

00:00:12:21	00:00:11:22	1	שלום.
00:00:18:08	00:00:14:05	2	אני רוצה לקחת אתכם היום למסע בתוך מערכת השמש.
00:00:20:19	00:00:18:17	3	אני חשבתי קצת על מה אני רוצה לדבר,
00:00:24:07	00:00:20:21	4	והחלטתי שאני רוצה לקפץ בין כוכבי לכת שונים,
00:00:27:21	00:00:24:09	5	בין גופים פלנטריים שונים במערכת השמש,
00:00:32:10	00:00:29:02	6	וננסה לחבר אותם אחד לשני במהלך המסע הזה.
00:00:35:03	00:00:33:03	7	אני אתחיל מזה שלי קוראים עודד אהרונסון.
00:00:39:10	00:00:35:07	8	אני פרופסור פה במכון ויצמן ואני חוקר פלנטות.
00:00:43:19	00:00:39:13	9	

אני חוקר פלנטות גם בתוך
מערכת השמש וגם מחוצה לה.

00:00:47:03 00:00:43:21 10

אנחנו עכשיו יודעים שיש פלנטות גם
שמקיפות כוכבים אחרים,

00:00:50:09 00:00:47:11 11

ובמעבדה שלי אנחנו גם מסמלצים
את התנאים בפלנטות

00:00:54:21 00:00:50:12 12

ואפילו שולחים לשם מדי פעם
נציגים שלנו, חלליות לא מאוישות,

00:01:00:16 00:00:55:09 13

שמודדות כל מיני דברים
בנוגע לפלנטות האלה,

00:01:04:02 00:01:00:24 14

ופה בכדור הארץ אנחנו מנסים להבין
את הנתונים האלה

00:01:07:01 00:01:04:04 15

גם על ידי מודלים
וגם על ידי סימולציות.

00:01:10:24 00:01:08:16 16

אז המסע הזה ייקח אותנו,
כמו שאמרת,

00:01:13:12 00:01:11:01 17

אנחנו נטייל ממערכת
השמש הפנימית, מכדור הארץ,

00:01:17:24 00:01:13:14 18

למערכת השמש החיצונית,
לשבתאי ולירח שלו טיטאן.

00:01:19:07 00:01:18:01 19

מי שמע על טיטאן?

00:01:22:05 00:01:19:20 20

א.קיי, בערך חצי מהאנשים
שמעו על טיטאן.

00:01:25:22 00:01:24:14 21

טיטאן נמצא פה.

00:01:30:06 00:01:26:16 22

זאת אומרת הציור הזה
הוא הפלנטות של מערכת השמש,

00:01:32:03 00:01:30:08 23

כוכבי הלכת של מערכת השמש.

00:01:35:09 00:01:32:08 24

אולי חלק מכם יודעים
שכבר אין תשעה,

00:01:38:17 00:01:35:10 25

נשארו רק שמונה כוכבי לכת.

00:01:42:13 00:01:39:01 26

אחד, פלוטו, הורד בדרגה.

00:01:50:21 00:01:43:02 27

פלוטו התגלה שהוא בעצם חבר
בחבורה של גופים קרחיים

00:01:54:13 00:01:51:03 28

במערכת השמש החיצונית
שנקראת חגורת הקויפר,

00:01:58:00 00:01:54:17 29

ומאז שהבינו שבעצם לפלוטו
אין שום דבר מיוחד,

00:02:01:09 00:01:58:05 30

אגב, זה חבר שלי מ"קאל טק"
שעשה, מייק בראון,

00:02:05:00 00:02:01:11 31

הוא גילה שיש שם עוד גופים
שהם דומים לפלוטו.

00:02:07:01 00:02:05:02 32

הוא גילה גוף אחד במיוחד
שהיה אפילו יותר...

00:02:08:22 00:02:07:03 33

הוא חשב יותר גדול מפלוטו.

00:02:14:10 00:02:08:23 34

האירוניה הייתה שהוא בסוף התגלה
להיות לא יותר גדול מפלוטו.

00:02:16:07	00:02:14:13	35	אבל כשהוא חשב שהוא היה יותר גדול מפלוטו
00:02:18:00	00:02:16:09	36	אז לא נשארו יותר תירוצים
00:02:20:20	00:02:18:06	37	למה להשאיר את פלוטו בתור פלנטה
00:02:23:22	00:02:20:22	38	ואת שאר הגופים בחגורת הקויפר לא,
00:02:29:15	00:02:24:00	39	ופלוטו הורד בדרגה והפך להיות ל"מיינור פלאנט".
00:02:30:19	00:02:29:20	40	נשארו שמונה.
00:02:34:17	00:02:31:06	41	הנה שבתאי, זה עם הטבעות שאולי חלקכם מכירים,
00:02:38:23	00:02:35:00	42	ולשבתאי יש ירח. יש לו כמה ירחים.
00:02:43:18	00:02:39:02	43	

אתם רואים בתמונה הזאת

עוד ירחים של שבתאי,

00:02:45:21 00:02:43:22 44

והירח הכי גדול של שבתאי,

00:02:51:11 00:02:45:23 45

שפעם חשבו שהוא הירח הכי גדול

במערכת השמש, נקרא טיטאן.

00:02:57:19 00:02:52:06 46

עכשיו שבתאי הוא פי 10 יותר רחוק

מהשמש מאשר כדור הארץ,

00:03:02:13 00:02:58:00 47

לכן הוא מקבל פי 100 פחות אנרגיה

מהשמש מאשר כדור הארץ,

00:03:04:11 00:03:02:15 48

זה הולך כמו אחד חלקי אר בריבוע,

00:03:09:06 00:03:05:07 49

ולכן הטמפרטורות בכלל

של כל מערכת השמש החיצונית

00:03:11:04 00:03:09:11 50

הן מאות מעלות.

00:03:14:15 00:03:11:06 51

200 מעלות במקרה זה

הטמפרטורה יותר נמוכה

00:03:17:00	00:03:14:16	52	מזאת של כדור הארץ.
00:03:23:13	00:03:17:10	53	אז תדמיינו לעצמכם עולמות בעצם במערכת השמש החיצונית
00:03:28:24	00:03:24:00	54	שהציפייה שלנו בתור אנשים שגרים פה יחסית קרוב לשמש, בכדור הארץ,
00:03:32:16	00:03:29:12	55	הציפייה שלנו הייתה שהעולמות האלה יהיו קפואים
00:03:35:03	00:03:32:21	56	ומבחינה גיאולוגית לפחות מתים.
00:03:37:24	00:03:35:16	57	לא צפינו שתהיה מספיק אנרגיה
00:03:40:24	00:03:38:01	58	בשביל להניע תהליכים גיאולוגיים או אקלימיים
00:03:43:07	00:03:41:01	59	כמו שקורים פה בכדור הארץ.
00:03:47:04	00:03:44:12	60	בתמונה הזאת שבעיניי היא מאוד מאוד יפה,

- 00:03:50:01 00:03:47:07 61
זאת תמונה שצולמה על ידי
ה"האבל ספייס טלסקופ",
- 00:03:51:09 00:03:50:03 62
טלסקופ החלל.
- 00:03:58:14 00:03:52:09 63
אנחנו רואים את טיטאן
מטיל את הצל שלו על שבתאי.
- 00:04:02:00 00:03:58:17 64
זאת אומרת השמש היא איפה שהוא
בכיוון הזה, נכון?
- 00:04:03:11 00:04:02:02 65
כולם יכולים לדמיין את זה.
- 00:04:06:11 00:04:03:24 66
ואני חושב שחוץ מהערך האסתטי
- 00:04:08:23 00:04:06:16 67
שכבר אמרתי שאני חושב
שהתמונה מאוד יפה,
- 00:04:15:10 00:04:11:19 68
אני חושב שבתמונה הזאת
יש איזשהו מסר
- 00:04:18:04 00:04:15:14 69
שאני רוצה שתשימו אליו לב,

00:04:21:11	00:04:18:06	70	שבעצם כשמסתכלים על טיטאן מרחוק,
00:04:23:19	00:04:21:12	71	במקרה זה מחללית שמקיפה את כדור הארץ
00:04:26:17	00:04:23:21	72	ומסתכלת לכיוון מערכת השמש החיצונית...
00:04:29:23	00:04:26:19	73	אבל אפילו כשמתקרבים אליו בעצם לא רואים כלום.
00:04:34:13	00:04:30:05	74	מה שרואים זה ירח שהוא משהו כמו כתום,
00:04:38:23	00:04:34:15	75	הוא בעצם מתחבא מאחורי מעטפת של אטמוספירה
00:04:41:16	00:04:39:00	76	שהיא מאוד אביכה, אי אפשר לראות דרכה,
00:04:45:14	00:04:41:23	77	וזה בעצם היה המצב במשך מאות שנים

00:04:49:21	00:04:45:17	78	מאז שטיטאן התגלה עד לא מזמן.
00:04:52:19	00:04:50:09	79	ואני אספר לכם את הסיפור הזה עכשיו,
00:04:55:03	00:04:52:21	80	אבל אני רוצה שתרשמו מהעובדה
00:05:01:01	00:04:55:06	81	שבאמת טיטאן יש לו סודות שחבויים מאחורי אטמוספירה שמחביאה אותו.
00:05:04:22	00:05:01:09	82	ואם אנחנו נתקרב לטיטאן, כמו שהחללית וויאג'ר עשתה,
00:05:08:00	00:05:04:23	83	חלקכם אולי אפילו זוכרים את החללית וויאג'ר.
00:05:13:04	00:05:08:12	84	אני לא הייתי שם, אבל המנחה שלי היה חלק מהצוות של המדענים
00:05:18:08	00:05:13:06	85	שפירש את התמונות שוויאג'ר צילמה בשנות ה-70 בעיקר.

00:05:21:15	00:05:19:06	86	זה היה מין בוננזה מטורפת.
00:05:25:22	00:05:21:17	87	אתם צריכים לדמיין שבפעם הראשונה אנשים שלחו חללית עם מצלמות
00:05:27:06	00:05:25:23	88	למערכת השמש החיצונית,
00:05:29:13	00:05:27:10	89	וויאג'ר 1 ואחר כך וויאג'ר 2,
00:05:32:04	00:05:29:14	90	וכל פעם שהחללית הזאת חלפה ליד עולם חדש,
00:05:35:02	00:05:32:06	91	ליד איזה ירח או פלנטה חדשה,
00:05:37:00	00:05:35:06	92	צילמה אותה במלוא המרץ,
00:05:38:15	00:05:37:03	93	שלחו את התמונות האלה לכדור הארץ
00:05:43:21	00:05:38:17	94	ופעם ראשונה עיני אנוש יכלו להתבונן מקרוב
00:05:45:01	00:05:44:04	95	

בכל המקומות האלה.

00:05:48:06 00:05:45:03 96

וכל פעם, כמו שלא מזמן היו לנו
תמונות חדשות מפלוטו,

00:05:50:23 00:05:48:08 97

אולי חלקכם ראיתם,
זה כיסה את כל העיתונים,

00:05:53:19 00:05:51:09 98

תארו לעצמכם מצב
שכל כמה חודשים בעצם

00:05:56:15 00:05:54:03 99

החללית צילמה עולם חדש
שאף פעם אף אחד לא ראה

00:06:02:04 00:05:56:24 100

ופעם ראשונה אנשים יכלו לנסות
להבין מה קורה שם.

00:06:07:23 00:06:02:08 101

אז כשוויאגר'ר 1 חלפה ליד טיטאן,
זה מה שהיא ראתה, או קיי?

00:06:11:19 00:06:08:00 102

שוב אתם רואים מין עולם שמכוסה,
מחביא סודות.

00:06:14:05 00:06:11:22 103

אנחנו רואים פה

את האטמוספירה של טיטאן,

00:06:17:11 00:06:14:07 104

שיש לה קצת עננים בקטבים.

00:06:21:06 00:06:17:17 105

אנחנו ידענו כבר שלטיטאן

יש אטמוספירה עוד לפני וויאג'ר

00:06:24:11 00:06:21:08 106

כי אפשר להסתכל על כוכבים

שחולפים מאחורי טיטאן

00:06:28:23 00:06:24:12 107

ורואים שהאור שלהם דועך לאט לאט

בזמן שהם חולפים מאחורי טיטאן,

00:06:31:18 00:06:29:00 108

זאת אומרת הדעיכה הזאת

של האור באטמוספירה

00:06:36:00 00:06:31:20 109

מראה שאין לו גבול חד, אלא יש לו

גבול רך כזה של האטמוספירה.

00:06:39:24 00:06:36:05 110

בגלל זה, אגב, פעם חשבו שטיטאן

הוא הירח הכי גדול,

00:06:42:19 00:06:40:05 111

עד שבעצם הצליחו לחסר

את האטמוספירה

00:06:46:04	00:06:42:21	112	וראו שבלי האטמוספירה הירח של גנימד...
00:06:49:16	00:06:46:10	113	הירח גנימד, הירח של צדק, יותר גדול.
00:06:53:23	00:06:50:23	114	ידעו פחות או יותר אפילו ממה האטמוספירה הזאת עשויה.
00:06:59:07	00:06:54:00	115	ידעו שהיא משהו כמו פי 1.5 הלחץ שלה יותר גבוה
00:07:00:22	00:06:59:09	116	מהלחץ שפה בחדר,
00:07:02:23	00:07:00:23	117	היא עשויה בערך מאותם חומרים שנמצאים פה,
00:07:04:16	00:07:03:00	118	באטמוספירה של החדר.
00:07:07:01	00:07:04:18	119	זאת אומרת האוויר שלנו בעיקר עשוי מחנקן
00:07:10:07	00:07:07:03	120	

וגם האטמוספירה של טיטאן

עשויה מחנקן.

00:07:14:16 00:07:11:20 121

יש בה עוד קצת חומרים

כמו שחוץ מחנקן

00:07:18:00 00:07:14:18 122

לנו יש קצת חמצן, קצת מים,

קצת סי-או-2,

00:07:20:17 00:07:18:11 123

גם באטמוספירה של טיטאן

יש עוד קצת חומרים,

00:07:24:23 00:07:21:16 124

שהם בעיקר פחממנים שונים

שאנחנו עוד נדבר עליהם.

00:07:26:22 00:07:25:12 125

עכשיו מה שאמרתי לכם עכשיו

00:07:28:18 00:07:26:24 126

זה פחות או יותר

מה שידענו על טיטאן

00:07:31:13 00:07:29:13 127

בסוף שנות ה-70,

00:07:37:21 00:07:31:17 128

ובמשך 20 שנה לפחות

אנשים נאלצו לחקור את טיטאן

00:07:40:07 00:07:37:23 129

לא על ידי כל הכלים הקלאסיים
כמו שחקרו את הירח,

00:07:42:13 00:07:40:09 130

עם מצלמות וספקרומטרים שונים,

00:07:45:08 00:07:42:15 131

בגלל שאי אפשר היה לחדור
דרך האטמוספירה.

00:07:50:00 00:07:45:20 132

אז עשו ניסויים במעבדה שלקחו
את החומרים שחשבנו שיש על טיטאן,

00:07:53:09 00:07:50:02 133

כמו שסיפרתי לכם שבמעבדה שלי
אנחנו עכשיו עושים סימולציות

00:07:55:03 00:07:53:11 134

של מאדים למשל,

00:07:57:20 00:07:55:06 135

לקחו, קארל סייגן,
מי שמע על קארל סייגן?

00:08:00:06 00:07:57:22 136

זה שכתב והפיק את "קוסמוס".

00:08:05:09 00:08:03:14 137

קארל סייגן במעבדה שלו ב"קורנל",

00:08:09:08 00:08:05:11 138

שאגב, אני ביקרתי אותו שם
כי אני הייתי סטודנט שם,

00:08:13:20 00:08:09:09 139

במעבדה שלו ב"קורנל"
היה נוהג לעשות ניסויים כאלה,

00:08:16:01 00:08:13:21 140

שהוא היה לוקח את החומרים
שמהם ידענו

00:08:18:20 00:08:16:03 141

שהאטמוספירה של טיטאן מורכבת,

00:08:21:14 00:08:18:24 142

שמים אותם במבחנה,

00:08:26:17 00:08:22:24 143

קורנים על המבחנה הזאת
עם כל מיני אנרגיות,

00:08:30:15 00:08:26:19 144

עם כל מיני אור מכל מיני אורכי גל
ורואים מה קורה.

00:08:32:24 00:08:30:17 145

ומה שהוא ראה זה שבאמת
האטמוספירה של טיטאן

00:08:40:06 00:08:33:15 146

מפתחת מולקולות פחממנים,
"הידרו-קרבוניז" באנגלית,

00:08:43:11 00:08:40:18 147

מולקולות שמתארכות,
מתחברות אחת לשנייה,

00:08:46:03 00:08:43:14 148

וככה מייצרות חלקיקים דביקים,

00:08:49:23 00:08:46:22 149

חלקיקים שבטמפרטורות
של כדור הארץ הם דביקים,

00:08:52:00 00:08:50:06 150

והחלקיקים האלה
נדבקים אחד לשני

00:08:56:22 00:08:52:09 151

וזזה מה שמייצר את האוברך
שאנחנו רואים פה בטיטאן

00:08:59:02 00:08:56:24 152

וגם נותן לו את הצבע שלו.

00:09:09:17 00:09:00:10 153

הניסויים האלה היו מאוד יפים
וסייגן נתן שם לאותם חלקיקים.

00:09:11:03 00:09:09:20 154

הוא קרא להם "תולנדס".

00:09:17:18	00:09:11:07	155	"תולנדס" מלשון בוצי ביוונית,
00:09:21:15	00:09:18:11	156	בגלל שזה חומרים דומים לחומרים שאנחנו משתמשים בהם.
00:09:23:19	00:09:21:19	157	באנגלית לפעמים קוראים לזה "טאר".
00:09:27:06	00:09:23:21	158	זה חומרים שמצפים איתם את הגגות. זפת בעברית.
00:09:29:01	00:09:27:10	159	שמצפים את הגגות כי כמו שאמרת',
00:09:31:10	00:09:29:03	160	הפחממנים האלה הם מאוד דביקים,
00:09:35:01	00:09:31:11	161	הם נדבקים אחד לשני בטמפרטורות של כדור הארץ.
00:09:39:22	00:09:35:18	162	זה פחות או יותר מה שידענו על טיטאן דרך סימולציות.
00:09:45:19	00:09:42:00	163	

וכל זה השתנה
עם השיגור של החללית

00:09:48:00 00:09:45:20 164

שהיא תככב פה במסע שלנו,

00:09:50:12 00:09:48:02 165

החללית שנקראת קאסיני.

00:09:56:08 00:09:50:21 166

אז קאסיני שוגרה
למערכת השמש החיצונית

00:10:02:06 00:09:57:10 167

בשיגור לילה מרהיב, שאתם רואים פה
תמונה של חובבן שצילם אותה.

00:10:10:15 00:10:05:07 168

החללית עשתה מסע די מורכב
שלקח שבע שנים

00:10:14:05 00:10:11:00 169

מכדור הארץ פה,
חלפה ליד כדור הארץ שוב,

00:10:17:10 00:10:14:07 170

חלפה ליד נגה פעמיים,

00:10:20:06 00:10:17:11 171

השתמשה בשדה הכבידה
של כדור הארץ ושל נגה

00:10:26:15 00:10:20:07 172

בתור סוג של קלע

כדי לאסוף מהירות יותר גבוהה

00:10:28:13 00:10:26:16 173

לעבור ליד צדק,

00:10:31:21 00:10:28:22 174

ואז ב-2004 הגיעה לשבתאי.

