



Moti Milrod

**English translation of article in Hebrew in Ha'aretz weekend edition (January 4, 2019):**  
*Oded Carmeli*

## ***If it Turned Out to be True, it Would be One of the Greatest Discoveries in Human History***

*A strange, pancake-like object that crept into the solar system excited the scientific community. All this was nothing compared to the storm that took place when Prof. Avi Loeb, chair of the Astronomy department at Harvard University, published an article in which he mentioned the possibility that it was nothing short of an alien lightsail. In this interview, he tells why we have not yet met other life forms, and why the best thing that can happen to us is actually the discovery of dead civilizations.*

"I do not care what other people say," says Prof. Abraham (Avi) Loeb, chair of the department of Astronomy at Harvard University, who published one of the most controversial scientific articles of the past year (and one of the most popular in the media). "I simply do not care. I say what I think is right, and if the general public is interested in what I say - this is a welcome result but an indirect result. Science is different from politics. It is not a matter of popular opinion." Loeb, 56, was born in the village (Moshav) of Beit Hannan near Tel Aviv and studied physics at the Hebrew University as part of the Talpiot program. The well-known researchers Freeman Dyson

and John Bahcall have offered him a long-term fellowship at Princeton's Institute for Advanced Study, whose faculty included Albert Einstein and Robert Oppenheimer. In 2012, TIME magazine selected him as one of the 25 most influential people in space. Loeb won prizes, wrote books and published seven hundred articles in the most important scientific journals in the world. And in October 2018, along with his postdoctoral fellow Shmuel Bialy - another Israeli - he published an article in the Astrophysical Journal Letters in which he seriously raised the possibility that an intelligent species of extraterrestrials sent a piece technological equipment to Earth.

The object in question is 'Oumuamua. For those who do not follow the news of space, 'Oumuamua is the first object in history to be definitively identified as coming from outside the Solar System. The first interstellar guest came to us from the direction of Vega. In "Contact", Vega is the star from which the radio signal was sent to Judy Foster. In reality, 'Oumuamua was discovered a Canadian astronomer named Robert Warwick, using the Pan STARRS telescope at the Haleakala Observatory, Hawaii. In the Hawaiian language, "Oumuamua" means a scout, a messenger that came from afar. The scout was discovered on October 19, 2017, close to the location of the Earth (relatively close, of course; 'Oumuamua was discovered at a distance of 33 million km from us, or about 85 times the distance from here to the moon). While all the planets, asteroids, and comets that come from our solar system are orbiting in a single plane, since they formed out of the same gas and dust disc that circled around the Sun, 'Oumuamua entered the Solar System north of the plane in an extreme hyperbolic approach with a speed of 26.3 kilometers per second beyond the escape velocity from the solar system. A reconstruction of its path indicates that 'Oumuamua crossed the orbital plane of the planets on September 6, 2017, with the Sun's gravity accelerating the object to a speed of 87.7 kilometers per second, and on 9 September, 2017, the object moved close to Mercury. On October 14, five days before it was discovered in Hawaii, the object passed 24,180,000 km from Earth, or about 62 times the distance from here to the Moon. Two days later the object crossed back to the north of the plane, and this time it was just behind Saturn's path – on its way out of the Solar System, toward the constellation Pegasus.

**How does it feel to sit next to colleagues at the University's cafeteria the day after you publish an article such as the one which suggested that 'Oumuamua might be a lightsail?**

"The article was written, among other things, on the basis of conversations I had with colleagues whom I respect scientifically. Senior scientists recognized that this object is strange, but they were afraid to publish their thoughts. I do not understand that. After all, academic tenure is designed to give scientists the freedom to express their sincere thoughts without risking their job. Unfortunately, most scientists come to tenure - and continue to worry about their image. As children we ask questions about the world, we allow ourselves to make mistakes. The ego should not play the dominant role. We should explore the world innocently and honestly. As scientists, we enjoy the privilege of maintaining our childhood curiosity. Rather than worry about our ego – we should pursue the truth, especially after having tenure. "

**If you did not have tenure, would you not publish the article?**

"I guess not. It is not just the tenure issue. I serve as chair of the Harvard Astronomy department, director of the Institute for Theory and Computation and founding director of the Black Hole Initiative. In addition, I chair the Board on Physics and Astronomy of the National Academies in the US. So I am risking my public image, if my assertion turns out to be untrue. On the other hand, if it turns out to be true, it is one of the greatest discoveries in human history. To make progress in our understanding of the universe, we need to be reliable, and the only way to be reliable is to follow what you see as true and not worry about your image. What is the worst thing that can happen to me? That I will be removed from my administrative duties? This will offer the benefit of providing me with more time for my scientific research."

### **What are they looking for?**

The first interstellar visitor to be detected triggered great excitement among scientists, but its shape and behavior also raised lot of questions. "Astronomers observed it through telescopes, but not enough," says Loeb in disappointment, in my interview with him in Tel Aviv last week. "We observed it continuously for only six days, between 25 and 31 October, 2017, about a week after it was discovered. At first the observers concluded: OK, it must be a comet, but they did not see a cometary tail. Comets contain ice and this ice evaporates from their surface as they approach the Sun. But we did not see a trail of gas or dust from 'Oumuamua. Then astronomers thought: well, it must be an asteroid, just a piece of rock. But over its spin period of eight hours, 'Oumuamua's brightness changed by a factor of 10 - while the brightness of almost all asteroids we know varies by at most a factor of three. If we assume that the reflectivity of light is constant, that means that 'Oumuamua is at least ten times longer than it is wide when projected on the sky. There are two possible interpretations for this extreme geometry. One that the object looks like a cigar and the other that it looks like a pancake. The same observers studied the lightcurve of 'Oumuamua and concluded that if it received many gravitational kicks along its journey - and this is likely since it spent a lot of time in interstellar space - its shape is more likely to be pancake-like. Later, additional strange features were discovered involving, for example, its origins."

I wrote before that the origin of 'Oumuamua is from the direction of Vega, but it is not entirely accurate. Space is huge and even at 'Oumuamua's speed - which exceeds the speed of any chemical rocket used so far - the journey from Vega to the Solar System would have taken 600,000 years. But the Vega star which is circling around the Milky Way like the sun and all other stars, was not in that region of the sky 600,000 years ago. "If you average the speeds of all the stars in the vicinity of the Sun," says Loeb, "you get a system called the Local Standard of Rest. 'Oumuamua was nearly at rest in that special system before it was scattered by the Sun. It did not approach us. It stayed in place, like a buoy in the sea, until the ship of the Solar System bumped into it. Only one out in 500 stars is so much at rest in that frame as 'Oumuamua was. This is a very low probability. After all, if it was a rock kicked out of another planetary system, we expected it to inherit the speed of its parent star, not the average speed of all the thousands of stars in our vicinity. "

But the biggest surprise came last June, as new data from the Hubble Space Telescope implied that the mysterious object had accelerated during its passage through the inner solar system in 2017 - an acceleration that was not explained by the Sun's gravity. Excess accelerations of this magnitude can be explained by the rocket effect in comets: as a comet approaches the Sun, the Sun warms the ice on its surface and turns it to gas which pushes the comet like a rocket. But the

observations did not reveal a cometary tail behind `Oumuamua. Moreover, outgassing would have caused a rapid change in the spin period of the object, which was not observed and could have broken the object into fragments.

If not cometary outgassing, what gave `Oumuamua the extra push? Here Loeb entered the picture. According to his calculations, the acceleration of Oumuamua could have been caused by the momentum of sunlight. "The only hypothesis I could think of," he says, "is a boost from sunlight. But in order for it to be effective, the object must be very thin, less than a millimeter thick, that is, a pancake-like sail. In addition, the Spitzer space telescope did not detect heat from the object, implying that it must be small and hence its reflectivity should be ten times higher than a typical asteroid or comet. And so, what we have in front of us, then, is a thin, flat, shiny object. That's how I arrived at the idea of a solar sail. A lightsail uses the momentum of light that reflects off it for propulsion. Instead of using fuel, it is pushed forward by returning light. In fact, this is a technology that our civilization is developing these days. "

### **Sending Technological Bottles to Space**

Avi Loeb certainly knows a thing or two about lightsails. In 2016, the physicist and entrepreneur Yuri Milner announced along with Stephen Hawking, Mark Zuckerberg and others, a new initiative: Breakthrough Starshot, to launch lightsails at a fifth of the speed of light for the purpose of exploring the neighboring star system system, Alpha Centauri, four light years away. Loeb chairs the scientific advisory board for the project.

