

## בידוד תרמי - כשהטבע פוגש את הטכנולוגיה

השנה היא 2040. שינויי האקלים הובילו לכך שחלקים נרחבים מהעולם סובלים מטמפרטורות קיצוניות, קור מקפיא בקטבים וחום לוחט במדבריות. צוותי חילוץ, מדענים ואסטרונאוטים זקוקים לדור הבא של הציוד התרמי.

**סוכנות "Nature-Tech" מגייסת אתכם!** אתם צוותי פיתוח ביומימיקרי שתפקידם להעתיק את טכנולוגיית השיא של הטבע ולהתאים אותה לגוף האדם.

שלום לצוות המדענים הצעירים! מוכנים לאתגר שבו הפיזיולוגיה פוגשת את העתיד?  
אני המלווה שלכם להאקתון - "Nature-Tech - אתגר הבידוד התרמי".  
המשימה שלכם, לעצב את "בגד העתיד" שיעזור לבני אדם לשרוד בתנאי קיצון, תוך שימוש בחוכמה של הטבע (ביומימיקרי - בהשראת הטבע).

### שלב 1: איך הגוף שלנו עושה את זה?

לפני שיוצאים לשטח, חייבים להכיר את המנגנונים של גוף האדם.

#### המשימה:

לפני שמתחילים לבנות, חייבים להבין את המנגנון. הגוף שלנו בעל מערכות פנימיות המסייעות לו לשמור על טמפרטורת גוף יציבה של כ-  $36^{\circ}\text{C}$  -  $37^{\circ}\text{C}$ . ברגע שחם לנו או קר לנו, המוח (שמהווה פמרכז בקרה) מפעיל מנגנונים בגוף המסייעים לנו להתמודד עם עומס חום או קור. למשל כשחם כלי דם מתרחבים (הזרמת חום לעור) וכן אנו מזיעים כשקר כלי הדם מתכווצים ויש רעד של השרירים.

נקודה למחשבה: כדי להתקדם עם הצעת פתרון לבעיה צריך תחילה להכיר את המנגנונים הטבעיים שקיימים אצלנו בגוף ומסייעים לנו לווסת את הטמפרטורה.  
מי שטרם התנסה ביחידה של [קסם החרס](#) - זהו גם כלי מצוין שצריך לעשות בו שימוש כדי לקדם את הפתרון.

זוכרים את ניסוי כד החרס? כד החרס "מזיע" דרך הנקבוביות שלו. באידי המים מדופן כלי החרס מושקעת אנרגיית חום וכך למעשה כד החרס מאבד מהטמפרטורה שלו. זהו בדיוק המנגנון הפיזיקלי של זיעה בגוף האדם!

רשמו לעצמכם לפחות 3 נקודות תורפה של גוף האדם בתנאי קיצון (למשל: איבוד נוזלים מהיר, כיווץ כלי דם שמפחית את כמות זרימת באברי הגוף כמו ברגליים).

## שלב 2: חקירת התאמות ביולוגיות (חקר ביומימיקרי)

בסביבות מחיה קיצוניות, שרדו לאורך הדורות בעלי חיים בעלי התאמות המאפשרות שמירה על הומאוסטזיס תרמי (מאזן חום תקין). התאמות אלו באות לידי ביטוי במבנה הגוף, בשינויי התנהגות ובמנגנונים פנימיים המבודדים את הגוף מהסביבה או מקררים אותו בעילות. בזכות היכולת לווסת את הטמפרטורה, מצליחים היצורים הללו לשמור על תפקוד מערכות תקין גם בתנאי חום או קור קיצוניים המאיימים על חייהם.

המשימה שלכם היא לנתח את המנגנונים הפיזיקליים והביולוגיים הללו ולתרגם אותם לפתרון טכנולוגי עבור גוף האדם.