00:10:35:09 00:10:32:04 175

אני חושב שכשניסיתי לחשוב

על מה אני רוצה לספר לכם היום,

00:10:38:16 00:10:35:16 176

אני חושב שזה זמן מאוד מיוחד

לדבר על החללית הזאת

00:10:42:05 00:10:38:22 177

כי בטח ראיתם בשבועות האחרונים

לפני בערך חודש,

00:10:47:15 00:10:43:01 178

זה בעצם שירת הברבור

של החללית קאסיני כי החללית...

00:10:51:10 00:10:48:24 179

אנשים כיוונו

את החללית על שבתאי

00:10:53:19 00:10:51:11 180

והיא צנחה דרך האטמוספירה של...

00:10:55:19 00:10:53:21 181

בעצם התנגשה
באטמוספירה של שבתאי

00:11:00:05 00:10:55:24 182

כדי שכשהיא תסיים את חייה
היא תסיים את חייה בשבתאי

00:11:05:05 00:11:00:08 183

ולא תזהם את שאר הירחים
הקרחיים במערכת.

00:11:09:21 00:11:06:01 184

לא תביא איזה בקטריות בטעות
מכדור הארץ לאותם אזורים.

00:11:13:03 00:11:09:23 185

תזכרו את הנקודה הזאת,
אנחנו עוד נחזור אליה בסוף.

00:11:17:06 00:11:15:06 186

החללית נראית פחות או יותר ככה.

00:11:21:11 00:11:17:24 187

זה כמובן לא צילום כי אין מי שיצלם
את הסלפי הזה של החללית,

00:11:25:10 00:11:21:14 188

אבל אנחנו יכולים לראות שבציור הזה
יש לחללית מכשירים

00:11:27:16 00:11:25:17 189

שמחברים אליה בכל מיני כיוונים.

00:11:30:17 00:11:27:17 190

זאת אומרת כל אזור פנוי בחללית
מנצלים אותו להדביק עליו

00:11:33:19 00:11:30:19 191

איזשהו מכשיר, איזו מצלמה,
איזה ספקטרומטר.

00:11:38:17 00:11:34:04 192

יש לה אנטנה מאוד גדולה
שמסדרת לכדור הארץ,

00:11:44:19 00:11:39:06 193

וגם אפשר להשתמש באנטנה הזאת
בשביל לצלם במכ"ם את טיטאן.

00:11:45:23 00:11:44:21 194

אנחנו עוד נדבר על זה.

00:11:49:02 00:11:47:08 195

ולחללית הזאת הייתה
עוד קומפוננטה,

00:11:51:01 00:11:49:07 196

קומפוננטה שנקראת הויגנס

00:11:54:23 00:11:51:03 197

על שם המדען ההולנדי
שגילה את טיטאן.

00:11:58:07 00:11:55:00 198

אולי אני יכול לספר לכם
שכשהויגנס גילה את טיטאן,

00:12:03:03 00:11:58:09 199

בעצם כמו הרבה דברים,
זה התחיל במין תחרות מדעית

00:12:04:23 00:12:03:16 200

בינו לבין גלילאו.

00:12:08:14 00:12:05:00 201

אצל אסטרונומים, אתם יודעים,
מה שחשוב זה למי יש הכי גדול.

00:12:11:01 00:12:08:16 202

אז לגלילאו היה טלסקופ גדול

00:12:13:24 00:12:11:03 203

והויגנס רצה טלסקופ יותר גדול
משל גלילאו,

00:12:16:04 00:12:14:02 204

ובסוף קיבל טלסקופ יותר גדול
משל גלילאו

00:12:19:00 00:12:16:07 205

והשתמש בטלסקופ הזה
בשביל לצפות במערכת של שבתאי.

00:12:22:09 00:12:19:10 206

גלילאו גילה את הירחים
של גלילאו,

00:12:26:05 00:12:22:15 207

איו, אירופה, גנימד וקליסטו
במערכת של צדק,

00:12:30:02 00:12:26:09 208

והויגנס, שעל שמו
החללית הזאת נקראת,

00:12:33:23 00:12:30:03 209

גילה את טיטאן
ועוד כל מיני תגליות מעניינות.

00:12:37:22 00:12:34:14 210

אז האירופאים שבנו את הקומפוננטה
הזאת של החללית,

00:12:38:21 00:12:37:24 211

את החלק הזה של החללית,

00:12:41:17 00:12:38:23 212

החליטו לקרוא לה על שם הויגנס,

00:12:45:22 00:12:41:20 213

והמטרה של הויגנס הייתה
להיפרד מקאסיני

00:12:51:15 00:12:46:10 214

ולחדור דרך האטמוספירה של טיטאן
ולדגום מה יש מתחת לאטמוספירה.

00:12:54:07 00:12:51:24 215

עכשיו אני רוצה שתבינו

שכל זה נעשה

00:12:58:05 00:12:54:10 216

בלי שאי פעם ידענו מה יש

על פני השטח של טיטאן, או קיי?

00:13:04:08 00:13:01:16 217

החללית בעצם חשפה

בפעם הראשונה

00:13:10:09 00:13:04:20 218

את העולם הזה, את טיטאן,

לעיני האנשים.

00:13:15:02 00:13:10:12 219

זה היה אולי הירח הגדול האחרון

שעוד לא הצלחנו לצלם

00:13:20:06 00:13:15:12 220

ומשנת 2004 והלאה,

ב-15 השנה האחרונות,

00:13:23:15 00:13:20:13 221

אני והקבוצה שלי

ועוד הרבה קבוצות אחרות

00:13:26:05 00:13:23:22 222

מנסים להבין מה בעצם יש,

00:13:29:21 00:13:26:10 223

ממה בעצם הירח הזה עשוי.

00:13:47:02 00:13:44:09 224

ובאמת בפעם הראשונה

הצלחנו לחדור פנימה

00:13:48:15 00:13:47:04 225

ולהסתכל מתחת לאטמוספירה,

00:13:52:06 00:13:48:16 226

והדבר הראשון, העובדה הראשונה

שאני רוצה לספר לכם על טיטאן

00:13:54:01 00:13:52:09 227

שהתגלתה על ידי החללית הזאת,

00:13:56:00 00:13:54:03 228

זה שכנראה לטיטאן יש אוקיינוס.

00:14:00:06 00:13:56:06 229

זאת אומרת אנחנו... תדמיינו גוף

שהטמפרטורה שלו מינוס 200 מעלות,

00:14:02:09 00:14:00:11 230

הקרח שם קשה כסלע,

00:14:06:08 00:14:02:12 231

אבל מתחת לשכבת קרח

יש מספיק חום פנימי בתוך טיטאן

00:14:11:05 00:14:06:12 232

כדי להמס את הקרח

עמוק בתוך טיטאן

00:14:14:23 00:14:11:09 233

ולייצר אוקיינוס תת-קרקעי
כמו שאולי שמעתם שיש לאירופה,

00:14:17:13 00:14:15:00 234

אבל כנראה בעומק
הרבה יותר עמוק מאירופה.

00:14:20:19 00:14:17:16 235

אוקיינוס תת-קרקעי של מים, או קיי?

00:14:22:05 00:14:20:21 236

עכשיו איך גילו את זה?

00:14:26:10 00:14:22:13 237

סליחה. -כן? -אייץ'-2-או?
-מה? -מים זה אייץ'-2-או?

00:14:29:13 00:14:26:12 238

אייץ'-2-או, כן, מים.
מים נוזליים, כן.

00:14:32:11 00:14:30:03 239

אז איך גילו את זה? אז...

00:14:40:04 00:14:36:09 240

מבחוץ ובעשרות הקילומטרים
החיצוניים טיטאן קפוא לגמרי,

00:14:43:20 00:14:40:15 241

אז אנחנו צריכים
איזשהו ניסוי שיגיד לנו

00:14:45:23 00:14:43:22 242

שטיטאן בעצם מבפנים הוא רך.

00:14:50:04 00:14:46:00 243

זאת אומרת שההרכב הפנימי שלו
הוא כזה

00:14:54:11 00:14:50:06 244

שכשטיטאן זז בעולם
ומסתובב בעולם,

00:14:59:03 00:14:55:02 245

הוא זז לא כגוף קשיח
אלא כגוף שבפנים הוא רך.

00:15:03:04 00:14:59:12 246

מישהו יכול לדמיין ניסוי
שיכול להגיד לי שמהו רך בפנים?

00:15:04:22 00:15:03:10 247

ביצה, מצוין.

00:15:07:16 00:15:05:07 248

אחד הילדים רוצה לבוא לעזור לי?

00:15:10:06 00:15:07:20 249

דודא, בוא. בוא, דודא.
בוא, בוא, בוא.

00:15:11:18 00:15:10:08 250

אני צריך את עזרתך, נו.

00:15:20:08 00:15:16:05 251

אתה יודע איך מבחינים
בין ביצה רכה לביצה קשה?

00:15:25:09 00:15:22:04 252

לא? אתה לא יודע?
בוא תראה לכולם איך עושים את זה.

00:15:27:05 00:15:25:18 253

תתחיל מהביצה הזו.

00:15:30:01 00:15:27:18 254

תבוא מפה כדי שזה לא ייפול,

00:15:31:20 00:15:30:17 255

ותסובב את הביצה הזאת.

00:15:33:12 00:15:31:21 256

תשאיר אותה על השולחן
ותן לה סיבוב.

00:15:36:05 00:15:34:11 257

לא, לא, לא, על הפ...
כן, ככה.

00:15:39:03 00:15:37:00 258

סבבה, עכשיו
תן לביצה הזאת סיבוב.

00:15:42:06	00:15:40:18	259	כולם ראו את ההבדל?
00:15:44:06	00:15:42:17	260	עוד פעם. תעשה עוד פעם שיראו.
00:15:47:04	00:15:44:22	261	סבבה. ראית באיזו מהירות היא הסתובבה?
00:15:48:09	00:15:47:06	262	עכשיו זאת.
00:15:50:09	00:15:48:23	263	איזו קשה ואיזו רכה?
00:15:53:16	00:15:50:18	264	זאת הקשה? -זאת קשה, נכון. יופי, תודה.
00:15:55:12	00:15:53:18	265	אני עושה את זה... אתה יכול לשבת, תודה.
00:15:58:19	00:15:55:14	266	למה זה קורה הדבר הזה? אני עושה את הניסוי קצת אחרת.
00:16:01:21	00:15:58:21	267	אפשר ישר לראות, אבל אני אוהב

לעצור את הביצה ואז לעזוב

00:16:04:12 00:16:02:14 268

ואז רואים שהיא ממשיכה

להסתובב, כן?

00:16:06:13 00:16:04:17 269

אם אני עושה את זה

עם הביצה הקשה, זה לא קורה.

00:16:08:12 00:16:07:13 270

נעצרת.

00:16:10:20 00:16:08:14 271

למה זה? כי כשאני מסובב

את הביצה הרכה,

00:16:14:12 00:16:11:03 272

החלק הרך שלה ממשיך להסתובב

אפילו אחרי שעצרתי אותה

00:16:18:11 00:16:15:05 273

ואז הוא בחזרה מאיץ

את החלק החיצוני שלה

00:16:20:13 00:16:18:20 274

ובדיוק אותו דבר קורה בטיטאן.

00:16:25:03 00:16:20:15 275

זאת אומרת על ידי עקיבה מאוד מאוד מדויקת

של פני השטח של טיטאן

00:16:27:24 00:16:25:08 276

הצלחנו לזהות מקומות בפני השטח
שלא מסתובבים

00:16:33:09 00:16:28:02 277

בדיוק פעם במסלול אחד
סביב שבתאי.

00:16:35:01 00:16:33:11 278

זאת אומרת לפעמים
הם קצת מסתובבים יותר מהר,

00:16:36:04 00:16:35:03 279

קצת יותר לאט.

00:16:40:12 00:16:36:06 280

בעצם טיטאן עושה מין כזה מין ריקוד
כמו שהביצה הרכה עושה ריקוד

00:16:45:06 00:16:40:15 281

בגלל שהחלק הפנימי שלו מסתובב
קצת אחרת מהחלק החיצוני שלו.

00:16:49:04 00:16:45:11 282

זזה בדיוק הניסוי שדרכו זיהו
שיש שכבה רכה,

00:16:52:09 00:16:49:06 283

שכבה נוזלית
בחלק החיצוני של טיטאן.

00:16:55:19 00:16:52:17 284

טיטאן עשוי בעיקר מקרח, ממים,
קרח אייץ'-2-או,

00:17:00:11 00:16:55:24 285

ולכן האוקיינוס הזה
הוא כנראה עשוי מאייץ'-2-או.

00:17:02:07 00:17:00:19 286

או.קיי? כולם מבינים את זה?

00:17:06:24 00:17:03:13 287

כן? -אבל מזה אתה מבין
רק שיש לו אזור רך. -נכון.

00:17:10:21 00:17:07:06 288

אבל איך אתה מסיק מזה שזה מים?
-אז אני אמרתי, אני יודע...

00:17:14:04 00:17:10:23 289

אני לא מדדתי את ההרכב
הפנימי של טיטאן,

00:17:18:03 00:17:14:06 290

אבל אני אמרתי,
טיטאן עשוי בעיקר מקרח.

00:17:19:13 00:17:18:04 291

כל מערכת השמש החיצונית,

00:17:23:20 00:17:19:15 292

החומר שהכי נפוץ במערכת השמש
החיצונית זה אייץ'-2-או,

00:17:25:09 00:17:23:22 293
זה מים בצורה של קרח,

00:17:31:12 00:17:25:11 294
אז המסקנה הכי סבירה זה
שאותו קרח שאני רואה על פני השטח

00:17:33:13 00:17:31:15 295
ושאני יודע שרוב הגופים
עשויים מקרח,

00:17:35:06 00:17:33:14 296
זה גם מה שנמס בפנים.

00:17:39:15 00:17:35:08 297
אבל תכף אני אמשיך את ההרצאה
ואתה תראה שזה לא תמיד ככה.

00:17:44:05 00:17:42:07 298
אנחנו הצלחנו לחדור
דרך האטמוספירה

00:17:47:02 00:17:44:06 299
גם עם מכשירים אחרים, או קיין?

00:17:49:13 00:17:47:09 300
והמכשיר הזה שאני צריך
ללמד אתכם קצת

00:17:51:12 00:17:49:15 301
איך לקרוא את התמונות שלו,

00:17:54:00	00:17:51:19	302	זה סוג של מצלמה, אבל זו מצלמת מכ"ם,
00:17:56:07	00:17:54:05	303	"סאר", "סינתטיק אפאצ'ור רדאר".
00:17:59:13	00:17:56:09	304	זאת אנטנה שמחוברת לחללית ומסתכלת הצידה,
00:18:02:14	00:18:00:09	305	קורנת אנרגיה על פני השטח של טיטאן
00:18:06:01	00:18:02:15	306	ואז מודדת את ההחזרים של אנרגיית הרדיו,
00:18:08:23	00:18:06:05	307	אנרגיית מכ"ם הזאת חזרה לחללית.
00:18:12:12	00:18:08:24	308	מי שהיה בצבא, יכול להיות שהוא השתמש בכלים דומים
00:18:17:03	00:18:12:14	309	בשביל למפות את כדור הארץ.

00:18:20:07	00:18:18:00	310	אז אנחנו צריכים לחשוב מה גורם למשהו להיות...
00:18:22:00	00:18:20:10	311	זה דומה לתמונה, אבל זה לא בדיוק תמונה.
00:18:25:12	00:18:22:02	312	אנחנו צריכים לחשוב מה גורם למשהו להיות כהה במכ"ם,
00:18:28:12	00:18:25:15	313	לעומת משהו אחר שיהיה בהיר במכ"ם.
00:18:32:04	00:18:28:17	314	אז קודם כול אם האנרגיה פוגעת באיזשהו מישור
00:18:35:05	00:18:32:06	315	שהוא בדיוק מופנה לחללית, אז זה כמו מראה.
00:18:38:20	00:18:35:07	316	האנרגיה חוזרת ישר לחללית ואז אני רואה משהו בהיר.
00:18:41:23	00:18:39:03	317	זאת אומרת שזה תלוי בשיפוע של במה אני פוגע.

00:18:43:09	00:18:42:04	318	אם יש לי הרבה שיפועים,
00:18:46:02	00:18:43:11	319	משהו מחוספס זה משהו שיש לו כל מיני שיפועים
00:18:47:12	00:18:46:04	320	כמו האזור הזה בטיטאן,
00:18:50:02	00:18:47:15	321	אז יש תמיד סיכוי שיהיה איזשהו מישור
00:18:51:23	00:18:50:04	322	שיופנה ישר בחזרה לחללית
00:18:56:03	00:18:52:00	323	ואז החללית תקבל הרבה החזרי אנרגיית מכ"ם.
00:19:01:02	00:18:56:20	324	ומשהו שהוא כהה זה משהו שאו שהוא פונה לא לכיוון החללית
00:19:06:14	00:19:01:04	325	אלא לכיוון הרחק מהחללית או שהוא מאוד חלק
00:19:07:16	00:19:06:16	326	או שניהם בעצם,

00:19:10:10	00:19:07:18	327	שהוא מאוד חלק ואז כל האנרגיה שפוגעת בו
00:19:12:10	00:19:10:12	328	חוזרת חזרה לחלל.
00:19:14:15	00:19:13:15	329	אז מה אנחנו רואים פה?
00:19:19:14	00:19:14:17	330	זו אחת התמונות היפות שהמצלמה של המכ"ם בקאסיני צילמה
00:19:21:24	00:19:19:16	331	ותגידו לי מה אתם רואים פה.
00:19:24:23	00:19:22:02	332	מישהו יכול להגיד לי מה זה האזור הזה בטיטאן?
00:19:28:05	00:19:27:03	333	מה זה הפסים האלה?
00:19:30:11	00:19:28:15	334	מה הגודל של... מה המידות?
00:19:33:10	00:19:30:13	335	המרחק בין הפסים זה משהו כמו 10 ק"מ
00:19:36:16	00:19:33:12	336	

והאורך שלהם זה מאות
או אלפי קילומטרים.

00:19:41:09 00:19:38:13 337

מה שאנחנו רואים פה זה דיונות.
אנחנו רואים פה דיונות בטיטאן.

00:19:43:24 00:19:41:12 338

דיונות מאוד מיוחדות,
לא דיונות כמו שיש לנו בכדור הארץ.

00:19:48:16 00:19:44:15 339

הן נקראות "לונג'טודינל דיונד",
דיונות מוארכות.

00:19:52:05 00:19:48:20 340

אנחנו רואים שהדיונות האלה
בעצם רוח סידרה אותן.

00:19:57:16 00:19:52:07 341

אנחנו חושבים שהדיונות האלה נוצרות
על ידי משטר רוחות דו-כיווני,

00:20:01:11 00:19:57:17 342

שמדי פעם הרוח באה מכיוון אחד
ומפסלת את הדיונה מימין

00:20:05:00 00:20:01:15 343

ואז באה מצד שני
ומפסלת את הדיונה משמאל

00:20:10:01 00:20:05:01 344

וככה נוצרות דיונות מאוד מאוד ארוכות

שמקיפות את ההר

00:20:12:06 00:20:10:03 345

שאתם רואים פה בלבן.

