

כיצד מְשֻׁטִים בדבורים? ישנם פרחים שְׁמֻרָמִים

João Marcelo Robazzi Bignelli Valente Aguiar*

המעבדה להתנהגות חרקים חברתיים ולאקולוגיה שלהם, המחלקה לביולוגיה, הפקולטה לפילוסופיה, למדעים ולשפה של ריביירו פרטו, אוניברסיטת סאו פאולו, סאו פאולו, ברזיל תקציר

סוקרים צעירים

MERCY
SCHOOL
INSTITUTE



גיל: 10–11

פרחים בדרך כלל מספקים למאביקים שלהם מזון, כמו צוף. אולם יש פרחים שְׁמֻשֻׁטִים במאביקיהם כדי שיאביקו אותם – בלי להציע להם כיבוד! פרחים 'רְמָאִים' מאותו הזן יכולים להופיע במגוון צבעים. זה עשוי לבלבל את המאביקים, כיוון שעליהם לבקר פרחים רבים עד שהם לומדים כי כל הצבעים הללו מייצגים פרחים רמאים. כדי לחקור זאת, אִמְנֵנוּ דבורים לבקר בפרחים מלאכותיים, שבצבעים שלהם יכולנו לשלוט. הדבורים למדו אִילוֹ צבעים מייצגים פרחים שאין בהם מזון, והעדיפו להסתכן ולבקר פרחים בצבעים חדשים, במקום אלה שהן כבר זיהו כרמאים. כמו כן, הדבורים ביקרו ביותר פרחים ובילו זמן רב יותר בביקור כאשר הציגו להם פרחים בשני צבעים שונים, בהשוואה לפעמים שבהן היו רק פרחים בצבע אחד. הוכחנו כי הצגת פרחים בכמה צבעים היא אסטרטגיה טובה כשרוצים לשטות במאביקים, ועל ידי כך להגדיל את מספר אירועי ההאָבְקָה.

פרחים ומאביקים

אם תקדישו מעט זמן כדי להביט בגינה עם צמחים המצויים בפריחה, ייתכן שתראו חיות וחרקים המבקרים בפרחים, בכלל זה דבורים, פרפרים, חיפושיות וציפורים. קרוב לוודאי שהיצורים הללו מחפשים אוכל בפרחים; כנראה צוף. כאשר אחת החיות האלה מתעופפת מפרח אחד לפרח אחר מאותו הזן, היא עוזרת לצמחים להתרבות באמצעות האבקה. חיות מאביקות אוספות ומשנעות אבקנים אשר יכולים להפירות את הביציות של הפרחים הבאים שאותם הן מבקרות. אבקנים וביציות הם תאים מיוחדים. כאשר הם נפגשים בתהליך ההאבקה, נוצר פרי.

איך החיות הללו בוחרות באילו צמחים לבקר? בדומה לבני אדם, למאביקים יש חושים שיכולים לשמש אותם לזיהוי צמחים, כמו חוש הראייה וחוש הריח. הם גם יכולים ללמוד אילו צבעים וריחות קיימים בפרחים שמכילים מזון. אם הם זוכרים את הסממנים הללו, מאביקים יכולים לבחור בפרחים הבא שיבקר, וכך באפשרותם להתיעל כמה שיותר בהשגת מזון.

האם אפשר לְבַטֵּחַ בכל הפרחים?

לא כל הפרחים מספקים למאביקים צוף. ישנם פרחים רמאים, המְשִׁטִים במאביקים כך שיאביקו אותם, בלי לספק להם מזון בתמורה [1]. הפרחים הרמאים לכאורה הללו, התגלו לפני זמן רב, ומדענים מגלים בהם עניין זה שנים רבות. באותו אופן שבו מאביקים יכולים ללמוד כי צבעים וריחות מסוימים של פרחים מצביעים על נוכחות מזון, כך ביכולתם ללמוד כי סימנים מסוימים שפרחים רמאים מְשִׁדְרִים, מעידים על כך שאין בהם מזון. לכן, הצמחים הרמאים צריכים לפתח אסטרטגיות כדי לשטות במאביקים כך שיאביקו אותם.

