



כדי לחפש חיים על מאדים... חוקרים את החיים בכדור הארץ!

Michael C. Macey^{1*}, Ann Grand¹, Mark Fox-Powell^{1,2}, Nisha K. Ramkissoon¹, Claire R. Cousins² ו Karen Olsson-Francis¹

¹הפקולטה למדעים, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה, האוניברסיטה הפתוחה לאסטרוביולוגיה (AstrobiologyOU), האוניברסיטה הפתוחה, מילטון קינס, אנגליה

²בית הספר למדעי כדור הארץ והסביבה, אוניברסיטת סנט אנדרוז, סנט אנדרוז, אנגליה

סוקרים צעירים

FAYDH MOHAMMED
גיל: 15



GINNY
גיל: 12



כוכב מאדים של ימינו הוא סביבה יבשה ואכזרית, ללא מים על פני השטח. אולם לפני מיליוני שנים, ייתכן שזו הייתה סביבה עשירה במים, כמו כדור הארץ. מדענים מאמינים כי כאשר כוכב מאדים איבד מים, המים הנותרים הפכו יותר ויותר מלוחים ועשירים בגופרית. חקירת סביבות על פני כדור הארץ שהן בעלות מאפיינים כימיים דומים, מאפשרת לנו לפתח השערות לגבי התקיימות חיים במאדים. במחקר שלנו, חקרנו את קאלר פיק (Colour Peak) – מערכת מעיינות של מים מלוחים ועשירים בגופרית, הנמצאת בצפון הארכיפלג הארקטי הקנדי. בסביבה זו חיים חיידקים המשתמשים בגופרית כמקור אנרגיה. באמצעות חקירת דגימות של מים ומשקעים מאזור זה, הצלחנו לאשר כי חיידקים המשתמשים בגופרית כמקור אנרגיה היו יכולים, פוטנציאלית, לחיות על מאדים. מדענים שעוסקים בניתוח המידע המתקבל ממשימות במאדים יכולים להיעזר בתוצאות הללו כדי לזהות רגשות לקיומם של חיים קדומים על כוכב זה.

המים של מאדים

כל היצורים החיים זקוקים למים. מאז 1971, תשע גְּשׁוּשִׁיּוֹת (חלליות מחקר בלתי מאוישות) נחתו על מאדים בהצלחה, ונכון לזמן כתיבת מאמר זה, ישנם 14 לוויינים שחגים סביב הכוכב. נכון להיום, באף אחת מהמשימות הללו לא נמצאו רָאִיּוֹת למים או לקיום חיים על פני השטח. עם זה במסגרת משימות אלה התגלו על פני מאדים תצורות שטח (כמו אגני נהרות), וכן מינרלים וסלעים סופחי מים (כמו חֶמֶר), אשר עשויים להוות הוכחה להימצאות מים [1]. מדענים מאמינים כי לפני מיליארדי שנים, היו מים על מאדים.

כוכב מאדים איבד את המים שהיו עליו בעקבות איבוד חלקי של האטמוספירה שלו, אך הודות למידע שנאסף במשימות המחקר, למדענים יש מושג מה היו התנאים הסביבתיים על מאדים כשהכוכב היה צעיר. המדענים סבורים שכאשר המים התחילו להתאדות, הם הפכו מלוחים (לפחות פי שניים ממי הים בכדור הארץ), ועשירים בגופרית, במיוחד בתצורה של סולְפִיד. זהו הכימיקל הנותן את הריח בביצים סרוחות! אנו גם יודעים כי יסודות הבסיס הדרושים לחיים על כדור הארץ (פחמן, מימן, חנקן, חמצן, זרחן וגופרית; או בקיצור של ראשי התיבות שלהם באנגלית – CHNOPS), זהו כולם באבנים ובסוגי אדמה על מאדים.

CHONPS

קיצור לשמותיהם באנגלית של היסודות: פחמן, מימן, חמצן, חנקן, זרחן וגופרית. אלה נחשבים יסודות הבסיס לחיים, כיוון שהם מהווים 98% בקירוב מכלל המולקולות בתאים חיים.