00:20:17:14 00:20:13:07 346

ואחד האסטרונומים במעבורת החלל

כל עוד היא עדיין טסה,

00:20:20:18 00:20:17:16 347

צילם דיונות כאלה במדבר נמיב.

00:20:22:24 00:20:20:21 348

זה בנמיביה, במדבר נמיב,

00:20:25:15 00:20:23:01 349

ואתם רואים שגם שם

יש דיונות מוארכות.

00:20:27:14 00:20:25:16 350

לא כמו הדיונות

שיש לנו פה בכדור הארץ.

00:20:29:03 00:20:27:16 351

יש כאלה גם, אגב, בסהרה

00:20:33:04 00:20:29:05 352

ואני וצוות של נאס"א פעם נסענו

לסהרה בשביל לחקור אותן,

00:20:36:13 00:20:33:07 353

אבל פה אנחנו רואים תמונה פשוט
של אסטרונוט שהחזיק מצלמה

00:20:38:07 00:20:36:21 354

דרך החלון של המעבורת

00:20:41:14 00:20:38:17 355

וצילם דיונות שהסקאלה שלהן

והאורך שלהן

00:20:44:09 00:20:41:21 356

מאוד מאוד דומה לדיונות בטיטאן.

00:20:46:17 00:20:44:11 357

אני מדבר על גובה

של 100-200 מטר,

00:20:49:07 00:20:46:20 358

על מרחקים של כמה קילומטרים

בין דיונה לדיונה

00:20:53:02 00:20:49:09 359

וארוכות כמו מאות קילומטרים, או קיי?

00:20:56:01 00:20:53:08 360

אז למה אני מראה לכם

את שתי התמונות האלה ככה?

00:21:02:00 00:20:56:03 361

כי אני רוצה שכבר עכשיו

תחשבו על העיקרון הזה

00:21:04:09 00:21:02:09 362

שבעצם אנחנו טסנו לעולם חדש

00:21:06:20 00:21:04:11 363

שמעולם לא ראינו
את פני השטח שלו,

00:21:09:23 00:21:07:01 364

עולם שהוא פי 10
יותר רחוק מהשמש,

00:21:12:22 00:21:10:07 365

מקבל פי 100
פחות אנרגיה מהשמש,

00:21:14:24 00:21:12:24 366

טמפרטורת מינוס 200 מעלות

00:21:16:17 00:21:15:01 367

והתמונות הראשונות שצילמנו

00:21:18:24 00:21:16:19 368

ובעזרת המכ"ם
שחדר את האטמוספירה,

00:21:24:18 00:21:19:01 369

בעצם הראה לנו מקום שהוא מקום
שהוא מאוד מזכיר את כדור הארץ

00:21:27:23 00:21:24:20 370

לפחות מבחינת הגיאולוגיה
או מבחינת הגיאומורפולוגיה,

- 00:21:30:22 00:21:27:24 371
זו המילה שאנחנו משתמשים,
התצורות על פני השטח.
- 00:21:32:23 00:21:31:04 372
או קיין?
זאת הייתה סוג של הפתעה.
- 00:21:36:03 00:21:33:00 373
אנחנו לא ציפינו למצוא מקום
כל כך מוכר
- 00:21:41:19 00:21:36:17 374
בעולם שהוא אמור היה להיות
כל כך מוזר, או קיין?
- 00:21:46:13 00:21:44:14 375
התמונה הבאה,
מה אנחנו רואים פה?
- 00:21:49:23 00:21:48:22 376
אל תתביישו.
- 00:21:53:16 00:21:51:04 377
אנחנו רואים נחלים.
שמעתי מישהו אומר נחלים.
- 00:21:58:07 00:21:53:19 378
אנחנו רואים איזושהי זרימה
על פני השטח של טיטאן, נכון?

00:22:01:22 00:21:58:23 379

באמת מה שאנחנו בעצם רואים
זה אנחנו רואים ערוצים

00:22:03:16 00:22:01:24 380

שדרכם הנחלים זרמו.

00:22:07:19 00:22:03:18 381

זה כמו שבגרנד קניון
אנחנו רואים את הקניון שנוצר

00:22:10:16 00:22:07:21 382

על ידי נהר הקולורדו
שחפר אותו, כן?

00:22:13:23 00:22:10:18 383

נהר הקולורדו חפר קניון
מאוד מאוד גדול.

00:22:16:16 00:22:14:04 384

אם אני אצלם את כל האזור הזה
מאוד מרחוק

00:22:21:17 00:22:16:19 385

מה שאני אראה זה את הקניון,
לא את הנהר בתוך הקניון.

00:22:23:07 00:22:21:22 386

אז אנחנו רואים
את הקניונים האלה,

00:22:27:21 00:22:23:14 387

את הערוצים שדרכם זורם
איזשהו נוזל על פני השטח של טיטאן

00:22:31:00 00:22:28:01 388

ואנחנו רואים שהנוזל הזה
באמת מתנהג

00:22:32:23 00:22:31:02 389

כמו מה שאנחנו רגילים
בכדור הארץ.

00:22:38:19 00:22:33:01 390

הוא מתעקל וערוצים שונים
מתחברים ביחד ומייצרים אגני ניקוז

00:22:41:13 00:22:39:00 391

כמו שאנחנו רגילים לראות
בכדור הארץ.

00:22:46:06 00:22:41:20 392

אז שוב, תופעה גיאולוגית
מאוד דומה לתופעות גיאולוגיות...

00:22:50:07 00:22:46:07 393

את התמונה הזאת צילם חבר שלי
בזמן שהוא טס מטוסון ללוס אנג'לס.

00:22:53:14 00:22:50:10 394

תופעה גיאולוגית שאנחנו מכירים,
אותה סקאלה שאנחנו מכירים.

00:22:56:15 00:22:53:15 395

גם כן עשרות קילומטרים אורך,

00:23:01:07 00:22:57:16 396

השקות,

התפתלויות של הנהרות,

00:23:03:18 00:23:01:10 397

התחברויות ואגני ניקוז של הנהרות.

00:23:05:10 00:23:03:20 398

כל מה שאנחנו רגילים לראות.

00:23:08:18 00:23:06:02 399

אבל פה בעצם יש לי יותר בעיה

00:23:10:09 00:23:08:19 400

כי אני אמרתי לכם

שפני השטח של טיטאן

00:23:12:00 00:23:10:11 401

הם במינוס 200 מעלות.

00:23:14:23 00:23:12:10 402

זאת אומרת שמים נוזלים

בפני השטח...

00:23:17:22 00:23:15:00 403

יכול להיות שמים נמסים עמוק,

עשרות קילומטרים בתוך טיטאן,

00:23:22:17 00:23:17:24 404

אבל על פני השטח מים הם קפואים,

הם סלע, או קי"י? זה קרח סלעי.

00:23:29:16 00:23:23:08 405

אז איך ייתכן שיש איזשהו נוזל
שחורט את הערוצים האלה

00:23:31:01 00:23:29:19 406

על פני השטח של טיטאן?

00:23:33:07 00:23:31:02 407

אולי זה חומר אחר.
-אז זה חומר אחר, בדיוק.

00:23:36:12 00:23:33:09 408

אז איזה חומר ב... יש חומר
שכבר הזכרתי קצת אותו

00:23:38:09 00:23:36:21 409

באטמוספירה של טיטאן.

00:23:39:14 00:23:38:11 410

חנקן לא יכול להיות נוזלי.

00:23:43:04 00:23:39:16 411

חנקן בטמפרטורות הרבה יותר נמוכות
או קצת יותר נמוכות נוזלי.

00:23:45:18 00:23:43:09 412

החומר ש... בדיוק,
שמעתי מישהו לוחש את זה.

00:23:48:13 00:23:45:22 413

החומר שנמצא

באטמוספירה של טיטאן

00:23:51:06 00:23:48:23 414

שאנחנו ידענו שהוא נמצא

באטמוספירה של טיטאן

00:23:55:10 00:23:51:08 415

ואפילו קארל סייגן דמיין

שכל טיטאן מכוסה בנוזל שלו

00:23:58:23 00:23:55:17 416

בתור אוקיינוס ענק

של מתאן, או קיי?

00:24:00:14 00:23:58:24 417

מתאן זה סי-אייץ-4.

00:24:04:15 00:24:00:18 418

מתאן זה הרכיב המשמעותי ביותר

של גז טבעי,

00:24:06:22 00:24:04:16 419

מה שכולם

מתווכחים עליו שנמצא...

00:24:10:04 00:24:06:23 420

מצבורים ענקיים

שנמצאו ליד חיפה, כן?

00:24:15:08 00:24:11:14 421

הגז הטבעי הזה בטמפרטורות

ובלחצים של טיטאן

00:24:17:10 00:24:15:17 422

יש לו סיכוי להפוך להיות נזל.

00:24:19:21 00:24:17:20 423

זאת אומרת באטמוספירה

הוא יכול להתעבות,

00:24:27:15 00:24:20:08 424

ירד גשם של מתאן והגשם הזה יחרוט

נהרות וערוצים בפני השטח, או קיי?

00:24:29:17 00:24:27:21 425

אז כמו שאמרת,

עכשיו אני צריך לחזור טיפה אחורה.

00:24:32:10 00:24:29:19 426

אנחנו כבר ידענו שיש כל מיני סוגים

של פחממנים,

00:24:36:10 00:24:32:12 427

סי-אייץ-4, "הידרו קרבון",

סי-אייץ-4 וגם כאלה יותר ארוכים

00:24:39:20 00:24:36:20 428

כמו אתאן וכן הלאה,

סי-2-אייץ-6.

00:24:42:11 00:24:40:04 429

ידענו שכל הדברים האלה

קיימים באטמוספירה

00:24:45:03 00:24:42:14 430

במצב צבירה של גז בטיטאן,

00:24:46:16 00:24:45:05 431

ואנשים כמו קארל סייגן

אמרו רגע,

00:24:48:09 00:24:46:18 432

אם יש לי את הגזים האלה

באטמוספירה,

00:24:50:19 00:24:48:10 433

אני יודע לחשב

את הטמפרטורה בקרקע,

00:24:52:23 00:24:51:02 434

אני יודע לעשות ניסויים במעבדה

00:24:56:11 00:24:53:00 435

ולהראות שהחומרים האלה

יכולים להיות במצב צבירה נזלי.

00:25:01:00 00:24:56:13 436

אולי כל טיטאן בעצם מכוסה

באוקיינוס ענק של מתאן, או קיין?

00:25:03:10 00:25:01:02 437

זאת הייתה אחת ההנחות

כי מעולם לא ראינו את פני השטח.

00:25:06:18 00:25:03:24 438

אז תדמיינו, אנחנו שלחנו לשם חללית
כדי לחקור את העולם הזה.

00:25:10:16 00:25:06:20 439

אנחנו אפילו לא ידענו אם העולם הזה
מכוסה באוקיינוס של מתאן או לא.

00:25:13:03 00:25:10:22 440

וכל התמונות האלה בפעם הראשונה
הראו לנו בעצם

00:25:15:24 00:25:13:05 441

את התהליכים שקורים שם,

00:25:19:02 00:25:16:01 442

שהם כל כך מזכירים
את התהליכים של כדור הארץ.

00:25:22:10 00:25:19:08 443

אז הנוזל של טיטאן פה
הוא מתאן.

00:25:26:16 00:25:22:12 444

זאת אומרת מתאן משחק
את התפקיד של מים בכדור הארץ.

00:25:29:06 00:25:26:18 445

מתאן משחק את התפקיד...
שנייה, שנייה, תני לי...

00:25:31:21 00:25:29:08 446

אם את רוצה תרימי יד,

ואז אני אדע מתי.

00:25:38:18 00:25:33:15 447

אז מתאן משחק את התפקיד
של הנוזל בטיטאן

00:25:44:24 00:25:40:01 448

וקרח, אייץ'-2-או, קרח משחק
את התפקיד של המוצק בטיטאן,

00:25:46:08 00:25:45:01 449

לפחות על פני השטח.

00:25:50:00 00:25:46:14 450

ואתם רואים שהתוצאה
של האינטראקציה בין המתאן

00:25:53:21 00:25:50:02 451

והחנקן באטמוספירה
והקרח על פני השטח

00:25:57:22 00:25:54:18 452

יוצרת תצורות ששוב אני רוצה
להדגיש את הנקודה הזאת

00:26:01:10 00:25:58:07 453

וכמה היא הפתיעה אותנו
ובעיניי כמה היא חשובה לעכל

00:26:04:02 00:26:01:13 454

מבחינת הפרספקטיבה
האנושית שלנו,

00:26:07:04 00:26:05:15 455

ייצרה תצורות
על פני השטח של טיטאן

00:26:08:24 00:26:07:06 456

שהן כל כך מוכרות לנו,

00:26:13:01 00:26:09:02 457

למרות שהעולם, שוב, כל כך זר לנו
מבחינת הטמפרטורות,

00:26:16:00 00:26:13:04 458

החומרים שנמצאים שם.

00:26:19:07 00:26:16:05 459

כן, את רצית לשאול שאלה
או שכבר ענית?

00:26:21:10 00:26:19:10 460

אוקיי, אז פשוט יאללה, סבבה.

00:26:26:13 00:26:24:11 461

אני שמת'י פה גרף.

00:26:29:06 00:26:26:15 462

אל תיבהלו, מאוד מאוד קל
להבין את הגרף הזה.

00:26:32:14 00:26:29:08 463

זה גם אני חושב הגרף היחיד במצגת.

00:26:36:14 00:26:32:21 464

ואני חושב שהגרף הזה
מסכם איזושהי נקודה מאוד עמוקה,

00:26:39:10 00:26:36:16 465

אפילו אולי פילוסופית
שאני רוצה להסביר אותה.

00:26:40:24 00:26:39:12 466

בואו נתחיל מכדור הארץ.

00:26:44:11 00:26:41:02 467

מה שמצויר בגרף הזה זה הלחץ
האטמוספרי של כדור הארץ.

00:26:46:13 00:26:44:13 468

תחשבו על זה בתור גובה בעצם.

00:26:49:08 00:26:46:15 469

ככל שעולים הלחץ יותר נמוך.

00:26:54:16 00:26:49:10 470

מול הטמפרטורה של האטמוספירה
בכל נקודה.

00:26:56:05 00:26:54:18 471

אז אם אנחנו נתחיל פה בחדר,

00:26:59:00 00:26:56:07 472

הטמפרטורה היא בטח 24,
23 מעלות,

00:27:02:06 00:26:59:03 473

ואם אנחנו נתחיל לעלות על ההר
בכדור הארץ,

00:27:04:09 00:27:02:09 474

אז הטמפרטורה תרד, נכון?

00:27:06:07 00:27:04:18 475

מתברר שאם אנחנו עולים
מספיק גבוה,

00:27:08:06 00:27:06:08 476

אפילו בגבהים שמטוסים טסים,

00:27:10:10 00:27:08:08 477

הטמפרטורה באטמוספירה
מתחילה לעלות.

00:27:11:21 00:27:10:12 478

זה נקרא סטרטוספירה.

00:27:13:05 00:27:11:22 479

ואם אנחנו נמשיך לעלות עוד יותר

00:27:15:00 00:27:13:07 480

אז הטמפרטורה שוב תרד
ושוב תעלה.

00:27:17:03 00:27:15:02 481

כל התהליכים האלה זה תהליכים

00:27:19:22 00:27:17:05 482

של התהפכות של טמפרטורה
באטמוספירה,

00:27:21:09 00:27:19:24 483

התהפכות הטמפרטורה.

00:27:23:09 00:27:21:11 484

הרבה פעמים נוצרים עננים

במקומות האלה

00:27:27:18 00:27:23:12 485

שהטמפרטורה מתהפכת

וכן הלאה, או קי?

00:27:33:05 00:27:29:17 486

פה אנחנו רואים את אותו גרף,

אבל עבור טיטאן.

00:27:35:10 00:27:33:09 487

קודם כול אתם רואים

שהלחץ הוא קצת יותר גבוה

00:27:38:18 00:27:35:12 488

מהלחץ פה בחדר,

כמו שהבטחתי לכם קודם.

00:27:42:08 00:27:38:20 489

הטמפרטורה היא מינוס 200 מעלות,

כמו שהבטחתי לכם קודם,

00:27:44:07 00:27:42:10 490

וגם בטיטאן כשאנחנו עולים

באטמוספירה

00:27:47:20 00:27:44:10 491

הטמפרטורה יורדת קצת
ואז עולה ואז יורדת קצת ואז עולה

00:27:50:11 00:27:48:04 492

בדיוק כמו בכדור הארץ, או קיי?

00:27:53:16 00:27:50:13 493

רק כל הדבר הזה קורה
בטמפרטורות הרבה יותר נמוכות.

00:27:55:06 00:27:54:07 494

או קיי.

00:27:58:04 00:27:55:18 495

עכשיו פה בחדר
ובכלל בכדור הארץ,

00:28:02:04 00:27:58:15 496

יש פה איזשהו צירוף מקרים
או תאונה

00:28:04:13 00:28:02:06 497

או אולי אפשר מבחינה פילוסופית
להתווכח על זה

00:28:05:23 00:28:04:15 498

ולהגיד לא, זה בכלל לא תאונה.

00:28:07:22 00:28:05:24 499

אם מה שאני הולך להגיד לא היה נכון,

00:28:10:16 00:28:07:24 500

אז בכלל לא היינו פה
בשביל לשאול את השאלה.

00:28:12:08 00:28:10:23 501

יש כל מיני התפלספויות כאלה,

00:28:15:03 00:28:12:10 502

אבל אני חושב
שמה שחשוב לשים לב

00:28:19:16 00:28:15:10 503

זה שהטמפרטורות וטווח הטמפרטורות
בכדור הארץ הוא כזה

00:28:21:24 00:28:19:20 504

שחומר שהוא מאוד
נפוץ במערכת השמש

00:28:24:03 00:28:22:01 505

ומאוד חשוב במערכת השמש,

00:28:27:21 00:28:24:05 506

יש לו הזדמנות לעבור
ממצב צבירה אחד למצב צבירה שני.

00:28:32:19 00:28:27:23 507

זאת אומרת מים במערכת השמש,
בכל מקום בעצם,

00:28:37:02 00:28:32:21 508

מים בכדור הארץ

יש להם הזדמנות להתאדות.

00:28:39:12 00:28:37:04 509

הטמפרטורות בכדור הארץ

מרשות למים

00:28:45:04 00:28:39:14 510

לעבור ממצב צבירה נוזלי

למצב צבירה של גז וגם, אגב, לקפוא.

00:28:48:19 00:28:45:17 511

זאת אומרת טווח הטמפרטורות

של כדור הארץ מרשה למים,

00:28:54:08 00:28:49:06 512

מרשה לכדור הארץ בעצם לפתח

"וوتر סייקל", "הידרולוג'יקל סייקל".

00:28:58:14 00:28:55:01 513

מחזור הידרולוגי, מחזור מים, תודה.

00:29:00:15 00:28:59:05 514

מה זה אומר?