"The first question we asked about `Oumuamua was whether a lightsail could survive impact by dust and gas particles along its interstellar journey - and we found that it would. Then we calculated that the excess acceleration provided by sunlight would match that observed if the sail was less than a millimeter thick. We cannot tell if the object is technologically functional or defunct, in which case the spacecraft just floats in space. But if `Oumuamoa was created along with an entire population of similar objects launched at random, the fact that we discovered it with Pan STARRS means that a quadrillion such objects must be produced per star in the Milky Way during the age of the galaxy. The requirement is drastically reduced if one assumes that `Oumuamua was sent on a targeted mission into the habitable region of the Solar System. One has to keep in mind that humanity did not broadcast anything tens of thousands of years ago, when the object was still in interstellar space. And so, any sender did not know there was intelligent life here. Therefore, in case of a targeted mission – it can only be a fishing expedition."

### **Fishing for what?**

"I do not know. I like to go on the beach with my daughters, like here in Tel Aviv, and look at seashells that were swept ashore. Occasionally we find a glass bottle between the natural seashells. Similarly, we should study any interstellar object that enters the Solar System and check whether it might contain a message in a bottle. So far we have searched for signals from extraterrestrial civilizations in the radio, because we developed this technology ourselves a century ago. But another approach is to search for a technological bottle. Humanity sent Voyager 1 and 2, already into the interstellar space. These are technological messages in a bottle. And in the next century we will likely send many more bottles at much higher speeds. "

## **Like Breakthrough Starshot?**

"Exactly. Our goal in this project is to launch lightsails to a fifth of the speed of light so that they will reach the Alpha Centauri within 20 years. And the reason is clear: I am 56 and Yuri Milner is 56. At this speed, we could see any photos taken by such probes during our lifetime. Of course, the sailboats will continue on their way long after Milner and I will not be here. It is possible that space is full of such lightsails and we just cannot detect them with existing telescopes because they are small and fast. We only noticed `Oumuamua because this was the first time our detection technology was sensitive enough to notice objects that are tens of meters in size passing near the Earth. In three years, the construction of LSST will be completed, providing us with a far greater sensitivity than Pan-STARRS. This will allow us to detect many more objects which originated from outside the solar system. At that point we will know whether or not `Oumuamua is an anomaly. The importance of my article was to attract the attention of astronomers so that they will allocate observing time on the best telescopes at our disposal to study additional interstellar objects, and perhaps even contemplate a space mission to fly by them, take a close-up photo or even land on their surface and study them in greater detail. At the moment, we do not have the propulsion technology that allows us to catch up with `Oumuamua. The visitor came to dinner, went out into the street and disappeared into the darkness. And we might never know what it was looking for. "

**But the Breakthrough Listen Project used a radio telescope to listen to `Oumuamua with unprecedented sensitivity, to the level of a cell phone transmission. And we did not hear anything.**

"When I suggested to Milner that we listen to `Oumuamua in early November 2017, we knew that the chance of receiving a signal was negligibly low. Because even if there is radio transmission, it will not necessarily be sent in our direction since it will likely be beamed to conserve energy. That is, even if this scout had broadcasted back to its operators, we will not necessarily intercept the signal. In addition, we do not know the transmission frequency. And it is also possible that the broadcasting is intermittent with a low duty cycle, occurring only at special times. Finally, it might be a non-operating space junk with nobody to broadcast to."

**So why did SETI never detected direct radio signals from alien civilizations? We have been listening for decades and found nothing.**

"Judging by our behavior, it seems to me that the most likely explanation is that advanced civilizations develop the technologies that destroy them shortly after they are capable of transmitting signals. There is a time when culture is still careful, for example, not to enter a nuclear war. But consider the possibility that the Nazis were successful in developing nuclear weapons. In that case, the second world war could have led to mass annihilation. And there are, of course, asteroids and global warming and lots of other self-inflicted wounds. The technological window of opportunity may be very small. They launch such sails, but no longer

have someone to broadcast back to. "

**That is to the question asked by Enrico Fermi - "Where is everyone?" - You reply:  
"Dead."**

"Absolutely, most of them. Our approach should be archaeological. Similar to the way we dig into the earth to discover cultures that do not exist anymore, we must dig in space to discover dead extraterrestrial cultures."

**Isn't it more simple - and therefore more scientific - to assume that we are alone until proven otherwise?**

"No. Those who claim that we are singular and special show arrogance. My premise is cosmic modesty. Thanks to the Kepler Space Telescope, we know that there are more planets like Earth than grains of sand on all the beaches on Earth. So you think of a king who managed to take over a piece of land from another country in a terrible battle, and felt that he was a great and omnipotent ruler. And even imagine that he managed to control all the land on Earth. Even then, he is like an ant that hugs a single grain of sand on a huge beach. Practically nothing of significance. My guess is that we are not the only ants on the beach, that we are not alone. "

**This is speculation. You do not know that for sure.**

"The search for extraterrestrial life is not speculation, it is much less of a speculative than the dark matter hypothesis, an invisible substance that accounts for 85% of the matter in the universe. The dark matter hypothesis is part of the mainstream of astrophysics – even though we never detected the related particles. Life in the universe is not speculation, for two reasons: (a) We exist on earth, and (b) About a quarter of all the stars host a habitable Earth-size planet, with physical conditions similar to Earth. There are many examples in mainstream science for hypotheses that have not yet been confirmed by experiments or observations. Science makes progress on a basis of anomalies, namely phenomena that cannot be explained by conventional explanations. "

**And here is the fact that there is a huge difference between the search for dark matter and the search for extraterrestrial life. They would not have interviewed you for "Good Morning America" if you wrote a paper on the subject of dark matter.**

"Indeed. This is because there is an extensive science fiction literature on contact with advanced civilizations, with which the public is fascinated, but nothing like it on dark matter. So what? Most scientists talk about searching for primitive life, but there is a taboo about searching for intelligent life. This is not at all clear to me. After all, in the only place where we find a primitive life, the earth, there is also intelligent life - if indeed we should be regarded as intelligent. Our science is not in a healthy state. I asked a scientist studying objects in the Kuiper belt, a senior astronomer who discovered many objects there, if he was looking for changes in their brightness that might indicate artificial light. He said, 'Why look? There is nothing to look for; it is obvious to start with that their brightness will change as expected from reflected'. If you are not willing to find unusual things, you will never find them. Of course, any argument should be

based on evidence, but once the evidence indicates an anomaly, it is necessary talk about the anomaly. Who cares if this anomaly has appeared or not appeared in science fiction books? I am not a fan of science fiction anyway. "

**Come on, now. Do not you like science fiction?**

"No. The moment I read a story that contradicts the laws of nature, it bothers me, I love literature and I love science, but imagination that violates the laws of physics bothers me. "

**So did not you read Arthur C. Clarke's "Encounter with Rama?" Because it is very reminiscent of the meeting with `Oumuamua.**

"No. What preoccupied me was the basic problems of life."

**The origin of life? Their distribution in the universe?**

"Real life, our lives as human beings. I would read philosophy books, especially on existentialism. I was born on a farm in a village. Every afternoon I would collect eggs and on weekends I would ride a tractor to the hills and read philosophy books on my own. I love nature. I love to be alone. I do not exist on social networks. I think about my ideas when I am alone in the shower. And I did not even think about a press release for this paper on `Oumuamua. I wrote a scientific article which was published like any of my research papers in a scientific journal and posted on the arXiv ahead of time. I did not even make any statement to the press. Two bloggers read the article on the arXiv - and their reports became viral."

**And how does it feel to be a viral scientist? The report about your article on NBC News was a the most popular science piece of 2018.**

"I used the interaction with the media to explain the scientific process, that involves a lot of uncertainty due to limited evidence. The populist movements in the US and Europe are based in part on the fact that the public lost trust in what is labeled as "the scientific elite". People deny global warming, for example. One of my interviewers in Germany said, 'There are scientists who say it is a mistake to speak with the public when you are still not sure.' The same scientists think that if we will expose situations of uncertainty, the public will not believe us when we talk about climate change. But the lack of credibility stems precisely from the fact that scientists build an ivory tower and only show the public their final conclusions. If a group of scientists shut themselves in a room, and only at the end of the process come out and lecture their conclusions to the public as to students in a classroom, then some people will not believe them since they would feel as if they are treated as inferior. Since they have not seen the uncertainties, they are did not see that in the early stages there was not enough data, and cannot appreciate that when scientists agree – the evidence must be overwhelming. The right approach is to convince the public that the scientific process is a normal, human process, no different from what a police detective does in a crime scene or a plumber does to repair the pipes. Scientists are considered elite because they themselves create this ivory tower artificially. They say: 'The public does not understand, so you do not have to share it. We will decide among ourselves what's right, and then we will come out united and tell the politicians what to do. But then the populist politician

says: 'Only the elite says that, they hide other things from us.' The problem stems from the leap to the conclusions and policy recommendations. Differences in opinions within the scientific community when the evidence is unclear would give the public confidence in the scientific process, and with confidence in the process comes credibility. "

**And if we do discover that we are not alone in the universe? What effect will the discovery have on our lives?**

"The impact would be enormous. Most likely, the aliens will be more advanced than we are because our technology was developed relatively recently in cosmic history. We could learn a great deal from them - about technologies developed over millions or billions of years. And it may be that this is why we have not yet identified intelligent extraterrestrial life, because we are still rather primitive on the cosmic scale and cannot read the subtle signals around us. As soon as we will leave the solar system, we might find a lot of interstellar traffic out there. We might even receive a message saying: 'Welcome to the interstellar club!' Or we'll find a lot dead civilizations, namely their remains."