למטרה זו, הצמחים משתמשים בשתי אסטרטגיות עיקריות. ראשית, פרחים רמאים יכולים לחקות את צבעיהם וריחותיהם של פרחים אחרים שכן מספקים מזון למאביקיהם. נכנה זאת 'אסטרטגיית החיקוי'. שנית, פרחים רמאים יכולים להציג כלפי חוץ סממנים כלליים, כמו צבעים וריחות מושכים, שאינם מחקים פרח אחר מסוים, אלא מסמנים למאביקים שיכול להימצא אצלם מזון. נכנה זאת 'אסטרטגיית הסממנים הכלליים'.

צמחים שמשמשים באסטרטגיית הסממנים הכלליים, לעיתים קרובות מציגים את פרחיהם בצורות שונות [1]. לדוגמה, צמחים יחידים מאותו זן רמאי עשויים להציג פרחים בצבעים שונים – לצמח אחד עשויים להיות פרחים אדומים, ולאחר, פרחים לבנים. ההבדלים הללו בין פרחים מאותו הזן נקראים פולימורפיזם, והם עשויים להתרחש לא רק בצבעים, אלא גם בריחות! בשנות ה-70 של המאה הקודמת, המדען הגרמני ברנד היינריך העלה השערה שלפיה פרחים פולימורפים יכולים לסייע לצמחים רמאים, כיוון שלמאביקים קשה יותר ללמוד כי כל הפרחים השונים אינם מכילים מזון [2]. במילים אחרות, המאביק יצטרך לבקר בכל פרח שונה כדי להבין שאין בו מזון זמין, ובתהליך, סביר יותר להניח שיאביק את הצמחים. שיטה חכמה, נכון?!

צוף

(Nectar)

חומר המכיל סוכר, שפרחים מציעים בדרך כלל למאביקים שלהם. צוף הוא מקור אנרגיה מצוין, ודבורים משתמשות בו לייצור דבש.

האבקה

(Pollination)

הדרך שבה רוב הצמחים בעלי הפרחים מתרבים. זו הפעולה של הבאת האבקנים אל הביציות, במטרה להפירות את הפרח. ברוב המקרים, מתבצעת על ידי חיה המבקרת בפרח, המכונה 'מאביק'.

אבקנים

(Pollen)

המבנה הצהוב והאבקתי בפרח, המכיל את המידע הגנטי הזכרי של הצמח. המאביקים יכולים לשאת את האבקנים מפרח לפרח בתהליך ההאבקה.

ביציות

(Ovule)

מבנה הנמצא בתוך הפרח, המכיל את המידע הגנטי הנקבי של הצמח. הביציות מופרות על ידי האבקנים, ומפתחות לכדי פרי.

פולימורפיזם

(Polymorphisms)

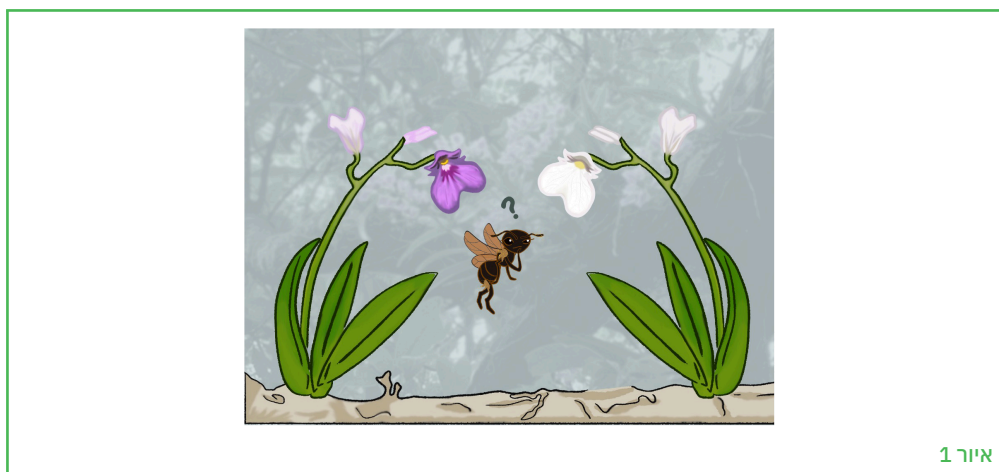
צורות ההתבטאות השונות של אותו הזן. לדוגמה, מגוון צבעי העיניים אצל אנשים שונים הוא פולימורפיזם.

