק. אח, אנו חושבים לעצמנו, החיים! אין לעצור אותם! רק תנו להם צ'אנס! אבל זה משה. כל פטרייה וכל חיידק הם משה. זה אותו משה שהוא כל חתול, כל יתוש וכל משה.

וגם לחיים תבוניים יש לנו דוגמה אחת ויחידה: אנחנו בני האדם. יש 8.7 מיליון מינים של בעלי חיים, אבל רק אחד מהם כותב הייקו. שוב: זה לא מובן מאליו. 99% מכל המינים שחיו אי פעם בכדור הארץ נכחדו. אם הדינוזאורים היו מוציאים נפט מהאדמה ושורפים אותו, מבקעים את האטום או מציבים לוויין במסלול סביב כדור הארץ - הראיות היו משתמרות וסביר להניח שכבר היינו מוצאים אותן. אבל עם בואנו לעולם לא מצאנו דבר. מיליארדי מינים באו והלכו, ואף אחד מהם לא השאיר חותם של אינטליגנציה. ומה לגבי היצורים שחולקים איתנו את החיים בהווה? האדם היה יכול לחיות במקביל לציוויליזציה תמנונים במעמקי הים. היינו יכולים לגלות כתב של לטאות במדבר קלהארי. זה לא קרה. האדם הוא חיה שהצטברו בה שינויים גנטיים שהתבטאו ביכולות חדשות בתכלית (דיבור? דמיון?), שחוללו שינוי תודעתי יסודי ("תבונה"), והשינוי הזה לא חל עד אז ולא חל מאז אצל אף חיה אחרת.

ובכן, יש לנו דוגמה אחת לחיים (החיים בכדור הארץ), ודוגמה אחת לחיים תבוניים (אנחנו), ועל סמך הדוגמה האחת הזאת אנחנו צריכים להעריך מה הסיכוי למצוא דוגמה נוספת. צדק פילוסוף המדע ניק בוסטרום כשהתייחס לחיפוש אחר חיים ואמר שמספיקה דוגמה אחת כדי להניח עוד אחת בסבירות סבירה. למשל, אמר בוסטרום, אם ניגש למכונה, נשלשל מטבע ונקבל מסטיק ירוק, יהיה חכם יותר להמר שגם בפעם הבאה שנשלשל מטבע יצא מסטיק ירוק ולא ביסלי גריל או קולה זירו.

משל יפה, אבל השאלה היא כמובן מה נחשב מטבע. האם מאדים הוא מטבע? כי אם כן, שלשלנו מיליארדי דולרים ועוד לא מצאנו בו מסטיק ירוק (או מאובן של מסטיק ירוק). וכך גם נוגה. למותר לציין שאלה שני כוכבי לכת סלעיים ב"אזור הישיב", ושבשניהם שצפו כנראה מים זורמים על פני השטח בעבר. והנה הראשון מדבר ציה קפוא בלי אטמוספירה, והשני גיהינום סמיך של פחמן דו-חמצני, שהטמפרטורה בו עומדת (תמיד) על 362 מעלות צלזיוס - מספיק כדי להתיד עופרת.

שגעון גדלות

ומה לגבי כוכבי לכת סלעיים ב"אזור הישיב" של מערכות כוכבים סמוכות? הודות למשימות מדהימות כמו טלסקופ החלל קפלר, כעת אנחנו יודעים על אלפי כוכבי לכת חוץ-שמשיים, מהם קטנים ומהם גדולים, מהם גזיים ומהם סלעיים, מהם קרים ומהם חמים. לכאורה - עוד מטבעות, ומכאן סיכוי רב יותר להגריל חיים תבוניים ברולטה הקוסמית. אך פרדוקס פרמי מלמד אותנו שההפך הוא הנכון: רוב כוכבי הלכת שמתגלים הם מטבעות מבוזבזים, מטבעות במכונה ולא בכיס.