**And that would be good news? If there are many advanced civilizations that were killed or self-eliminated, this would not be a good sign for our future.**

"It would be an excellent sign. It would make us think again about what we are doing here and now, and teach us a lesson of what needs to be done in order not to share the same fate of these dead civilizations. We need to be more cooperative and less combative with each other. We should avoid climate change and settle in space. This should lead to a good place. The basic question is whether people are fundamentally good in their nature."

**And what is the answer?**

"I believe so. As soon as it will turn out that there really are a lot of civilizations that have become extinct, I believe that people will come together and reach the correct conclusions. And if we discover the remnants of advanced technologies, they will prove to us that we are only at the beginning of the road and not the smartest kids in the block. And that if we do not continue on this path, we will miss a lot of what we can see and experience in the universe. Imagine showing the iPhone you are using to record our conversation to a cave person. What would that person think of this unusually sculpted object? Now, consider `Oumuamua to be the iPhone and us as the cave people. Imagine scientists, who are regarded as the bearers of reason and wisdom among the cave people, looking at this instrument and saying – no, it is just a piece of rock. An unusually shaped rock, but just a rock. How dare you claim that it is not a rock?"





אם יתברר שזה נכון, זו תהיה אחת  
התגליות הגדולות בהיסטוריה  
האנושית



הדמיה של  
אומאמואה.  
אם לא פליטת  
גזים, מה גרם  
לו להאיץ  
בפתאומיות?  
צילום: ESO /  
M.  
Kornmesser

**עצם מוזר ודמוי־פנקייק שהתגנב למערכת השמש הסעיר את הקהילה  
המדעית. כל זה היה כאין וכאפס לעומת הסערה שהתחוללה כשפרופ' אבי  
לייב, ראש המחלקה לאסטרונומיה באוניברסיטת הרווארד, פירסם מאמר  
שבו שיער שמדובר בלא פחות מחללית ריגול חוצנית. בראיון עמו הוא  
מספר מדוע טרם פגשנו צורות חיים אחרות, ולמה הדבר הכי טוב שיכול  
לקרות לנו הוא דווקא גילוי של ציוויליזציות מתות**

שמור 54 3160

עודד כרמלי | 15:18 02.01.2019  
עודכן ב: 17:08



"לא אכפת לי מה אנשים אומרים", אומר פרופ' אברהם (אבי) לייב, ראש המחלקה לאסטרונומיה באוניברסיטת הרווארד ומי שפירסם את אחד המאמרים השנויים ביותר במחלוקת בשנה החולפת (וגם אחד הפופולריים ביותר בכלי התקשורת). "זה בכלל לא מעניין אותי. אני אומר את מה שאני חושב, ואם הקהל הרחב מתעניין במה שאני אומר — זו תוצאה מבורכת בעיני, אבל תוצאה עקיפה. המדע שונה מהפוליטיקה. אני לא צריך לשכנע אף אחד".

לייב, בן 56, נולד במושב בית חנן ולמד פיזיקה באוניברסיטה העברית במסגרת תוכנית תלפיות. החוקרים הידועים פרימן דייסון וג'ון בקל קיבלו אותו למכון למחקר מתקדם של אוניברסיטת פרינסטון, מוסד שעם חבריו נמנו אלברט איינשטיין ורוברט אופנהיימר. ב-2012 בחר בו מגזין "טיים" לאחד מ-25 האנשים המשפיעים ביותר בתחום החלל. לייב זכה בפרסים, כתב ספרים ופירסם מאות מאמרים בכתבי העת המדעיים החשובים בעולם. ובאוקטובר 2018, יחד עם פוסט־דוקטורנט שלו בשם שמואל ביאלי — ישראלי נוסף —

הוא פורסם [מאמר](#) בכתב העת הוותיק *Astrophysical Journal*, ובו העלה ברצינות את האפשרות שמין תבוני של חוצנים שלח חללית לכדור הארץ.

החללית המדוברת היא [אומאמואה](#). למי שלא עוקב אחר חדשות החלל, אומאמואה הוא העצם הראשון בהיסטוריה שזוהה בוודאות ככזה שבא מחוץ למערכת השמש. האורח הבינכוכבי הראשון הגיע אלינו מכיוון וגה, הכוכב הבהיר ביותר בקבוצת הכוכבים נבל, המרוחק 26 שנות אור מאיתנו. בסרט "קונטקט", וגה הוא הכוכב שממנו נשלח אות הרדיו לג'ודי פוסטר.

במציאות, את אומאמואה גילה אסטרונום קנדי בשם רוברט ווריק, באמצעות הטלסקופ Pan-STARRS שבמצפה הכוכבים הלהאקאלה, הוואי. בשפה ההוואית, "אומאמואה" פירושו "שליח ראשון שבא מרחוק", ובמילים אחרות — "סייר". הסייר [התגלה](#) ב-19 באוקטובר 2017, קרוב להחשיך לכדור הארץ (קרוב באופן יחסי, כמובן: אומאמואה התגלה כשהוא במרחק 33,000,000 ק"מ מאיתנו, או כ-85 פעמים המרחק מכאן לירח).

בזמן שכל כוכבי הלכת, האסטרואידים והשביטים שמוצאם במערכת השמש שלנו מקיפים פחות או יותר את מישור המילקה, שכן הם נוצרו מאותה דיסקת גז ואבק שהסתובבה סביב עצמה, אומאמואה נכנס למערכת השמש מצפון למישור, במסלול היפרבולי קיצוני ובמהירות של 26.3 ק"מ לשנייה מעבר למהירות המילוט ממערכת השמש.



פרופ' אבי לייב, בשבוע שעבר בתל אביב. לא אוהב מדע בדיוני

צילום: מוטי מילרוד

משחזור מסלולו עולה שאומאמואה חצה את מישור המילקה ב-6 בספטמבר 2017, כשכוח הכבידה של השמש האיץ את העצם למהירות של 87.7 ק"מ לשנייה. ב-9 בספטמבר העצם חלף קרוב יותר לשמש ממסלולו של כוכב חמה. וב-14 באוקטובר, חמישה ימים לפני שהתגלה בהוואי, העצם חלף במרחק 24,180,000 ק"מ מכדור הארץ, או כ-62 פעמים המרחק מכאן לירח. יומיים אחר כך העצם חצה חזרה לצפון מישור המילקה, ובימים אלה הוא נמצא קצת אחרי מסלולו של שבתאי מהשמש — כשהוא עושה את דרכו הארוכה החוצה ממערכת השמש, לכיוון קבוצת הכוכבים פגסוס.

**"יכול להיות שאני עושה פה התאבדות תדמיתית, אם יתברר שזה לא נכון", אומר לייב. "מה הדבר הכי גרוע שיכול לקרות לי? יסלקו אותי מתפקיד ראש המחלקה? יהיה לי יותר זמן למדע"**

## **איך התחושה לשבת לצד העמיתים בקפטריה של האוניברסיטה יום אחרי שאתה מפרסם מאמר שכזה, הטוען שאומאמואה הוא בעצם חללית ריגול?**

"המאמר שפירסמתי נכתב, בין היתר, על סמך שיחות שהיו לי עם קולגות שאני מכבד מבחינה מדעית. מדענים במעמד בכיר אמרו בעצמם שהעצם הזה משונה, אבל הם פחדו לפרסם את המחשבות שלהם. אני לא מבין את זה. הרי הקביעות באקדמיה נועדה לתת למדענים את החופש להסתכן בלי לדאוג למשרה שלהם. לצערי, רוב המדענים מגיעים לקביעות — וממשיכים לדאוג לתדמית שלהם. כילדים אנחנו שואלים שאלות על העולם, אנחנו מרשים לעצמנו לטעות. האגו לא משחק תפקיד. אנחנו לומדים על העולם בתמימות ובכנות. כמדען אתה אמור ליהנות מהפריבילגיה של המשך הילדות. לא לדאוג לאגו — לדאוג לחשיפת האמת. בייחוד אחרי שיש לך קביעות".