קראו את המידע על בעלי החיים בטבלת השראה (ביומימיקרי) שלפניכם:

בעל חיים	סביבה	התאמה (מבנית/פיזיולוגית)	המנגנון הפיזיקלי	יישום טכנולוגי אפשרי
דוב קוטב	קור קיצוני	שערות חלולות ושקופות, עור בעל פיגמנטציה כהה.	לכידת אוויר (בידוד - צמצום הולכת חום) ובליעת קרינת שמש.	סיבים סינתטיים חלולים המדמים שכבת אוויר כלואה.
גמל	חום ויובש	פרווה צפופה בחלק העליון של הגוף.	חסימת קרינת שמש ישירה ויצירת שכבת בידוד המונעת כניסת חום מהסביבה לעור.	אריג רב-שכבתי בעל צפיפות משתנה להגנה מקרינה.
פיל אפריקאי	חום קיצוני	רשת כלי דם ענפה באפרכסות האוזניים (שטח פנים גדול ביחס לנפח).	הגברת פליטת חום לסביבה באמצעות הסעה (Convection) והקרנה.	מערכת צינורות זעירים (Micro-channels) המזרימים נוזל קירור.

טקסטיל "נושם" המגביר את קצב אידיוי הזיעה בנקודות אסטרטגיות.	קירור באמצעות אידיוי (תהליך אנדותרמי הצורך אנרגיית חום מהגוף).	הלחתה (אידיוי מים מהלשון ודרכי הנשימה).	חום	כלב
---	--	---	-----	-----

### דגשים מדעיים לצוותי הפיתוח של האקתון:

כדי שהמודל שלכם יהיה תקף מדעית, עליכם להתייחס בתיאור הפתרון למושגים הבאים:  
**מפל טמפרטורות:** החום נע תמיד מהגוף החם לקר. איך הבגד שלכם משפיע על כיוון וקצב מעבר החום?

**בידוד תרמי:** השתמשו במונח "צמצום הולכת חום" במקום "שמירה על החום". אוויר כלוא הוא מבודד מצוין - כיצד המודל שלכם מנצל זאת?

**יחס שטח פנים לנפח:** האם הפתרון שלכם מגדיל את שטח הפנים (כדי לפלוט חום) או מצמצם אותו (כדי לשמר חום)?

**מנגנוני קירור:** אם בחרתם במנגנון המבוסס על אידיוי (כמו זיעה או הלחתה), הסבירו כיצד המעבר מנוזל לגז גורם לירידת טמפרטורה במשטח המגע.  
 זכרו! בטבע אין פתרונות מושלמים, ישנן התאמות המעניקות יתרון הישרדותי בסביבה ספציפית. המטרה שלכם היא לבצע "הנדסה לאחור" למנגנון ביולוגי קיים.

### שלב 3: יוצאים לביצוע (תהליך החקר)

**ניסוי 1: "מלכודת האוויר" (בידוד מהולכה)**  
**העיקרון המדעי:** חום עובר מחומר חם לחומר קר דרך מגע ישיר (הולכה). חומרים מוצקים (כמו מתכת או זכוכית) מוליכים חום מצוין. גזים (כמו אוויר) הם מוליכי חום גרועים מאוד - הם "מבודדים".

### איך מבצעים את הניסוי?

לוקחים שני בקבוקי זכוכית עם מים חמים (למשל 50 מעלות).  
**בקבוק א' (בקרה):** עוטפים אותו בשכבה אחת של בד כותנה רגיל הצמוד לזכוכית.  
**בקבוק ב' (ניסוי):** לפני שעוטפים בבד, מצמידים לבקבוק "שכבת אוויר". אפשר לעשות זאת על ידי הדבקת קשיות שתייה גזרות לאורך הבקבוק, או שימוש בניילון בועות (פצפצים). רק אז עוטפים בבד מעל הקשיות.  
 בודקים את הטמפרטורה אחרי 15 דקות.

## למה זה קורה?

בבקבוק ב', יצרנו רווח שכלוא בו אוויר. מכיוון שהאוויר הוא מוליך גרוע, קשה לאנרגיית החום "לעבור" מהזכוכית החמה אל הבד ומשם החוצה. זהו המנגנון של **פרוות דוב הקוטב**: השערות שלו חלולות, ובתוכן כלוא אוויר שמונע מחום הגוף לעבור למים הקרים או לאוויר הקפוא.

## ניסוי 2: החזרת קרינה ובליעתה

**העיקרון המדעי:** חום מהשמש מגיע אלינו בצורה של קרינה אלקטרומגנטית (אינפרה-אדומה). בניגוד להולכה, קרינה לא צריכה מגע פיזי כדי לעבור. חומרים שונים מגיבים לקרינה הזו אחרת: חומרים כהים ומחוספסים בולעים את הקרינה והופכים אותה לחום, בעוד חומרים בהירים ומבריקים מחזירים אותה לסביבה.