אם התקיימו פעם חיים במאדים, אזי הם התרחשו בתוך גופי מים או לידם, וייתכן כי האורגניזמים הפוטנציאליים תושבי מאדים, הותירו עדויות לקיומם. לפני שאנו שולחים משימות מחקר למאדים כדי לחפש אחר סימני חיים, מוטב שיהיה לנו מושג איזה סוג של סימנים עלינו לחפש. חשוב להתכונן, משום ששיגור משימת מחקר למאדים הוא דבר מורכב ויקר להפליא. כצעד ראשון בהכנות, המדענים חוקרים את הסביבות בכדור הארץ שבהן הכימיה של המים דומה לזו של כוכב מאדים הקדום. אין סביבה זהה לגמרי על פני כדור הארץ, אך ישנן סביבות רבות הדומות מספיק כדי לעזור לנו לפתח הבנה של המים על פני מאדים, ואם חיים יכלו אי פעם להתקיים על הכוכב.

מחקר סביבות חיים דומות למאדים בכדור הארץ

אחת הסביבות הללו היא מערכת המעיינות קאלר פיק שבאי אַקְסֶל הַיִּיֶרְג, בצפון הארכיפלג הארקטי הקנדי (איור 1), שבה המים מלוחים מאוד ועשירים בגופרית. טמפרטורת האוויר הממוצעת בקאלר פיק עומדת על (-20) מעלות צלזיוס. בחורף, הטמפרטורה יכולה להגיע ל-(-40) מעלות, אך מי המעיינות לעולם לא קופאים, כיוון שיש בהם אחוזי מלח גבוהים (בדומה לפיזור מלח על כבישים כדי שקרח לא יצטבר עליהם) [2, 3]. אספנו דגימות משקעים ומים מקאלר פיק, ואָחֶסְנוֹ אותם בטמפרטורה נמוכה עד הגיעם למעבדה באנגליה.

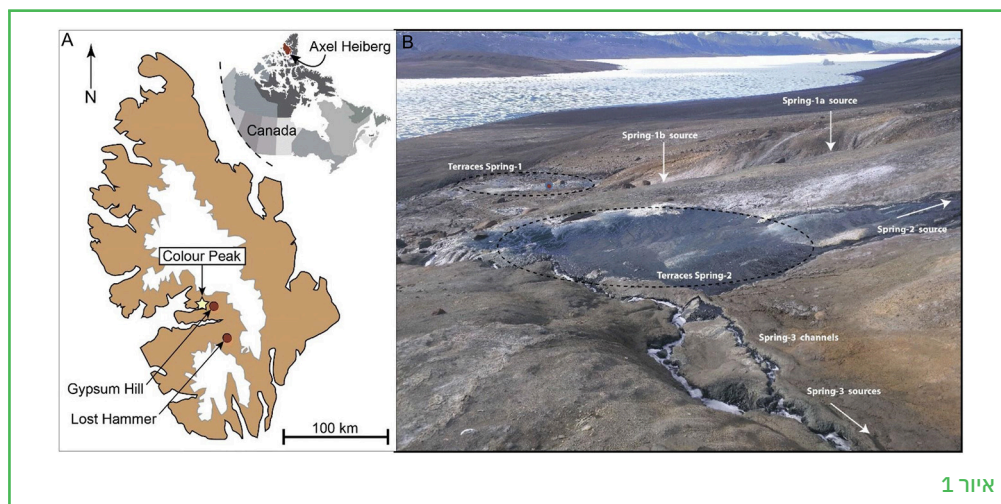
ניתחנו את ההרכב הכימי של המים ממעיינות קאלר פיק באמצעות שיטה המכונה סֶפֶקְטְרוֹסְקוֹפִיית פליטה אופטית של פְּלַזְמָה מְצוּמְדֵת אֵינְדוּקְטִיבִית (ICP-OES). בטכניקה זו, מחממים מים כדי ליצור פלזמה (גז חם מאוד וטעון חשמלית), ומזהים צבעים מסוימים של אור שכל אלמנט במים פולט. בהתבסס על נתונים גיאולוגיים מפני השטח של מאדים שנאספו באמצעות הגְּשׁוּשִׁיּוֹת קִיּוּרְיוֹסִיטִי של נאס"א (סוכנות החלל של ארה"ב), השתמשנו בתוכנת מחשב ליצירת מוֹדֵל ההרכב הכימי של המים הקדומים במאדים [4]. הרכב המים המשוערים במאדים היה דומה להפליא להרכב המים שנדגמו מקאלר פיק. המשמעות היא

ספקטרוסקופיית פליטה אופטית של פלזמה מצומדת אינדוקטיבית [Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)]

שיטה מדעית שבה הופכים מים לפלזמה על ידי חימום (גז חם וטעון חשמלית), ומזהים את צבעי האור שכל יסוד פולט במים.