## **אם לא היתה לך קביעות, לא היית מפרסם את המאמר?**

"אני מניח שלא. זו לא רק הקביעות. אני ראש המחלקה לאסטרונומיה בהרווארד, ראש המכון לתיאוריה ומחשוב באוניברסיטה ומייסד יוזמת החורים השחורים. בנוסף, אני מנהל

את הוועדה המרכזית לפיזיקה ואסטרונומיה באקדמיה הלאומית למדעים בארה"ב. אז יכול להיות שאני עושה פה התאבדות תדמיתית, אם יתברר שזה לא נכון. מצד שני, אם יתברר שזה כן נכון, מדובר באחת התגליות הגדולות בהיסטוריה האנושית. כדי שתהיה התקדמות בהבנה שלנו של היקום, אנחנו צריכים להיות אמינים, והדרך היחידה להיות אמין היא לעקוב אחרי מה שאתה רואה, לא אחרי עצמך. חוץ מזה, מה הדבר הכי גרוע שיכול לקרות לי? יסלקו אותי מתפקיד ראש המחלקה? יהיה לי יותר זמן למדע".

## מה הם מחפשים?

החבר הראשון מכוכב אחר עורר התרגשות רבה בקרב מדענים, אבל צורתו והתנהגותו עוררו גם הרבה מאוד סימני שאלה.

"תיצפתו עליו, אבל לא מספיק", אומר לייב באמבה, בראיון שנערך עמו בתל אביב בשבוע שעבר. "תיצפתו עליו בצורה רציפה רק במשך שישה ימים, בין 25 ל-31 באוקטובר, כלומר שבוע אחרי שגילו אותו. בהתחלה אמרו: אוקיי, זה בטח כוכב שביט, אבל לא ראו זנב שביטי. שביטים מורכבים מקרח, והקרח הזה מתאדה בהתקרבותם לשמש. אבל לא ראינו שובל של גז או אבק מאומאמואה. ואז חשבו: טוב, זה בטח אסטרואיד, פשוט גוש אבן. אבל העצם הסתובב על צירו על פני שמונה שעות, ובזמן הזה הבהירות שלו השתנתה בפקטור של 10 — ואילו בהירות כל האסטרואידים שאנחנו מכירים משתנה, לכל היותר, בפקטור של שלוש. אם מניחים שהחזרת האור קבועה, פירושו של דבר שהאורך שלו גדול לפחות פי עשרה מהעובי שלו. יש שתי אפשרויות לגיאומטריה הקיצונית הזאת. האחת שמדובר בצורת סיגר — והשנייה היא צורה של פנקייק. האמת היא שאותם תצפיתנים שבדקו את השתנות האור של אומאמואה הגיעו למסקנה שאם הוא קיבל הרבה דחיפות כבידתיות במסע — וזה סביר, כי הוא בילה הרבה זמן בחלל הבינכוכי — צורתו שטוחה כמו פנקייק. בהמשך התגלו תכונות נוספות שהיו מוזרות, כמו מוצאו".

כתבתי קודם שמוצאו של אומאמואה הוא מכוכב וגה, אבל זה לא מדויק לחלוטין. היקום הוא מקום עצום, וגם במהירות של אומאמואה — מהירות שאף חללית אנושית עוד לא הגיעה אליה — מסע מוונה למערכת השמש היה אורך 600,000 שנה. אלא שכוכב וגה מקיף בינתיים את מרכז שביל החלב, כמו השמש וכל שאר הכוכבים, והוא כלל לא היה באזור ההוא של השמים לפני 600,000 שנה.

"אם אתה ממצע את מהירויות כל הכוכבים בסביבה", מסביר לייב, "אתה מקבל מערכת שנקראת מערכת המנוחה המקומית. אומאמואה היה במנוחה יחסית למערכת הזאת. הוא לא בא אלינו. הוא חיכה במקום, כמו מצוף בים, עד שספינת מערכת השמש נתקעה בו.

כדי לסבר את האוזן, אחד מתוך 500 כוכבים במערכת הוא עד כדי כך במנוחה כמו אומאמואה. זו הסתברות מאוד נמוכה. הרי אם היה מדובר באבן שסתם נזרקה ממערכת שמש אחרת, היינו מצפים שהיא תישא איתה את מהירות מערכת הכוכב השלה, לא את המהירות הממוצעת של כל אלפי הכוכבים בסביבה".

The story of 'Oumuamua, the first visitor from another star system | Karen J. ...



אולם ההפתעה הגדולה ביותר הגיעה בחודש יוני האחרון, כשנתונים חדשים מטלסקופ החלל האבל העלו שהעצם המסתורי האיץ במהלך ביקורו במערכת השמש הפנימית ב-2017 — האצה שאינה מוסברת על ידי כוח הכבידה של השמש.

האצה כזאת יכולה להיות מוסברת על ידי האפקט הרקטי של שביטים: השביט מתקרב לשמש, השמש מחממת את הקרח בשביט והקרח נפלט לחלל בצורה של גז, פליטה המאיצה את השביט כמו רקטה. אלא שהתצפיות לא גילו זנב שביט מאחורי אומאמואה. יתרה מכך, פליטת גזים היתה גורמת לשינוי מהיר בקצב הסיבוב של העצם סביב עצמו, שינוי שגם הוא לא נצפה בפועל, וייתכן שהיה מפרק את העצם לגורמים.

אם לא פליטת גזים, איזה כוח גרם לאומאמואה להאיץ? כאן נכנס לייב לתמונה. לפי החישובים שלו, ההאצה של אומאמואה נגרמה על ידי דחיפה.

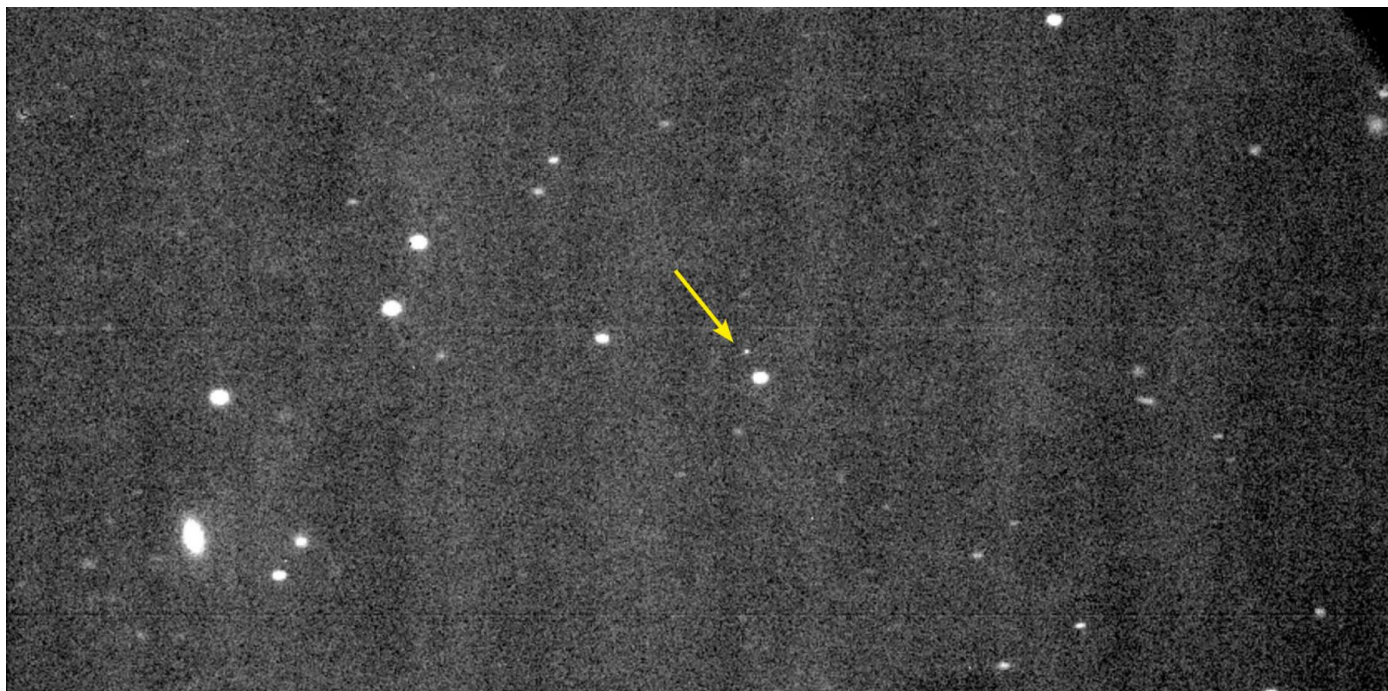


"ההשערה היחידה שיכולתי לחשוב עליה", הוא מספר, "היא דחיפה מאור השמש. כדי שזה יעבוד, העצם צריך להיות דק מאוד, בעובי של פחות ממילימטר, כלומר סוג של פנקייק. בנוסף, טלסקופ החלל שפיצר לא מצא עדויות לפליטת חום מהעצם, וזה אומר שיכולת החזרת האור שלו טובה לפחות פי עשרה מזו של שביט או אסטרואיד טיפוסיים. לפנינו, אם כן, עצם דק, שטוח ומבריק. כך הגעתי לרעיון של מפרשית שמש: מפרשית היא חללית שמשתמשת במפרש שמש כהנעה חללית. במקום להשתמש בדלק, היא נדחפת קדימה על ידי החזרת אור. למעשה, זו טכנולוגיה שהציוויליזציה שלנו מפתחת בימים אלו ממש".