זה אומר שיש לי הזדמנות

00:29:04:07 00:29:00:16 515

לקחת מים ממקום אחד בכדור הארץ,

להעביר אותם למקום אחר.

00:29:05:16 00:29:04:08 516

זה אומר שאני יכול לייצר זרימות,

00:29:07:19 00:29:05:18 517

זה אומר שמים יכולים להיות
במצב נוזלי,

00:29:10:16 00:29:07:21 518

הם יכולים לעזור לגוף שלי
לפנות פסולת,

00:29:12:14 00:29:10:18 519

הם יכולים להביא אוכל לגוף שלי,

00:29:14:10 00:29:12:15 520

הם יכולים לעשות את כל מה ש...

00:29:17:05 00:29:14:11 521

אם העובדה הזאת שהטמפרטורה
בכדור הארץ

00:29:21:09 00:29:17:07 522

הייתה בדיוק סביב
הבין 0 ל-100 מעלות צלזיוס,

00:29:24:18 00:29:21:11 523

זאת אומרת בדיוק סביב האזור
שבו מים משנים מצב צבירה,

00:29:29:06 00:29:24:20 524

כל מה שאנחנו מכירים
לא היה כמו שהוא היום.

00:29:32:05 00:29:29:11 525

העובדה הזאת אחראית כמעט
לכל מה שאנחנו רואים מסביבנו.

00:29:36:09 00:29:32:07 526

היא בטח אחראית לעובדה
שאנחנו פה, לחיים, גם חיים...

00:29:38:12 00:29:36:13 527

זאת אומרת גם בעלי חיים
וגם צמחים.

00:29:43:02 00:29:38:19 528

היא אחראית לרוב הגיאולוגיה
שאנחנו רואים מסביבנו,

00:29:47:09 00:29:43:04 529

היא אחראית אפילו
בצורה מסוימת על...

00:29:49:04 00:29:47:11 530

אולי שמעתם
על טקטוניקה של לוחות,

00:29:53:18 00:29:49:06 531

על איך המעטפת
של כדור הארץ מתנהגת ועושה...

00:29:57:12 00:29:55:05 532

מזיזה את הלוחות
על פני השטח של כדור הארץ.

00:30:00:03 00:29:57:14 533

כל הדברים האלה היו נראים אחרת
אם לא היו לנו מים

00:30:02:20 00:30:00:05 534

על פני השטח של כדור הארץ.

00:30:05:13 00:30:02:24 535

עכשיו אם כדור הארץ
היה קצת יותר רחוק מהשמש,

00:30:10:01 00:30:05:17 536

אז מים היו קופאים וכדור הארץ
היה נראה הרבה יותר דומה למאדים.

00:30:13:09 00:30:10:20 537

ואם כדור הארץ היה קצת יותר
קרוב לשמש,

00:30:18:01 00:30:13:21 538

אז מים היו במצב צבירה של מתאדים,
הם היו במצב צבירה של אדים,

00:30:21:14 00:30:18:04 539

ואז שוב היינו נראים
הרבה יותר כמו נגה, או קיי?

00:30:23:11 00:30:21:17 540

אז העובדה שכדור הארץ נמצא,

00:30:25:11 00:30:23:13 541

באנגלית קוראים לזה

ה"גולדילוקס זון",

00:30:28:05 00:30:25:13 542

נמצא בדיוק באזור הנכון
פחות או יותר,

00:30:30:06 00:30:28:07 543

יש איזה טווח שבו מותר לנו להיות,

00:30:35:03 00:30:31:18 544

זה סוג של פוקס, או קיי?
זה לא היה חייב להיות ככה.

00:30:40:18 00:30:37:06 545

בטיטאן, אמרנו, הטמפרטורה היא
200 מעלות יותר נמוכה.

00:30:44:22 00:30:40:24 546

אבל לחומר האחר הזה, מתאן,
אותו פוקס קורה.

00:30:47:09 00:30:44:24 547

זאת אומרת מתאן
בטמפרטורות של טיטאן

00:30:52:02 00:30:47:11 548

יש לו הזדמנות בעיקר לעבור
ממצב צבירה של נוזל לגז,

00:30:56:02 00:30:52:04 549

אבל גם יכול להיות שטיטאן
גם יכול להפוך להיות מוצק

00:30:57:14 00:30:56:04 550

בתחתית הקרקעית.

00:30:59:23 00:30:57:16 551

זה סיפור אחר.

00:31:05:16 00:31:00:21 552

זאת אומרת שיש לנו הזדמנות

לייצר עולם

00:31:11:09 00:31:05:18 553

שבו הנוזל שכמו שאמרתי קודם,

הנוזל האקטיבי שלו הוא מתאן,

00:31:16:05 00:31:11:10 554

משחק את אותו תפקיד שמים

משחקים פה בכדור הארץ, או קיי?

00:31:19:09 00:31:16:07 555

וזאת אחת הנקודות שאני חושב

שבאמת אני רוצה שתזכרו

00:31:21:10 00:31:19:11 556

מההרצאה הזאת.

00:31:24:16 00:31:21:13 557

הפרספקטיבה הזאת

שלמרות שהגענו למקום מאוד זר,

00:31:27:08 00:31:25:01 558

החומרים שם בעצם

לוקחים על עצמם את התפקיד

00:31:29:04 00:31:27:11 559

שלא יכולנו לדמיין אולי מראש

00:31:31:06 00:31:29:06 560

ומייצרים כל מיני תופעות

00:31:34:17 00:31:31:07 561

שמאוד מזכירות את התופעות שלנו

פה בכדור הארץ.

00:31:46:14 00:31:44:11 562

אז פה אנחנו רואים

את החללית קאסיני.

00:31:49:14 00:31:46:17 563

זו כמובן אנימציה לא אמיתית,

00:31:55:23 00:31:49:16 564

אבל היא מסמלצת די טוב

את איך הנחיתה של הויגנס קרתה.

00:32:00:03 00:31:56:07 565

אז קודם כול כמובן הויגנס נפרדה

מהחללית קאסיני,

00:32:05:09 00:32:00:06 566

התרחקה ממנה, קיבלה מין סיבוב קטן

בשביל לייצב אותה מבחינה דינאמית

00:32:09:05 00:32:05:11 567

קצת כמו הסיבה שאופניים
יותר יציבים כשהגלגלים מסתובבים

00:32:10:11 00:32:09:07 568

מאשר כשהם לא מסתובבים,

00:32:15:17 00:32:10:19 569

ואז היא התחילה לחדור ולהאיץ

דרך האטמוספירה של טיטאן.

00:32:20:02 00:32:16:02 570

האטמוספירה הגבוהה, היא הגיעה

אליה במהירות כל כך גבוהה

00:32:21:12 00:32:20:03 571

מכוח הכבידה של טיטאן,

00:32:24:02 00:32:21:14 572

שהיא הייתה חייבת מגן חום

בשביל להגן עליה

00:32:27:01 00:32:24:04 573

מהחיכוך של האטמוספירה,

שהחללית לא תשרף.

00:32:30:15 00:32:27:11 574

ואז הייתה סדרה של מצנחים

שהיו צריכים להיפתח

00:32:32:23 00:32:31:03 575

בדיוק בזמנים הנכונים

00:32:36:17 00:32:33:08 576

כשהויגנס חדרה דרך האטמוספירה

00:32:39:16 00:32:36:20 577

כדי להאט את החללית

לקראת הנחיתה.

00:32:41:05 00:32:39:21 578

המצנחים היו בגדלים שונים.

00:32:43:12 00:32:41:07 579

זאת אומרת

מצנח שמתאים לעצירה

00:32:45:11 00:32:43:14 580

באטמוספירה מאוד דלילה,

מאוד גבוהה,

00:32:48:22 00:32:45:13 581

הוא לא המצנח שמתאים

כשמגיעים הרבה יותר נמוך.

00:32:51:14 00:32:49:12 582

אז הייתה כוריאוגרפיה שלמה

של מצנחים

00:32:57:12 00:32:51:16 583

שכולה הייתה צריכה לקרות

בדיוק מושלם בלי התערבות אנוש

00:32:59:07 00:32:57:13 584

כי לאותות רדיו של החללית

00:33:03:00 00:32:59:14 585

לוקח חצי שעה להגיע מטיטאן
לכדור הארץ,

00:33:05:13 00:33:03:02 586

אז אנחנו לא יכולים עם ג'ויסטיק
או משהו לנהוג בחללית

00:33:07:09 00:33:05:15 587

ולהגיד לה
עכשיו תפתחי את המנצח.

00:33:09:19 00:33:07:11 588

היא צריכה לעשות את הכול
באופן אוטונומי.

00:33:11:11 00:33:09:21 589

אנחנו היינו צריכים לתכנן
את החללית הזאת

00:33:13:16 00:33:11:13 590

שתנחת במקום שאנחנו אפילו
אף פעם לא צילמנו,

00:33:14:15 00:33:13:17 591

לא ראינו אותו מעולם.

00:33:18:04 00:33:14:16 592

יכול להיות שהוא מכוסה
באוקיינוסים של קארל סייגן,

00:33:21:16 00:33:18:06 593

אז היינו צריכים לתכנן חללית
שהיא תצוף,

00:33:23:11 00:33:21:18 594

זאת אומרת שהיא תהיה ציפנית,

00:33:26:09 00:33:23:13 595

שהצפיפות שלה תהיה יותר נמוכה
מהצפיפות של מתאן

00:33:30:13 00:33:26:11 596

כדי שהיא לא תשקע בתוך האוקיינוס
אם היא במקרה תנחת על אוקיינוס.

00:33:33:15 00:33:30:17 597

כל הדבר הזה היה צריך לקרות
בכוריאוגרפיה מושלמת,

00:33:35:24 00:33:33:18 598

שהחללית תנחת
על פני השטח של טיטאן

00:33:41:12 00:33:36:01 599

במהירות שהיא לא יותר גדולה
מהמהירות הזאת של הנחיתה.

00:33:46:19 00:33:42:07 600

באמת אתגר מדהים
שהאירופאים פתרו

00:33:48:22 00:33:46:20 601

כשהחללית הזאת שוגרה

00:33:52:03 00:33:49:12 602

ואנחנו לא ידענו
איפה אנחנו ננחת, או קי"י?

00:33:58:23 00:33:53:00 603

אתם יכולים לראות פה את הלוח
באוניברסיטה ב"קאל טק".

00:34:00:11 00:33:59:07 604

לפני שהצטרפתי למכון

00:34:04:23 00:34:00:15 605

צילמתי את התמונה הזאת
במטבח של המחלקה ב"קאל טק".

00:34:08:22 00:34:05:00 606

אתם רואים שאנחנו עשינו
הימורים ב-2004

00:34:11:13 00:34:08:24 607

על איפה החללית תנחת.

00:34:16:20 00:34:11:22 608

אתם רואים שחלק מהאנשים
חשבו שהחללית תנחת על קרח.

00:34:18:01 00:34:16:22 609

זאת אומרת דיברנו קודם,

00:34:21:01 00:34:18:02 610

קרח זה הדבר הכי נפוץ
במערכת השמש החיצונית.

00:34:22:09 00:34:21:02 611

מן הסתם טיטאן עשוי מקרח.

00:34:25:10 00:34:22:15 612

חלק מהאנשים חשבו
שהחללית תנחת על קרח.

00:34:28:23 00:34:26:02 613

חלק מהאנשים חשבו
שהחללית תנחת על טאר,

00:34:33:21 00:34:29:00 614

על אותו חומר פחממני,
אולי ניטרילים עם קצת חנקן שנכנס

00:34:37:20 00:34:33:23 615

במולקולה של הפחמן.

00:34:41:15 00:34:37:24 616

אז חלק מהאנשים חשבו שזה יהיה
חומר שנפל בעצם מהאטמוספירה

00:34:43:03 00:34:41:17 617

ונדבק על הקרקע.

00:34:46:14 00:34:43:05 618

חלק מהאנשים חשבו שהחללית
תנחת בתוך אחד החומרים האלה.

00:34:49:21 00:34:46:21 619

אולי החומר שממנו עשויות
חלק מהדיונות שראינו למשל.

00:34:57:09 00:34:51:21 620

סטודנט אמיץ אחד חשב שהחללית
תנחת בתוך ים בעצם,

00:35:00:20 00:34:57:11 621

ים של מתאן
כמו שקארל סייגן דמיין.

00:35:06:13 00:35:02:02 622

הרבה אנשים, כולל אותו בחור
שהרג את פלוטו, כן? מייק בראון,

00:35:09:08 00:35:07:04 623

הרבה אנשים אמרו
אנחנו ננחת איפה שהוא,

00:35:10:18 00:35:09:11 624

אנחנו נצלם את האיפה שהוא הזה,

00:35:14:01 00:35:10:21 625

אבל אנחנו לא נדע לעולם
בגלל שאין לנו ממש מכשיר

00:35:15:11 00:35:14:03 626

שיבדוק מה סוג החומר.

00:35:19:23 00:35:15:13 627

אנחנו לא נדע לעולם

איפה החללית נחתה.

00:35:24:13 00:35:20:16 628

אחד הסטודנטים שלי חשב
שהחללית תהיה "דד און ארייבל",

00:35:28:08 00:35:24:15 629

שבעצם היא לא תצליח
לשרוד את הנחיתה

00:35:30:19 00:35:29:05 630

ופרופסור מאוד מפורסם
ב"קאל טק"

00:35:34:10 00:35:31:06 631

חשב שהחללית תיאכל
בזמן הנחיתה.

00:35:39:06 00:35:36:16 632

פה אתם רואים את התמונות
שהחללית צילמה

00:35:41:19 00:35:39:08 633

בזמן הנחיתה שלה
על טיטאן, או קיי?

00:35:44:10 00:35:41:21 634

אתם בעצם רואים פה שרשרת
של שלוש תמונות

00:35:46:08 00:35:44:22 635

שצולמו בזמן הנחיתה.

00:35:49:24 00:35:46:10 636

אחד הדברים הלא מצופים שקרו

זה שהחללית קיבלה סיבוב

00:35:51:10 00:35:50:01 637

שהיא לא הייתה אמורה לקבל,

00:35:55:01 00:35:52:22 638

סיבוב בעצם ימינה,

00:35:57:11 00:35:55:03 639

אז אתם יכולים לראות שהתמונה

הראשונה שהיא צילמה זה זאת,

00:35:58:11 00:35:57:13 640

אחר כך היא צילמה

את התמונה הזאת

00:36:01:08 00:35:58:13 641

ואחר כך יותר מקרוב

את התמונה הזאת.

00:36:07:02 00:36:01:11 642

והחללית ככל שהיא התקרבה

היא צילמה אזורים שונים בטיטאן,

00:36:09:18 00:36:07:04 643

מה שהייתה מין הפתעה

נחמדה עבורנו

00:36:11:06 00:36:09:19 644

כי הצלחנו להרכיב את הפאזל

00:36:13:15 00:36:11:07 645

ובעצם לראות אזור
הרבה יותר גדול מטיטאן

00:36:16:20 00:36:13:18 646

ממה שהיינו רואים אחרת.

00:36:19:24 00:36:18:19 647

אני חושב שאמרתי את זה הפוך.

00:36:21:24 00:36:20:01 648

אני חושב שזו התמונה האחרונה
שהיא צילמה.

00:36:24:19 00:36:22:04 649

בכל מקרה,
החללית בסוף נחתה...

00:36:25:23 00:36:24:21 650

קודם כול מה אנחנו רואים פה?

00:36:27:13 00:36:26:00 651

רגע לפני שאני אגיד לכם
איפה היא נחתה.

00:36:29:12 00:36:27:16 652

אנחנו רואים שגם בסקאלות
הרבה יותר קטנות,

00:36:32:00 00:36:29:14 653

עכשיו אנחנו מדברים
על מאות מטרים ועל קילומטרים,

00:36:37:09 00:36:32:13 654

הערוצים בטיטאן שראינו מאוד מרחוק
שהיו ערוצים ענקיים וגסים,

00:36:41:08 00:36:37:11 655

אנחנו רואים שיש פה ערוצים
הרבה יותר דקים שממשיכים...

00:36:47:07 00:36:44:15 656

הנהרות והנחלים ממשיכים לחצוב
את הערוצים האלה

00:36:48:11 00:36:47:09 657

גם בסקאלות הכי קטנות.

00:36:50:19 00:36:48:13 658

זאת אומרת טיטאן זה מקום
שכל הזמן יורד בו גשם,

00:36:53:11 00:36:50:21 659

לפחות האזור הזה זה מקום
שכל הזמן יורד בו גשם

00:36:56:10 00:36:53:13 660

והבלייה מהגשם ממשיכה לייצר
ערוצים בסקאלות הכי קטנות.

00:36:59:04 00:36:56:16 661

ממש כמו פה בכדור הארץ

שאם נסתובב,

00:37:01:04 00:36:59:11 662

כמעט בכל מקום שנסתובב

בכדור הארץ

00:37:06:20 00:37:01:06 663

אנחנו נוכל ללכת לא רחוק ולמצוא

איזשהו ערוץ שמתנקז לים.

00:37:10:24 00:37:08:03 664

וביחס לאותו אגן ניקוז

שאנחנו רואים פה,

00:37:13:18 00:37:11:01 665

החללית נחתה משהו כמו פה, או קי?

00:37:19:22 00:37:15:24 666

וזאת התמונה שהיא צילמה

אחרי הנחיתה, או קי?

00:37:22:03 00:37:19:24 667

אז מה אנחנו רואים פה בתמונה?

מישהו רוצה להגיד?

00:37:24:09 00:37:22:05 668

חד עין רוצה להגיד

מה הוא רואה בתמונה?

00:37:28:07 00:37:25:02 669

אבנים.

-אבנים? אתה אמרת? כן?

00:37:32:06 00:37:28:09 670

אני גם רואה אבנים,
סוג של סלעים בגודל בערך כזה,

00:37:34:20 00:37:32:07 671

משהו כמו 20-30 ס"מ, או קיין?

00:37:37:21 00:37:35:02 672

הסלעים האלה לפי דעתי,
אני לא יודע, אבל אני כמעט בטוח

00:37:41:04 00:37:38:10 673

לפי כמות האור שהם מחזירים ו...

00:37:42:15 00:37:41:06 674

אני לא מדדתי אותם באופן ישיר,

00:37:44:16 00:37:42:17 675

אבל בגלל שזה החומר
הכי נפוץ בטיטאן

00:37:47:12 00:37:44:18 676

אז שוב, אני חושב
שהם עשויים מקרח, או קיין?

00:37:51:13 00:37:48:21 677

לא, האבנים האלה
בעיקר עשויות מקרח די טהור.

00:37:53:03 00:37:51:15 678

יש קצת מלחים גם בטיטאן.

00:37:55:03	00:37:53:05	679	אנחנו רואים את זה ממדידות ספקטרליות,
00:37:56:15	00:37:55:04	680	אבל לא בחללית הזו.
00:38:00:23	00:37:57:14	681	ואז בין הסלעים מה עוד? אני רואה עוד סוג של חומר.
00:38:05:12	00:38:01:03	682	אני רואה סוג של חול, סוג של חומר שכנראה עבר...
00:38:08:04	00:38:05:15	683	שהוא זז באטמוספירה, נקרא לזה ככה.
00:38:10:16	00:38:08:06	684	הוא זז באטמוספירה של טיטאן.
00:38:14:14	00:38:11:00	685	באנגלית קוראים לזה "איוליאן", בעברית אולי איולי, אני לא בטוח.
00:38:17:18	00:38:14:19	686	בכל מקרה, יש פה עוד חומר שהוא באמת כמו שדמיינו,
00:38:22:14	00:38:17:23	687	

חלקיקים שנופלים מהאטמוספירה
ושהרוח יכולה להעביר ממקום למקום.