איור 1

האי אקסל הייברג ומעיינות קאלר פיק. (A) מפה של האי אקסל הייברג. הצבע החום מייצג את היבשה, והצבע הלבן מייצג את כיפות הקרח. מעיינות קאלר פיק מיוצגים על ידי כוכב, והנקודות האדומות מסמנות שני מעיינות מלוחים נוספים. (B) תמונה של קאלר פיק עם תוויות המציגות את מקורות המעינות. המפה נוצרה על ידי שינוי תמונה מ-Google Maps (Map Data @2020 Google) בעזרת התוכנה Illustrator Creative Cloud version 21.0.2. תמונות אלה הן עיבוד מ-Macey et al., [3], תחת רישיון creative commons 4.0 (creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



איור 1

שהחידקים החיים במעיינות קאלר פיק שורדים וגדלים בתנאים כמו אלה שאולי התקיימו פעם במאדים.

אילו חיים מתקיימים במי קאלר פיק?

זיהינו את החידקים שחיים במעיינות קאלר פיק, על ידי בחינת החומצה הדאוקסי ריבונוקלאית (DNA, דנ"א) שלהם. הסליל הכפול של הדנ"א מכיל את הקוד הגנטי אשר מורה לתאים לייצר סוגים רבים של חלבונים, ומווסת את שימושי החלבונים הללו בתפקודים התאיים. ישנו גן מרכזי אחד שמסייע לנו לזהות את החידקים החיים בסביבה מסוימת: גן *16S rRNA*. גן זה, הקיים אצל כל החידקים בשינויים קלים, ממלא תפקיד מרכזי בשכפול תא החידק ובגדילתו. כשאנו חוקרים אותו בסביבה כלשהי, ביכולתנו לזהות סוגים שונים של חידקים שחיים בה.

לפני שהתאפשר לנו לחקור את הגן, תחילה היה עלינו למצוא את הדנ"א מהחידקים הנמצאים בדגימות שלנו. כדי לעשות זאת, נאלצנו להתגבר על שתי בעיות עיקריות. ראשית, הדרך הרגילה למצוא דנ"א מתוך חידקים היא להשתמש בכימיקלים כדי לפרוץ את התאים כך שיישאר רק הדנ"א. ריכוז המלח הגבוה במי קאלר פיק גרם לכמה מהכימיקלים הללו להגיב בדרכים מוזרות, ומשמעות הדבר הייתה שלא יכולנו לאסוף דנ"א כלל. שנית, כיוון שמי קאלר פיק קרים ומלוחים, הדנ"א מחידקים שהתפוצצו ומתו לפני אלפי שנים השתמר, ולא הצלחנו להבדיל בין דנ"א של חידקים שמתו מזמן, לבין זה של החידקים החיים [5].

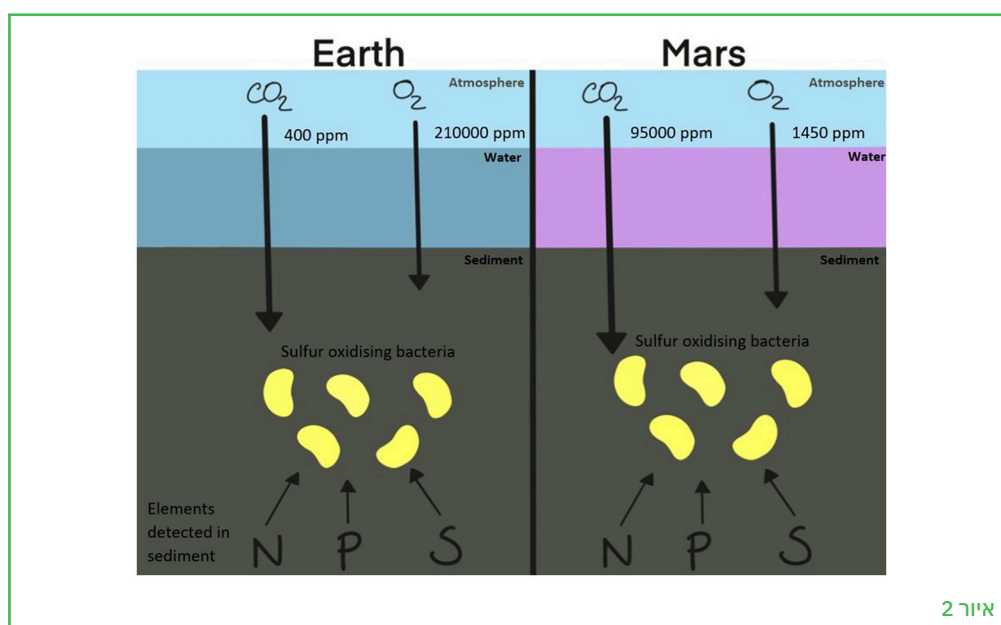
כדי להתגבר על הבעיה הראשונה, שטפנו את הדגימות במים טהורים במיוחד, במטרה לנקות את המלח מהחידקים. כדי לפתור את הבעיה השנייה, חקרנו את החומצה הריבונוקלאית (RNA, רנ"א) נוסף על הדנ"א. רנ"א הוא עותק סליל אחד של דנ"א (המורכב משני סלילים), שהתא קורא כדי לייצר חלבונים. רנ"א מתפרק במהירות רבה, אפילו בתנאי קור ומליחות גבוהה. לכן, חיפוש גן *16S rRNA* ברנ"א כמו גם בדנ"א, סייע לנו לדעת אילו חידקים היו חיים בזמן איסוף הדגימות. בשימוש בגישה זו, חשפנו במחקרנו כי רוב החידקים החיים בקאלר פיק שייכים לקבוצה המכונה **חידקים מחמצני-גופרית (SOB)** [3].