## לשלוח בקבוקים לחלל

אבי לייב בהחלט יודע דבר או שניים על מפרשיות שמש: ב-2016 הכריז הפיזיקאי ואיל ההון יורי מילנר, יחד עם סטיבן הוקינג, מרק צוקרברג ואחרים, על Breakthrough Starshot: מיזם להאצת מפרשיות שמש לחמישית ממהירות האור כדי לחקור את מערכת השמש השכנה, אלפא קנטאורי, המרוחקת ארבע שנות אור מאיתנו. למנהלו המדעי של המיזם מונה לייב.

"השאלה הראשונה ששאלנו היא אם מפרשית כזאת יכולה לשרוד מיליארדי שנים בשביל החלב — ומצאנו שכן. פגיעה של אבק או גז בינכוכבי לא תגרום לה להישחק. אחר כך ניסינו לחשב את ההאצה שמפרש שמש יעניק לעצם, ומצאנו שההאצה מסתדרת עם ההאצה של אומאמואה. אין לנו אפשרות לדעת אם מדובר בטכנולוגיה פעילה, או שמדובר בחללית שיצאה מכלל שימוש וממשיכה לצוף בחלל. אבל אם אומאמואה נוצר יחד עם אוכלוסייה שלמה של עצמים דומים ששוגרו באקראי, העובדה שגילינו אותו פירושה שיוצרינו שיגרו קוודריליון גשושיות כמוהו לכל כוכב בשביל החלב. כמובן, האקראיות פוחתת משמעותית אם מניחים שאומאמואה היתה משימת ריגול שנשלחה במכוון למערכת השמש הפנימית, כלומר לאזור שבו ייתכנו חיים. צריך לזכור שהאנושות לא שידרה שום דבר לפני עשרות אלפי שנים, כשהעצם עוד היה בחלל הבינכוכבי. לא ידעו שיש פה חיים תבוניים. לכן אני חושב שזה פשוט יוזמת חיפוש, פשינג אקספדישין".



צילום: ESO / O.Hainaut

אומאמואה, כפי שתועד בסוף 2017 מטלסקופ המוצב בצ'ילה

## עוד כתבות בנושא

- אז... איפה כולם? להפיג את הבדידות הגלקטית 07.09.2016 🔑
- המחקר שמסביר למה כמעט ואין סיכוי לחיים בחלל החיצון 07.11.2014 🔑
- לראשונה, עצם שמקורו מחוץ למערכת השמש זוהה ליד כדור הארץ 29.10.2017

## פשינג פור וואט?

"אני לא יודע. אני אוהב ללכת על חוף הים כשאני בחופשה, כמו פה בתל אביב, ולהביט בצדפות עם הבנות שלי. ומדי פעם אנחנו מוצאים בקבוק זכוכית בין הצדפות. לפי דעתי צריך לחקור את הבקבוק. עד כה חיפשנו עדויות לתרבויות אחרות בשידורי רדיו, כיוון שאנחנו פיתחנו את הטכנולוגיה הזאת במאה שעברה. אבל דרך אחרת היא לחפש מסר בבקבוק. האנושות שיגרה את וויאג'ר 1 ו-2, שכבר נמצאות היום בחלל הבינכוכבי. אלה מסרים בבקבוקים. ובמאה הנוכחית יהיו הרבה מאוד מערכות שנשלח אליהן הרבה מאוד בקבוקים ובמהירויות הרבה יותר גבוהות".

## כמו Breakthrough Starshot?

"בדיוק. המטרה שלנו היא להאיץ מפרשיות שמש לחמישית ממהירות האור, כך שיגיעו לאלפא קנטאורי תוך 20 שנה. והסיבה ברורה: אני בן 56, ויורי מילנר בן 56. במהירות

הזאת נספיק לראות את התמונות עוד בימי חיינו. כמובן, המפרשיות ימשיכו בדרכן הרבה אחרי שמילנר ואני לא נהיה כאן יותר, אולי אחרי שאף אחד מאיתנו לא יהיה כאן יותר. יכול מאוד להיות שהחלל מלא במפרשיות כאלה, ואנחנו פשוט לא רואים אותן. את אומואמואה ראינו רק כי זאת הפעם הראשונה שיש לנו טכנולוגיה רגישה מספיק לזהות עצמים בגודל של כמה עשרות עד מאות מטרים. בעוד שלוש שנים תושלם בנייתו של הטלסקופ LSST, שיהיה רגיש בהרבה מהטלסקופ Pan-STARRS, ומן הסתם נראה הרבה עצמים שמקורם מחוץ למערכת השמש. אז נדע אם אומואמואה הוא אנומליה או לא. החשיבות של המאמר שלי היא למשוך את תשומת הלב של האסטרונומים כדי שישתמשו בטלסקופים הכי טובים ויחפשו את העצם הבא, אפילו יתכננו פגישה איתו בחלל. בטכנולוגיה הקיימת אין לנו אפשרות לרדוף אחרי אומואמואה. המבקר בא לארוחת ערב, יצא לרחוב ונעלם בחשכה. ויכול להיות שלעולם לא נדע מה הוא חיפש".

### **אבל פרויקט Breakthrough Listen השתמש בטלסקופ רדיו והאזין לאומואמואה ברגישות מופלאה, עד כדי היכולת לקלוט שיחת טלפון רגילה מהעצם. אבל לא שמענו דבר.**