## איך מבצעים את הניסוי?

לוקחים שני בקבוקי מים זהים בטמפרטורת החדר. **בבקבוק א' (בקרה):** עוטפים אותו בבד שחור או כהה (מייצג עור חשוף או לבוש רגיל). **בבקבוק ב' (ניסוי):** עוטפים אותו ברדיד אלומיניום מבריק או בבד לבן בוהק (מייצג את המנגנון של הנמלה הכסופה או פרוות הגמל הבהירה). מציבים את שניהם תחת מנורת שולחן חזקה (במרחק שווה!) או בשמש ישירה. מודדים את הטמפרטורה של כל בקבוק לאחר 20 דקות.

## למה זה קורה?

הבקבוק העטוף באלומיניום/בד לבן "החזיר" את קרני האור והחום. האנרגיה פגעה במשטח וחזרה לסביבה במקום לחדור פנימה. בטבע, לנמלה הכסופה בסהרה יש שערות בעלות מבנה משולש שמחזירות את קרינת השמש כמו מראה, מה שמאפשר לה להישאר בחוץ גם בשיא החום מבלי שגופה יתחמם מעל הסף הקריטי.

**ההסבר המדעי:** חום מהשמש (או ממנורה) מועבר באמצעות קרינה אלקטרומגנטית (בעיקר בתחום התת-אדום). כאשר קרינה זו פוגעת בחומר, היא יכולה לעבור אינטראקציה בכמה דרכים: **בליעה (Absorption):** חומרים כהים ובעלי מרקם מחוספס נוטים לבלוע את רוב אנרגיית הקרינה הפוגעת בהם. האנרגיה האלקטרומגנטית הופכת לאנרגיה קינטית של מולקולות החומר, מה שמתבטא כעלייה בטמפרטורה. **החזרה (Reflection):** חומרים בהירים, חלקים או מבריקים הם בעלי **אלבדו (Albedo)** גבוה – מדד ליכולת החזרת קרינה. רוב האנרגיה הפוגעת במשטח מוחזרת ממנו מבלי להשפיע על רמת האנרגיה הפנימית של החומר.

**הקשר הביולוגי:** פרוות בהירות או שערות בעלות מבנה גבישי (כמו בנמלה הכסופה) משמשות כחסם פיזיקלי לקרינה. הן מחזירות את האנרגיה לסביבה לפני שהיא חודרת לרקמות הגוף וגורמת לעלייה בטמפרטורה הפנימית.

### ניסוי 3: קירור באמצעות אידוי

**העיקרון המדעי:** אידוי הוא תהליך שבו נוזל הופך לגז. כדי שזה יקרה, החום המולקולות של הנוזל צריכות "לגנוב" אנרגיית חום מהמשטח שעליו הן נמצאות. זהו **תהליך אנדותרמי** (צורך חום). כשהזיעה שלנו מתאדה, היא לוקחת איתה חום מהעור, וזו הדרך היעילה ביותר של הגוף להתקרר.

#### איך מבצעים את הניסוי?

1. לוקחים שני מדחומים (או שני בקבוקי מים קטנים).
2. עוטפים את שניהם בבד רטוב (מייצג עור מזיע).
3. **מדחום א' (בקרה):** עומד על השולחן באוויר רגיל.
4. **מדחום ב' (ניסוי):** עומד מול מאוורר פעיל.
5. בודקים את הטמפרטורה לאחר 5-10 דקות.

**ההסבר המדעי:** אידוי הוא תהליך של שינוי מצב צבירה מנוזל לגז. תהליך זה הוא **אנדותרמי**, כלומר הוא דורש השקעת אנרגיה מהסביבה.

