



גן  
המדע  
ע"ש  
קלור

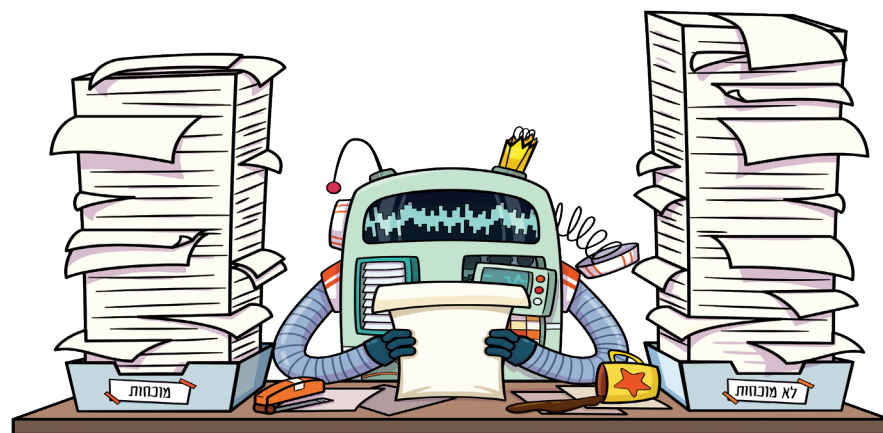


# אופס, טעינו! ככה עושים מדע

תערוכה בגן המדע  
ע"ש קלור דצמבר 2025

## תוכן עניינים

|    |                                                         |
|----|---------------------------------------------------------|
| 4  | מפת המוצגים בגן המדע.....                               |
| 5  | אופס טעינו! ככה עושים מדע / ניב נודלמן, יהל עצמון.....  |
| 6  | היסטוריה נשית / ד"ר עדי יניב.....                       |
| 8  | בריאה ספונטנית / ד"ר יונת אשחר.....                     |
| 10 | מוצג "הורים וצאצאים".....                               |
| 11 | עצמים כבדים לא נופלים לארץ מהר מדי / ד"ר יונת אשחר..... |
| 13 | מוצג "נפילה".....                                       |
| 14 | התפשטות היקום.....                                      |
| 15 | מוצג "דולות אישיות".....                                |
| 16 | שילוט דיגיטלי.....                                      |
| 17 | מלכת השמש.....                                          |





## הרחם לא אחראי למחלות נשיות / ד"ר עדי יניב

פעם חשבו שמגוון רחב של תסמינים שנשים חוו, ביניהם עילפון, עצבנות, נדודי שינה, קשיי נשימה, חוסר תיאבון ואובדן יצר המין (ליבידו), הם ביטויים של מחלה אחת, שקיבלה את השם "היסטריה" - מהמילה היוונית ל"רחם". שורשיה של התפיסה הזאת ביוון העתיקה, והיא הייתה נפוצה עד לתקופה הוויקטוריאנית, במחצית השנייה של המאה ה-19, יחד עם אמונה מוטעית נוספת שקשרה את התסמינים עם תאוריית נדידת הרחם.

על פי תיאוריית נדידת הרחם, הרחם משנה מפעם לפעם את מקומו בגוף האישה ובתוך כך מחולל תסמינים קשים כמו חנק, כאבי בטן ואף אובדן הכרה. התאוריה הזאת ביטאה חוסר הבנה של האנטומיה האנושית, ותפיסות מוטעות לגבי תפקוד מערכת הרבייה הנשית. טיפולים נפוצים היו עיסוי, איזון נוזלים באמצעות הנחת עלוקות, רקיחות צמחים, נישואין ולידה.

היום ידוע שהרחם אינו מסוגל לנדוד בגוף - הוא שוכן במשך כל חייה של האישה באגן הירכיים שלה. גם היסטריה נשית אינה מוכרת כאבחנה רפואית, אם כי המושג שרד בלשון הדיבור לציון תגובה רגשית שלילית מוגזמת, בדרך כלל של נשים. היחס של

הרפואה לגוף הנשי ולמיניות הנשית בימינו הוא בדרך כלל ענייני ובלתי מוטה, וקיימות יכולות טובות יותר לאבחנה ולטיפול במגוון הפרעות נפשיות ופיזיולוגיות. מגוון התסמינים שיוחסו בעבר להיסטריה ולנדידת הרחם מוסברים כיום על ידי מגוון בעיות רפואיות, שחלקן ייחודיות לנשים (למשל אנדומטריוזיס או מיומה) אך מרביתן בעיות אנושיות כלליות, כמו בעיות עיכול, הפרעות חרדה והפרעות אכילה.