חקירת מנגנון הרמאות

על בסיס הרעיון של היינריך, החלטנו לחקור אם המאביקים יתבלבלו כאשר נציג בפניהם פרחים בצבעים שונים, ללא מזון (איור – (איור 1). כך, אולי יבקרו ביותר פרחים, מאשר אם כל הפרחים הרמאים היו באותו הצבע. כדי לחקור זאת, השתמשנו בדוגמה של סחלב רמאי עם פולימורפיזם בצבעים, המציג הן פרחים לבנים והן פרחים סגולים (איור 2A) [3]. בברזיל, דבורים רבות מבקרות בסחלב זה, לרבות מזן מעניין השונה מאוד מדבורת הדבש הנפוצה. השוני מתבטא בגודלו של זן דבורים זה (הוא הרבה יותר קטן); בצבעו (כולו שחור), ובכך שאין לו עוקץ (איור 2B). זהו הזן שבו השתמשנו בניסויים שלנו.

איור 1

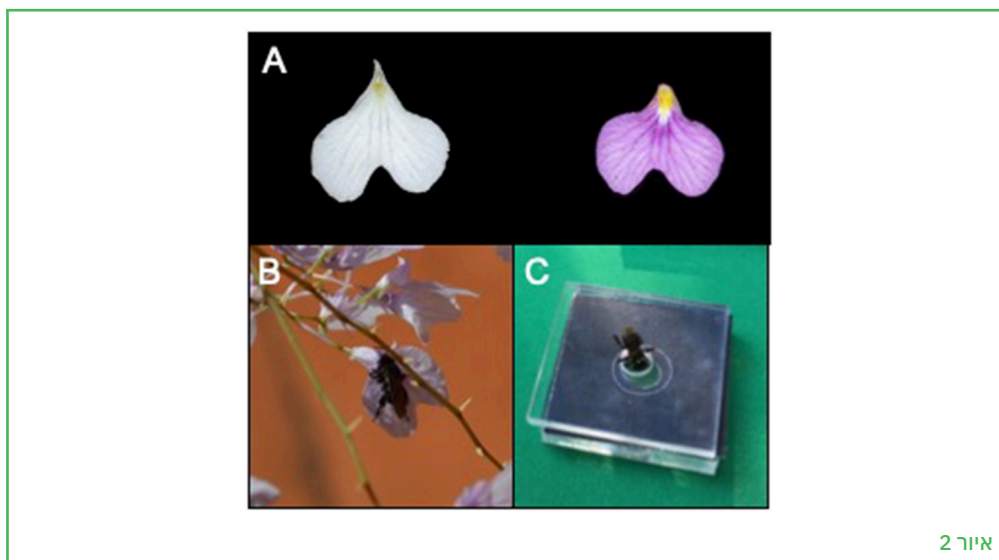
כשדבורה מחפשת מזון, עליה לבחור באילו פרחים לבקר. מצב שבו יש פרחים רמאים שאין בהם מזון, עשוי להיות קשה מאוד עבור הדבורה. המצב מסתבך אף יותר כאשר יש פרחים רמאים ביותר מצבע אחד, שאותם הדבורה צריכה להכיר! (קרדיט לאיור: Juliana Maltoni).



איור 1

איור 2

דבורים ופרחים במערך הניסוי שלנו. (A) פרחי הסחלב הרמאי מתבטאים בפולימורפיזם בצבעים לבן וסגול. (B) זן הדבורה ששימש אותנו במחקרנו, במהלך ביקור בפרח הסחלב. (C) דבורה מבקרת בפרח מלאכותי עם נייר בצבע אפור. בניסוינו, שינינו את צבע הנייר ללבן או לסגול, כדי לחקות את צבעי הסחלב. הדבורה מסומנת בשתי מקודות צהובות, וכך אנו יודעים איזו דבורה נמצאת באימונים בזמן נתון.