1. **רמת המולקולות:** כדי שמולקולות מים בנוזל יתנתקו מהקשרים ביניהן ויהפכו לגז, הן זקוקות לתוספת של אנרגיית תנועה (קינטיית).
2. **מעבר האנרגיה:** המולקולות סופגות אנרגיית תרמית (חום) מהמשטח עליו הן נמצאות (כמו הבד הרטוב או העור). כתוצאה מכך, הטמפרטורה של המשטח יורדת.
3. **השפעת זרם האוויר:** המאוורר בניסוי מאיץ את סילוק מולקולות הגז שנוצרו בסמוך למשטח. דבר זה מפחית את הלחץ החלקי של האדים ומאפשר למולקולות נוזל נוספות להתאדות בזמן קצר יותר.
4. **תוצאה:** ככל שקצב האידוי גדל, כך גדלה כמות האנרגיה התרמית הנגרעת מהמשטח, והטמפרטורה שלו צונחת.

### ניסוי 4: אתגר הצורה-שטח פנים מול נפח

**העיקרון המדעי:** ככל ששטח הפנים של גוף גדול יותר ביחס לנפח שלו, כך יש לו יותר נקודות מגע עם האוויר סביבו, מה שמאפשר לחום להיפלט החוצה מהר יותר בדרכי **הסעה והקרנה**.

מה צריך?

- גוש פלסטלינה גדול (כ-200 גרם).
- שני מדי חום (דיגיטליים עם דוקרן הם הטובים ביותר לניסוי זה).
- משקל מטבח (כדי לוודא מסה זהה).
- מים חמים (לחימום הפלסטלינה).

## מהלך הניסוי:

1. הכנת ה"גופים": חלקו את הפלסטלינה לשני חלקים שווים בדיוק במשקלם.
  - **גוף א' (הכדור):** גלגלו את הפלסטלינה לכדור מושלם וחלק. לכדור יש את שטח הפנים **הקטן ביותר** האפשרי ביחס לנפח שלו.
  - **גוף ב' (הפיל/השועל):** עצבו את החלק השני לצורה "פרוסה" (כמו דיסקית שטוחה) או הוסיפו לו בליטות ארוכות ודקות (כמו אוזניים גדולות). כאן הגדלנו את שטח הפנים בצורה משמעותית, למרות שהמסה נשארה זהה.
2. **חימום:** הכניסו את שני הגופים לשקית זיפלוק אטומה והטבילו אותם במים חמים למשך כמה דקות, עד שהפלסטלינה תתחמם באופן אחיד (בערך ל-40 מעלות).
3. **המדידה:** החדירו מד חום למרכז של כל גוף. הניחו אותם על השולחן באוויר הפתוח.
4. **המשתנה התלוי:** מדדו את הטמפרטורה בכל דקה במשך 10 דקות.

## הסבר מדעי: הקשר בין צורה גיאומטרית לקצב מעבר אנרגיה

### 1. עקרון יחס שטח פנים לנפח

כל גוף בעל מסה מסוימת תופס נפח במרחב. מעבר האנרגיה (החום) בין הגוף לסביבה מתרחש אך ורק דרך המעטפת החיצונית שלו כלומר, דרך שטח הפנים.

**בצורת הכדור:** זוהי הצורה הגיאומטרית שבה שטח הפנים הוא המינימלי ביותר ביחס לנפח נתון. לכן, יש פחות "נקודות השקה" בין הפלסטלינה החמה לבין האוויר הקריר.

**בצורה השטוחה/מוארכת:** על ידי שינוי הצורה (מבלי לשנות את המסה), אנו מגדילים את מספר המולקולות של החומר הנמצאות במגע ישיר עם הסביבה.

### 2. מנגנוני מעבר חום בניסוי

האנרגיה הטרמית עוברת מהפלסטלינה לסביבה בשלושה ערוצים עיקריים:

- **הולכה** - מעבר חום מהשכבות הפנימיות של הפלסטלינה אל פני השטח שלה. בצורה שטוחה, המרחק שהחום צריך לעבור מהמרכז אל החוץ קטן יותר.
- **הסעה** - האוויר שבא במגע עם שטח הפנים של הפלסטלינה מתחמם, צפיפותו יורדת והוא עולה למעלה, ובקומו מגיע אוויר קריר חדש. ככל ששטח הפנים גדול יותר, יותר אוויר יכול להשתתף בתהליך ההסעה בו-זמנית.

- **קרינה** - פליטת אנרגיה בצורת גלי חום אלקטרומגנטיים המתרחשת מכל שטח הפנים החשוף.