## יצורים חיים לא נוצרים באופן ספונטני / ד"ר יונת אשחר

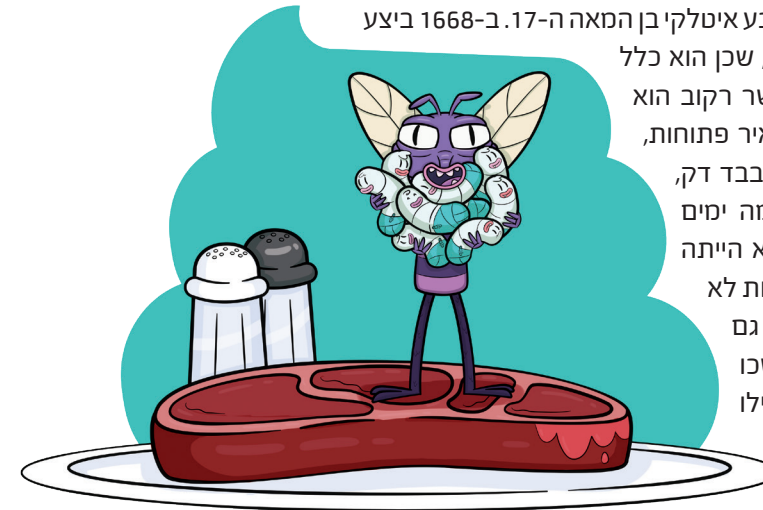
פעם חשבו שיצורים חיים יכולים להיווצר, באופן ספונטני, מחומרים דוממים. לנו זה אולי נשמע מוזר, ואפילו טיפשי. אבל חשבו על אנשים שחיו לפני אלף או אלפיים שנה ולא למדו ביולוגיה מעולם. יום אחד, אחרי לילה גשום במיוחד, הם הולכים מהבית לשדה ורואים שבבוקר לצד הדרך יש צפרדעים. אתמול לא היו שם צפרדעים, וגם לא היה בוקר. עכשיו יש בוקר, ופתאום יש הרבה צפרדעים. מסקנה: הצפרדעים נוצרו מהבוקר.

בדרך דומה הגיעו אנשים למסקנה שכנים נוצרות משיער, רימות מבשר רקוב, עכברים מגרעיני תבואה, וכן הלאה. אחרי הכול, אותם אנשים מעולם לא ראו את היצורים האלו בוקעים מביצה או נולדים - הם פשוט הופיעו יום אחד. התאוריה קיבלה חיזוק רציני מהפילוסוף היווני אריסטו, שטען שיצורים חיים עשויים להיווצר מ"חום חיוני" שקיים בחומר דומם, אם כי הוא הבהיר שבני אדם לא יכולים להיווצר כך.

עכשיו ידוע, כמובן, שיצורים חיים נוצרים מיצורים חיים אחרים, ולא מבוקר או מגרעינים. אבל הדרך אל התובנה הזו לא הייתה פשוטה. נדרשה עבודה של שלושה מדענים שונים כדי להפריך באופן חד-משמעי את תאוריית הבריאה הספונטנית.

הראשון מביניהם היה פרנצ'סקו רדי (Redi), חוקר טבע איטלקי בן המאה ה-17. ב-1668 ביצע

רדי את מה שמכונה לעיתים הניסוי המדעי הראשון, שכן הוא כלל קבוצת ביקורת. כדי לבדוק אם רימות נוצרות מבשר רקוב הוא הניח נתחי בשר בכמה צנצנות. חלק מהן הוא השאיר פתוחות, את חלקן סגר בפקק שעם, וקבוצה שלישית כיסה בבד דק, כך שאוויר היה יכול להיכנס, אבל לא חרקים. כמה ימים לאחר מכן, בצנצנות הפתוחות נראו רימות, אבל לא הייתה אף רימה בצנצנות הסגורות בשעם. רדי הבין שהרימות לא נוצרות מהבשר עצמו, שהרי אז הן היו מתפתחות גם בצנצנת סגורה. הוא שיער נכונה שהזבובים שנמשכו לבשר בצנצנות הפתוחות הם האחראים: הם הטילו ביצים בבשר, וממנו בקעו הרימות.



