

ביומימיקרי

לומדים מן הטבע ברמת הנדיב



כדי לייצב את המטוס באוויר בזמן טיסה, כופפו את קצות הכנפיים בדומה לכנפי העופות.

כתבו וצילמו: ד"ר סלעית רון

בשילוב קטעי הסבר (בצבע כחול) מתוך אתר החינוך של רמת הנדיב ואתר ארגון הביומימיקרי הישראלי

שחף ושחר נכנסו אל החדר שלי, וראו שאני מחזיקה בידי כל מיני דברים, חלקם מהטבע וחלקם מעשה ידי אדם.

"מה הדברים האלה?" שאלה שחר.

"זה ביומימיקרי" ענית לה. "ביו מה?" שאלה שחר.

"ביומימיקרי" אמרתי: "ביו = חי, טבע, מימיקרי = חיקוי; ביומימיקרי – חיקוי של הטבע.

יש הרבה המצאות שנולדו כתוצאה מזה שבני אדם התבוננו בטבע וראו דברים מעניינים, וניסו לחקות אותם."

"תני לי דוגמה" אמר שחף. "בשמחה" אמרתי. "בואו נצא לטיול ברמת הנדיב, נכיר יצורים שונים ונראה אילו המצאות פותחו בהשראתם."

"יופי" אמרו שחר ושחף, "בתנאי שנתחיל בדיר. שמענו שיש גדיים חדשים ואנחנו רוצים ללטף אותם."

"נהדר" אמרתי, "גם נלטף וגם נלמד על המצאה מעניינת שבני האדם למדו מהעזים."

"מה כבר אפשר ללמוד מעז?" שאלה שחר.

"מכל יצור בטבע אפשר ללמוד! כל היצורים מתמודדים עם אתגרים בסביבה – איך לנשום? איך לנוע? איך ומה לאכול? ועוד הרבה התמודדויות הנחוצות כדי לשרוד בסביבה. יצורים שלא התאימו לסביבתם נכחדו במהלך מיליוני שנות האבולוציה. למי ששרד

יש היום מנגנונים או מבנים שאפשר ללמוד מהם ולפתח בהשראתם המצאות מועילות."

"אז מה אפשר ללמוד מהעז?" שאלו יחד שחר ושחף.

"כשנגיע לדיר, אראה לכם המצאה

שפותחה בהשראת הטלפיים של העזים", ענית. "מה כבר מיוחד בטלפיים של עז?"

"אתן לכם רמז – היכן חיות העזים? ומה הן אוכלות?" "עזים... חיות בדיר" אמרה שחר. "נכון", אמרתי, "הן חיות בדיר אך הן יוצאות למרעה. לפני שהאדם בית אותן, דבר שקרה לפני כ-8,000 שנה, הן חיו בחורש הטבעי, על גבעות והרים, ובעצם גם היום. אם תתבוננו בעזים בשטח המרעה, תראו שהן מעדיפות לאכול שיחים וענפי עצים, ויש עזים שאפילו יודעות לטפס על עצים. מה לדעתכם צריך כדי לטפס על עצים ועל הרים תלולים?" "רגליים חזקות" אמר שחף. "אולי משהו בטלפיים שיעזור לעז לא להחליק במדרון ולהיאחז בענף כשהיא מטפסת?" אמרה שחר. "נכון, אתם צודקים. בואו ואראה לכם טלף של גדי צעיר ותיווכחו בעצמכם."

"אני רוצה להרים את הגדי" אמר שחף מיד.

"אין בעיה, ניתן לך גדי שנולד לפני כמה ימים בדיר של רמת הנדיב. אתה תחזיק אותו, ואנחנו נסתכל על הטלפיים שלו" אמרתי.