00:38:25:21 00:38:23:01 688

ואז יש פה עוד פרט אחד
שאני רוצה שתבחינו בו,

00:38:27:17 00:38:25:23 689

משהו שקשור לבולדרים האלה.

00:38:31:21 00:38:28:19 690

מישהו יכול להגיד? מישהו שהסתכל
אולי על תמונות של הירח פעם?

00:38:33:17 00:38:32:04 691

מה מיוחד בבולדרים האלה?

00:38:37:04 00:38:35:00 692

מה? -עגולים.
-עגולים, בדיוק.

00:38:39:14 00:38:37:15 693

אתם רואים, אם תסתכלו
על תמונות מהירח,

00:38:40:20 00:38:39:16 694

אולי אתם לא מבחינים בזה

00:38:42:02 00:38:40:22 695

כי אתם רגילים להסתכל
על כדור הארץ,

00:38:43:14	00:38:42:05	696	אבל אם תסתכלו על תמונות מהירח
00:38:45:14	00:38:43:16	697	אתם תראו שלבולדרים תמיד יש פינות,
00:38:51:02	00:38:45:16	698	תמיד יש כל מיני אזורים חדים על האבנים,
00:38:54:17	00:38:51:10	699	ובטיטאן הבולדרים הם עגלגלים. למה?
00:38:57:17	00:38:54:24	700	האינטרפרטציה שאנחנו נתנו זה שבעצם הבולדרים האלה
00:38:59:13	00:38:57:19	701	התגלגלו במורד הנחלים
00:39:01:15	00:38:59:15	702	וכמו חלוקי נחל נהיו חלקים.
00:39:04:09	00:39:01:18	703	זאת אומרת אנחנו לא רואים כאלה דברים באף פלנטה אחרת.
00:39:06:15	00:39:04:11	704	אנחנו מחפשים את זה

כל הזמן למשל במאדים

00:39:09:09 00:39:06:19 705

כי אנחנו רוצים למצוא אזורים
שבהם הזרימות של המים

00:39:13:04 00:39:09:14 706

פעלו למספיק זמן
בשביל לייצר חלוקי נחל,

00:39:15:20 00:39:13:09 707

אבל פה אנחנו רואים
ממש סוג של חלוקי נחל

00:39:17:18 00:39:16:01 708

שעשויים מקרח בטיטאן

00:39:21:13 00:39:17:20 709

שהתגלגלו במורד פה
ונערמו באגן ניקוז

00:39:25:15 00:39:21:15 710

של אותה מערכת נהרות, או קיי?

00:39:28:13 00:39:25:16 711

עולם קפוא, זר, מוזר,

00:39:31:01 00:39:28:15 712

אבל גם באותו זמן
מאוד מאוד מוכר.

00:39:35:05 00:39:33:15 713

אני מאוד אוהב את התמונה הזאת

00:39:38:11 00:39:35:20 714

כי התמונה הזאת זה שוב טיטאן.

00:39:41:00 00:39:38:13 715

עכשיו השמש היא בעצם

גבוה גבוה למעלה,

00:39:44:00 00:39:41:02 716

קצת אפילו מאחורי טיטאן

00:39:46:23 00:39:44:18 717

ואנחנו ניסינו לצלם את התמונה הזאת

הרבה פעמים.

00:39:50:23 00:39:47:00 718

כל פעם שהחללית חלפה ליד טיטאן

אנחנו ניסינו לצלם את התמונה הזאת.

00:39:54:09 00:39:51:03 719

אתם זוכרים, גם לחללית היו מכשירים

שהיו מחוברים לכל מיני כיוונים.

00:39:57:20 00:39:54:11 720

אתם צריכים להבין שבשנים

שהחללית הייתה שם,

00:39:59:17 00:39:57:22 721

כל חודש נגיד

היא חלפה ליד טיטאן,

00:40:01:09 00:39:59:19 722
היא הייתה במסלול סביב שבתאי,

00:40:04:00 00:40:01:14 723
אז כל המדענים היו רבים
על המכשיר של מי

00:40:05:19 00:40:04:03 724
יצלם את טיטאן באותה הזדמנות

00:40:07:21 00:40:05:20 725
בזמן שהחללית
בדיוק תעבור ליד טיטאן.

00:40:11:04 00:40:07:23 726
היו שם באמת דיונים
מאוד מעניינים וחמים

00:40:15:17 00:40:11:06 727
על מתי איזה מכשיר יעבוד.

00:40:19:01 00:40:16:15 728
ומדי פעם המצלמה צילמה,
מדי פעם המכ"ם צילם.

00:40:21:02 00:40:19:05 729
המכ"ם זה המכשיר
שאני הייתי חבר בצוות שלו.

00:40:23:22 00:40:21:06 730
פה אתם רואים שהמצלמה צילמה
את התמונה הזאת

00:40:28:18 00:40:24:21 731

ואנחנו שוב ושוב ניסינו לתפוס

בדיוק את הרגע הזה

00:40:30:03 00:40:28:21 732

שתכף אני אסביר מה מיוחד בו,

00:40:32:15 00:40:30:05 733

עד שבפעם הראשונה הצלחנו

ואני זוכר ממש את ההתרגשות

00:40:35:05 00:40:32:16 734

כשהתמונה הזאת הגיעה.

00:40:36:18 00:40:35:18 735

שנייה.

00:40:39:19 00:40:36:20 736

מה שאנחנו רואים פה

זה את ההשתקפות של השמש

00:40:42:21 00:40:39:23 737

שנמצאת שם רחוק

קצת מאחורי ומעל טיטאן

00:40:45:16 00:40:43:10 738

על משהו על פני השטח

של טיטאן.

00:40:48:16 00:40:45:22 739

מי שטס מעל האוקיינוס

רגיל לראות את הדבר הזה

00:40:49:19 00:40:48:18 740

לפחות במשך היום.

00:40:53:10 00:40:49:21 741

תמיד יש נקודה בים

שממנה השמש משתקפת

00:40:56:04 00:40:53:12 742

ודרך החלון של המטוס

אפשר לראות את הנקודה הזאת.

00:40:59:08 00:40:56:08 743

אם הים סוער

או אם יש הרבה גלים בים,

00:41:01:19 00:40:59:12 744

אז הנקודה הזאת יכולה להיות

מאוד מאוד גדולה

00:41:04:01 00:41:01:21 745

בגלל שיש כל מיני כיוונים

שבהם השמש משתקפת

00:41:06:16 00:41:04:03 746

מעל כל מיני גלים.

00:41:08:14 00:41:06:18 747

ואם הים מאוד מאוד חלק,

00:41:12:03 00:41:08:16 748

אז הנקודה הזאת בים
היא בדיוק בגודל של השמש

00:41:16:19 00:41:12:08 749

כי יש רק כיוון אחד
שהשמש בדיוק חוזרת אלינו.

00:41:20:20 00:41:17:17 750

אז מה שאנחנו רואים פה
זה את ההשתקפות של השמש

00:41:22:24 00:41:20:22 751

מאיזשהו אזור שהוא מאוד חלק,

00:41:27:19 00:41:23:01 752

בעצם מלא בנוזלים בטיטאן
כמו הים שלנו,

00:41:30:10 00:41:28:01 753

והגודל של זה, אגב,
הוא בדיוק הגודל של השמש.

00:41:31:17 00:41:30:11 754

אנחנו עשינו את החישוב,

00:41:34:09 00:41:31:18 755

מדדנו את הגודל
של האזור הבהיר הזה

00:41:36:19 00:41:34:11 756

והראינו שזה בדיוק בגודל
של הדיסקה של השמש

00:41:38:06 00:41:36:21 757

שנמצאת שם איפה שהוא.

00:41:41:16 00:41:38:08 758

זאת אומרת שהים הזה בטיטאן

אין עליו כמעט גלים.

00:41:43:22 00:41:41:18 759

עובדה מעניינת בעולם

שרק עכשיו הראיתי לכם

00:41:48:16 00:41:44:01 760

שיש עליו דיונות

שהדיונות בעצם נוצרות על ידי רוח.

00:41:51:07 00:41:48:20 761

אז אם יש לי רוח, למה יש לי דיונות,

אבל אין לי גלים?

00:41:53:10 00:41:51:18 762

זו שאלה מעניינת

שאנחנו עובדים עליה.

00:41:55:19 00:41:53:21 763

רגע, רגע, אמרנו יד.

או.קיי.

00:41:57:19 00:41:55:22 764

אז באמת הייתה שם

שאלה מאחורה.

00:42:04:10	00:42:02:14	765	הצבע הוא בערך נכון.
00:42:06:24	00:42:04:11	766	כמובן המצלמה צילמה באורכי גל מסוימים
00:42:10:00	00:42:07:12	767	ואנחנו עשינו לזה תיקון כדי להראות לך
00:42:11:23	00:42:10:02	768	איך זה בערך ייראה לך בעין שלך.
00:42:14:07	00:42:12:16	769	אבל זו תמונת שחור לבן או...
00:42:16:15	00:42:14:08	770	לא, זו תמונה בכמה אורכי גל שאנחנו הרכבנו,
00:42:19:04	00:42:16:16	771	אבל לאו דווקא באור נראה.
00:42:22:21	00:42:19:07	772	כן? -איך אתה יודע שיש פעילות עדיין של זרימה?
00:42:24:14	00:42:23:01	773	אתה יודע בעבר הרחוק.
00:42:27:21	00:42:25:02	774	

אני עוד לא הגעתי לזה,
אבל אני הראיתי נהרות

00:42:30:16 00:42:27:23 775

שבאמת כנראה היו
בעבר הרחוק, נחצבו,

00:42:34:01 00:42:30:21 776

ומה שאני מראה לכם פה זה
שיש איזשהו אזור שהוא מלא נזלים

00:42:35:17 00:42:34:03 777

כי הוא משקף את השמש.

00:42:37:22 00:42:36:09 778

אז עכשיו אנחנו נסתכל
הרבה יותר מקרוב,

00:42:39:20 00:42:38:12 779

תודה על השאלה המצוינת.

00:42:42:01 00:42:39:22 780

הרבה יותר מקרוב
על אחד האזורים האלה.

00:42:43:06 00:42:42:07 781

וזה אחד האגמים,

00:42:45:09 00:42:43:08 782

זה נושא המחקר המרכזי שלי
היה במשך שנים.

00:42:47:12 00:42:45:13 783
אחד האגמים בטיטאן.

00:42:50:09 00:42:47:14 784
לאגם הזה קוראים אגם אונטריו.

00:42:54:20 00:42:50:12 785
הוא בערך באותו גודל
ואפילו צורה קצת

00:42:59:04 00:42:54:21 786
של אגם אונטריו שאולי אתם מכירים
בין ארצות הברית לקנדה.

00:43:02:01 00:42:59:08 787
אתם רואים שיש באמת קודם כול
גופים נוזליים

00:43:04:20 00:43:02:03 788
שהחזר המכ"ם שלהם
הוא מאוד מאוד כהה.

00:43:07:04 00:43:04:23 789
מה זאת אומרת? שהם כל כך שטוחים
שהאנרגיה של המכ"ם

00:43:08:23 00:43:07:06 790
בכלל לא חוזרת לחללית.

00:43:11:08 00:43:09:00 791
זה ממש ברעש,
בגבול הרעש של המכשיר.

00:43:15:09 00:43:11:14 792

אתם רואים שהאגם הזה

בצד הצפוני שלו

00:43:17:00 00:43:15:13 793

הוא תחום על ידי הרים.

00:43:18:21 00:43:17:02 794

זאת אומרת אני הייתי קורא לזה

חוף טקטוני.

00:43:20:13 00:43:18:23 795

חוף נגיד כמו באיטליה,

00:43:24:00 00:43:20:14 796

שהיבשה נגמרת במצוקים,

00:43:28:20 00:43:24:02 797

הרים ומצוקים

שפשוט נופלים לתוך הים התיכון.

00:43:32:12 00:43:29:05 798

האזור הזה של החוף

הוא חוף של בליה,

00:43:34:20 00:43:32:14 799

אולי דומה קצת

לחוף של מדינת ישראל.

00:43:39:18 00:43:34:22 800

חוף שהפעולה של הגלים בים

לאט לאט החליקו אותו

00:43:41:08 00:43:39:20 801

והפכו אותו לישר, כן?

00:43:44:02 00:43:41:10 802

אנחנו לא רואים שפיצים לתוך הים.

00:43:45:24 00:43:44:07 803

ואז, בצד הזה של האגם,

00:43:49:13 00:43:46:02 804

אגב, כל הסרטון הזה זה משהו

שאנחנו יצרנו מנתונים אמיתיים, כן?

00:43:50:24 00:43:49:16 805

מיזוג של תמונות מכ"ם.

00:43:55:18 00:43:51:06 806

בצד הזה של האגם אתם רואים נהר

שמתנקז לתוך האגם.

00:43:59:23 00:43:55:23 807

כשהנוזלים של הנהר הזה

מגיעים לאגם הם מאטים מאוד

00:44:02:11 00:43:59:24 808

כי כשנוזלים מגיעים לגוף מים גדול

פה הם יכולים לזרום מהר

00:44:03:19 00:44:02:15 809

ופה הם זורמים לאט

00:44:06:24 00:44:03:23 810

ואז הם מפילים את הסדימנטים

שלהם לתוך המים

00:44:10:16 00:44:07:02 811

ומייצרים מה שאנחנו קוראים...

-דלתא. -דלתא, בדיוק.

00:44:14:02 00:44:10:19 812

אז אתם רואים פה את הדלתא

בעולם לא ארצי

00:44:16:07 00:44:14:04 813

הראשונה שהתגלתה, או קיי?

00:44:18:08 00:44:16:09 814

בעיני פשוט מדהים לדמיין את זה.

00:44:21:08 00:44:18:12 815

תדמיינו, הטסנו את החללית הזאת,

עולם כל כך זר,

00:44:26:01 00:44:21:10 816

ואנחנו מגלים אגמים עם נהרות

ואפילו עם דלתאות, או קיי?

00:44:33:03 00:44:30:21 817

זה פחות או יותר הסיפור

שרציתי לספר לכם

00:44:37:18 00:44:33:22 818

על הירח של שבתאי

שקוראים לו טיטאן.

00:44:41:02 00:44:38:17 819

אני חושב שאנחנו... אני רוצה
שתזכרו את מוסר ההשכל הזה

00:44:42:20 00:44:41:04 820

כי אני אחזור אליו
לקראת סוף ההרצאה,

00:44:46:01 00:44:43:04 821

אבל לפני שאני מגיע אליו
אני רוצה לקחת את החללית שלנו

00:44:47:22 00:44:46:02 822

שאנחנו עושים איתה
מסע במערכת השמש,

00:44:51:05 00:44:48:04 823

להסתובב, נחזור חזרה
למערכת השמש הפנימית,

00:44:54:10 00:44:51:07 824

ולהגיע לירח, הירח שלנו,
פה בכדור הארץ,

00:44:58:12 00:44:54:12 825

ולספר לכם סיפור קצר על משימה
שאנחנו עכשיו במכון,

00:45:03:06 00:44:58:20 826

הסטודנטים שלי, אפילו הנשיא שלנו
מאוד מעורבים בה,

00:45:04:17 00:45:03:08 827

וזו משימה שנקראת
ספייס איי-אל.

00:45:05:24 00:45:04:19 828

מי שמע על ספייס איי-אל?

00:45:07:13 00:45:06:15 829

יופי, מצוין.

00:45:12:17 00:45:07:15 830

ספייס איי-אל זו בעצם עמותה
פה במדינת ישראל

00:45:16:20 00:45:13:05 831

שלקחה לעצמה כמטרה
להנחית חללית על הירח.

00:45:21:07 00:45:17:06 832

היא החליטה לעשות את זה
כתוצאה מאתגר

00:45:24:13 00:45:21:09 833

שחברה קטנה שבטח לא שמעתם
עליה שקוראים לה גוגל

00:45:27:04 00:45:24:20 834

הציעו לפני כמה שנים

00:45:29:18	00:45:27:11	835	פרס של 20 מיליון דולר
00:45:32:03	00:45:29:22	836	לצוות הראשון שינחית חללית על הירח
00:45:33:24	00:45:32:12	837	ללא עזרה ממשלתית.
00:45:35:15	00:45:34:03	838	עכשיו למה גוגל עשו את זה?
00:45:38:24	00:45:35:17	839	גוגל רצו לתמרץ גם קצת את חקר החלל,
00:45:41:09	00:45:39:01	840	אבל בעיקר את שימוש החלל לכל מיני מטרות.
00:45:44:15	00:45:41:11	841	מטרות אזרחיות, אפילו אולי למטרות רווח.
00:45:49:16	00:45:44:17	842	גוגל רצו להוכיח שיש זכות קיום להגיע לחלל,
00:45:53:16	00:45:50:18	843	אבל לא על ידי מעצמות כמו ארצות הברית ורוסיה וסין

00:45:55:17 00:45:53:18 844

שאנחנו כבר יודעים
שהם יודעים לנחות על הירח.

00:45:59:13 00:45:55:20 845

גוגל רצו לתמרץ את הפעולה הזאת
על ידי גופים יותר קטנים.

00:46:03:16 00:45:59:21 846

ובאמת 34 צוותים
הצטרפו לתחרות,

00:46:06:02 00:46:03:19 847

מתוכם נשארו משהו כמו
או ארבעה או חמישה צוותים,

00:46:08:04 00:46:06:04 848

תלוי איך סופרים.

00:46:13:07 00:46:09:18 849

בסוף שנה שעברה, בתחילת השנה
הזאת, נפלו הרבה צוותים

00:46:17:21 00:46:13:16 850

כי גוגל דרשה שלמי שימשיך בתחרות
יהיה כבר חוזה שיגור

00:46:21:00 00:46:17:23 851

ולנו יש חוזה שיגור
עם אילון מאסק וספייס אקס

00:46:23:12	00:46:21:05	852	בעיקר בעזרת תרומות.
00:46:25:17	00:46:23:14	853	אתם יכולים לראות פה את קאהן פאונדיישן
00:46:29:07	00:46:25:19	854	ועוד כל מיני אנשים אמידים בארץ שתומכים בפרויקט.
00:46:35:21	00:46:30:17	855	הצלחנו לחתום על חוזה של בעצם לקנות שיגור מספייס אקס.
00:46:39:24	00:46:35:23	856	אנחנו בונים את החללית הזאת היום בתעשייה האווירית.
00:46:43:20	00:46:40:01	857	התעשייה האווירית תחת חוזה לבנות את החללית הזאת.
00:46:46:12	00:46:44:13	858	וכשכל הסיפור הזה התחיל לפני כמה שנים
00:46:48:23	00:46:46:14	859	אני בדיוק חזרתי לארץ מארצות הברית.
00:46:51:18	00:46:49:02	860	

הייתה לי הרבה היסטוריה
עם כל החלליות שסיפרתי לכם,

00:46:54:02 00:46:51:19 861

גם עם קאסיני,
גם עם חלליות של מאדים,

00:46:59:22 00:46:54:08 862

אז אני הייתי רגיל ששולחים חלליות
על מנת לגלות משהו על פני השטח.