ומה לגבי הצנצנות שפיהן כוסו בבד דק? הן היו נקיות כמעט לחלוטין מרימות, אך רימה אחת או שתיים נראו בתוכן בכל זאת. רדי הסיק שהזבובים נמשכו לריח הבשר, ומכיוון שלא יכלו להיכנס לצנצנת הם הטילו ביצים על הבד, ואחדות מהן נפלו פנימה.

הייתם חושבים, אולי, שזה יהיה סופה של התאוריה של אריסטו. אך כמה שנים לאחר הניסוי של רדי, ההולנדי אנטוני ון-לוונהוק (van Leeuwenhoek) בנה את המיקרוסקופ הראשון, ובכל מקום שבו הסתכל גילה "אנימולקולים" קטנים, כלשונו - יצורים חיים מיקרוסקופיים, שהיום אנחנו יודעים שהם חיידקים ויצורים חד-תאיים אחרים. האם אותם יצורים מיקרוסקופיים נוצרים גם הם זה מזה, או שהם כן נבראים באופן ספונטני מחומר דומם, למשל הנוזל בו הם נמצאים? על כך כבר היה קשה יותר לענות.

ב-1765 פרסם לצרו ספלאנזאני (Spallanzani), גם הוא מאיטליה, מאמר מדעי שנועד להפריך את הרעיון שחיידקים נוצרים מחומר דומם. במאמרו הוא תיאר ניסוי שבו מילא כמה בקבוקים בתמיסה עם חומרי מזון,



שחיידקים יכולים לגדול בה. את הבקבוקים האלה הוא אטם, ואז טבל אותם בקדרה מלאה מים רותחים, כדי שהחום יקטול את כל החיידקים שנמצאים בהם. כשבדק את התמיסה לאחר החימום, אכן לא היו בהם "אנימולקולים" חיים. לעומת זאת, כשפתח את הבקבוקים והניח לאוויר, וליצורים הזעירים שבו, להיכנס פנימה, החיידקים שבו וגדלו בתמיסה.

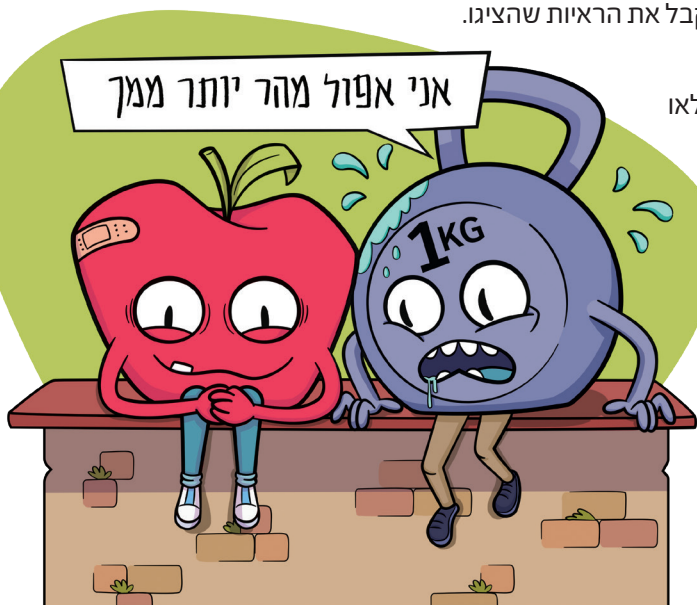
המסמר האחרון בארון הקבורה של הבריאה הספונטנית? עדיין לא. מדענים לא מעטים דבקו בכל זאת בעקשנות בתאוריה, וטענו שהחימום "הורס" בדרך כלשהי את האוויר, וגוזל ממנו את כוח החיים הפנימי, שהוא המוביל ליצירת חיים. על כן, אמרו, פתיחת הבקבוקים והכנסה של אוויר טרי מאפשרת לחיידקים להיווצר באופן ספונטני מהאוויר ומהתמיסה.