שחף מחזיק את הגדי



טלף של גדי





שחר ושחק עם האצטרובלים

"בבית הספר למדנו שלפני שעורכים ניסוי משערים השערה, כלומר חושבים מה תהיה התוצאה" אמרה שחר. "אני יודעת שאצטרובלים נפתחים באש, כי זה מה שקרה בשרפה בכרמל; אבל כאן מדובר במים, אז אולי יקרה ההפך? אולי הם ייסגרו?" הקשיתי. "אני דווקא חושב שכל מה ששמים במים סופג את המים, מתרחב ונפתח, לכן אני חושב שהאצטרובלים יפתחו" אמר שחר. "טוב, אז יש לנו שתי השערות" אמרתי; "אחת – שהאצטרובלים יפתחו, ואחת שהם ייסגרו. איך נבדוק את ההשערה שלנו?" "נכניס את האצטרובלים למים ונראה מה יקרה" אמרו שניהם.

"זה לוקח קצת זמן" אמרתי. "רוצים לעשות משהו אחר בינתיים?" "כן, בטח, רוצים לגלות עוד המצאות בהשראת הטבע. יש כאן עוד יצורים שבזכותם המציאו משהו מעניין?" "כמובן! האם שמעתם על זכוכית שלא מתלכלכת לעולם?" שאלתי. "לא" אמרו שחר ושחק, "יש דבר כזה?" "כן, זו המצאה בהשראת עלים של צמח מים יפה הדומה לנימפאה שלנו ונקרא לוטוס, ולהמצאה בהשראתו קוראים אפקט הלוטוס. בואו לבריכת המים ואספר לכם על ההמצאה החשובה הזאת."

צמח הלוטוס נקי תמיד, ללא שימוש בחומרי ניקוי וללא צוות ניקיון. כיצד? הלוטוס הוא פרח מים אופייני לאסיה. הוא גדל בדרך כלל בביצות ובמים רדודים, ולמרות המים הבוציים והמלוכלכים הוא תמיד נראה נקי, ועל כן הוא מסמל בבודהיזם טוהר. הבוטנאי הגרמני ויליאם ברטלוט מצא שללוטוס יש מנגנון של ניקוי עצמי הגורם לחלקיקי לכלוך להתנתק מעליו. גורמים מזהמים ורעלנים נשטפים ממשטח עלה הלוטוס על ידי הגשם, ואפילו על ידי אגלי הטל. ברטלוט כינה את התופעה "אפקט הלוטוס" (תופעת הלוטוס), ואף רשם עליה פטנט.

בין הסוליה הקדמית והאחורית, בצורת V הפוכה בקדמת הנעל, ומשטחים מחוספסים למניעת החלקה באופן מאוד דומה לרגלה של העז.

"זה ממש מעניין" אמרה שחר. "יש עוד המצאות שפותחו בהשראת הטבע?" "בוודאי" אמרתי. "אם נמשיך בטיול ברמת הנדיב נראה עצי אורן רבים שניטעו כאן לפני שנים רבות. גם בהשראת עץ האורן פותחה המצאה מעניינת. כדי ללמוד על ההמצאה הזאת, נעשה ניסוי בעזרת האצטרובלים שנפלו מעצי האורן. ניקח אצטרובלים פתוחים מעט ונכניס אותם לכלי עם מים. מה אתם חושבים שיקרה להם?"

עזים מסוגלות לטפס במדרון תלול כמעט ללא נקודות אחיזה, בזכות מבנה הטלפיים שלהן. צדי אצבעות הרגליים של העז עשויים קרטין קשה (החומר שממנו עשויות הציפורניים שלנו), בדומה לפרסה של סוס או צבי. המבנה הזה נראה כמו האות האנגלית V כשהיא הפוכה. העז נאחזת בעזרתו במשטח. אם היא מחליקה לאחור, ההחלקה נבלמת משום שהלחיצה של הרגל על הסלע מחולקת גם לצדדים בשל הצורה הייחודית שלה. לעז יש גם פרוות בלימה מחוספסות המסייעות במניעת החלקה, ושסע בין האצבעות הקדמיות לאחוריות המאפשר גמישות, אחיזה במשטח ויכולת טיפוס. על בסיס מבנה רגל העז פותחה נעל טיפוס הרים מיוחדת. לנעל יש הפרדה

צילום: משה אגמי





"זָה נֹרָא מַעֲנִיין, אַבֵּל אַנִי סַקְרָן לַדַּעַת מַה קָרָה בְּנִיסוּי"
אמר שחף.
"רגע, רגע, תראו משהו מעניין – כל השיחים מכוסים בקורי עכבישים" אמרה שחר.
"אתם יודעים שקורי העכביש הם הסיבים הכי חזקים בעולם?" שאלתי "בהשראתם מפתחים כיום סיבים חזקים מאוד".