זאת נקודה חשובה שמעטים מבינים. מקובל להניח שהסיכוי לקיומם של חיים תבוניים עולה עם גילוים של עולמות חדשים, אבל בפועל הוא דווקא יורד. רוב העולמות בגלקסיה, ורוב העולמות ביקום, עתיקים הרבה יותר מכדור הארץ. לכן כשנאס"א מפרסמת שמצאה כוכב לכת דמוי-ארץ (בלשון היח"צ: "תאום כדור ארץ") בן חמישה, שישה או שבעה מיליארד שנה, ובמרחק כמה עשרות או מאות שנות אור, אני יכול לומר בוודאות מלאה שאין בו חיים תבוניים, כי פירושו של דבר שלרשות הציוויליזציה השכנה עמדו מיליארדי שנים (ויתרון טכנולוגי של מיליארדי שנים!) להגיע לכאן.

כשאנריקו פרמי דפק על שולחן האוכל במתקן הגרעין לוס אלמוס ב-1950 ושאל: "אז איפה כולם?", הוא לא התכוון לכך שהיקום עצום - הוא התכוון לכך שהיקום עתיק. אנחנו דיירים חדשים בשכונה ותיקה, והיה לכולם די והותר זמן להבחין בנו ולהגיע אלינו. לכן השאלה אינה למה אנחנו לא שומעים או רואים אותם שם בחלל, אלא למה הם לא כאן עכשיו - למה אין תחנת מחקר רובוטית באנטרקטיקה ושלט "שטח פרטי הכניסה אסורה!" על הירח. אלפי כוכבי הלכת העתיקים שמרחקם מכדור הארץ מאפשר מסע בין-כוכבי גם בלי לחצות את מהירות האור אינם עוד מטבעות שאפשר לשלשל למכונה; הם עוד מטבעות ששולשלו למכונה ולא הניבו חיים תבוניים. אם כן, אולי הסיכוי לקיומם קטן אפילו מהיקום הגדול שלנו? אולי הוא פשוט קטן מ- 10^{24} ?

קרל סייגן אמר: "היקום הוא מקום די גדול. אם רק אנחנו כאן, נראה שיש כאן בזבוז נורא של מקום". ופה, לדעתי, קבור החייזר: באמונה (הדתית) שיקום בלי חיים הוא בזבוז של יקום, באמונה (הטלאולוגית) שהיקום זקוק לנו, שאנו התגשמותו, תכליתו. למרבה האירוניה, כשאני מעז להציע את האפשרות שאנחנו לבד, מתנפלים עליי בטענה שאני חושב שאני מיוחד. אני לא חושב שאני מיוחד. אני חושב שאני מקרה מקרי בהחלט. מי שסבור שהיקום זקוק לשירותיו, שהכוכבים ריקים בלעדיו - הוא הסובל משיגעון גדלות. **בעריסת חתול**, קורט וונגוט מספר איך אלוהים ברא את האדם כ"בוץ מַדְבָּר" כדי שיתפעל מהבריאה. אך אם מוציאים את אלוהים מהתמונה (באמת ובתמים), הבריאה אינה זקוקה לקהל, היקום אינו מחפש את תשומת הלב. עובדה: אי-אפשר לדמיין יקום בלי פיזיקה או כימיה. אך אפשר בנקל לדמיין יקום שלם בלי ביולוגיה, בלי עין אחת פקוחה.

אנחנו פה סתם

בדיונים המופשטים הללו נהוג להנגיד בין עקרון הבינוניות לעיקרון האנתרופי. עקרון הבינוניות קובע כי אין סיבה להניח שאנו, הצופים, מיוחדים. כפי שאנחנו לא במרכז היקום, כך אין סיבה להניח שחיינו התבוניים הם מקרה מיוחד. העיקרון האנתרופי גורס את ההפך: אנחנו מיוחדים כי עובדה שאנחנו מנהלים את השיחה הזאת. למשל, נשאל את עצמנו מה הסיכוי שייווצר יקום עם קבועים מתמטיים שרירותיים שבמקרה מאפשרים את היווצרותם של אטומים יציבים. ברגע שמציבים את השאלה הזאת, התשובה היא סיכוי של 100% - כי אחרת לא היו אטומים, לא היו מולקולות, לא היו חיים ולא הייתה שאלה.