כמאה שנה לאחר הניסוי של ספלאנזאני נכנס לתמונה המדען השלישי והאחרון - לואי פסטר (Pasteur) הצרפתי. כדי לענות על הטענות בקשר להשפעת האוויר, הוא יצר בקבוקים מיוחדים עם צוואר דק ומפותל בצורת האות

## עצמים כבדים לא נופלים לארץ מהר יותר | איתי נבו

כשמתבוננים בטבע, קל מאוד לראות שדברים כבדים נופלים אחרת לגמרי מדברים קלים. עלים או נוצות נושרים מעדנות אל הקרקע, בעוד הפטיש שנפל לך על הרגל נוחת במהירות רבה ואכזרית. למדענים של ימי הביניים וקודמיהם גם היה על מה להסתמך. אריסטו, המלומד היווני החשוב שחי במאה הרביעית לפני הספירה, קבע כי מהירות הנפילה של עצמים בתוך תווך מסוים תלויה במסה שלהם. כלומר ככל שעצם כבד יותר הוא נופל מהר יותר. כל זה נשמע ונראה הגיוני מאוד כשחושבים על ההתנסויות היומיומיות שלנו, ואם אריסטו כתב את זה - זה כנראה נכון.

כבר בעת העתיקה ובימי הביניים לא חסרו מלומדים, באירופה וגם במקומות אחרים, שלא הסכימו לגמרי עם התפיסות של אריסטו. אבל הם נדחקו בדרך כלל לשוליים. כמו במקרים רבים אחרים, המדע והחברה היו צריכים להתפתח מספיק כדי להקשיב לקולות אחרים ולקבל את הראיות שהציגו.



הקול החדש המכריע במקרה הזה היה של גלילאו גליליי, המדען האיטלקי שתרגם תרומה מכריעה גם למהפכה ההליוצנטרית. את הניסוי המפורסם ביותר שלו גלילאו כנראה לא ביצע מעולם. יש הטוענים שהוא עשה אותו כניסוי מחשבתי בלבד, ואחרים אומרים שאפילו לא זה, אבל הניסוי הוזכר באחת הביוגרפיות המוקדמות שנכתבו על המדען המהולל, ונטמע מאז בזיכרון הקיבוצי. בין שהניסוי נעשה במציאות ובין שלא, הוא ממחיש היטב את העיקרון הפיזיקלי. לפי המסופר, גלילאו עמד על

5 השכובה על צידה. את הבקבוקים האלה הוא מילא בתמיסה מזינה וחיים אותם כדי להרוג את החיידקים שבתוכם, ממש כמו שעשה קודמו. האדים שעלו מהתמיסה יצאו מבעד לצוואר הארוך וחיטאו גם אותו. הקיטור התעבה והמים הצטברו בנקודה הנמוכה של הצוואר, שם שימשו כמעין מסנן. וכך, בעוד שהאוויר חדר לבקבוק דרך הצוואר הארוך, חלקיקי האבק והאורגניזמים שבאוויר התקשו לעבור אותו ולהגיע לתמיסה, שנשארה נקייה מחיידקים. כדי להוכיח את זה, פסטר היטה את אחד הבקבוקים כך שהתמיסה שטפה את החלק הפנימי של הצוואר הארוך - ובתור זמן קצר החלו חיידקים לגדול בה.

רוב הקהילה המדעית קיבלה את הניסוי של פסטר כהפרכה הסופית של תאוריית הבריאה הספונטנית. וכך, אחרי תלאות מתמשכות היה סוף כל סוף ברור לכול: יצורים חיים נוצרים מיצורים חיים.



### "הורים וצאצאים"

המוצג מזמין את המבקרים להתאים בין בעלי חיים בוגרים לצאצאיהם באמצעות מתיחת כבל בין ההורה לצאצא. המוצג ממוקם לצד הסבר על התאוריה ההיסטורית בבריאה ספונטנית, ועל הרעיון שיצורים חיים נוצרים מחומר דומם. "הורים וצאצאים" מציג את ההבנה המדעית המודרנית, שלפיה כל יצור חי נוצר מרבייה, מהורה אחד לפחות, גם אם מראהו הראשוני שונה מאוד מזה של הוריו.

מרפסת המגדל הנטוי בפיזה, עיר הולדתו, ושמת משם באותו רגע בדיוק שני כדורים בעלי מסה שונה. כפי ששיער, ובניגוד לתחזית של אריסטו, שני הכדורים הגיעו לקרקע יחד.