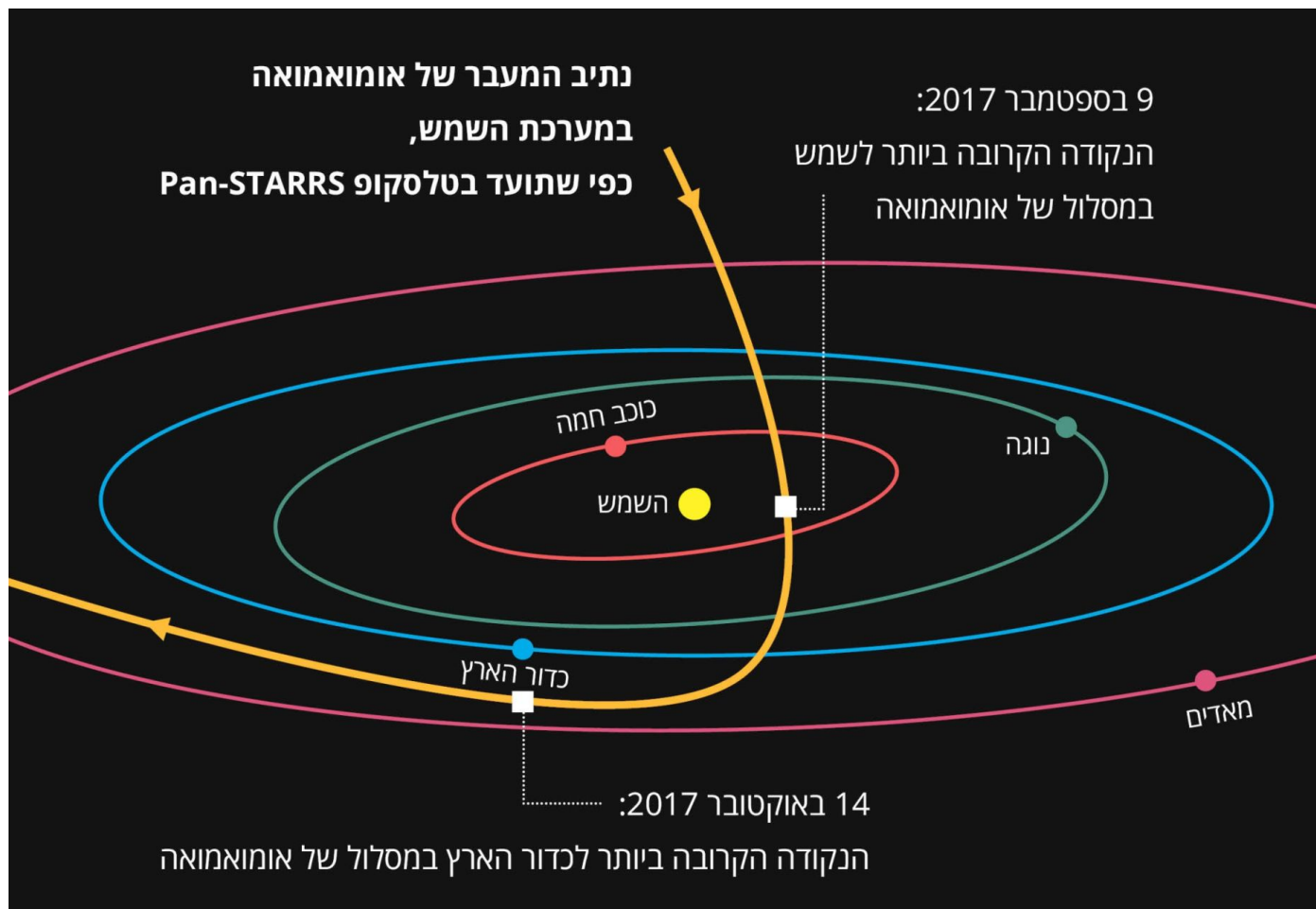
"כשהצעתי למילנר ש**נאזין לאומואמואה**, עוד בנובמבר 2017, ידענו שהסיכוי לקלוט משהו נמוך עד אפסי. כי אפילו אם יש אות שנשלח, הוא לאו דווקא יישלח בכיוון שלנו — הוא יהיה בתוך קרן. כלומר אפילו אם הסייר הזה שידר חזרה למפעיליו, אנחנו לא בהכרח נראה את זה. אנחנו גם לא יודעים באיזה תדר הוא משדר. וגם יכול להיות שהוא לא משדר כל הזמן, אלא בזמנים מיוחדים. וגם יכול להיות שאין לו כבר למי לשדר".

### **אז מדוע לא קיבלנו מהם אותות רדיו ישירים? אנחנו מאזינים כבר עשרות שנים למרחבי החלל ושומעים רק את הלימות הדם באוזנינו.**

"אם לשפוט על פי ההתנהגות שלנו, נראה לי שההסבר הסביר ביותר הוא שציוויליזציות מפותחות מפתחות את הטכנולוגיות שהורסות אותן. יש משך זמן שבו התרבות עדיין נזהרת, למשל, לא להיכנס למלחמה גרעינית. אבל תחשוב שאם הנאצים היו מפתחים נשק גרעיני, ייתכן שההיסטוריה האנושית היתה מובילה להשמדה המונית. ויש, כמובן, גם אסטרואידים והתחממות גלובלית והמון סכנות אחרות. יכול להיות שחלון ההזדמנויות הטכנולוגי קטן מאוד. משגרים מפרשיות כאלה, אבל כבר אין להן למי לשדר חזרה".

**כלומר, על השאלה ששאל אנריקו פרמי — "איפה כולם?" — אתה משיב: "מתים".**

"בהחלט. רובם. הגישה שלנו צריכה להיות גישה ארכיאולוגית. כמו שאנו חופרים באדמה כדי לגלות תרבויות שאינן קיימות יותר, כך עלינו לחפור בחלל כדי לגלות תרבויות מתות מחוץ לכדור הארץ".



בתונים: נאס"א / אקונומיסט

## לא יותר פשוט – ולכן יותר מדעי – להניח שאנחנו לבד עד אשר יוכח אחרת?

"לא. מי שטוען שאנחנו יחידים ומיוחדים חוטא ביוהרה. הנחת המוצא שלי היא צניעות קוסמית. הודות לטלסקופ החלל קפלר, היום אנחנו יודעים שיש יותר כוכבי לכת כמו כדור הארץ מאשר גרגירי חול על פני כל החופים. אז אתה חושב על איזה מלך שהצליח להשתלט על חתיכת אדמה של מדינה אחרת בקרב נורא ואיום, והרגיש שהוא שליט גדול וכל יכול. ואפילו נדמיין שהוא הצליח להשתלט על כל האדמות, על כל העולם, הרי זה כמו נמלה שכרכה את מחושיה סביב גרגיר חול אחד בחוף ענק. אין לזה שום משמעות. אני מניח שאנחנו לא הנמלים היחידות בחוף, שאנחנו לא לבד".

**זו ספקולציה. אתה לא יודע את זה בוודאות.**

"החיפוש אחר חיים מחוץ לכדור הארץ הוא לא ספקולציה. הוא הרבה פחות ספקולטיבי מאשר השערת החומר האפל, חומר בלתי נראה שמהווה 85% מהחומר ביקום. השערת החומר האפל היא חלק מהזרם המרכזי באסטרופיזיקה — וזו ספקולציה. חיים ביקום זה לא ספקולציה, משתי סיבות: א. אנחנו קיימים בכדור הארץ, ו-ב. יש עוד המון מקומות עם תנאים פיזיקליים דומים לכדור הארץ. יש במדע דוגמאות רבות להשערות שעדיין לא אוששו על ידי תצפיות, כי המדע מתקדם על בסיס אנומליות, על בסיס תופעות שלא ניתן להסביר בהסברים קונבנציונליים".

**והנה, עובדה שיש הבדל תהומי בין החיפוש אחר חומר אפל לחיפוש אחר חיים מכדור הארץ. לא היו מראיינים אותך ל"Good Morning America" על מאמר בנושא חומר אפל.**

**"מי שטוען שאנחנו יחידים ומיוחדים חוטא ביוהרה. הנחת המוצא שלי היא צניעות קוסמית. אני מניח שאנחנו לא הנמלים היחידות בחוף, שאנחנו לא לבד"**

"כי על מגע עם ציוויליזציות מתקדמות נכתבה ספרות מדע בדיוני ענפה, ועל **חומר אפל** לא. אז מה? רוב המדענים מדברים על חיפוש אחר חיים פרימיטיביים, אבל יש טאבו על חיפוש אחר חיים תבוניים. זה בכלל לא ברור לי. הרי במקום היחיד שבו יש חיים פרימיטיביים, כדור הארץ, יש גם חיים תבוניים — אם אמנם אנחנו תבוניים. המדע שלנו לא בריא. שאלתי מדען שחוקר עצמים בחגורת קויפר, אסטרונום בכיר שגילה חלק נכבד מהעצמים שם, אם הוא חיפש שינויים בבהירות שלהם שמקורה באור מלאכותי. הוא אמר: 'למה לחפש? אין מה לחפש, הרי ברור שהבהירות שלהם תשתנה כמו אור שמוחזר טבעית מהשמש'. אם אתה לא מוכן למצוא דברים יוצאי דופן, אתה גם לא תמצא אותם. כמובן שכל טענה צריכה להיות מבוססת על עדויות, אבל ברגע שהעדויות מצביעות על אנומליה, צריך לדבר על האנומליה. למי אכפת אם האנומליה הזאת הופיעה או לא הופיעה בספרי מדע בדיוני? אני בכלל לא אוהב מדע בדיוני".

**די, נו. אתה לא אוהב מדע בדיוני?**

"לא. ברגע שאני קורא סיפור שסותר את חוקי הטבע — זה מפריע לי. אני אוהב ספרות ואני אוהב מדע, אבל השילוב ביניהם מפריע לי".

## אז לא קראת כנער את "מפגש עם ראמה" של ארתור סי קלארק? כי זה מאוד מזכיר את המפגש עם אומאמואה.

"לא. מה שהעסיק אותי היה הבעיות הבסיסיות של החיים".

### מוצא החיים? תפוצתם ביקום?

"החיים ממש, החיים שלנו כבני אדם. הייתי קורא ספרי פילוסופיה, בעיקר את האקזיסטנציאליסטים. נולדתי במושב, וכל יום אחרי הצהריים הייתי אוסף ביצים ובסופי שבוע הייתי נוסע בטרקטור לגבעות, לקרוא שם. אהבתי את הטבע. אהבתי להתבודד. אני לא קיים ברשתות החברתיות. אני חושב על הרעיונות שלי כשאני לבד במקלחת. ובכלל לא חשבתי על פרסום. כתבתי מאמר מדעי שפורסם בכתב עת מדעי. אפילו לא הוצאתי הודעה לתקשורת. שני בלוגרים מצאו את המאמר בארכיון — וזה הפך לווראלי".