העכביש טווה את רשתו בסיבים מסוגים שונים. קור עכביש דק פי 30 משערה אנושית (בתוך שערה אחת אפשר להכניס 30 קורים של עכביש), אך הוא בולט בחזקו. הוא מאוד קשיח וגם מאוד גמיש. קור עכביש חזק פי שישה מניילון ומפלדה באותו עובי, והוא יכול להימתח בכ-40 אחוזים מעבר לצורתו המקורית ולחזור לגודלו המקורי. בנוסף, קור העכביש עמיד לקור ואינו נשבר בטמפרטורות נמוכות.

באמצעות הבנת המבנה של קור העכביש נוכל לייצר סיבים חזקים עמידים וידידותיים לסביבה, לשימוש כחומרי תפירה, לניתוחים, למצנחים לפבלים, לגשרים ועוד.

"עכשיו בואו נחזור לניסוי שהעמדנו ונראה את התוצאות" אמרתי להם, וניגשנו אל הכלי עם האצטרובל.
"וואו" אמרו שחר ושחף, "האצטרובלים נסגרו לגמרי".
"נכון" אמרתי, "ההשערה של שחר הייתה נכונה. בחום גבוה וביובש האצטרובלים נפתחים, ובלחות ובמים הם נסגרים".

הזרעים של עץ האורן מתפתחים בתוך אצטרובלים. אצטרובל בוגר יכול להישאר סגור על ענפי האורן שנים רבות, וכך הזרעים שבתוכו מוגנים עד היום שבו הוא יפתח והזרעים ייפלו על האדמה. קשקשי האצטרובל יכולים להיפתח ולהיסגר בתגובה לשינויים במידת הלחות של האוויר. הם בנויים משתי שכבות שנבדלות זו מזו בתגובה שלהן ללחות וליובש.
כאשר האצטרובל מתחמם ומתייבש מאוד השכבה החיצונית מתכווצת יותר מן השכבה הפנימית, וכך האצטרובל נפתח.



צילם: אודי רן

בעלה רק בקצות הגבשושיות ולא בכל המשטח. על משטח חלק, טיפות המים מחליקות ולא מתגלגלות, ולכן הן לא אוספות בדרך חלקי לכלוך ומתרחש ניקוי עצמי. אפקט הלוטוס משמש השראה (דבר שגורם לנו לחשוב על דברים אחרים) לפיתוח מוצרים בעלי יכולת ניקוי עצמית שאינה תלויה בשימוש בחומרי סבון. הרעיון יושם (השתמשו בו) בפיתוח חומרים חדשים, כמו בדים, עץ וזכוכית דוחי מים. בין הפיתוחים ניתן לראות צבע שצובעים אתו דברים שנמצאים בחוץ והוא מתנקה מעצמו, ובד דוחה לכלוך.

עלי הלוטוס מכוסים בגבשושיות שעווה (החומר שממנו עשוי נר) דוחות מים, זעירות מאוד, בעלות קוטר של ננומטר אחד (באורך של מטר אחד יש מיליארד ננומטרים; תארו לכם כמה הן קטנות...). טיפות המים הנופלות על העלה מחליקות ומתגלגלות על הגבשושיות. תוך כדי ההתגלגלות שלהן המים אוספים חלקיקי לכלוך הניתקים מן העלה, ובכך מנקים אותו. מתברר שמשטחים מחוספסים בעלי בליטות ננומטריות נוטים להיות דוחי מים יותר ממשטחים חלקים. בגלל שטח המגע המוקטן בין המים למשטח, המים נוגעים



לו ניתן היה לייצר חבלים מקורי עכביש, היה מספיק עובי של חוט כמו בתמונה השמאלית, כדי לקבל חוזק המקביל לחבל עשוי ניילון ושנחשב לחזק מאוד) כמו בתמונה הימנית. צילם: אודי רן



רוצים ללמוד עוד על ביומימיקרי ולהמציא המצאות
בהשראת הטבע?