גם אם גלילאו לא עשה את הניסוי הזה, שאינו מתועד בכתביו, אין ספק שהוא עשה ניסויים דומים בגלגול כדורים במורד שיפועים. ואין גם ספק מה הסיק מהם. ספרו "שני מדעים חדשים", שיצא לאור ב-1638, מורכב בחלקו משיחות בין שלוש דמויות. בשיחות הללו אומר סגרדו, המייצג חלק מהתפיסות של גלילאו: "אני, שעשיתי את הניסויים, יכול להבטיח לך שכדור תותח ששוקל מאה או מאתיים ליברות, או אפילו יותר, לא יגיע לקרקע אפילו הרף עין מהר יותר מכדור רובה במשקל של חצי ליברה, אם ישמטו את שניהם מגובה של מאתיים אמות".

גלילאו לא הסתפק בתיאור הממצאים, אלא גם הסביר שהמקור לתפיסה השגויה היה שבעצמים קלים, במיוחד אם צורתם שונה מזאת של העצמים הכבדים, החיכוך עם האוויר מאט את מהירות נפילתם. הוא טען כי אם עצמים יפלו בריק (ואקום) הם יגיעו לקרקע ביחד, גם אם צורתם שונה. במכתב לעמית הוא אף הציג חישוב מתמטי שמראה כי המרחק שעובר גוף נופל פרופורציוני למשך הנפילה, לא למסה שלו.



בניגוד לחידושים אחרים, התפיסה הזאת שהציג גלילאו נקלטה די מהר, בין השאר בזכות עבודתו המהפכנית של אייזק ניוטון, שהציג את חוקי התנועה והכבידה. פיתוחן של משאבות הריק באותה תקופה אפשר להמחיש שגלילאו צדק בהחלט: בכלי ריק מאוויר, נוצה וכדור מתכת נופלים באותה מהירות. האסטרונוט האמריקאי דייוויד סקוט (Scott), מפקד החללית אפולו 15, הדגים את זה בשנת 1971 בניסוי שעשה על הירח, שם אין אטמוספירה. הוא שמט מידייו פטיש ונוצה באותו זמן, הראה שהם מגיעים יחד לקרקע וסיכם במילים "האדון גלילאו צדק".