איור 2

זה שנים שמדענים יודעים כי דבורים מסוגלות להבחין בצבעים [4]. לכן, השתמשנו בצידוד מיוחד למדידת הצבעים המדויקים של פרחי הסחלב, כדי שנוכל לשחזר את הצבעים הללו בניסויים שלנו.

אימונים לדבורים

האם ידעתם כי בדומה לאילוף כלבים, אפשר לאמן דבורים לבצע תרגילים בתמורה לתגמול [5]? למעשה, כך מדענים גילו לראשונה כי דבורים יכולות לראות צבעים [4, 6]. המדענים הללו אימנו דבורים לבקר בניירות בצבעים שונים, בניסויים דומים מאוד לאלה שבהם השתמשנו במחקרנו. בניסוי שלנו, יצרנו פרח מלאכותי שיכולנו לשנות את צבעו, על ידי שימוש בפיסות נייר בצבעים שונים. התאמנו את הצבעים לצבעיו של הסחלב הרמאי (איור 2C). בתור תגמול, הנחנו מי סוכר בתוך הפרחים המלאכותיים. כשרצינו שהדבורים ילמדו שאין מזון בפרחים, השתמשנו במקום זאת במים רגילים.

מסתכנים במפגש עם הלא-נודע

במסגרת ניסוינו, השתמשנו בכוורות הנמצאות בגינה שמול מעבדת המחקר שלנו. היתרון באימון דבורים הוא שהן תמיד חוזרות לכוורת שלהן, לכן איננו צריכים לדאוג שיברחו במהלך הניסוי! השלמת כל הניסויים הצריכה עבודה קשה, וארכה כשנתיים.

ראשית, אָמְנו את הדבורים לבקר בפרחים מלאכותיים עם מי סוכר, אך ללא נייר צבעוני, כדי שילמדו שהפרח המלאכותי הוא מקור למזון. השתמשנו בסוג מיוחד של מי סוכר ללא ריח, כך שהדבורים לא יוכלו להריח את הפרחים. עשינו זאת כדי שהדבורים לא ילמדו מהו הריח של הסוכר, משום שרצינו שיתרכזו במקום זאת בצבעי הפרח המלאכותי. לאחר שהדבורים למדו איך להשתמש בפרחים המלאכותיים, שינינו את הצבעים כך שיתאימו לצבעיו של אחד מפרחי הסחלב (נשתמש בלבן בתור דוגמה). כמו כן, החלפנו את מי הסוכר במים רגילים, כדי ללמד את הדבורים שהצבע הלבן מסמל שאין מזון.