אתם מוזמנים לגלוש לאתרים הבאים:
אתר החינוך ברמת הנדיב:

[www.ramathanadiv-edu.org.il/hazav/
Biomimicry](http://www.ramathanadiv-edu.org.il/hazav/Biomimicry)

אתר ארגון הביומימיקרי הישראלי:
<http://biomimicry.org.il>

רמת הנדיב – על חוטם הפרמל, בין זיכרון יעקב
לבנימינה, שוכנת רמת הנדיב, פנינה של טבע המוקדשת
להנצחת זכרו של הברון בנימין (אדמונד) דה רוטשילד.
בחזון רמת הנדיב מודגשת המחויבות לקיים איזון בין
אדם וטבע. ברמת הנדיב מתקיימת פעילות מחקרית
ופעילות חינוכית ענפה בנושאי אקולוגיה וסביבה.
במסגרת פעילות זו פותחה תכנית לימודים לתלמידים
בני 10–15, העוסקת בנושא ביומימיקרי בשיתוף עם
ארגון הביומימיקרי הישראלי.

לפנס תלמידים בנושא ביומימיקרי שהתקיים ברמת
הנדיב ב-3.5.12 התכנסו 150 נציגי תלמידים מבתי ספר
יסודיים בכל רחבי הארץ, שלמדו את נושא הביומימיקרי
במשך כמה שבועות בהנחיית מדריכי תכנית קרב.
הנציגים הגיעו לרמת הנדיב להציג את ההמצאות שפיתחו
בהשראת הטבע. ההמצאות תעמודנה לשיפוט בפני
צוות מומחים שיבחנו את איכותן המדעית/טכנולוגית/
יישומית. הצוות הזוכה יערוך סיור לימודי בספארי.

הרכבת היפנית המהירה שינקנסן (Shinkansen Bullet Train) היא אחת הרכבות המהירות בעולם, והיא מגיעה למהירות של 320 קילומטרים בשעה. בכל פעם שהיא יוצאת ממנהרה אל האוויר הפתוח, נשמע גל רעש חזק ורועם, ממש כמו היום שנסמע בזמן שמטוס עובר את מהירות הקול.

הדבר קורה בגלל המעבר מאזור של לחץ אוויר גבוה, אשר נדחס במנהרה, אל אזור של לחץ האוויר הנמוך שמחוץ למנהרה. הרעש הזה הוא חזק מאוד, והוא מתפשט באוויר עד למרחק של 80 קילומטרים! ומכיוון שהרכבות חולפות פעמים רבות בכל יום, ודאי הבנתם שהרעש מפריע מאוד לתושבים.

המהנדס הראשי של הרכבת, שהוא גם חובב ציפורים נלהב, שאל את עצמו האם יש משהו בטבע שמצליח לעבור במהירות ובשקט ממקום של לחץ גבוה אל מקום של לחץ נמוך (או להפך). ואכן, מקור ההשראה לפתרון הבעיה היה השלדג, המזנק וצולל אל המים ברגע שהוא מבחין בדג או בבעל חיים אחר במים.

המבנה האווירודינמי של ראש השלדג ושל המקור המיוחד שלו גורם לשלדג להחליק אל המים בשקט, כמעט בלי להתזיז מים. בעזרת שיטות של הנדסה ממוחשבת עיצבו המהנדסים היפנים מחדש את חזיתו של קטר הרכבת היפנית.

מאז בונים בצורה דומה את כל הרכבות המהירות בעולם, וההפרעה הצטמצמה מאוד.



צילום: שגיא שגיב