00:47:03:02 00:47:00:19 863

ואני הייתי נפגש עם החבר'ה
שהקימו את ספייס איי-אל.

00:47:07:10 00:47:03:04 864

אני לא הקמתי את ספייס איי-אל,
זה היה שלושה יזמים צעירים בארץ

00:47:11:18 00:47:07:12 865

והייתי נפגש איתם בכל מיני אירועים
של קהילת החלל בארץ

00:47:15:15 00:47:12:18 866

והתחלנו לדבר ואמרתי להם:
יופי, מה אתם הולכים לעשות

00:47:18:08 00:47:15:17 867

כשאתם מגיעים לירח?

00:47:20:15 00:47:18:10 868

הם אמרו: מה זאת אומרת?

אנחנו הולכים לנחות.

00:47:22:17 00:47:20:16 869

זה מה שהחוקים של התחרות אומרים
שאנחנו צריכים לעשות.

00:47:24:23 00:47:22:20 870

אמרתי: מצוין, ומה אתם הולכים
לעשות כשאתם נוחתים?

00:47:30:00 00:47:25:13 871

אנחנו הולכים לצלם סלפי.
זה גם מה שגוגל רוצים שנעשה.

00:47:31:23 00:47:30:03 872

נצלם את התמונה,
נשדר אותה לכדור הארץ,

00:47:34:00 00:47:32:02 873

נשים את זה בטלוויזיה.

00:47:35:22 00:47:34:04 874

אמרתי: מצוין,
ואז מה אתם הולכים לעשות?

00:47:39:00 00:47:36:03 875

אמרו לי: מה זאת אומרת?
הולכים לחגוג בכיכר רבין.

00:47:40:17 00:47:39:11 876

השיחה הזאת באמת קרתה.

00:47:42:13	00:47:40:19	877	אני סיפרתי את הסיפור הזה כבר כמה פעמים,
00:47:46:24	00:47:42:15	878	אבל זה באמת אחד לאחד מה שקרה בשיחה.
00:47:51:10	00:47:47:13	879	ואז אני אמרתי להם: לא, אנחנו חייבים לעשות משהו יותר מזה.
00:47:56:13	00:47:51:13	880	אנחנו חייבים לתת למשימה הזאת איזשהו פן מדעי,
00:48:00:01	00:47:56:15	881	איזשהו נופך אינטלקטואלי שנגלה משהו חדש על הירח.
00:48:01:21	00:48:00:03	882	אם אנחנו טסים כל הדרך לירח,
00:48:04:14	00:48:01:24	883	עם ישראל חי, דגל ישראל, אפילו מכון ויצמן, מצוין,
00:48:07:03	00:48:04:19	884	אבל אנחנו רוצים שנגלה משהו חדש,
00:48:10:08	00:48:07:05	885	

שהאופק האינטלקטואלי,

00:48:14:22 00:48:11:07 886

נרחיב את האופק האינטלקטואלי
שלנו כאנשים.

00:48:17:13 00:48:15:16 887

ובהתחלה זה היה קשה
כי הם היו עסוקים

00:48:19:07 00:48:17:15 888

בבכלל לגייס כסף.

00:48:21:22 00:48:19:09 889

הם בהתחלה חשבו שהחללית תהיה
בגודל של בקבוק קולה.

00:48:25:03 00:48:22:04 890

הם לא כל כך ידעו
איך זה לטוס לירח,

00:48:30:15 00:48:25:23 891

גם לא היה להם כל כך כוח וזמן לדמיין
שעוד צריך לעשות מדע

00:48:32:20 00:48:30:22 892

בנוסף לכל מה
שהם היו צריכים לעשות,

00:48:38:11 00:48:32:22 893

ואז דרך חבר משותף הגעתי
ליושב ראש ספייס איי-אל,

00:48:41:21 00:48:38:13 894

יושב ראש הבורד
של ספייס איי-אל באותו זמן,

00:48:44:01 00:48:41:22 895

ינקי מרגלית,
איש שאולי אתם מכירים.

00:48:46:12 00:48:44:07 896

ישבנו לקפה ובשנייה הוא הבין.

00:48:48:18 00:48:46:14 897

ברגע שאמרתי לו
את מה שאמרתי לכם עכשיו,

00:48:51:04 00:48:48:22 898

הוא הבין שאנחנו חייבים לעשות
משהו כזה.

00:48:55:13 00:48:52:15 899

ואז נולד הניסוי המדעי
של ספייס איי-אל

00:48:57:22 00:48:55:15 900

שאנחנו מובילים פה במכון.

00:49:02:06 00:48:58:11 901

אנחנו עברנו איזשהו תהליך בשביל
להחליט מה אנחנו הכי רוצים לעשות.

00:49:04:20 00:49:02:07 902

יש לנו פה חללית

שהיום היא כמה מאות קילו.

00:49:08:09 00:49:05:09 903

היא יכולה לסחוב לירח

מקסימום קילו או שניים

00:49:10:20 00:49:08:15 904

בנוסף כבר למה שהיא סוחבת.

00:49:13:04 00:49:10:23 905

יש לה מכלי דלק, מכ"ם,

כל מיני דברים אחרים.

00:49:16:18 00:49:14:00 906

הקציבו לנו משהו כמו קילו או שניים

בשביל המדע

00:49:20:01 00:49:17:20 907

וניסינו לחשוב מה אנחנו יכולים

לעשות על הירח.

00:49:22:05 00:49:20:03 908

בהתחלה מה שאני באמת

רציתי לעשות

00:49:26:03 00:49:22:10 909

זה למדוד את רעידות האדמה,

את ה"מון קווייקס" על הירח.

00:49:27:10 00:49:26:05 910

אנחנו יודעים שיש רעידות אדמה,

00:49:29:21 00:49:27:12 911

כבר אסטרונומים גילו אותן,

מדדו אותן,

00:49:32:02 00:49:30:00 912

אבל היום,

עם מכשירים של היום

00:49:33:11 00:49:32:04 913

אנחנו יכולים למדוד אותן

הרבה יותר טוב

00:49:36:01 00:49:33:13 914

ולגלות כל מיני דברים על הירח.

00:49:38:01 00:49:36:05 915

הבעיה היא שבשביל לגלות

רעידת אדמה

00:49:40:07 00:49:38:03 916

אתה צריך להיות על הירח,

לא יודע, שנה.

00:49:45:19 00:49:40:09 917

אתה צריך לחכות עד שרעידת אדמה

או רעידת ירח קורית וזה לוקח זמן

00:49:48:21 00:49:45:22 918

והחללית אולי לא תשרוד

יותר משבועיים,

00:49:51:23	00:49:48:23	919	מהזריחה עד השקיעה של השמש בירח, כן?
00:49:53:07	00:49:52:00	920	הירח מסתובב פעם בחודש,
00:49:55:11	00:49:53:09	921	בדיוק באותו קצב שהוא מסתובב סביב כדור הארץ.
00:49:59:16	00:49:56:21	922	אז בסוף הגענו למסקנה שאנחנו נעשה ניסוי אחר.
00:50:02:18	00:49:59:17	923	אנחנו נמדוד את השדה המגנטי של הירח.
00:50:05:09	00:50:02:20	924	זו מטרה שנאס"א הציבה לעצמה כבר מזמן.
00:50:10:12	00:50:05:19	925	אנחנו יצרנו קשר עם צוות של בונים מגנטומטרים ביו-סי-אל-איי,
00:50:12:17	00:50:10:17	926	שהם גם בונים, אגב, מגנטומטר מאוד דומה לזה
00:50:16:23	00:50:12:18	927	

שהוא יהיה בדרכו למאדים עוד מעט.

00:50:20:13 00:50:18:07 928

קיבלנו בדיוק את ה...

חבל שלא שמת' תמונה של זה.

00:50:23:24 00:50:20:15 929

בדיוק לפני כמה שבועות קיבלנו

את המגנטומטר הזה מיו-סי-אל-איי.

00:50:26:09 00:50:24:05 930

אנחנו נחבר אותו לחללית שלנו,

00:50:28:15 00:50:26:13 931

נשלח את החללית שלנו

לארצות הברית,

00:50:30:16 00:50:28:18 932

שאלון ישגר אותה לירח,

00:50:33:15 00:50:31:00 933

נגיע לירח,

ניכנס למסלול סביב הירח,

00:50:37:00 00:50:33:17 934

נמדוד את השדה המגנטי

ואת השוני שלו של הירח

00:50:40:04 00:50:37:02 935

וננסה להבין מה מקור

אותו שדה מגנטי.

00:50:41:24 00:50:40:12 936

עכשיו אני אעצור

ואני אספר לכם קצת סיפור.

00:50:44:17 00:50:42:01 937

למה בכלל למדוד את השדה המגנטי

של הירח? מה מעניין בו?

00:50:47:13 00:50:45:04 938

למה לנו יש שדה מגנטי

פה בכדור הארץ?

00:50:50:02 00:50:48:00 939

מאיפה נוצר השדה המגנטי שלנו?

00:50:53:01 00:50:51:11 940

מהלבה?

לא בדיוק מהלבה, לא.

00:50:58:13 00:50:54:23 941

מהליבה של כדור הארץ, מה"קור".

זה לא מהרי געש, לא.

00:51:00:16 00:50:58:15 942

אני תקף אגיד משהו על הרי געש.

00:51:04:10 00:51:00:22 943

אבל עמוק בתוך כדור הארץ

יש ליבה ברזלית, או קיי?

00:51:10:12 00:51:04:18 944

הליבה הברזלית הזאת זורמת,

היא עשויה מברזל נוזלי.

00:51:12:23 00:51:10:14 945

זאת אומרת זה לא מספיק
לקחת ברזל ולסובב אותו.

00:51:16:10 00:51:13:02 946

זה לא ייצור שדה מגנטי הדבר הזה
כי הדבר הזה הוא ניטרלי.

00:51:21:08 00:51:16:12 947

אני צריך לקחת נוזל ברזלי,
לערבב אותו בעצם,

00:51:24:15 00:51:21:09 948

הנוזל הזה מתערבב
בשביל להעביר חום ממקום למקום.

00:51:27:11 00:51:24:19 949

לערבב אותו, לקחת את כל הדבר הזה
ולסובב אותו,

00:51:28:19 00:51:27:13 950

שזה מה שכדור הארץ עושה,

00:51:30:22 00:51:28:21 951

ואז מיוצר אפקט שנקרא דינמו.

00:51:34:07 00:51:31:03 952

הדינמו הזה מייצר שדה מגנטי
שיודע לגדול מעצמו

- 00:51:38:21 00:51:34:10 953
ולכן בעצם כל המצפנים
של כדור הארץ מצביעים צפונה היום.
- 00:51:40:08 00:51:38:23 954
הדבר הזה גם יודע להתהפך,
- 00:51:42:17 00:51:40:09 955
אז אם היית מסתכל על זה
לפני אלפי שנים,
- 00:51:45:10 00:51:42:22 956
המצפנים היו יכולים להצביע
דרומה דווקא, כן?
- 00:51:49:14 00:51:45:12 957
אבל זה תמיד או לכיוון ציר הסיבוב
או כלפי צפון או כלפי דרום.
- 00:51:52:06 00:51:50:01 958
אז רוב השדה המגנטי
שכל המצפנים,
- 00:51:54:16 00:51:52:08 959
אנחנו משתמשים במצפנים
ובאייפונים בשביל לנווט,
- 00:51:59:10 00:51:54:20 960
פועלים על פי השדה המגנטי
שנוצר בליבה הזורמת
- 00:52:01:12 00:51:59:12 961

של כדור הארץ, או קי?

00:52:05:12 00:52:02:01 962

בנוסף לזה, בכדור הארץ
יש קצת סלעים ממוגנטים.

00:52:07:12 00:52:05:14 963

מי שעשה ניוטים בצבא
בגולן, למשל,

00:52:10:10 00:52:07:14 964

יודע שיש אזורים,
במיוחד אזורים געשיים,

00:52:13:11 00:52:10:17 965

שאתה מתקרב עם המצפן
והמצפן משתגע.

00:52:14:16 00:52:13:18 966

מה קורה שם?

00:52:19:01 00:52:14:20 967

יש כל מיני דרכים שסלעים יכולים
גם לרכוש שדה מגנטי תמידי.

00:52:19:23 00:52:19:04 968

איך זה קורה?

00:52:24:06 00:52:20:00 969

במקרה הגעשי סלעים חמים
בוקעים מתוך כדור הארץ,

00:52:27:23 00:52:24:09 970

הם חמים אז האזורים המגנטיים
שלהם יכולים בקלות להסתובב.

00:52:31:01 00:52:28:08 971

הם מתכווננים, כל המגנטים הקטנים
בתוך הסלעים

00:52:35:17 00:52:31:03 972

מתכווננים במקביל
לשדה המגנטי הארצי,

00:52:38:12 00:52:36:06 973

ואז, כשהסלע מתקרר
על פני השטח של כדור הארץ,

00:52:42:02 00:52:38:14 974

הכול קופא באותה קונפיגורציה
והשדה המגנטי נשמר

00:52:44:06 00:52:42:03 975

ואז גם השדה המגנטי של כדור הארץ
יכול להשתנות

00:52:46:00 00:52:44:08 976

וגם הסלע יכול להסתובב.

00:52:47:03 00:52:46:07 977

כל מיני דברים יכולים לקרות,

00:52:51:22 00:52:47:05 978

אבל הסלע שומר על הכיוון הזה

של השדה המגנטי שאותו הוא רכש.

00:52:53:12 00:52:52:01 979

עכשיו נחזור שנייה לירח.

00:52:58:08 00:52:53:16 980

מה שאנחנו רואים שבירח יש
רק את אותה מגנטיזציה לוקאלית,

00:53:02:16 00:52:58:10 981

אותה מגנטיזציה
שמוקלטת על הסלעים,

00:53:05:16 00:53:02:19 982

אבל הירח הרבה יותר מדי קטן
וקר היום

00:53:08:01 00:53:05:19 983

בשביל שיהיה לו דינמו, או קיי?

00:53:09:06 00:53:08:03 984

אז יש לנו מין תעלומה.

00:53:10:10 00:53:09:07 985

התעלומה אם אנחנו
כבר יודעים את זה

00:53:13:11 00:53:10:13 986

כי משימות אחרות גם של נאס"א
וגם של היפנים

00:53:15:20 00:53:13:16 987

מדדו את השינויים
בסקאלה מאוד גדולה

00:53:18:09 00:53:15:22 988

של השדה המגנטי של הירח

00:53:22:14 00:53:19:20 989

ואנחנו יודעים שאפילו האסטרונוטים

שנחתו על פני הירח

00:53:24:11 00:53:22:17 990

מדדו שדה מגנטי.

00:53:27:05 00:53:24:17 991

אז מה שאנחנו רוצים לעשות

זה לקחת את המגנטומטר שלנו,

00:53:28:23 00:53:27:07 992

לטוס מעל אזורים בירח

00:53:32:04 00:53:29:00 993

ולראות איזה סלעים בירח

ממוגנטים ואיזה לא.

00:53:35:02 00:53:32:07 994

האם זה הסלעים

שמגיעים ממכתשים

00:53:38:08 00:53:35:04 995

או האם זה הסלעים

שמגיעים מהרי געש שממוגנטים?

00:53:42:11	00:53:38:13	996	האם זה סלעים שנמצאים באזורים מאוד שטוחים וצעירים
00:53:43:20	00:53:42:14	997	על פני השטח של הירח
00:53:47:01	00:53:43:22	998	או האם זה סלעים שמגיעים מאזורים הרבה יותר ותיקים מהירח?
00:53:49:23	00:53:47:07	999	למה? כי זה יעזור לנו לשחזר את ההיסטוריה
00:53:51:14	00:53:50:00	1000	של איך הסלעים האלה התמגנטו,
00:53:53:14	00:53:51:16	1001	האם התמגנטו על ידי פגיעה של מטאוריט
00:53:56:19	00:53:53:16	1002	או על ידי הרי געש.
00:53:59:13	00:53:56:20	1003	האם הם התמגנטו בזמן האחרון באזורים הצעירים
00:54:01:09	00:53:59:15	1004	או באזורים הוותיקים.

00:54:04:13 00:54:01:11 1005

אז על ידי הקורלציות האלה
והמדידות האלה הקמנו צוות מדעי

00:54:08:06 00:54:04:16 1006

שיחקור את המגנטיזציה של הירח

00:54:12:24 00:54:08:08 1007

ואני חושב שעם המידע הזה

00:54:14:09 00:54:13:00 1008

חוץ מזה שנוכל לגלות משהו
על הירח,

00:54:20:20 00:54:14:11 1009

אנחנו נוכל להבין משהו
קצת יותר קדמוני אני אקרא לזה,

00:54:23:02 00:54:20:22 1010

משהו על איך השדה המגנטי נוצר

00:54:30:02 00:54:23:08 1011

ואיך הירח בעצם התפתח
בהתחלתו.

00:54:32:23 00:54:30:24 1012

ואם אני כבר מדבר על התפתחות,

00:54:36:11 00:54:33:05 1013

אז אני רוצה עכשיו לעשות
את העצירה האחרונה אולי

00:54:40:02 00:54:36:14 1014

במסע הבין-כוכבי הזה שלנו.

00:54:42:03 00:54:40:05 1015

אם ראיתם גם את הכותרת

של ההרצאה שלי,

00:54:44:07 00:54:42:05 1016

אני הבטחתי שאני אדבר קצת

גם על חיים, כן?

00:54:46:17 00:54:44:09 1017

על החיפוש אחר חיים ביקום.

00:54:48:07 00:54:46:19 1018

זה דניאל.

00:54:51:15 00:54:49:15 1019

ואני רוצה לדבר על...

00:54:54:10 00:54:51:18 1020

הדרך שאני רוצה לדבר

על חיים ביקום

00:54:58:08 00:54:56:24 1021

זה על ידי הסלע הזה.

00:55:03:04 00:54:59:09 1022

הסלע הזה זה סלע מאוד מיוחד,

מאוד מפורסם אפילו הייתי אומר.

00:55:06:12 00:55:03:14 1023

קוראים לו

איי-אל-אייץ'-84-דאבל או-1.

00:55:10:21 00:55:06:17 1024

איי-אל-אייץ' זה סלע שנמצא

באלן הילס באנטרקטיקה.

00:55:12:20 00:55:10:23 1025

הוא נמצא על ידי צוות

של האן-אס-אף

00:55:15:15 00:55:12:22 1026

שכל חורף שלנו,

קיץ באנטרקטיקה,

00:55:19:20 00:55:15:17 1027

הם שולחים צוות לאנטרקטיקה

כדי לאסוף אבנים. למה?

00:55:22:11 00:55:21:14 1028

מטאוריטים.

00:55:26:21 00:55:22:13 1029

יש יותר מטאוריטים באנטרקטיקה

מאשר בכל מקום אחר?

00:55:32:05 00:55:29:08 1030

כן, אולי הם קצת יותר פריסטינים,

אולי, כן,

00:55:33:14 00:55:32:07 1031

אבל יש סיבה יותר טובה מזו.