חידקים מחמצני-גופרית (Sulphur Oxidising Bacteria)

סוג של חידקים המשתמשים בגופרית כמקור אנרגיה.

מהי משמעות התוצאות הללו מבחינת מאדים?

חיידקים מחמצני-גופרית משתמשים בגופרית כמקור אנרגיה. בהתחשב בכמות הגופרית הרבה במי קאלר פיק, מתקבל על הדעת שזו דרך מוצלחת לחיות בסביבה שכזו. המים על כוכב מאדים הקדום ודאי הכילו אף הם כמויות גדולות של גופרית, ומכך משתמע כי מקור האנרגיה העיקרי של החיידקים מחמצני-הגופרית היה זמין עבורם. כמו צמחים, חיידקים מחמצני-גופרית רבים משיגים את הפחמן אשר לו הם זקוקים על ידי לכידתו מפחמן דו-חמצני המצוי באוויר. תהליך זה נקרא **אוטוטרופיה**. אוטוטרופיה עשויה להיות אסטרטגיה טובה גם על מאדים, הודות לכמות הגדולה של פחמן דו-חמצני הקיים באטמוספירה של כוכב זה [95,000 חלקים למיליון (ppm), בהשוואה ל-415 חלקים למיליון בכדור הארץ]. ישנם חיידקים מחמצני-גופרית שמסוגלים לגדול ללא חמצן (המצוי בכמות מועטה מאוד במאדים). במקום זאת, הם יכולים להשתמש בכימיקלים מבוססי-חנקן המכונים ניטראטים, אשר זוהו בסלעים במאדים (איור 2) [6].



איור 2

לאחר שהראינו כי חיידקים מחמצני-גופרית יכולים לשגשג במי קאלר פיק, ובידיעה כי כל היסודות הבסיסיים (CHNOPS) הנחוצים לגדילה נוכחים, חקרנו אם מודל גמי-מאדים שיצרנו אכן יצביע על האפשרות שחיידקים יגדלו שם. זה חשוב, מאחר שפרט לכך שחיידקים מחמצני-גופרית זקוקים ליסודות מסוימים, הם גם צריכים לייצר מספיק אנרגיה כדי לגדול. אם אנו יודעים מהו הריכוז של יסוד מסוים, ביכולתנו לחשב אם יש כמות מספקת מיסוד זה כדי לייצר את האנרגיה אשר לה החיידקים זקוקים. המשוואה המשמשת לחישוב האנרגיה נקראת **משוואת האנרגיה של גיבס**, שאותה פיתח המדען האמריקאי וילארד גיבס [8]. בעזרת משוואה זו ביכולתנו לקבוע כי לא זו בלבד שהחיידקים ייצרו מספיק אנרגיה כדי לגדול, אלא אף כי זהו סוג החיידקים היחיד שיכול לגדול במים בעלי תכונות מסוימות כאלו. באיור 3 תוכלו להתרשם ממערך המחקר שערכנו.