### 3. הקשר הביולוגי:

בטבע, אורגניזמים אינם "בוחרים" את צורתם, אלא שצורתם היא תוצאה של ברירה טבעית:

- **בסביבות קרות:** קיים יתרון הישרדותי למבנה גוף קומפקטי (עגול) בעל איברים קצרים. מבנה זה מצמצם את שטח הפנים החשוף, ובכך **מאט** את קצב איבוד האנרגיה לסביבה הקרה.
- **בסביבות חמות:** קיים יתרון למבנה גוף בעל איברים ארוכים ודקים (כמו אפרכסות אוזניים גדולות). מבנה זה מגדיל את שטח הפנים ביחס לנפח הגוף, ובכך **מאיץ** את קצב פליטת החום לסביבה ומונע התחממות יתר של הרקמות הפנימיות.

**המסקנה מדעית:** קצב איבוד החום נמצא ביחס ישר לשטח הפנים החשוף לסביבה. ככל ששטח הפנים גדול יותר (עבור נפח קבוע), כך גדלה ההסתברות למפגש בין מולקולות בעלות אנרגיה קינטית גבוהה (הגוף החם) למולקולות בעלות אנרגיה קינטית נמוכה (הסביבה הקרה), מה שמוביל להשוואת טמפרטורות מהירה יותר.

### שלב 4: ממעבדת המחקר לפס הייצור

**צוותי פיתוח יקרים**, לאחר שביצעתם ניסויי הוכחת היתכנות והבנתם כיצד הטבע מווסת טמפרטורה, עליכם להגיש את אב-הטיפוס הסופי של **בגד העתיד**. עליכם לשלב מדע מדויק עם חזון עיצובי.

#### א - תעודת זהות למוצר

1. **שם המוצר**
2. **סביבת היעד:** היכן הבגד אמור לפעול? (מדבר סהרה, קוטב צפוני, פני הירח).
3. **המנגנון הביולוגי הנבחר:** מהי ההתאמה שחיקיתם? (למשל: מבנה פרוות דוב קוטב).
4. **העיקרון הפיזיקלי:** באיזה עקרון הבגד משתמש? (צמצום הולכת חום / הגברת אידוי / החזרת קרינה / הגדלת שטח פנים).

#### ב'- הדמיה חזותית באמצעות AI

כעת, השתמשו במחולל תמונות כדי לייצר הדמיה של הבגד. עליכם לתרגם את העקרונות המדעיים להנחיות טקסטואליות (Prompts).

כדי לקבל תוצאה מדויקת, שלבו בפרומפט:

- סוג הלבוש: (מעיל, חליפת צלילה, וסט).
- השראה מהטבע: מהו מקור ההשראה?
- חומרים: (מבריק, סיבי, בעל נקבוביות).
- הקשר: (אדם הלבוש את הבגד בסופת שלג או במדבר).

## ג'- כרזת המוצר (לפדלט השיתופי)

### העלו לפדלט "כרזת שיווק מדעית" הכוללת:

1. הדמיית ה-AI שלכם.
2. מפרט טכני-מדעי: הסבירו כיצד המבנה שרואים בתמונה מיישם את מה שלמדתם.
  - דוגמה: "הסיבים הלבנים שבתמונה נועדו להעלות את האלבדו של הבגד ולהחזיר את קרינת השמש, בדומה למנגנון של הנמלה הכסופה."
3. ראייה מהניסוי: משפט אחד המסכם את תוצאות הניסוי שלכם.
  - דוגמה: "בניסוי הפלסטלינה הוכחנו כי הגדלת שטח הפנים מאיצה את קצב פליטת החום, ולכן הוספנו למוצר 'כנפי קירור' בגב."

### קריטריונים להערכה:

- דיוק מדעי: שימוש נכון במושגים (הולכה, הסעה, קרינה, אידוי, שטח פנים) ללא האנשה.
- המודל ב-AI מתבסס על המסקנות שעלו בניסוי המעבדתי.
- יצירתיות טכנולוגית: יישום מקורי של המנגנון הביולוגי במוצר לביש.
- איכות ההדמיה: התמונה ברורה וממחישה את הפרטים הטכניים שהוסברו.

זכרו: המטרה היא לא רק "בגד יפה", אלא פתרון הנדסי שעובד לפי חוקי הטבע! צאו לעצב את העתיד.