### ואיך ההרגשה להיות מדען ויראלי? הכתבה על המאמר שלך היתה כתבת המדע הפופולרית ביותר בשנה החולפת.

"ניצלתי את החשיפה התקשורתית כדי להסביר את האיזודאות של התהליך המדעי. [התנועות הפופוליסטיות](#) בארה"ב ובאירופה נשענות בין היתר על כך שהציבור איבד אמון בתהליך המדעי. לכן אנשים מכחישים את [ההתחממות הגלובלית](#) למשל. אחת המראיינות שלי בגרמניה אמרה: 'יש מדענים הטוענים שזו טעות לצאת לקהל הרחב כשאתה עדיין לא בטוח'. אותם מדענים חושבים שאם נחשוף מצבים של איזודאות, לא יאמינו לנו כשנדבר על שינויי אקלים. אבל חוסר האמינות נובע בדיוק מכך שאנו מראים לציבור רק את התוצר הסופי. אם קבוצת מדענים מסתגרת בחדר, ואז יוצאת להרצות על התוצאה כמו לסטודנטים, אנשים לא יאמינו להם — כי הם לא ראו את ההתלבטויות, הם לא ראו שבשלבם המוקדמים לא היו מספיק נתונים. הדרך הנכונה היא לשכנע את הציבור שהתהליך המדעי הוא תהליך רגיל, אנושי, שאינו שונה ממה שעושה בלש במשטרה או שרברב שבא לתקן את הצנרת. מדענים נחשבים לאליטה כי הם עצמם יוצרים את מגדל השן הזה באופן מלאכותי. הם אומרים: 'הציבור לא מבין, לכן לא צריך לשתף אותו. אנחנו נחליט בינינו לבין עצמנו מה נכון, ואז נצא ונגיד לפוליטיקאים מה צריך לעשות'. אבל אז הפוליטיקאי הפופוליסט אומר: 'רק האליטה אומרת את זה, הם מסתירים מאיתנו דברים אחרים'. כי יש את הקפיצה לשלב המסקנות והמדיניות. חילוקי הדעות בקהילה המדעית הם אלה שמקנים אנושיות לתהליך המדעי, והאנושיות היא שמקנה אמינות".

## ואם אכן נגלה שאנחנו לא לבד ביקום? מה תהיה השפעת התגלית על החיים שלנו?

"השפעה עצומה. סביר להניח שהם יהיו מתקדמים מאיתנו, כי הטכנולוגיה שלנו התפתחה רק לאחרונה. נוכל ללמוד מהם הרבה מאוד — על טכנולוגיות שפותחו על פני מיליוני ומיליארדי שנים. ויכול להיות שזו הסיבה שבגללה עוד לא זיהינו חיים תבוניים מחוץ לכדור הארץ, כי אנחנו עדיין חיים פרימיטיביים שלא יודעים לקרוא את הסימנים. ברגע שנצא ממערכת השמש, אני מאמין שנראה הרבה מאוד תנועה. יכול להיות שנקבל מסר שאומר: 'ברוכים הבאים למועדון הבינכוכבי'. או שנגלה הרבה ציוויליזציות מתות, כלומר נמצא רק שרידים שלהן".

### ואלה יהיו חדשות טובות? כי אם יש הרבה ציוויליזציות מפותחות מאיתנו שחוסלו או חיסלו את עצמן, זה לא יהיה סימן טוב לעתיד.

"זה יהיה סימן מצוין. זה יגרום לנו למחשבה שנייה על מה שאנחנו עושים כאן ועכשיו, כדי שלא נחלוק את אותו הגורל. אנחנו צריכים להתנהל בצורה יותר הגונה ופחות לוחמנית זה עם זה, לשתף פעולה, למנוע שינויי אקלים ולהתיישב בחלל. זה אמור להוביל למקום טוב. השאלה הבסיסית היא אם אנשים הם טובים בבסיסם".

### ומה התשובה?

"אני מאמין שכן. ברגע שיתברר שבאמת יש הרבה ציוויליזציות שנכחדו, אני מאמין שאנשים יסיקו את הלקח הנכון. ואם נגלה שרידים של טכנולוגיות מתקדמות, הם יוכיחו לנו שאנחנו רק בתחילת הדרך. ושאם לא נמשיך בדרך הזאת, נפספס הזמן ממה שאפשר לראות ולחוות ביקום. תאר לך שהיו מביאים לאיש המערות את האייפון שאתה משתמש בו כדי להקליט אותי. מה הוא היה חושב על האבן המיוחדת הזאת? כעת תאר לך שאומאמואה הוא האייפון ואנחנו אנשי המערות. דמיין מדענים שנחשבים לנושאי חזון התבונה בקרב אנשי המערות מסתכלים על המכשיר ואומרים — לא, זה סתם אבן. אבן מיוחדת, אבל אבן. מה פתאום אתה מעז לטעון שלא מדובר באבן?"

---

## הרשמה לניוזלטר

מחפשים חומר קריאה משובח לסוף השבוע? הירשמו עכשיו



## הרשמה

☐ ברצוני לקבל ניוולטרים, מידע שיווקי והטבות

### הכתבות הנקראות באתר

**סקרי בחירות: העבודה מקבלת 8-7 מנדטים אחרי פירוק המחנה הציוני**

הארץ |  35



**חשבתי שזו סדרה נהדרת, אבל אז היא יצאה משליטה**

אריאנה מלמד |   5





## פרויקט מצלמות הגוף של המשטרה יוצא לדרך, אך עימותים רבים לא יתועדו

יהושע (ג'וש) בריינר | 11



## "לואי סי-קיי" ניסה לגרום לפיטוריי מסאטרדיי נייט לייב כי עישנתי ויד"

הארץ | 8



### תגובות

הוסיפו תגובה

פתח את כל התגובות

מהאחרונה לראשונה

הפרופסור מוצא מפרשים סולריים בכל מקום- שינוח

32

מיכאל | 02:28

1 תגובה 0 תגובות

ראיון מעולה!

31

איתי | 02:13

1 תגובה 0 תגובות

האלו מהרווארד טעו שמינו אותו לפרופסור פה בתגובות יש מלא מדענים בפוטנציה.

30

קל ללמוד | 01:57

מחפש את ה"לייק" (:

3 תגובות 0 תגובות

1 תגובה 0 תגובות

אסף | 02:15

לפני עשרים וחמש שנים טען קארל סיגן שהוא מצא חיים איטליגנטיים על פני כדור הארץ (ל"ת)

29

השמים הכוכבים \_ והחוק המוסרי \_ | 00:29

2 תגובות 0 תגובות

28

נאיביות לחשוב שאנו לבד ביקום

בר אלקסלסי חזון | 00:20

5 תגובות 1 תגובה

27

נמאס לפרופסור להיות אלמוני. (ל"ת)

חיים צ' | 23:53

2 תגובות 2 תגובות

26

כתבה אדירה. כל הכבוד למראיין ולמראיין. (ל"ת)

כתבה נדירה. | 23:45

14 תגובות 1 תגובה

25

מרתק! הוא פורש את הנושא ומנגיש אותו בצורה מאד יפה ופשוטה, כל הכבוד. (ל"ת)

כליל | 23:31

11 תגובות 1 תגובה

24

ברור שאין תשובה ברורה - האופי האנושי נע על הציר בין תוקפן וסובלן כאשר היחס היציב הוא בערך 7/12 ל 5/12 - לא רק בין אנשים שונים אלא בממוצע בכל אדם. לפי הנסיבות אדם נוטה להיות סובלן/פייסן ("טוב") או תוקפן/שתלטן ("רע") - כאשר התוקפנות משתלמת היא מתגברת והתוצאה אוכלוסיה שתפגוש אוכלוסיה חלשה ממנה תנצל את עדיפותה כדי להרוויח ממנה (כמו הקולוניאליזם, מעצמות וכו') - בקיצור שום טוב לא צפוי ממפגש עם חייזרים. (ל"ת)

האדם טוב או רע | 23:20

3 תגובות 2 תגובות

23

פרימן דייסון אמר דברים דומים בסדרת הרצאות בטכניון לפני כמעט חמישים שנה

כנראה יש עוד חיים ביקום | 23:16

4 תגובות 0 תגובות

@כנראה יש עוד חיים ביקום האנושות מוקסמת מהרעיון שיש חיים תבוניים על פלנטות אחרות. האפשרות קיימת אך מה ההסתברות שלה ויותר מכך, מה ההסתברות שאות או חללית ממש מפלנטה שיש בה תנאי קיום המזכירים את כדור הארץ וגם יצורים תבוניים יגיעו לידיעתנו? לדעתי ההסתברות מאד נמוכה וחייבים לחפש הסברים הגיוניים יותר.