מקרא תוכן (מלמעלה למטה ומשמאל לימין): (לבן) נסיעה לאי אקסל הייברג – (לבן) איסוף דגימות מים ומשקעים ממעינות קאלר פיק – (אדום) יצירת מודל של גמי מאדים באמצעות

אוטוטרופיה (Autotrophy)

תהליך היצירה של תרכובות מורכבות (כלומר, אבני הבניין המרכיבות את התאים), מרכיבים פשוטים (כמו למשל פחמן דו-חמצני – CO₂).

איור 2

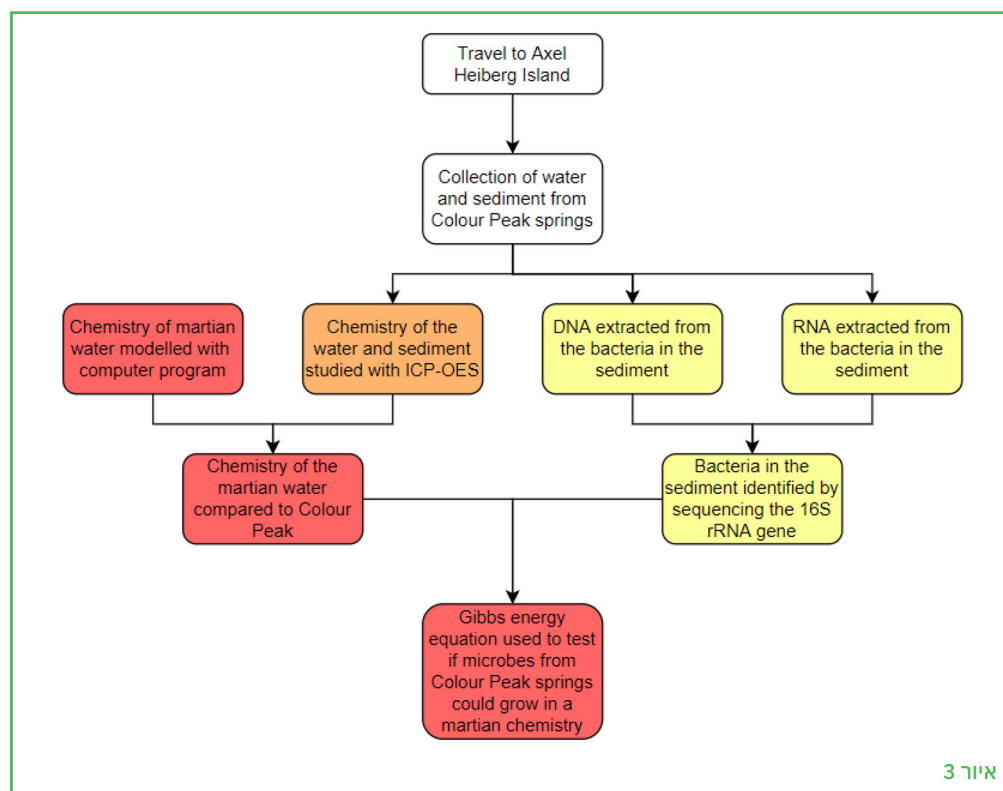
הצעה למקורות של יסודות החיוניים לחיים (CHNOPS) עבור החיידקים מחמצני-הגופרית, במעינות קאלר פיק ובסביבות המים האפשריות במאדים. נוכחות היסודות במשקעים (Elements detected in sediments), וריכוזי הפחמן הדו-חמצני (CO₂) והחמצן (O₂) באטמוספירה (Atmosphere) מתבססים על נתונים ממחקרים על אודות הסביבה בקאלר פיק, או על מידע ממשומות על פני השטח של מאדים [6, 7]. התמונות הללו הן עיבוד מ-Macey et al., [3], תחת רישיון creative commons 4.0 (creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Water = מים; Sediment = משקע; Sulphur Oxidising Bacteria = חיידקים מחמצני-גופרית =

משוואת האנרגיה של גיבס (Gibbs Energy Equation)

ניתן להשתמש במשוואה זו כדי לחשב כמה אנרגיה תייצר תגובה כימית מסוימת.

איור 3

שלבי המחקר. מקרא צבעים: עבודת שדה – לבן; שלבים מיקרוביולוגיים – צהוב; שלבים כימיים – כתום; המחקר שהתמקד במאדים – אדום.