אני לא מזהה סתירה מובנית בין העקרונות, אלא השלמה: מוכרח להיות מקרה אחד של חיים תבוניים כי אחרת לא היו נכתבות להזמן הזה מסות ספקולטיביות בנושא, אך אין סיבה להניח שחיים הם מקרה מיוחד של פיזיקה (במה עדיפים חיים נעים על סלעים מתים?) או שחיים תבוניים הם מקרה מיוחד, אלוהי, נבחר, של ביולוגיה (במה עדיפים בני אדם על פטריות?), ולכן אין סיבה להניח שהמקרה המוזר הזה יתרחש יותר מפעם אחת.

נדמה לי שהחלפנו את תפיסת "נזר הבריאה" הישנה והדתית ב"שווה בין שווים" דמוקרטית ומחולנת במסגרת קהילת חייזרים מדומיינת, כי איננו יכולים להתמודד ברצינות עם האפשרות השלישית והגרועה מכול: שאנחנו פה סתם, ושאנחנו לבד סתם. סתם כי אין מספיק כוכבים.

חבר התרגז: אין מספיק כוכבים? יש המון כוכבים! הלא גם קוף עם מכונית כתיבה שמקליד תווים באקראי יקליד בסופו של דבר את כל כתבי שייקספיר! זאת דוגמה טובה לאופן שבו אנו בני האדם משתמשים סלקטיבית במילה "אקראי", ולמעשה מסרבים להאמין שמהו יפה ומורכב (כמונו!) יכול להיות אקראי (ואפילו כולנו אתאיסטים גמורים).

ובכן, באלפבית העברי יש 27 אותיות, כך שלקוף יש סיכוי של 1 ל-27 להקליד באקראי את האות מ' בשורה **מאותלו**: "מי הוא זה אשר יכול לשלוט בגורלו". אבל אין לו סיכוי של 1 ל-27 להקליד את האות י', כי האותיות מוכרחות לבוא ברצף - כפי שהגנים שלנו חסרי שימוש כשהם אינם מסודרים בסדר הנכון. הסיכוי להקליד באקראי מ' ואחריה להקליד באקראי י' הוא 1 ל-729 (27X27). הסיכוי להקליד באקראי ה' אחרי מ' אחרי י' הוא 1 ל-19,683 (27X27X27), ב'ו' אנחנו כבר בצניחה אקספוננציאלית ל-1 לחצי מיליון, ובאות א' - בסביבות ה-1 ל-14 מיליון. המשפט "מי הוא זה אשר יכול לשלוט בגורלו" מורכב מ-25 אותיות. אפילו אם נוותר לקוף שלנו על סימני פיסוק ורווחים, יש לו סיכוי של 1 ל-27²⁵ להקליד באקראי את המשפט "מי הוא זה אשר יכול לשלוט בגורלו" - כלומר כבר יותר ממספר הכוכבים ביקום.

מקרה פרטי

אפילו אם היינו מחליפים כל כוכב, ואפילו כל אטום, בקוף עם מכונית כתיבה, ומעניקים לקופים האלה את כל הזמן שיחלופ מהמפץ הגדול ועד מותו של היקום בעוד 100 טריליון שנה, הסיכוי שאפילו אחד מהם יצליח לכתוב אפילו עמוד אחד של שייקספיר שואף לאפס. מדוע אנחנו מניחים שהחיים מורכבים פחות מדף אחד של שייקספיר? כי אנחנו לא באמת מאמינים שאנחנו אקראיים; כי בסתר ליבנו אנחנו עדיין מאמינים - באלוהים, בתכלית, בתוכנית.