מדע או מדע בדיוני? | 23:23

0 תגובות 0 תגובות

22

גם בבנין שלי יש חייזרים

דוד | 23:15

6 תגובות 0 תגובות

@דוד

0 תגובות 0 תגובות

אתה לא מכיר את השכנה שלי | 00:27

21

הדעות והתובנות שלו מרתקות ומקוריות

20

ואני תומכת בתער של הנזיר האנגלי אוקאם (Occam's razor) לפיו יש להעדיף את ההסבר ההגיוני המתיישב עם חוקי הטבע המוכרים לנו ובלי להניח יותר מדי הנחות עבודה

אור לגויים | 22:13

5 תגובות 6 לייקים

👉 @אור לגויים מה לא הגיוני כאן

אמנון אשד | 00:26

1 תגובות 0 לייקים

👉 @נסה לחשוב על המשמעות ואיך אפשר שלא להיזכר בתאורית הפאנספרמיה לפיה קור החיים על כדור הארץ הוא בכלל בכוכבי לכת אחרים הרבה יותר ותיקים ממערכת השמש שלנו

עוד משהו | 23:13

0 תגובות 0 לייקים

👉 @אור לגויים צודקת ועוד איך; בקושי התחלנו (אנו, המין האנושי) לחקור אם יש סימנים לשרידי חיים או אפשרות לקיומם בעבר על מאדים, שהוא ממש next door, והפרופסור הנכבד קופץ כאן לא מעל הפופיק, אלא מעל גלקסיית אנדרומדה (בשביל הפרופורציה של מרחקים) ומריץ השערות על יישויות תבוניות מהמרחקים הפיזיים ומהעבר הרחוק מאד.

סמי מפ"ת | 23:10

1 תגובות 3 לייקים

👉 @אור לגויים מה לא הגיוני בהנחה שקיימים יצורים תבוניים נוספים?

גלעד טירם | 23:03

5 תגובות 3 לייקים

👉 @שנות אור לגויים לא הבנתי כנראה אז אולי תסביר לי איך אסטרופיזיקאי (לא ביולוג) מדבר ברצינות על חללית שנשלחה לפני מיליוני שנים מפלנטה המרוחקת 26 שנות אור מאתנו

נסה לחשוב על המשמעות | 22:55

1 תגובות 2 לייקים

👉 קראת את הכתבה ולא הבנת או שלא טרחת בכלל.

שנות אור לגויים | 22:46

6 תגובות 2 לייקים

19

מרתק! רק חבל שפרופ' לייב לא טרח לקרוא כמה ספרי מדע בדיוני, שלא רק שאינם מערבים פנטזיה ומציאות, אלא נכתבו בחלקם בידי מדענים בעלי שם, כמו אסימוב הכימאי או קלארק הפיזיקאי שהגה את לווין התקשורת. קצת צניעות לא תזיק, גם לפרופ' עטור תגליות ופרסים

זה נקרא ספרות ספקולטיבית | 22:11

4 תגובות 6 לייקים

👉 מסכים בהחלט. הוא מבלבל מדע בדיוני ופנטזיה

הד"ר הטוב | 00:44

0 תגובות 0 לייקים

👉 הם היו מדענים אבל השתמשו בחופש המשורר לתאר תנאים ואירועים שסותרים חוקים פיזיקליים בסיסיים ולכן קראו לסוג הסיפורת שלהם מדע בדיוני. הפרופסור אוהב מדע אמיתי ולא בדיוני. בהחלט זכותו.

עמוס | 00:37

0 תגובות 0 לייקים

👉 @זה נקרא ספרות ספקולטיבית הדמיון בשרות המדע

אמנון אשד | 00:24

0 תגובות 0 לייקים

👉 @ע סבא שלי אמר: קודם כל תדע. אחר כך תבחר. להתייחס בביטול ולפסוק דעה בלי לדעת את העובדות זו אינה זכות ואין צורך לכבד זאת. וזה אכן לא מדע, אלא כתיבה עלילתית שמתבססת על הנחות מדעיות ועל התקדמות טרם זמננו.

זכותו זכותי מה הקשר? | 00:15

0 תגובות 0 לייקים

👉 @זה נקרא ספרות ספקולטיבית זכותו לא לאהוב ולא להתייחס לזה כאל מדע

0 תגובות 0 לייקים

ע | 22:56

18 כתבה הכי טובה של השנה עד כה. כן ירבו! וכן ירבו אנשים שהנחת המוצא שלהם היא צניעות קוסמית... (ל"ת)

וולטייר | 22:08

2 תגובות 11 לייקים

17 גם מדענים לפעמים מקשקשים בשביל תשומת לב (ל"ת)

נוה | 22:01

8 תגובות 7 לייקים

16 נהדר!! איזה כף לקרוא. (ל"ת)

תודה למדען המוכשר! | 21:59

1 תגובות 9 לייקים

15 Most important statement

Koosa | 21:53

0 תגובות 7 לייקים

14 למה לא שולחים גששושית למסלול שיפגוש את השביט/פנקייק הזה מתישהו להתרת הספקות? הרי גם אם לא מדובר בחללית, ללא ספק זהו גוף זר ומיוחד ששווה לחקור מאד לחקור. נאס"א תגיבו מיד בבקשה! (ל"ת)

מנימי | 21:53

2 תגובות 0 לייקים

👉 @מנימי הוא ברח כבר מזמן וגם קודם נע מהר מכדי שנוכל להשיגו.

אסף | 22:12

0 תגובות 3 לייקים

👉 @מנימי תקרא את הכתבה

דוד דר רחובות | 22:01

3 תגובות 1 לייקים

13 אויש זו אחת הכתבות הטובות ביותר שקראתי בהארץ, נמאס כבר מסיפורי גבאי (ל"ת)

גרגמל | 21:38

1 תגובות 19 לייקים



מערכת | הנהלה | אודות הארץ | דרושים | צור קשר | עשה מינוי | ביטול מינוי דיגיטלי | שאלות ותשובות | פרסם אצלנו



חיבור מינוי דיגיטלי



עדכונים במייל



קנה מינוי דיגיטלי



קנה מינוי לעיתון



פרסם אצלנו



לפרסום בעיתון



שירות למנויים



## עכבר העיר

מה עושים היום?

הופעות בינלאומיות בישראל

מדור ילדים

אטרקציות לילדים

טיולים לשבת

מה עושים עם הילדים

בסופ"ש?

הופעות היום

מבשלים עם ילדים

הצגות לילדים

מופעי סטנדאפ

מתחמי ג'ימבורי ברחבי הארץ

## כלים שימושיים

המייל האדום

מדיניות פרטיות

חלון מבזקים

ארכיון הארץ

דיוור הארץ

כל כותרות היום

צור קשר

מודעות אבל

תנאי שימוש

מינוי הארץ

מינוי לעיתון

מידע למנויים

כנסים

נגישות

## מדורים

חדשות

סרטים מומלצים

מזג אוויר

אוכל

מסעדות מומלצות

ספרים

סרטים

דעות

תרבות

ספורט

בחירות 2019

סקר בחירות

**Haaretz.com**

Israel election 2019

Left splits

Trump - Netanyahu -

2019

Putin - Israel

Trump vs. Romney

Trump - Iran -

Netanyahu

Middle East

Israel news

## שיתופי פעולה

פגסוס טיולים

בית אבי חי

גם לכיף יש גבול בחסות

מפעל הפיס

דיונגוף סנטר

SUPERMARKET - צרכנות

פיננסית

אופנה

הריון ולידה

## TheMarker

שוק ההון

חדשות

גלובל

נדל"ן

TechNation

MarkerWeek

מגזין TheMarker

TheMarker Women

ד"ר וחשבון  
מדיה ופרסום  
עסקים קטנים  
צרכנות  
קריירה  
רכב  
TheMarker TV  
כנסים  
Cafe

## Finance

ת"א 35  
ת"א 125  
מניית טבע  
מניית בזק

... י. י. י. י. י.  
משפחה  
כל העיר ירושלים  
כלבו חיפה והצפון  
כאן דרום אשדוד  
צומת השרון כפר סבא  
השקמה חולון  
ערים רחובות