איור 3

תוכנת מחשב – (כתום) חוקרים את הרכב המים והמשקעים באמצעות ספקטרוסקופיית פליטה אופטית של פלזמה מצומדת אינדוקטיבית (OES-ICP) – (צהוב) ממצים דנ"א מהחיידקים שבמשקעים – (צהוב) ממצים רנ"א מהחיידקים שבמשקעים – (אדום) עורכים השוואה בין ההרכב הכימי של מים מאדים לבין זה של מים קאלר פיק – (צהוב) מזהים את החיידקים שבמשקעים על ידי ריצוף הגן $rRNA\ 16S$ – (אדום) משתמשים במשוואת האנרגיה של גיבס כדי לבדוק אם מיקרואורגניזמים ממעיינות קאלר פיק היו יכולים לגדול בסביבה בעלת הרכב כימי כמו שיש במאדים.

זוהי תוצאה מלהיבה מאוד, משום שבתהליך הגדילה שלהם, חיידקים מחמצני-גופרית משנים את הכימיה של סביבתם המיידית. הדבר מספק ראיות להתקיימות חיים, בכלל זה היווצרות והצטברות של כימיקלים ומינרלים מסוימים, היכולים לשמש הוכחה לחיים הרבה אחרי שהחיידקים מתו [9, 10]. אם חיידקים כמו אלה מחמצני-הגופרית גדלו פעם במאדים, ייתכן שהם הותירו אחריהם במאדים ראיות דומות לאלה שהם מותירים אחריהם בכדור הארץ.

העתיד

חקרנו סביבה מסוימת בכדור הארץ (מי המעיינות המלוחים והעשירים בגופרית של קאלר פיק), הנחשבת דומה לסביבות שהתקיימו בכוכב מאדים הקדום (לפני 4.1-3.7 מיליארד שנים). ממחקר זה, הצלחנו להבין טוב יותר אילו סוגים של יצורים חיים יכלו לשרוד במאדים. על ידי שילוב של מיקרוביולוגיה, כימיה ויצירת מודלים, הראינו כי חיידקים מחמצני-גופרית

משגשים בגמי המעיינות הארקטיים הללו, ולכן, היו יכולים, פוטנציאלית, להתקיים במאדים הקדום.

בעודנו כותבים מאמר זה, שתי גִּשְׁשִׁיט (פְּרֶסְבִּירֶנס של נאס"א ו-טִיֶאֶנְוּ-1 של מנהל החלל הסיני), נחתו לאחרונה על מאדים. ייקח שנים רבות להבין את המידע שהגשושיות אוספות, ולקבוע אם אכן התקיימו חיים במאדים. זהו תהליך שיושלם על ידי הדורות הבאים של חוקרים צעירים. אנו נרגשים לחשוב כי עבודתנו והשיטות שלנו יתרמו להתמודדות עם אחת השאלות הגדולות ביותר של זמננו: האם אנו לבד ביקום?

מאמר המקור

Macey, M. C., Fox-Powell, M., Ramkissoon, N. K., Stephens, B. P., Barton, T., Schwenger, S. P., et al. 2020. The identification of sulfide oxidation as a potential metabolism driving primary production on late noachian mars. *Sci Rep.* 10:10941. doi: 10.1038/s41598-020-67815-8

מקורות

1. Carr, M. H., and Head, J. W. 2010. Geologic history of Mars. *Earth Planet Sci Lett.* 294:185–203. doi: 10.1016/j.epsl.2009.06.042
2. Perreault, N. N., Andersen, D. T., Pollard, W. H., Greer, C. W., and Whyte, L. G. 2007. Characterization of the prokaryotic diversity in cold saline perennial springs of the Canadian high arctic. *Appl Environ Microbiol.* 73:1532–43. doi: 10.1128/AEM.01729-06
3. Macey, M. C., Fox-Powell, M., Ramkissoon, N. K., Stephens, B. P., Barton, T., Schwenger, S. P., et al. 2020. The identification of sulfide oxidation as a potential metabolism driving primary production on late noachian mars. *Sci Rep.* 10:10941. doi: 10.1038/s41598-020-67815-8
4. Bridges, J. C., and Schwenger, S. P. 2012. The nakhlite hydrothermal brine on Mars. *Earth Planet Sci Lett.* 359–60:117–23. doi: 10.1016/j.epsl.2012.09.044
5. Willerslev, E., Hansen, A. J., Rønn, R., Brand, T. B., Barnes, I., Wiuf, C., et al. 2004. Long-term persistence of bacterial DNA. *Curr Biol.* 14:13–4. doi: 10.1016/j.cub.2003.12.012
6. Stern, J. C., Sutter, B., Freissinet, C., Navarro-González, R., McKay, C. P., Archer, P. D., et al. 2015. Evidence for indigenous nitrogen in sedimentary and aeolian deposits from the Curiosity rover investigations at Gale crater, Mars. *Proc Natl Acad Sci USA.* 112:4245–50. doi: 10.1073/pnas.1420932112
7. Mahaffy, P. R., Webster, C. R., Atreya, S. K., Franz, H., Wong, M., Conrad, P. G., et al. 2013. Abundance and isotopic composition of gases in the Martian atmosphere from the Curiosity rover. *Science.* 341:263–6. doi: 10.1126/science.1237966
8. McCollom, T. M. 2007. Geochemical constraints on sources of metabolic energy for chemolithoautotrophy in ultramafic-hosted deep-sea hydrothermal systems. *Astrobiology.* 7:933–50. doi: 10.1089/ast.2006.0119