00:55:37:01	00:55:35:23	1032	יותר נגיש. -יותר נגיש.
00:55:39:01	00:55:37:02	1033	יותר נכון הייתי אומר יותר קל לזהות.
00:55:42:02	00:55:39:06	1034	כל האבנים או רוב האבנים שאנחנו רואים על השלג,
00:55:46:09	00:55:42:05	1035	על הקרח באנטרקטיקה, מן הסתם באו מלמעלה ולא מלמטה, או קיי?
00:55:48:06	00:55:46:11	1036	אם אני רואה פה סלע בחוץ יכול להיות שהוא גם מטאוריט,
00:55:50:16	00:55:48:08	1037	אבל יהיה לי מאוד קשה לדעת את זה, או קיי?
00:55:54:12	00:55:50:24	1038	אז כל שנה שולחים צוות כדי לאסוף אבנים באנטרקטיקה.
00:55:55:14	00:55:54:14	1039	הם מאוד מאומנים,
00:55:59:17	00:55:55:15	1040	

הם כבר יודעים להבחין בין סלעים

שבאמת הם מטאוריטים

00:56:00:23 00:55:59:19 1041

שעברו דרך האטמוספירה.

00:56:06:00 00:56:01:05 1042

זה הסלע הראשון שהם מצאו

בשנת 1984, או קיי?

00:56:07:18 00:56:06:02 1043

איי-אל-אייץ'-84-דאבל או-1.

00:56:09:12 00:56:08:04 1044

והסלע הזה

הוא סלע מאוד מיוחד

00:56:14:05 00:56:09:15 1045

כי מה שאנשים הצליחו להוכיח

זה שהייתה לו היסטוריה מדהימה.

00:56:15:22 00:56:14:09 1046

הסלע הזה נוצר במאדים

00:56:18:22 00:56:15:24 1047

ואני הולך עכשיו לספר לכם סיפור

שאתם תגידו שהוא פנטסטי

00:56:20:23 00:56:18:23 1048

והוא אולי בלתי אפשרי

ואין סיכוי שאני יודע אותו,

00:56:23:15	00:56:21:02	1049	אבל חלק מהדברים אני ממש יודע באופן מובהק,
00:56:25:15	00:56:23:18	1050	אני יכול להוכיח אותם מבחינה מדעית.
00:56:26:24	00:56:25:21	1051	חלק מהדברים אני לא בטוח,
00:56:30:05	00:56:27:01	1052	אבל אני אהיה מאוד זהיר בלהגיד לכם מה אנחנו יודעים על בטוח
00:56:32:11	00:56:30:07	1053	ומה אנחנו לא בטוחים בהם, או קיי?
00:56:35:10	00:56:33:03	1054	אנחנו יודעים על בטוח שהסלע הזה נוצר על מאדים
00:56:37:20	00:56:35:12	1055	על ידי כלים גיאוכימיים שאנחנו יכולים לתארך
00:56:39:09	00:56:37:22	1056	כל מיני תהליכים בסלע.
00:56:42:04	00:56:39:11	1057	הסלע הזה קודם כול נוצר לפני 4.5 מיליארד שנה.

00:56:45:07 00:56:42:06 1058

הוא יותר ותיק מכל סלע אחר
שיש לנו פה בכדור הארץ.

00:56:46:21 00:56:45:09 1059

בכדור הארץ
אין סלעים כאלה ותיקים.

00:56:49:00 00:56:46:23 1060

יש סלעים שמתקרבים,
אבל רובם לא.

00:56:52:22 00:56:49:12 1061

הוא נוצר לפני 4.5 מיליארד שנה
והוא לא נוצר בכדור הארץ,

00:56:54:22 00:56:52:23 1062

הוא נוצר במאדים, או קיי?

00:56:56:15 00:56:54:24 1063

התחנה האחרונה במסע שלנו.

00:57:01:07 00:56:58:12 1064

לפני 4.5 מיליארד שנה
הסלע הזה נוצר במאדים

00:57:02:18 00:57:01:09 1065

ואז קרו לו כל מיני דברים.

00:57:06:21 00:57:02:20 1066

אני יכול להוכיח שוב מדעית

שפגע בסלע הזה אסטרואיד

00:57:12:11 00:57:07:01 1067

והשוק של האסטרואיד
יצר סדקים בסלע.

00:57:16:10 00:57:12:12 1068

זה קרה בערך לפני 3.6 עד 3.9
מיליארד שנה.

00:57:19:13 00:57:16:23 1069

בתוך הסדקים האלה
נוצרו קרבונטים,

00:57:24:06 00:57:19:15 1070

נוצרו גלובולס כאלה של קרבונטים,
חומר עם הרבה פחמן בתוכו,

00:57:25:21 00:57:24:12 1071

בתוך הסדקים האלה

00:57:27:18 00:57:25:23 1072

ואז פגע בסלע הזה
עוד פעם, המסכן,

00:57:33:05 00:57:27:19 1073

פגע בו עוד פעם אסטרואיד ועוד פעם
אותם קרבונטים נסדקו בעצמם

00:57:35:01 00:57:33:07 1074

כתוצאה מפגיעה נוספת.

- 00:57:37:11 00:57:35:13 1075
לפני 16 מיליון שנה,
- 00:57:39:08 00:57:37:13 1076
עברו משהו כמו 3 מיליארד שנה, כן?
- 00:57:43:11 00:57:39:15 1077
מאז הפגיעה האחרונה מיליארד שנה
או 1.3 מיליארד שנה,
- 00:57:48:05 00:57:43:18 1078
ולפני 16 מיליון שנה
הסלע הזה שוגר ממאדים
- 00:57:50:18 00:57:48:09 1079
על ידי עוד פגיעה שפגעה במאדים
- 00:57:55:14 00:57:50:23 1080
ומהכוח של הפגיעה הזאת
הוא נזרק החוצה משדה הכבידה,
- 00:57:58:05 00:57:56:00 1081
מהאטמוספירה
ומשדה הכבידה של מאדים.
- 00:58:04:06 00:57:59:11 1082
הוא בילה משהו כמו 16 מיליון שנה
במסלול מסביב לשמש,
- 00:58:06:23 00:58:04:09 1083
בא לבקר את מאדים,
בא לבקר את כדור הארץ.

- 00:58:11:08 00:58:07:00 1084
לפני 13 אלף שנה כדור הארץ
תפס אותו בשדה הכבידה שלו, או קיי?
- 00:58:12:18 00:58:11:09 1085
כל זה אני יכול להוכיח.
- 00:58:14:03 00:58:12:19 1086
אני יכול להוכיח, אגב,
שהוא ממאדים.
- 00:58:16:10 00:58:14:05 1087
הרבה פעמים אנשים שואלים אותי
איך אתה יודע בעצם שהוא ממאדים?
- 00:58:20:07 00:58:16:17 1088
זה מובהק וזה אחד הסיפורים היפים
במדע בעיניי
- 00:58:22:07 00:58:20:10 1089
שבן לילה זה הפך להיות,
- 00:58:25:04 00:58:22:13 1090
אתה היית צריך להיות משוגע להאמין
שהסלע הזה בא ממאדים.
- 00:58:29:18 00:58:25:16 1091
למחרת אתה היית צריך להיות משוגע
להאמין שהסלע הזה לא בא ממאדים.
- 00:58:31:00 00:58:29:23 1092

והדרך שאנשים הוכיחו את זה

00:58:34:05 00:58:31:01 1093

זה שהצליחו לחלץ בועות של גז

מתוך הסלע

00:58:37:12 00:58:34:06 1094

שהיו אחד לאחד בדיוק באותו הרכב

של האטמוספירה של מאדים

00:58:39:08 00:58:37:14 1095

שנמדדה על ידי ויקינג.

00:58:45:06 00:58:39:10 1096

פשוט בדיוק אותם גזים באותן כמויות

בתוך הסלע הזה

00:58:47:05 00:58:45:08 1097

שיש באטמוספירה של מאדים.

00:58:49:06 00:58:48:17 1098

איפה היינו?

00:58:52:15 00:58:49:08 1099

לפני 13 אלף שנה

הסלע הזה נחת באנטרקטיקה.

00:58:57:16 00:58:53:04 1100

13 אלף שנה אחר כך

הצוות ב-1984

00:59:00:13 00:58:58:08 1101

מצא את הסלע הזה על הקרח,

00:59:04:12 00:59:01:05 1102

אסף אותו, שם אותו בשק,
הביא אותו לג'ונסון ספייס סנטר

00:59:09:13 00:59:05:10 1103

וב-1994 הוא כיבד על העמוד הראשון
של ה"ניו יורק טיימס". למה?

00:59:12:05 00:59:10:03 1104

הדבר המאוד חשוב בסלע הזה,

00:59:14:16 00:59:12:07 1105

שבדיעבד יכול להיות
שהוא לא נכון, אגב,

00:59:18:22 00:59:15:02 1106

זה שהיו כמה צוותים של מדענים
שזיהו בתוך הסלע הזה

00:59:22:08 00:59:19:08 1107

תצורות שמזכירות תצורות של חיים.

00:59:26:13 00:59:22:12 1108

סוג של מאובנים
של תולעים כאלה קטנות,

00:59:30:01 00:59:26:16 1109

תולעים קטנות כאלה
שנוצרו בתוך הסלע,

00:59:33:11	00:59:30:03	1110	כנראה בתוך הקרבונטים האלה שדיברתי עליהם פה.
00:59:35:23	00:59:33:15	1111	זאת אומרת תצורות חיים שכנראה הגיעו ממאדים.
00:59:38:18	00:59:36:13	1112	הם לא חיים היום, זה רק מאובנים היום,
00:59:42:01	00:59:39:15	1113	אבל עשו את המסלול הבין-פלנטרי הזה
00:59:45:02	00:59:42:03	1114	והגיעו לכדור הארץ.
00:59:49:20	00:59:46:06	1115	לפני שאני אדבר עוד קצת על המאובנים,
00:59:51:19	00:59:50:00	1116	אני רוצה להגיד לכם עוד משהו על הסלע
00:59:54:10	00:59:51:21	1117	שהחבר שלי פרסם ב"סיינס", קוראים לו בן ווייס,
00:59:56:04	00:59:54:13	1118	

הוא מומחה למגנטיקה,

00:59:58:17 00:59:56:06 1119

ובן, שאז הוא היה סטודנט

ב"קאל טק",

01:00:02:00 00:59:58:18 1120

היום הוא פרופסור ב"אם-איי-טי"

בזכות המאמר הזה, אני חושב.

01:00:06:12 01:00:02:09 1121

מה שבן הבין זה

שחוץ מאותם קרבונטים,

01:00:09:24 01:00:06:14 1122

ליד אותם קרבונטים, בעצם,

יש גם שדה מגנטי.

01:00:13:02 01:00:10:05 1123

הוא מומחה למגנטיקה, אגב,

הוא גם בצוות של ספייס איי-אל

01:00:16:04 01:00:13:05 1124

בגלל שהוא מומחה

למגנטיקה פלנטרית

01:00:20:17 01:00:16:13 1125

והוא לקח חלק קטן מהסלע,

שם אותו בתוך סקויד מיקרוסקופ,

01:00:22:15 01:00:20:18 1126

יש לנו גם במכון, אני חושב,

סקוויד מיקרוסקופ.

01:00:28:03 01:00:22:17 1127

שם אותו בתוך סקוויד מיקרוסקופ
ומיפה את השדה המגנטי של הסלע.

01:00:30:21 01:00:28:17 1128

והוא קיבל את המפה הזאת
שאתם רואים פה, או קיי?

01:00:32:01 01:00:30:23 1129

איזשהו שדה מגנטי.

01:00:35:01 01:00:32:04 1130

לא במיוחד מרשים או מעניין
חוץ מהעובדה שלמאדים היה,

01:00:37:11 01:00:35:04 1131

כמו שלירח שסיפרתי לכם קודם,
שדה מגנטי,

01:00:40:20 01:00:37:13 1132

גם למאדים, הסלעים של מאדים
גם כן הצליחו להתמגנט.

01:00:45:22 01:00:41:10 1133

אבל אז בן לקח את הדבר הזה
וחימם אותו ל-32 מעלות צלזיוס

01:00:47:01 01:00:45:24 1134

ושום דבר לא קרה.

01:00:49:05	01:00:47:06	1135
<p>ו-34 מעלות צלזיוס ושום דבר לא קרה.</p>		
01:00:51:22	01:00:49:06	1136
<p>ושש ושמונה מעלות צלזיוס ושום דבר לא קרה.</p>		
01:00:54:08	01:00:52:00	1137
<p>ואז כשהוא חימם את הסלע ל-40 מעלות צלזיוס</p>		
01:00:57:18	01:00:55:09	1138
<p>ומדד שוב בדיוק את אותה מפה,</p>		
01:01:02:24	01:00:57:22	1139
<p>הוא ראה שהמגנט הזה שאנחנו רואים פה, נעלם. או קיי?</p>		
01:01:05:20	01:01:03:00	1140
<p>עכשיו למה זה כל כך חשוב, המדידה הזאת?</p>		
01:01:06:17	01:01:05:22	1141
<p>למה זה היה ב"סיינס"</p>		
01:01:09:22	01:01:06:19	1142
<p>ולמה בן היום פרופסור ב"אם-איי-טי" כתוצאה מזה?</p>		
01:01:14:20	01:01:10:19	1143
<p>מה שהדבר הזה מראה</p>		

זה שקיים מסלול קר,

01:01:17:14 01:01:15:00 1144

מסלול יותר קר נגיד מ-40 מעלות,

01:01:20:02 01:01:17:23 1145

בין מאדים לכדור הארץ.

01:01:22:15 01:01:20:07 1146

זאת אומרת הסלע הזה

שרכש את המגנט שלו,

01:01:24:11 01:01:22:17 1147

ואני יכול להוכיח את זה,

במאדים,

01:01:27:19 01:01:24:17 1148

הצליח לשרוד את כל הפגיעות

שסיפרתי לכם

01:01:30:16 01:01:27:23 1149

ואת השיגור מהאטמוספירה

של מאדים

01:01:34:07 01:01:30:18 1150

ואת המסלול בחלל במשך מיליון שנה,

מעל 16 מיליון שנה,

01:01:37:01 01:01:34:09 1151

ואת החדירה דרך האטמוספירה

מעל אנטרקטיקה

01:01:39:08 01:01:37:03 1152

ואפילו את הפגיעה באנטרקטיקה

01:01:45:03 01:01:39:13 1153

בלי שהשדה המגנטי הזה
יחווה טמפרטורות שימחקו אותו.

01:01:47:18 01:01:46:10 1154

או.קיי? כולם הבינו את זה?

01:01:51:09 01:01:47:20 1155

זאת אומרת יש מסלול קר, שנייה,
בין מאדים לכדור הארץ.

01:01:53:17 01:01:51:11 1156

אם בסלע הזה
במקרה הייתה בקטריה חיה,

01:01:55:21 01:01:54:09 1157

אז היא הייתה יכולה גם לשרוד.

01:01:58:14 01:01:55:23 1158

אנחנו יודעים ש-40 מעלות
זה סבבה לרוב הבקטריות.

01:02:00:23 01:01:58:15 1159

אין להן בעיה
לשרוד את אותו מסלול

01:02:04:17 01:02:01:03 1160

כמו שהשדה המגנטי הזה
שרד את אותו מסלול.

01:02:06:04 01:02:05:01 1161

עכשיו זו עובדה מאוד חשובה.

01:02:10:00 01:02:06:06 1162

כמובן זה לא מוכיח שבקטריות באו
ממאדים לכדור הארץ

01:02:12:07 01:02:10:02 1163

ושאנחנו בעצם כולנו נוצרנו במאדים,

01:02:15:07 01:02:12:09 1164

אבל זה מוכיח שזה היה יכול לקרות
מבחינה עקרונית.

01:02:18:06 01:02:15:11 1165

כי כולם חשבו שסלעים בחלל
יהיו סטריליים,

01:02:21:19 01:02:18:08 1166

שגם החדירה דרך האטמוספירה
קודם כול תשרוף אותם,

01:02:25:23 01:02:21:24 1167

אבל אז מתברר שזה רק שורף
את החלק החיצוני של הסלע

01:02:29:12 01:02:26:00 1168

והחלק הפנימי כמעט לא מרגיש
את העלייה בטמפרטורות

01:02:30:22 01:02:29:14 1169

כי זה קורה מאוד מהר,

01:02:37:11 01:02:31:06 1170

וגם המסלול בחלל
הוא מספיק לא אליים

01:02:40:11 01:02:37:19 1171

בשביל להרשות לסלע הזה
להגיע לכדור הארץ

01:02:48:01 01:02:40:13 1172

במצב שהוא שומר בתוכו דברים
שהם די רגישים לשינויים בתנאים.

01:02:52:03 01:02:48:14 1173

וזה מחדש אולי הצית את הרעיון,

01:02:53:13 01:02:52:04 1174

אבל עכשיו מבחינה
הרבה יותר מדעית

01:02:56:07 01:02:53:15 1175

מאשר כשהוא עלה
בספרי מדע בדיוני

01:03:03:06 01:02:56:14 1176

של "פנס פרמיה", של מעבר חיים
מעולם אחד לעולם אחר, או קיי?

01:03:06:18 01:03:03:22 1177

אז הסלע הזה בעצם מעמת אותנו,

01:03:09:16 01:03:06:20 1178

זאת אותה תמונה מפורסמת

01:03:14:02 01:03:10:07 1179

שהתפרסמה בכל העיתונות

01:03:17:15 01:03:14:04 1180

של התבניות.

01:03:21:17 01:03:17:24 1181

זה בעצם ה"פוסילז" האלה,

המאובנים האלה,

01:03:23:01 01:03:21:20 1182

זה בעצם תבנית.

01:03:26:24 01:03:23:03 1183

זו לא התולעת האמיתית עצמה

או הבקטריה האמיתית עצמה,

01:03:28:21 01:03:27:02 1184

זו תבנית של אותה בקטריה,

01:03:31:12 01:03:29:04 1185

ששוב אני רוצה להדגיש

שלא תצאו מפה עם הרושם הלא נכון,

01:03:33:23 01:03:31:18 1186

רוב המדענים בעולם היום מאמינים

01:03:36:14 01:03:34:00 1187

למרות שכשהמאמר התפרסם

כולם חשבו שזה נכון.

01:03:39:21 01:03:36:16 1188

רוב המדענים בעולם היום מאמינים
שזו לא תופעה של חיים,

01:03:43:21 01:03:39:23 1189

שזו תופעה א-ביוטית,
אבל יש על זה ויכוח.

01:03:49:15 01:03:44:14 1190

אבל התולעים האלה
בעצם הציתו מחדש את הרעיון

01:03:52:15 01:03:49:16 1191

שחיים יכולים לעבור
מפלנטה לפלנטה.

01:03:54:01 01:03:52:21 1192

אבל מה הבעיה פה?

01:03:57:14 01:03:54:03 1193

החומר הזה שאתם רואים פה
זה בעצם מאובן

01:04:00:20 01:03:57:21 1194

או תבנית של מה שפעם
היה חי במאדים.