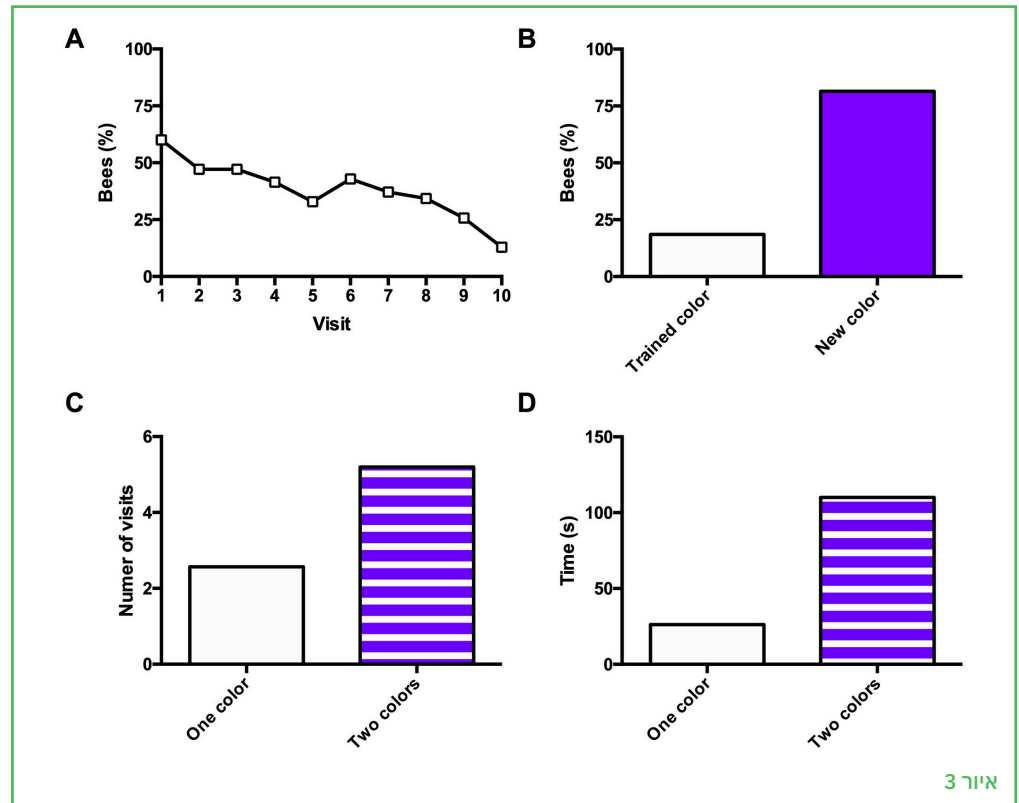
לאחר שהדבורים ביקרו ב-10 פרחים במהלך תקופת הלמידה, החלפנו את כל הפרחים הלבנים בשני פרחים עם מים רגילים: פרח אחד לבן, ופרח אחד סגול (התואם בצבעו לפרח הסגול של הסחלב). ביקשנו לראות אם יש סיכוי גבוה יותר שהדבורים, שלמדו כי צבע לבן משמעו שאין מזון, יבקרו בפרח בעל הצבע החדש בחיפושן אחר מזון. כך דימינו את מה שהסחלב הרמאי עושה בטבע – הצגה של פרחים בצבעים שונים, שבאף אחד מהם אין מזון. מצאנו כי במהלך האימונים, הדבורים למדו לא לבקר בצבע שאין בו סוכר (איור 3A). כאשר בָּחַנו אותן עם פרחים בשני צבעים, הדבורים זכרו באיזה צבע לא לבקר – הן הסתכנו וביקרו בצבע החדש, למרות שלא ידעו אם ימצאו שם מזון (איור 3B).

צבעים רבים יותר מגבירים את ההאבקה

בניסוי אחר, לאחר שלימדנו את הדבורים לבקר בפרחים המלאכותיים, החלפנו את כל הפרחים בפרחים חדשים, שכולם היו באותו הצבע – לבן או סגול, או בקבוצת פרחים שחציה היה בצבע לבן וחציה בצבע סגול. בשני המקרים, בכל הפרחים היו מים רגילים. ציפינו שכאשר יהיו שני צבעים של פרחים הדבורים יבקרו ביותר פרחים, וייקח להן יותר זמן ללמוד כי שני הצבעים הללו מסמלים שאין מזון בפרח, בהשוואה לזמן הלימוד כשהיה רק צבע אחד של פרחים. ואכן, זה מה שראינו! כאשר היו שני צבעים של פרחים, הדבורים

איור 3

מצאי הניסויים. (A) אחוז הדבורים (Bees) המבקרות (visit) בצבע שבו אין מזון התמעט לאחר 10 ביקורים. משמעות הדבר היא שהדבורים למדו להימנע מהצבע הזה. **(B)** הדבורים המאומנות העדיפו לבקר בצבע חדש (New color) מאשר בצבע שהן למדו שאין בו מזון (Trained color). **(C)** כאשר הייתה אפשרות בחירה בין שני צבעים של פרחים רמאים (Two colors), הדבורים ערכו יותר ביקורים (Number of visits) וכן (D) בילו זמן (Time) רב יותר בביקורים, מאשר כשהוצג בפניהן רק צבע אחד (One color). הדבורים מעדיפות להסתכן ולבקר בצבע לא מוכר. דבר זה מקשה עליהן ללמוד באילו פרחים אין מזון, וכך גוברים סיכויי ההאבקה.



ערכו יותר ביקורים (איור 3C), ולקח להן יותר זמן להבחין שלא היה מזון בפרחים (איור 3D), בהשוואה לזמן הלימוד כשהיה רק צבע אחד של פרחים.

המסקנה: לרמאים צבעים רבים!