9. Battler, M. M., Osinski, G. R., and Banerjee, N. R. 2013. Mineralogy of saline perennial cold springs on Axel Heiberg Island, Nunavut, Canada and implications for spring deposits on Mars. *Icarus*. 224:364–81. doi: 10.1016/j.icarus.2012.08.031
10. Pellerin, A., Antler, G., Holm, S. A., Findlay, A. J., Crockford, P. W., Turchyn, A. V., et al. 2019. Large sulfur isotope fractionation by bacterial sulfide oxidation. *Sci Adv*. 5:eaaw1480. doi: 10.1126/sciadv.aaw1480

פורסם אונליין: 17 בדצמבר 2024

נערך על ידי: Edward Gomez

מנחים מדעיים: Amal Dameer | Stefano Zapperi

ציטוט: Macey MC, Grand A, Fox-Powell M, Ramkissoon NK, Cousins CR | Olsson-Francis K (2024) כדי לחפש חיים על מאדים... חוקרים את החיים בכדור הארץ. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2021.665529-he

תורגם והותאם מ: Macey MC, Grand A, Fox-Powell M, Ramkissoon NK, Cousins CR and Olsson-Francis K (2021) Hunting for Life on Mars by Studying Life on Earth. *Front. Young Minds* 9:665529. doi: 10.3389/frym.2021.665529

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כל המחקר נערך בהעדר קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

זכויות יוצרים © Macey, Grand, Fox-Powell, Ramkissoon, Cousins | Olsson-Francis 2024. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

FAYDH MOHAMMED, גיל: 15

קוראים לי Faydh Mohammed. אני אוהב לעסוק במגוון סוגי ספורט, וללמוד דברים מעניינים. מלהב מטכנולוגיה, נהנה לחקור כלים טכנולוגיים חדשים וגאדג'טים, וגם עוסק מעט ברישומים אומנותיים. אני רוצה לפתח את שכלי ואת כישרונותי כדי שהמסלול שלי בשנים הבאות בבית הספר יהיה מספק. נרגש מאוד לעבוד בשיתוף עם פרונטירז – מדע לצעירים!

GINNY, גיל: 12

מאז שהייתי ילדה קטנה, גדלתי בעולם המדע וגיליתי את אהבתי למתמטיקה ולמחשבים. החלטתי להיות סוקרת כיוון שזה מקנה לי הזדמנות ללמוד כיצד מפרסמים מאמרים מדעיים. אני אוהבת לקרוא ולבלות עם חברי. מצפה מאוד לגלות אילו הרפתקאות העתיד צופן בחובו עבורי.



הכותבים



MICHAEL C. MACEY

Michael הוא מיקרוביולוג, שבמסגרת עבודתו באוניברסיטה הפתוחה לאסטרוֹבִיולוגיה (AstrobiologyOU), חוקר חיידקים שיכולים לחיות בסביבות קיצון בכדור הארץ, ובדק אם הם מסוגלים לגדול בתנאים של כוכב מאדים. בעבר, מיילק חקר חיידקים הקשורים לצמחים, ואת השפעתם על האטמוספירה. במהלך לימודי התואר הראשון שלו, השלים שנת חילופי סטודנטים, שבמהלכה חקר את חיידקי המעיים של תולעי אדמה. בשנה האחרונה לתואר הראשון, התמקד בנגיפים שמדביקים חיידקי אדמה. Michael הוא חבר פעיל באגודה למיקרוביולוגיה, והספר אשר הצית את העניין שגילה בעיסוק מקצועי בתחום זה הוא 'מיקרוֹקוֹסם' ('Microcosm'), מאת קארל צימר. [*michael.macey@open.ac.uk](mailto:michael.macey@open.ac.uk)