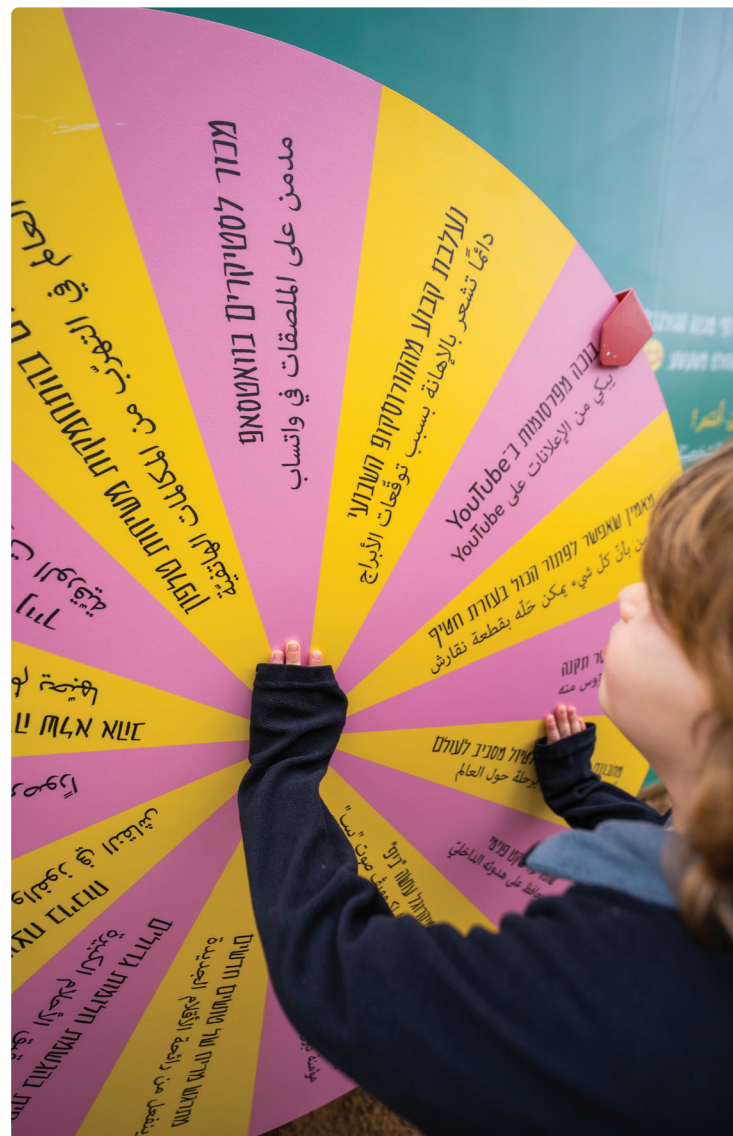
## נפילה

המוצג מזמין את המבקרים להפיל בויזמנית שתי קוביות זהות בצורתן אך שונות במסה, אחת ממתכת ואחת מעץ, ולבחון איזו מהן מגיעה ראשונה. הוא ממוקם לצד הסבר על התפיסה ההיסטורית שלפיה עצמים כבדים נופלים מהר יותר, ומאפשר למבקרים לאמת בעצמם את העיקרון הפיזיקלי המקובל כיום: כאשר שני גופים זהים בצורתם נופלים בהשפעת כוח הכבידה, זמן נפילתם זהה ואינו תלוי במסה.



## "רולטת אישיות"

המוצג מזמין את המבקרים לסובב רולטה ענקית החושפת "מידע" על אישיותם. חוויה קלילה זו ממחישה עד כמה תחום הפֶּרְנולוֹגְיָה - הניסיון לאבחן אישיות על פי מבנה הגולגולת - היה חסר בסיס מדעי, ושקול למעשה לסיבוב מקרי של גלגל מזל. עם זאת, אף שתחום זה התברר כשגוי, המחקרים שנערכו במסגרתו סייעו להבנת מבנה המוח והיו חלק חשוב בהתפתחות מדעי המוח.





### "מערכת השמש"

המוצג מזמין את המבקרים לסדר את כוכבי הלכת במסילות לפי מרחקם מן השמש, ולבדוק את הפתרון באמצעות סריקת הברקוד. המוצג מדגים את ההבנה המדעית המודרנית שלפיה כדור הארץ ושאר כוכבי הלכת מקיפים את השמש, בניגוד לתפיסה הגאוצנטרית רבת השנים שהעמידה את כדור הארץ במרכז.



### שילוט דיגיטלי במתחמי הגן

בכל אחד ממתחמי הגן שולב שילוט דיגיטלי מונפש המציג תיאוריה מדעית שבעבר נחשבה נכונה והתגלתה כשגויה, לצד ההסבר המדעי המודרני המקובל כיום. כל שלט מותאם לנושא המתחם שבו הוא מוצב, כך שהקשר בין הטעות ההיסטורית להבנה העכשווית מתחבר לחוויה הכוללת במתחם. בדרך זו מלווה התערוכה את המבקרים לאורך ביקורם בגן, ומציגה לפנייהם דוגמאות שונות להתפתחות הידע המדעי בכל אחד מן המתחמים.





## מחכים לכם ולכן בגן המדע ע"ש קלור



## צוות התערוכה

**אוצרות:** ניב נודלמן ויהל עצמון

**עיצוב גרפי:** טלי אפרים

**איור:** יוסי לגזיאל

**עיצוב מוצגים:** אוהד כברי

**פיתוח תוכן:** רמי שלהבת, ד"ר עדי יניב, ד"ר יונת אשחר, ד"ר נעם לויתן, איתי נבו, ד"ר אבי סאייג

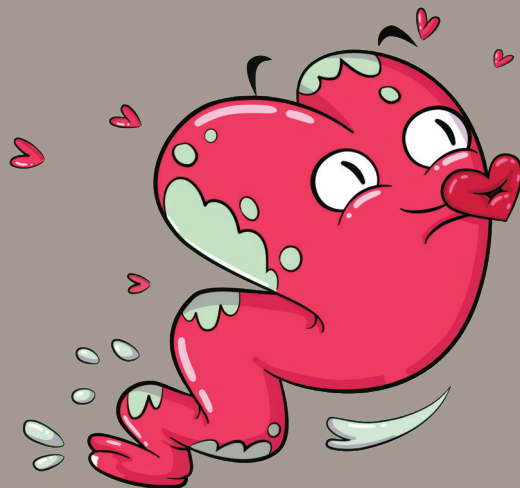
**תכנון ובינוי מוצגים:** יפתח צדפי וארנון רוביצ'ק

**התקנות ובינוי:** שי מסילתי, דניאל ליבני, אייל יהב

**דפוס:** דפוס כנען

**צילום:** נדב כהן יונתן





מחכים לכם ולכן בגן המדע ע"ש קלוד