עושר החיים בכדור הארץ, וחיוניותם המדהימה, מפתים אותנו להקבילם לתופעות טבע. קשה להביט בענן ברחשים הומה או בטור נמלים פעלתניות ולא להתפעל מהעוצמה, מכוח הרצון של החיים להתקיים. אבל כוח הרצון של החיים להתקיים אינו כוח הרצון של החיים להיווצר, וכל אחד ואחד מהברחשים בענן הברחשים הוא אותו מקרה פרטי אחד שנוצר פעם אחת - נקרא לו משה. כל ברחש, כל פטרייה, כל לווייתן הוא משה. וכל אחד ואחד מבני האדם החוצים את צומת מגן דוד בשישי בצהריים הוא דליה, מקרה פרטי של תבונה. מעולם לא ראינו חיים שאינם משה, ומעולם לא פגשנו חיים תבוניים

שאינם דליה. לכן ההשוואה הנכונה אינה לתופעת טבע - וולקניזם - אלא למקרה פרטי של תופעת טבע: רמת הגולן. הרי געש יש בכל עולם פעיל גיאולוגית ביקום. אבל כמה רמת הגולן כבר יש? מה הסיכוי שנמצא עוד משה או עוד דליה?

ואם השוואת החיים (כמעט מפתה להתחיל לשיר את נעימת הפתיחה של **היה היה!**) לאיזה "משה" או "דליה" צורמת באוזניכם, היא צורמת אך ורק מפני שאתם מניחים שהחיים חשובים יותר מתצורה גיאולוגית אקראית על פני אסטרואיד מקרי, שאתם עצמכם חשובים מאבן. אך היקום אינו הדום לרגלינו. הוא לא נוצר עבורנו, הוא לא מתעניין בשלומנו ואינו חפץ בהתפתחותנו. מבחינה קוסמולוגית אין כל הבדל בין ענן ברחשים רוחש לענן גזים קר בפאתי גלקסיה, בין הסידן בציפורן שלי לסידן על הירח. אין ספק שתבונה - יהא טבעה אשר יהא - היא נשק אבולוציוני אדיר, חסר תקדים בעוצמתו. אך להבדיל מסוגי נשק אחרים כמו עיניים וכנפיים, טפרים ושריונות, לא ברור לאיזה קושי התבונה נותנת מענה, למה היא נועדה בעצם, ולכן אין סיבה להניח שהאבולוציה תתכנס לקראתה פעם נוספת. ואם הדברים נכונים לגבי חיים תבוניים, הם על אחת כמה וכמה נכונים לגבי החיים בכלל. אפשר לדבר על טפרים ושריונות, אבל בלי טפרים אין צורך בשריונות, כלומר בלי חיים אין אבולוציה. ולבריאה אין העדפה. מנקודת המבט של המפץ הגדול, מותר האדם מן הבהמה אין, ומותר הבהמה מן החומר אין.

אינני יודע אם אנחנו לבד ביקום, אבל אני יודע שהשאלה הזאת לא חשובה ליקום. ואני, מה לעשות, לא מחליט מה יש ומה אין. כמו שכתב עמנואל יצחק לוי: "יש קְנֹאֲרָקִים שְׁל אֵשֶׁר / מְעַט קְטָנִים יוֹתֵר / מְקֹנֵאֲרָקִים אַחֲרֵים / מְעַט אֲטִיִּים יוֹתֵר / מְעַט קְיָמִים פְּחוֹת / אֲבָל אֶתָּה לֹא מְחַלֵּיט מִמָּה עָשׂוּי הַיְקוּם".

עודד כרמלי הוא משורר, עורך כתב העת "הבה להבא" והוצאת "הבה לאור", ועיתונאי חלל בסוכנות החלל הישראלית.