צמחים בדרך כלל כִּנים עם מאביקיהם, כיוון שהם מציעים להם מזון בתמורה לשירותי ההאבקה שלהם. אולם בטבע ישנם גם פרחים רמאים, שלא מספקים למאביקים שלהם מזון. במסגרת הניסויים שלנו, הראינו שכאשר אנו מציגים למאביקים פרחים בצבעים שונים, אנו מקשים עליהם ללמוד כי צמח מסוים הוא רמאי. ככל שקשה יותר למאביק ללמוד זאת, כך עולים הסיכויים שהוא יבקר ביותר פרחים של הצמח הרמאי – ויאביק אותם! כאמור, רעיון זה הוצג לראשונה כהשערה על ידי המדען ברנד היינריך בשנות ה-70 של המאה ה-20, ואנו נרגשים מאוד לִאֶשֶׁש את רעיונותיו!

מאמר המקור

Aguiar, J. M. R. B. V., Giurfa, M., and Sazima, M. 2020. A cognitive analysis of deceptive pollination: associative mechanisms underlying pollinators' choices in non-rewarding colour polymorphic scenarios. *Sci. Rep.* 10:9476. doi: 10.1038/s41598-020-66356-4

מקורות

1. Jersáková, J., Johnson, S. D., and Kindlmann, P. 2006. Mechanisms and evolution of deceptive pollination in orchids. *Biol. Rev.* 81:219–35. doi: 10.1017/S1464793105006986
2. Heinrich, B. 1975. Bee flowers: a hypothesis on flower variety and blooming times. *Evolution.* 29:325–34. doi: 10.2307/2407220
3. Aguiar, J. M. R. B. V., Giurfa, M., and Sazima, M. A cognitive analysis of deceptive pollination: associative mechanisms underlying pollinators' choices in non-rewarding colour polymorphic scenarios. *Sci. Rep.* 10:9476. doi: 10.1038/s41598-020-66356-4
4. Dyer, A. G., and Arikawa, K. 2014. A hundred years of color studies in insects: with thanks to Karl von Frisch and the workers he inspired. *J. Com. Physiol. A.* 200:409–10. doi: 10.1007/s00359-014-0913-3
5. Giurfa, M. 2007. Behavioral and neural analysis of associative learning in the honeybee: a taste from the magic well. *J. Com. Physiol. A.* 193:801–24. doi: 10.1007/s00359-007-0235-9
6. Giurfa, M., de Brito, A. G., de Brito, T. G., and de Brito Sanchez, M. G. 2021. Charles Henry Turner and the cognitive behavior of bees. *Apidologie.* 52:684–95. doi: 10.1007/s13592-021-00855-9

פורסם אונליין: 06 במרץ 2025

נערך על ידי: Pedro Morais

מנחים מדעיים: Fares Z. Najjar

ציטוט: Aguiar JMRBV (2025) כיצד מְשֻׁטֵּים בדבורים? ישנם פרחים שְׁמַרְמִים. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2022.745098-he

תורגם והתאם מ: Aguiar JMRBV (2022) Tricking the Bees: How Some Flowers Cheat. *Front. Young Minds* 10:745098. doi: 10.3389/frym.2022.745098

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

זכויות יוצרים © Aguiar 2025. 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

MERCY SCHOOL INSTITUTE, גיל: 10-11

אנו מנהיגים מהנים ודינמיים, אוהבים לבלות עם החברים שלנו.



הכותבים

JOÃO MARCELO ROBAZZI BIGNELLI VALENTE AGUIAR

בשנת 201, João קיבל את שני הדוקטורטים שלו – באקולוגיה, מאוניברסיטת קמפינס בברזיל, ובמדעי המוח מאוניברסיטת פול סבטייה, טולוז צרפת. כיום, הוא חוקר באוניברסיטת סאו פאולו שבברזיל; שם הוא מאמן דבורים במטרה לחקור כיצד הן בוחרות פרחים ומשנות אותם בתהליך ההאבקה. מחוץ לתחום המחקר, João אוהב בישול וריצה למרחקים ארוכים! [*jmrobazzi@gmail.com](mailto:jmrobazzi@gmail.com)

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



קרן משפחת

שעשוע

Shashua Family Foundation