01:04:03:15 01:04:01:01 1195

סיפרתי לכם גם
שכשאני הייתי בארצות הברית,

01:04:07:18 01:04:03:17 1196

אז הרבה מהימים שלי אני ביליתי
בלנהוג ברוברים של מאדים,

01:04:10:23 01:04:07:20 1197

בחלליות שמסתובבות על פני...
משוטטות על פני השטח של מאדים,

01:04:14:05 01:04:11:03 1198

גשושיות שכל יום המדענים
צריכים להחליט מחדש

01:04:16:04 01:04:14:06 1199

מה הן יעשו.

01:04:19:16 01:04:16:22 1200

וכמו החללית קאסיני,
גם ברוברים יש כל מיני מכשירים

01:04:23:12 01:04:19:18 1201

וגם ברוברים בכלל אפשר לנסוע ימינה
ואפשר לנסוע שמאלה,

01:04:25:12 01:04:23:14 1202

אז היו לנו המון ויכוחים
בין המדענים.

01:04:29:07 01:04:25:14 1203

כל מדען, אתם יודעים,
50 מדענים, 51 דעות.

01:04:33:04 01:04:29:10 1204

כל מדען חושב שהמכשיר שלו
או המשימה שהוא רוצה לבצע

01:04:34:19 01:04:33:06 1205

היא הכי חשובה.

01:04:39:21 01:04:36:10 1206

והטיעון שהרבה פעמים
בצחוק ככה בין המדענים

01:04:42:24 01:04:39:23 1207

היינו צריכים להשתמש בו
בשביל לשכנע אחד את השני,

01:04:45:20 01:04:43:02 1208

שבאמת אנחנו חייבים לנסוע
ימינה ולא שמאלה

01:04:47:22 01:04:45:23 1209

זה שאם אנחנו לא ניסע ימינה,

01:04:53:09 01:04:48:03 1210

אז אנחנו נפספס את ה"דינוזאור פוסיל",
את המאובן של הדינוזאור,

01:04:54:22 01:04:53:15 1211

ששם מתחבא במאדים

01:04:58:21 01:04:55:05 1212

ולי יש תיאוריה מדעית שאומרת
ששם נמצא המאובן הזה

01:05:00:07 01:04:58:23 1213

ואם אנחנו לא נעשה

את מה שאני אומר,

01:05:03:02 01:05:00:08 1214

אנחנו נפספס את ההזדמנות

לגלות את המאובנים,

01:05:06:12 01:05:03:04 1215

את ההוכחה לחיים על מאדים,

השאלה הגדולה.

01:05:11:11 01:05:07:06 1216

עכשיו אם אנחנו היינו מגלים

מאובן של מאדים

01:05:13:16 01:05:11:13 1217

והחיפושים כמובן עדיין ממשיכים,

01:05:15:13 01:05:13:19 1218

זו הייתה יכולה להיות התגלית...

01:05:18:15 01:05:15:16 1219

לא הייתה יכולה,

זו בטוח התגלית הכי גדולה של הזמן

01:05:20:09 01:05:18:16 1220

שאנחנו יכולים לחשוב עליו.

01:05:23:03 01:05:21:06 1221

פרס נובל בטוח,

מה שאתם רוצים.

01:05:24:12 01:05:23:05 1222

זאת תגלית ענקית.

01:05:26:21 01:05:24:19 1223

אבל זה לא מספיק, או קיי?

בשבילי זה לא מספיק.

01:05:30:02 01:05:26:23 1224

זה בעיניי לא עונה על השאלה

הבאמת גדולה והחשובה

01:05:33:08 01:05:30:15 1225

והשאלה שאנחנו בעצם

התחלנו איתה של חיים.

01:05:37:07 01:05:34:14 1226

למה?

כי כמו שהסברתי לכם,

01:05:42:21 01:05:37:10 1227

המאמר הזה של בן שהראה

שיש מסלול קר בין פלנטות,

01:05:47:17 01:05:43:04 1228

בעצם גורם לי להבין

שמה שאני באמת רוצה להבין

01:05:50:07 01:05:47:18 1229

זה לא אם יש חיים בכלל

על מאדים,

01:05:53:00 01:05:50:09 1230

כי מאוד ייתכן שחיים
נמצאים היום על מאדים

01:05:56:19 01:05:53:06 1231

בגלל שאחד הסלעים של כדור הארץ
הותז למאדים

01:05:59:04 01:05:56:21 1232

כמו הסלע הזה שהותז ממאדים
לכדור הארץ

01:06:01:10 01:05:59:08 1233

או אפילו ההיפך,
אולי כל החיים פה בכדור הארץ

01:06:04:13 01:06:01:12 1234

בעצם מקורם ממאדים.

01:06:07:18 01:06:04:20 1235

יכול להיות שאחת החלליות שלנו
כבר הביאה חיים,

01:06:10:22 01:06:07:20 1236

הייתה מזוהמת מספיק
בשביל להביא חיים למאדים,

01:06:12:07 01:06:11:08 1237

היא לא הייתה לגמרי...

01:06:15:06 01:06:12:09 1238

למרות שמאוד משתדלים,
החלליות לא לגמרי סטריליות.

01:06:19:10 01:06:15:23 1239

זאת אומרת עצם השאלה
האם קיימים חיים היום על מאדים,

01:06:21:02 01:06:19:12 1240

בעצם חלק מהשאלה הזאת

01:06:26:02 01:06:21:04 1241

זה האם חיים יכולים להתערבב
בין פלנטות, כן?

01:06:28:11 01:06:26:05 1242

אבל זאת לא השאלה האמיתית,
העמוקה, החשובה.

01:06:31:22 01:06:28:13 1243

אולי השאלה הכי גדולה שהאנושות
התעמתה איתה

01:06:35:15 01:06:31:23 1244

מאז שהיה לה זמן לחשוב על דברים
מעבר ללהתרבות

01:06:40:15 01:06:35:18 1245

ולאכול ולהילחם אחד עם השני, כן?

01:06:42:23 01:06:40:23 1246

השאלה הזאת האמיתית בעיניי

01:06:45:24	01:06:43:13	1247
<p>זה האם הייתה בריאה שנייה של חיים.</p>		
01:06:50:23	01:06:46:00	1248
<p>האם חיים יכולים להיווצר באופן ספונטני ובלתי תלוי</p>		
01:06:52:13	01:06:51:05	1249
<p>בחיים בכדור הארץ.</p>		
01:06:54:19	01:06:52:22	1250
<p>והבעיה היא שכדור הארץ זה מקום מאוד לא טוב</p>		
01:06:57:04	01:06:55:12	1251
<p>לנסות לענות על השאלה הזאת</p>		
01:06:58:22	01:06:57:10	1252
<p>כי גם אם זה קרה בכדור הארץ,</p>		
01:07:00:24	01:06:59:00	1253
<p>אנחנו כולנו קשורים אחד לשני.</p>		
01:07:02:11	01:07:01:01	1254
<p>טוב, בחדר הזה זה קל.</p>		
01:07:05:05	01:07:02:14	1255
<p>אנחנו בטח קשורים אפילו לא ביותר מדי הרבה דרגות.</p>		
01:07:08:20	01:07:05:24	1256

אפילו במדינת ישראל כולנו קשורים
לא בכל כך הרבה דרגות.

01:07:11:21 01:07:08:22 1257

כל האנשים בכדור הארץ
קשורים גנטית.

01:07:15:17 01:07:11:23 1258

אפשר למפות את הגנטיקה שלהם
ולהראות שכולנו בעצם קשורים,

01:07:18:15 01:07:15:19 1259

אבל יותר מזה, מבחינה גנטית
אנחנו יכולים להראות

01:07:19:19 01:07:18:20 1260

שכל החיים בכדור הארץ,

01:07:22:14 01:07:19:21 1261

כל החיות וכל הצמחים וכל הבקטריות
ואפילו הארכיאות,

01:07:25:18 01:07:22:17 1262

תצורות החיים אפילו הכי קדמוניות
בכדור הארץ,

01:07:28:20 01:07:25:22 1263

אם אנחנו ממפים אותן
על מה שנקרא העץ הפילוגנטי,

01:07:31:21 01:07:29:01 1264

אנחנו יכולים להראות שכל החיים

בכדור הארץ קשורים אחד לשני.

01:07:35:09 01:07:32:14 1265

זאת אומרת הייתה פה בכדור הארץ
איזושהי בריאה אחת,

01:07:38:09 01:07:35:11 1266

אם קדמונית אחת
של כל החיים בכדור הארץ,

01:07:40:13 01:07:39:00 1267

ואם זה קרה עוד פעם,

01:07:43:00 01:07:41:07 1268

אין להם סיכוי,
אנחנו כבר ניצחנו אותם.

01:07:44:19 01:07:43:03 1269

מבחינה אבולוציונית
אנחנו כל הזמן אוכלים

01:07:48:06 01:07:44:21 1270

את מה שמתחרה איתנו, או קיי?

01:07:50:04 01:07:48:10 1271

אז כדור הארץ זה לא מקום טוב
לנסות לבדוק

01:07:53:09 01:07:50:12 1272

האם הייתה בריאה שנייה של חיים.

01:07:56:20 01:07:53:19 1273

אבל אם אנחנו נטיס חלליות

למאדים או לטיטאן,

01:07:58:14 01:07:56:21 1274

לכל אותם מקומות,

01:08:02:13 01:07:59:08 1275

ועכשיו אני רוצה לחזור אולי בעצם

למה שהתחלתי איתו,

01:08:04:06 01:08:02:15 1276

לעולם הזה של טיטאן

01:08:08:14 01:08:04:08 1277

ולמה בעיניי זה כל כך משמעותי

כמדען היה לגלות את העולם הזה.

01:08:13:04 01:08:08:20 1278

כי אנחנו מחפשים חיים

במקומות שדומים לנו, לכדור הארץ.

01:08:15:09 01:08:13:06 1279

אבל מה שטיטאן בעצם לימד אותי

01:08:19:00 01:08:15:11 1280

זה שההגדרה שלנו של מה זה עולם

שדומה לכדור הארץ,

01:08:20:24 01:08:19:03 1281

אנחנו צריכים לחשוב טוב טוב

על מה ההגדרה הזאת

01:08:23:14 01:08:21:06 1282
של עולם שדומה לכדור הארץ.

01:08:25:10 01:08:23:16 1283
כי הגענו לטיטאן,

01:08:28:07 01:08:25:13 1284
הציפייה של רוב המדענים
הייתה שנגלה מקום קפוא, מת,

01:08:30:10 01:08:28:09 1285
מינוס 200 מעלות,
כל הדברים שסיפרתי לכם,

01:08:33:17 01:08:30:18 1286
ובעצם ראינו המון המון תהליכים
שגרמו לנו להבין

01:08:35:02 01:08:33:19 1287
שטיטאן הרבה יותר דומה
לכדור הארץ

01:08:39:14 01:08:35:04 1288
ממה שהיה לנו זכות לצפות מראש.

01:08:41:12 01:08:39:18 1289
אז אני חושב שאנחנו צריכים
גם לשאול את עצמנו

01:08:44:24 01:08:41:14 1290
מה אנחנו מגדירים
בתור "ארץ" לייק פלאנט",

01:08:47:04 01:08:45:00 1291

הביטוי שאולי אתם שומעים

הרבה בחדשות

01:08:49:23 01:08:47:06 1292

כל פעם שמגלים למשל

כמו לפני כמה שבועות,

01:08:52:22 01:08:50:00 1293

כשגילו פלנטה לא כל כך רחוקה,

11 שנות אור מאיתנו,

01:08:54:05 01:08:53:01 1294

וקראו לה "ארט' לייק"

01:08:56:07 01:08:54:07 1295

בגלל שהטמפרטורות שלה

דומות לכדור הארץ.

01:08:59:04 01:08:56:12 1296

הנה טיטאן, טמפרטורות הרבה יותר

נמוכות מאלה של כדור הארץ,

01:09:04:24 01:08:59:06 1297

ויש בו נוזלים ואקלים ורוח

ותהליכי מעבר חומרים וכל מיני דברים.

01:09:07:03 01:09:05:04 1298

אני לא יודע אם חיים

יכולים להשתמש במתאן.

01:09:09:19	01:09:07:23	1299
<p>בכדור הארץ יש בקטריות שיודעות להשתמש במתאן.</p>		
01:09:12:12	01:09:09:21	1300
<p>אני לא יודע אם יכולים להשתמש במתאן בהיעדר מים,</p>		
01:09:13:20	01:09:12:14	1301
<p>אבל יכול להיות שכן, יכול להיות שלא.</p>		
01:09:15:16	01:09:13:23	1302
<p>זו שאלה פתוחה, או קיי?</p>		
01:09:19:02	01:09:15:19	1303
<p>אבל אנחנו חייבים לחשוב טוב טוב על מה ההגדרה שלנו</p>		
01:09:21:24	01:09:19:05	1304
<p>של אזורים שבכלל מתאימים לחיים.</p>		
01:09:25:21	01:09:23:12	1305
<p>אז אם אני אחזור שנייה לנקודה הזאת</p>		
01:09:31:18	01:09:26:01	1306
<p>שבעצם כדור הארץ הוא מקום שהוא לא מקום טוב לחפש חיים</p>		
01:09:32:23	01:09:31:20	1307

ולכן אנחנו חייבים לעשות

01:09:35:03 01:09:33:00 1308

את כל המשימות
שאני מספר לכם עליהן

01:09:36:02 01:09:35:05 1309

לטיטאן, למאדים,

01:09:38:02 01:09:36:05 1310

בירח אנחנו בטח לא נמצא חיים,

01:09:40:10 01:09:38:04 1311

אבל יש סיבות טובות אחרות
לחקור את הירח.

01:09:41:22 01:09:40:22 1312

לעשות את אותן משימות.

01:09:47:12 01:09:41:24 1313

ואם אנחנו נמשיך לחפש חיים
במאדים ולא נמצא על פני השטח,

01:09:51:03 01:09:47:15 1314

אולי אפילו יום אחד נצליח לחפור
כמה מטרים מתחת לפני השטח,

01:09:53:07 01:09:51:13 1315

נטוס לטיטאן, נטוס לאירופה,

01:09:57:10 01:09:53:09 1316

אולי ניכנס מתחת לקרח

וניכנס לאוקיינוס עם איזו צוללת

01:10:00:01 01:09:57:14 1317

ונחפש חיים ולא נמצא חיים
בכל המקומות האלה,

01:10:02:21 01:10:00:18 1318

אז אני חושב שאנחנו נסיק מזה

01:10:05:11 01:10:02:24 1319

שהתופעה החד-פעמית הזאת
פה בכדור הארץ

01:10:08:05 01:10:05:13 1320

שיכול להיות שהסיכוי שלה
הוא מאה אחוז

01:10:10:00 01:10:08:07 1321

או יכול להיות שהסיכוי שלה
הוא אפס אחוז

01:10:12:19 01:10:10:15 1322

בהינתן כל תנאי הסביבה הנכונים.

01:10:16:05 01:10:13:07 1323

אני לא יודע, אתם יכולים להגיד
יד אלוהים או פוקס קוסמי,

01:10:17:21 01:10:16:08 1324

איך שאתם רוצים לחשוב על זה,

01:10:20:12 01:10:17:24 1325

אבל ההיווצרות הזאת של חיים
בכדור הארץ,

01:10:23:05 01:10:20:14 1326

אם אנחנו נמשיך לחפש ולחפש
ולא נמצא חיים

01:10:25:05 01:10:23:07 1327

בכל אותם מקומות שאמרת,

01:10:28:00 01:10:25:09 1328

אז אני בתור מדען אצטרך להגיד
כנראה שהסיכוי נמוך.

01:10:30:00 01:10:28:01 1329

זאת אומרת כנראה שזה באמת
איזשהו פוקס

01:10:31:23 01:10:30:02 1330

בסיכוי מאוד נמוך שהוא יקרה.

01:10:34:14 01:10:31:24 1331

גם כשכל התנאים טובים,
יש חום ומים ואוכל

01:10:37:00 01:10:34:16 1332

וכל הדברים שאנחנו חושבים
שאנחנו צריכים בשביל חיים,

01:10:40:02 01:10:37:17 1333

כנראה שזה קשה, או קיין?

01:10:44:16	01:10:41:03	1334	אבל אם אנחנו נגיע לאחד מאותם מקומות שתיארתי,
01:10:47:11	01:10:45:10	1335	לא יודע איפה, אולי טיטאן, אולי...
01:10:51:04	01:10:47:13	1336	מאדים זה כנראה המקום הכי סביר שכדאי לנו לחפש בו,
01:10:56:01	01:10:52:10	1337	ואפילו פעם אחת נמצא איזושהי עדות לחיים
01:10:58:02	01:10:56:03	1338	שהם בלתי תלויים,
01:11:01:09	01:10:58:04	1339	שההיווצרות שלהם היא בלתי תלויה בכדור הארץ
01:11:06:02	01:11:01:11	1340	ולכן המאובנים האלה והבדיחה הזאת בין הנהגי רוברים שסיפרתי לכם,
01:11:08:21	01:11:06:12	1341	לכן אני רציתי לספר לכם את הסיפור הזה
01:11:11:24	01:11:08:23	1342	

כי המאובנים האלה זה בעצם
רק התבנית של החיים.

01:11:12:23 01:11:12:01 1343

רוב המאובנים הם כאלה.

01:11:15:17 01:11:13:00 1344

לא כולם, אבל רוב המאובנים
אין בהם באמת חומר ביולוגי

01:11:18:13 01:11:15:18 1345

אז אני לא יכול למפות
את הדנ"א של הדבר הזה.

01:11:20:24 01:11:18:15 1346

אז אני צריך איזושהי תגלית
שתוכיח לי

01:11:23:13 01:11:21:02 1347

שההיווצרות של החיים הזאת
היא באמת נפרדת

01:11:26:05 01:11:23:20 1348

מההיווצרות של חיים בכדור הארץ.

01:11:29:05 01:11:26:08 1349

ואם זה יקרה אפילו פעם אחת,
היקום כל כך גדול

01:11:32:20 01:11:29:08 1350

והיום אנחנו יודעים שיש
100 מיליארד כוכבים בגלקסיה שלנו

01:11:35:17 01:11:32:22 1351

ובערך לחצי מהכוכבים האלה
יש פלנטות

01:11:39:00 01:11:35:19 1352

ואני לא יודע איזה אחוז מהם
במרחק הנכון מהשמש

01:11:42:08 01:11:39:02 1353

ואנחנו יכולים להתווכח על מה זה
"ארט' לייק" ומה זה לא "ארט' לייק",

01:11:43:17 01:11:42:10 1354

מה דומה מספיק לכדור הארץ
ומה לא.

01:11:44:16 01:11:43:21 1355

נעשה את כל הוויכוחים האלה,

01:11:50:18 01:11:44:18 1356

בסוף יצאו לנו המון המון מקומות
בגלקסיה שלנו וגם בגלקסיות אחרות

01:11:53:15 01:11:51:02 1357

שהתנאים הם נכונים.

01:11:58:02 01:11:54:11 1358

אז מספיק שנמצא, אני חושב,
אפילו דוגמה אחת שבה זה קרה,

01:12:03:24 01:11:58:17 1359

ואז אני חושב שאנחנו חייבים להסיק

שהיקום שוקק חיים.

01:12:05:13 01:12:04:15 1360

תודה.