ANN GRAND

Ann היא מרצה בתחום החינוך לאסטרוֹבִיולוגיה, הפועלת לשילוב המחקר שנערך באוניברסיטה הפתוחה לאסטרוֹבִיולוגיה (AstrobiologyOU), במקורות לתוכניות לימודים בחינוך הפורמלי והא-פורמלי. המחקר שלה כולל כמה תחומים של הגנשת מדע ומעורבות ציבורית, אך היא מתמקדת במחקר זמין לכלל, ובדרך שבה חוקרים משתמשים במדיה הדיגיטלית ובכלים דיגיטליים כדי לחלוק עם הציבור את תוצאות מחקריהם.



MARK FOX-POWELL

Mark הוא חוקר עמית בקבוצת האסטרוֹבִיולוגיה (AstrobiologyOU), במסגרת האוניברסיטה הפתוחה. הוא חוקר תְּמִלְחוֹת (מים המלוחים בצורה טבעית), אשר יכולות להישאר במצב צבירה נזלי בטמפרטורות שמתחת לאפס, ולשמש בתי גידול ליצורים חיים בכל מערכת השמש. זאת לרבות מאדים, ומעטפות הקרח של עולמות, כמו למשל אחד הירחים של כוכב הַלְקֶת צֶדֶק – אירופה. מחקרו כולל ניסוי מעבדה, יצירת מודלים ממוחשבים, ולעיתים עבודת שטח באתרים בקוטב הצפוני, כמו מעיינות קאלר פיק. Mark למד ביולוגיה ימית באוניברסיטת פלימות', אנגליה, ומתעניין מאוד בתחומי מדע המפגישים בין ענפי מדע מסורתיים, כגון כימיה וביולוגיה.



NISHA K. RAMKISSOON

Nisha היא מדענית פְּלֶנֶטְרִית (של כוכבי לְקֶת), העובדת כיום ב-AstrobiologyOU שבאוניברסיטה הפתוחה. משלבת מודלים ממוחשבים עם ניסוי מעבדה, במטרה לחקור אם חיים מיקרוביאליים יכולים להתפתח במאדים, או באוקיינוס של הירח-לוויין של כוכב הלכת צדק – אירופה, ואילו חתימות ביולוגיות עשויות להעיד על קיומם. לפני שעסקה בכך, חקרה כיצד פגיעות מְטֵאוֹרִים במאדים עשויות להשפיע על התפתחות קרום הכוכב, ועל האטמוספירה שלו.



CLAIRE R. COUSINS

Claire היא מרצה בכירה בבית הספר למדעי כדור הארץ והסביבה באוניברסיטת סנט אנדרוז, סקוטלנד, שם היא עורכת מחקר בתחומי מדע פְּלֶנֶטְרִי ואסטרוֹבִיולוגיה. Claire חוקרת סביבות געשיות ואת החיים המתקיימים בהן. היא נעזרת בתנאי שטח דמויי-מאדים באיסלנד כדי לפתח מדעית את כלי ה-PanCam (מצלמה פנורמית) על גשושית רוזלינד פרנקלין 2022 של סוכנות החלל האירופית.



KAREN OLSSON-FRANCIS

Karen היא פרופסורית לְגֵאָ-מיקרוביולוגיה, וראשת תחום אסטרוֹבִיולוגיה באוניברסיטה הפתוחה. מתעניינת במיקרואורגניזמים ששורדים בסביבות קיצון. במהלך השנה החופשית שלה בניו זילנד,

פיתחה עניין באַקְסֶרְמוֹפִילִים (יצורים החיים בתנאי סביבה קיצוניים), וחקרה אקסטרמופילים במסגרת הדוקטורט שעשתה באוניברסיטת אוֹטְגוֹ בניו זילנד. זה הוביל אותה לשנתיים של חֶקֶר מיקרואורגניזמים בקיבות של פְּרוֹת (במטרה לנסות לעצור ייצור גז מְתָאן). לאחר מכן, חזרה לאנגליה ופתחה בקריירה באסטרוביולוגיה. Karen היא יושבת ראש הרשת הבריטית לגאו-מיקרוביולוגיה, וכן חֶבְרָה במכון האירופי לאסטרוביולוגיה, ובוועדות איגוד הרשת האירופית לאסטרוביולוגיה.

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK