

נעלי הקסם

תכנון ובנייה של סוליות נעליים עמידות לקור



יחידת לימוד בהנדסת חומרים

הולכת חום, בידוד תרמי

לתלמידי כיתות ד'-ו'



הקדמה

יחידה זו היא אחת מעשר יחידות לימוד, שפותחו עבור בתי ספר יסודיים במסגרת הפרויקט החינוכי ENGINEER, שבתמיכת האיחוד האירופי. מטרת הפרויקט לתמוך בהוראת מדעים וטכנולוגיה באמצעות מגוון רחב של משימות אתגר מתחומי הנדסה שונים. פיתוח היחידות התבסס על המודל המוצלח של למידת חקר, שהתווה מוזיאון המדע של בוסטון בפרויקט *Engineering is Elementary*. כל יחידת לימוד עוסקת בתחום מדעי והנדסי שונה, תוך שימוש בחומרים זמינים וזולים, במטרה לקדם את החקירה המדעית של התלמידים ואת ההתנסות שלהם עם תהליך התיכון ההנדסי, כדרך לפתרון בעיות בהנדסה. היחידות פותחו מתוך כוונה לפנות לקשת רחבה של תלמידים, לקרוא תגר על הקטפסים (סטריאוטיפים) הנוגעים להנדסה ולמהנדסים, ובכך לעודד מעורבות של בנים ובנות כאחד בתחומי מדע וטכנולוגיה.

הגישה הפדגוגית שלנו

במרכזה של כל יחידת לימוד מצוי תהליך התיכון ההנדסי: לשאול שאלות ולאסוף מידע; להעלות רעיונות; לתכנן; לבנות; להעריך ולשפר. שימת דגש על תהליך זה מסייעת למורים לטפח סקרנות ויצירתיות אצל התלמידים, ומקנה לתלמידים מרחב לפיתוח מיומנויות משלהם לפתרון בעיות, לרבות בחינת חלופות אפשריות, ניתוח תוצאות והערכת הפתרונות שהם מגבשים. המטלות והאתגרים תוכננו בצורה פתוחה ככל האפשר, תוך הימנעות מקביעת "תשובות נכונות". מפתחי היחידות השתדלו במיוחד להימנע מתחרויות, שעלולה ליצור ניכור אצל חלק מהתלמידים, תוך שמירה על המוטיבציה של הרצון לפתור בעיות. אחת המטרות החשובות של כל היחידות היא לעודד עבודת צוות, המבוססת על שיתוף פעולה, על מנת לאפשר ביטוי של מגוון דעות ורעיונות של התלמידים. התלמידים נדרשים לדון ברעיונותיהם במהלך הבחינה והחקירה של כל בעיה, להבין יחד מה עליהם לדעת ולחלוק את ממצאיהם, לבחור פתרון מועדף, לתכנן ולבנות אותו ולאחר מכן לבחון אותו ולהעלות הצעות לשיפור.

מבנה היחידות

כל יחידת לימוד מתחילה בשיעור הכנה העוסק בנושא ההנדסה באופן כללי, המשותף לכל עשר היחידות. למורים הבוחרים להעביר יותר מיחידה אחת מומלץ לפתוח בשיעור הזה בפעם הראשונה, שהם מעבירים את היחידות, ולהתחיל ישירות מהפרק הראשון בהוראת היחידות הבאות. הפרק הראשון מציג משימת אתגר הנדסית באמצעות סיפור רלוונטי לתלמידים, שמניע את המשך התהליך. הפרק השני מתמקד בלמידה חווייתית של הידע המדעי הדרוש לתלמידים כדי לפתור את המשימה. בפרק השלישי התלמידים מתכננים ובונים את פתרון שלהם, והפרק הרביעי והמסכם מקנה הזדמנות לתלמידים להעריך את מה שעשו, להציג את הפתרון ולדון בכך.

כל יחידה הינה ייחודית. חלק מהיחידות תובעניות יותר בהיבט של ההבנה המדעית הנדרשת, ולכן משך הזמן הנדרש לכל יחידה עשוי להשתנות. בסקירה של כל יחידה מצוינים אומדני הזמן הנדרשים לביצוע כל פעילות וקבוצות הגיל הרלוונטיות. היחידות תוכננו כך, שיאפשרו גמישות למורים בבחירת הפעילויות המתאימות למגוון יכולות של תלמידים.

תמיכה במורה

לכל יחידת לימוד נכתב "מדריך למורה" שנועד לספק למורים תמיכה מדעית, טכנית ופדגוגית מתאימה, על בסיס ניסיון וידע של מומחים ממגוון תחומים. כל שיעור כולל הצעות וטיפים לתמיכה בלמידת חקר, בארגון הכיתה ובהכנה הנדרשת. הניסויים, ההדגמות והבניות המופיעות ביחידה מומחשות באמצעות צילומים וסרטונים. הנספח כולל הערות פדגוגיות מדעיות המסבירות את הפן המדעי שבכל יחידה, ודנות בו ובאופן שבו ניתן לקדם את הבנת המושגים המרכזיים בקרב תלמידים בקבוצות הגיל הרלוונטיות. היחידות כוללות גם דפי עבודה שניתן לצלם, ומפתח תשובות.

זכויות יוצרים

יצירה זו מופצת תחת [רישיון ייחוס 4.0 בין-לאומי של Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). ניתן לך החופש:

- לשתף - להעתיק, להפיץ ולהעביר את היצירה
 - להכין רמיקס - לעבד את היצירה
- בכפוף לתנאי הבא:

ייחוס - עליך לייחס את היצירה (לתת קרדיט) באופן המצוין על-ידי היוצר או מעניק הרישיון (אך לא בשום אופן המרמז על כך שהם תומכים בך או בשימוש שלך ביצירה).

תוכן עניינים

2	הקדמה
5	מידע כללי
6	ציוד וחומרים
10	שיעור הכנה – תכנון ובנייה של מעטפות ואריזות
11	0.1 פתיחה – עבודה בקבוצות ודיון במליאה – 10 דק'
11	0.2 פעילות 1: מהי אריזה? – עבודה בקבוצות – 5 דק'
12	0.3 פעילות 2: התאמה בין אריזות לחפצים – עבודה בקבוצה ודיון במליאה – 15 דק'
12	0.4 פעילות בחירה – 10-30 דקות – עבודה בקבוצות
13	0.5 סיכום – 10 דקות – דיון במליאה
14	0.6 הערכה של הישגים ותוצאות – פעילות בחירה
15	פרק 1 – הצגת הצורך ומשימת האתגר ההנדסית
16	1.1 פתיחה – טיול לגרינלנד – דיון במליאה – 15 דק'
16	1.2 תהליך התיכון ההנדסי ומשימת האתגר – דיון כיתתי – 10 דק'
16	1.3 שלב איסוף המידע – בחינה מדוקדקת של הסוליות – עבודה בקבוצות/עבודה בזוגות – 25 דק'
18	1.4 סיכום – דיון במליאה – 10 דק'
19	פרק 2 – מה אנחנו צריכים לדעת?
20	2.1 פתיחה: מה קורה לבובת השלג? – עבודה בקבוצות/דיון במליאה – 20 דק'
20	2.2 כיצד ניתן למנוע את התכתה (הפשרתה) של קוביית קרח? – פעילות בקבוצות – 15 דק'
21	2.3 מידע נוסף על חומרים מבודדים – פעילות בקבוצות/דיון בכיתה – 20 דקות
22	2.4 מוליכות חום – לחוש את העולם ולמדוד אותו – עבודות בקבוצות/דיון במליאה – 25 דק'
23	2.5 פעילות בחירה – מוליכי חום טובים וגרועים – עבודה בקבוצות/דיון במליאה – 15 דק'
23	2.6 בחינה של חומרים מבודדים – עבודה בקבוצות/דיון במליאה – 30 דק'
25	2.7 שיפור של יכולת הבידוד – דיון במליאה – 15 דק'
25	2.8 סיכום – סקירה של החומר הנלמד – דיון במליאה – 10 דק'
26	פרק 3 – כאן בונים!
27	3.1 פתיחה – משימת האתגר ההנדסית ותהליך התכנון – דיון במליאה – 5 דק'
27	3.2 שלב 'איסוף המידע' – עבודה בקבוצות ודיון במליאה – 15 דק'
27	3.3 שלב 'העלאת הרעיונות' – עבודה בקבוצות – 10 דק'
28	3.4 שלב התכנון – עבודה בקבוצות – 15 דק'

28	שלב הבנייה והבדיקה – עבודה בקבוצות - 35 דק'	3.5
29	שלב ההערכה והשיפור – עבודה בקבוצות – 15 דק'	3.6
29	סיכום – דיון במליאה – 5 דק'	3.7
30	פרק 4 – אז איך הלך לנו?	
31	פתיחה – עבודה בקבוצות – 20 דק'	4.1
31	הצגת העבודות – 45 דק'	4.2
31	סיכום – דיון במליאה בהנחיית המורה – 5 דק'	4.3
32	נספחים	
33	דפי עבודה (כולל תשובות)	
34	דף עבודה 1 פרק 1 - הנדסה או לא הנדסה?	
35	דף עבודה 1 פרק 0 – הנדסה? – הערות למורה	
36	דף עבודה 1.1 פרק 1 - תהליך התיכון ההנדסי	
38	דף עבודה 2.1 פרק 2 – מה יקרה לבובת השלג?	
39	דף עבודה 2.2 פרק 2: איך למנוע התכה של קוביית קרח	
40	דף עבודה 2.3 פרק 2 – למשש ולמדוד את העולם	
41	דף עבודה 2.4 פרק 2 – חומרים מבודדים ומוליכים	
42	דף עבודה 2.5 פרק 2: בדיקת חומרי בידוד	
43	דף עבודה 2.5 פרק 2: בדיקת חומרי בידוד - עמוד 2	
44	דף עבודה 3.1 פרק 3 – איסוף המידע	
45	דף עבודה 3.2 פרק 3 – העלאת הרעיונות	
46	דף עבודה 3.3 פרק 3 – שלב הפיתוח והתכנון	
47	דף עבודה 3.4 פרק 3 – לבנות	
48	דף עבודה 3.5 פרק 3 – שלב הבדיקה	
49	דף עבודה 3.6 פרק 3 – שלב השיפור	
50	דף עבודה 3.7 פרק 3 – הערכה חוזרת	
51	דף עבודה 4.1 פרק 4 – שלב הבנייה	
52	חומר רקע מדעי למורים על בידוד	
55	תפישות שגויות של תלמידים לגבי המושג 'חומר מבודד'	
56	חומר רקע למורה על בידוד בעולם הטבע	
59	שותפים	

מידע כללי

משך היחידה: 6 שעות ו- 10 דקות (370 דקות)



קהל יעד: תלמידי כיתות ד'-ו'

תקציר: ביחידה זו התלמידים ילמדו לעבוד כמו מהנדסי חומרים כדי למצוא פתרון למשימת האתגר. משימת האתגר היא לתכנן ולבנות סוליות נעליים מבודדות מפני קור. המשימה מוצגת בפני התלמידים בהקשר של טיול כיתתי לגרינלנד. כשהתלמידים מגיעים לנמל התעופה של גרינלנד, הם מגלים שהמזווה עם כל מגפי החורף שלהם נעלמה. התלמידים תכננו לצאת למחרת לטיול במזחלות שלג רתומות לכלבים, ולכן עליהם למצוא דרך לבנות בדחיפות נעליים עם סוליות מבודדות מפני קור כדי שהרגליים שלהם לא יקפאו במהלך המסע.

קשר לתוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה: מדעי החומר – חומרים ותכונותיהם: בידוד תרמי ומוליכות חום; טכנולוגיה – פתרון בעיות: תהליך התיכון ההנדסי (תכנון ובנייה של סוליה עם בידוד תרמי).

תחום ההנדסה: הנדסת חומרים

מטרות:

- להציג בפני התלמידים את עקרונות הבידוד התרמי;
- לערוך לתלמידים היכרות עם חומרים שונים היכולים לשמש כחומרים מבודדים, על תכונותיהם השונות לסייע לתלמידים ליישם את הידע שרכשו על חומרים מבודדים במסגרת שלב איסוף המידע כדי לתכנן ולבנות נעליים עם סוליות מבודדות מפני קור;
- לאפשר לילדים לפתור בעיות מחיי היומיום באמצעות תהליך התיכון ההנדסי הכולל העלאת רעיונות ופיתוחם.

יחידת הלימוד כוללת את החלקים הבאים:

שיעור הכנה - מטרתו להעלות את המודעות להשפעה של ההנדסה והטכנולוגיה על חיי היומיום בדרכים שאינן תמיד גלויות לעינינו. **פרק ראשון** - כולל הצגה של משימת האתגר ההנדסית, הקשרה, ואת תהליך התיכון ההנדסי. במקרה הזה ההקשר הוא טיול כיתתי לגרינלנד. למחרת ההגעה לגרינלנד תכננה הכיתה לצאת לטיול במזחלות שלג רתומות לכלבים, אבל בדרך המזוודות הלכו לאיבוד ואיתן כל מגפי החורף של התלמידים. הם עדיין רוצים לצאת לטיול, ולכן עליהם לתכנן וליצור נעליים עם סוליות מבודדות מפני קור. בפרק זה התלמידים מיישמים את הידע המוקדם שלהם על חומרי הבידוד השונים של הסוליות והעיצוב של נעליים מסוגים שונים. בנוסף, מוצג בפרק מודל חמשת השלבים של תהליך התיכון ההנדסי כשיטת עבודה לפתרון בעיות הנדסיות. **פרק שני** - כולל את שלב איסוף המידע בתהליך התיכון ההנדסי. התלמידים לומדים, תוך התנסות, על בידוד והולכת חום של חומרים שונים. **פרק שלישי** – בפרק זה התלמידים מיישמים את תהליך התיכון ההנדסי כדי לפתור את משימת האתגר – תכנון ובנייה של סוליות נעליים מבודדות מפני קור. התלמידים יישמו את הידע המדעי שהם רכשו על בידוד והולכת חום כדי לתכנן ולבנות את הסוליה. בהמשך יבדקו אם הסוליה שייצרו אכן עומדת בדרישות, וישפרו אותה בהתאם לתוצאות. **פרק רביעי** – זה הזמן להעריך את תהליך העבודה שנעשתה במהלך יחידת הלימוד תוך התייחסות לשלבי תהליך התיכון ההנדסי.

ציוד וחומרים



הטבלה כוללת ציוד וחומרים עבור 30 תלמידים.

פרק 4	פרק 3	פרק 2	פרק 1	שיעור 0	כמות כוללת	ציוד/חומר
			15		15	נעליים ישנות (שאפשר לפרק ולהרכיב מחדש) 
		50			50	קוביות קרח
		10			10	כוסות קלקר 
						מקלות עשויים מחומרים שונים (באורך 10 ס"מ ובקוטר 0.5 ס"מ) 
		10			10	עץ
		10			10	ברזל
		10			10	נחושת
		10			10	אלומיניום
		10			10	פלסטיק
		10			10	זכוכית
		1			1	קומקום חשמלי

ציוד/חומר	כמות כוללת	שיעור 0	פרק 1	פרק 2	פרק 3	פרק 4
כלים לניקוב חורים (לדוגמה, מסמרים)	10			10		
מרחם דיגיטלי (ברמת דיוק של 0.1 מעלה צלסיוס)	10			10	10	
קוצב זמן/שעון עצר	10			10	10	
קרחומים	10			10	10	
מספריים	10			10	10	
סרגלים	10			10	10	
אריגים או מטליות שיצאו משימוש/מטליות מטבח (לחלק התחתון של הסוליה)	20			10	10	

ציוד/חומר	כמות כוללת	שיעור 0	פרק 1	פרק 2	פרק 3	פרק 4
קופסת גפרורים 	12			12	12	
שקיות פלסטיק גדולות 	20			20	20	
מטלית מטבח/מגבת 	20			20	20	
צמר (לדוגמה, זוג גרביים) 	4 זוגות			4 זוגות	4 זוגות	
גומיות עבות 	200			200	200	
עיתונים 	4			4	4	

פרק 4	פרק 3	פרק 2	פרק 1	שיעור 0	כמות כוללת	ציוד/חומר
	100	100			100	קשיות שתייה 
	10				10	דבק (עדיף אקדח דבק חם או שדכן) 
	15 מטרים				15 מטרים	מסטקינגטייפ 

שיעור הכנה – תכנון ובנייה של מעטפות ואריזות מהי הנדסה ומה עושים מהנדסים?

משך השיעור: כל מורה תחליט לכמה זמן היא זקוקה כדי להעביר את השיעור, בהתאם לידע ולניסיון של התלמידים. ההקדמה, הפעילויות המרכזיות והסיכום דורשים כ-40 דקות; פעילות הבחירה עשויה לקחת 10 עד 30 דקות נוספות.

מטרות:

- בשיעור זה התלמידים יחשפו למגוון אמצעים ושיטות שבהם משתמשים מהנדסים כדי לפתור בעיות, ויוכלו לתאר אותם.
- התלמידים יוכלו להסביר את משמעות המושג טכנולוגיה ולתאר מה עושים מהנדסים.
- התלמידים ילמדו שפתרונות שונים נועדו לפתור בעיות שונות, בהתאם להקשר ולחומרים שהיו זמינים בזמן ובמקום מסוימים.
- התלמידים ייווכחו לדעת שחפצים שונים תוכננו ונבנו כדי לפתור בעיות וצרכים ממשיים.
- התלמידים יבינו שגברים ונשים יכולים להיות מוכשרים באותה מידה בפתרון בעיות הנדסיות.

ציוד וחומרים (ל-30 תלמידים):

- 8X ערכות של דוגמאות לאריזות לפעילות הבחירה ☐
- 8X ערכות של פתקיות נדבקות ☐
- קרטון, נייר, דבק, ומספרים לפעילות הבחירה ☐
- 8X ערכות של מעטפות מ-5 סוגים שונים ☐
- 8X ערכות של חפצים מ-5 סוגים שונים ☐

הכנות:

- לרכז מגוון של מעטפות ואריזות
- להדפיס עותק של **דף עבודה 1 פרק 1**
- לאסוף צילומים ותמונות לפעילות המקדימה

אופן העבודה בכיתה:

- עבודה בקבוצות
- דיון במליאה

תקציר השיעור:



שיעור זה זהה בכל היחידות ומטרתו לעודד את התלמידים לחשוב מהי טכנולוגיה ולהתמודד עם המושגים השגויים הרווחים על הנדסה ועל מהנדסים (בעיקר אלו הקשורים למגדר).

מטרתו לגרום לתלמידים להבין שמוצרים/אביזרים/חפצים תוכננו ונבנו על ידי מהנדסים כדי לענות על צורך קיים או עתידי בחיי היומיום, ושהמילה טכנולוגיה, במובן הרחב של המילה, חלה על כל חפץ, שיטה או תהליך שעברו שינוי או עיצוב כדי להתאימם לצרכים או למטרות מסוימות.

הפרק מעודד את התלמידים לחשוב אילו בעיות נועדה הטכנולוגיה לפתור (במקרה הזה, מעטפה או אריזה).

בפרק ידונו התלמידים במגוון הטכנולוגיות שבהן נעשה שימוש על מנת לפתור את הבעיות הנדסיות הקשורות בתכנון וביצירה של מעטפות ואריזות שנועדו לצורך מסוים.

אחת ממטרות הפרק היא ללמד את התלמידים להיות זהירים בבואם לנקוט עמדות שיפוטיות בנוגע לטכנולוגיה 'מפותחת' לעומת טכנולוגיה 'פרימיטיבית', ולעודד אותם להעריך כל טכנולוגיה בהקשרה; טווח החומרים והאמצעים הזמינים במקום ובזמן מסוים הוא זה שקובע באיזו טכנולוגיה יעשה המהנדס שימוש בבואו לפתור בעיה מסוימת.

0.1

פתיחה – עבודה בקבוצות ודיון במליאה – 10 דק'

המורה תחלק את התלמידים לקבוצות של ארבעה ותיתן חבילת פתקיות נדבקות לכל קבוצה. המורה תשאל את התלמידים: אילו אסוציאציות עולות לכם כשאתם שומעים את המילים הנדסה וטכנולוגיה? יש לוודא שכל אחד מהתלמידים בכל אחת מהקבוצות רושם לפחות רעיון אחד. כל קבוצה תציג את הפתקיות שלה על הלוח הראשי ותסביר בקצרה את בחירותיה לשאר התלמידים. יש לשמור את הרשימה של כל הכיתה ולבחון אותה שוב בסוף הפרק.

חומר נוסף לדיון


ניתן להרחיב חלק זה באמצעות תמונות של דוגמאות טיפוסיות להנדסה לעומת דוגמאות חריגות. המורה תבקש את התלמידים לחלק את התמונות לאלו שמתקשרות אצלם עם המילים הנדסה וטכנולוגיה ולאילו שלא. אפשר להפנות את התלמידים לצילומים בדף העבודה הראשון, או להציג את הצילומים בדף העבודה על הלוח בפני כל הכיתה. המורה תבקש מהתלמידים לעבוד בזוגות. כל זוג יתבקש להחליט אילו צילומים קשורים למילים הנדסה וטכנולוגיה ואילו אינם קשורים, ולהסביר את בחירתם. כל זוג תלמידים יחלק את דעותיו עם זוג תלמידים אחר ויבחן את ההבדלים ואת הדמיון בתובנות שאליהן הם הגיעו. ניתן להשתמש ברעיונות אלו כבסיס לדיון בכיתה; המורה תנסה לעודד את התלמידים להרחיב את ההגדרות של הנדסה וטכנולוגיה, כמו גם את המושגים שלהם בנוגע למהנדסים, מהנדסות, ממציאים וממציאות.

0.2

פעילות 1: מהי אריזה? – עבודה בקבוצות – 5 דק'

המורה תחלק לכל קבוצת תלמידים מעטפות ואריזות שונות. כל קבוצה תדון בשאלה מהי מעטפה/אריזה. כדי לסייע בדיון, המורה תספק מגוון דוגמאות למעטפות שמכסות ו/או מגנות על חפצים או חומרים (כפי שניתן לראות בתמונות).



אחת ממטרות הפעילות היא לגרום לתלמידים לשים לב שיש פרשנויות רבות ושונות למילה מעטפה, שמהווה למעשה אריזה. בתמונות לעיל יש כמה דוגמאות שעשויות לאתגר את התלמידים בבואם להגדיר את המושג מעטפה. מעטפה או אריזה היא למעשה דבר מה אשר 'מגן', 'מכיל', 'מחזיק במקום', 'מכסה', 'מסתיר', ואפילו 'חושף' טווח רחב של חפצים שונים ומשונים.

0.3

פעילות 2: התאמה בין אריזות לחפצים – עבודה בקבוצה ודיון במליאה – 15 דק'

המורה תחלק את הכיתה לקבוצות של ארבעה תלמידים ותספק לכל קבוצה מגוון של מעטפות וחפצים שניתן להכניס לתוכן. המורה תבקש מהתלמידים להתאים בין המעטפות לחפצים ולהסביר על סמך מה נעשתה ההתאמה.



החפצים עשויים לכלול: זוג משקפיים, דיסק DVD, תעודה מזהה או צילום שאסור שיתקמטו, תכשיט עדין, מסמכים חסויים, זוג מספריים ועוד. מגוון החפצים והמעטפות עשוי להשתנות בהתאם להקשר ולחומרים הזמינים למורה.

השאלות הבאות עשויות לסייע בהנחיית הדיון:

- מאיזה חומר המעטפה עשויה?
 - באילו אמצעים נעשה שימוש כדי לסגור את המעטפה?
 - האם יש בתוך המעטפה אמצעים מיוחדים כדי למנוע מהחפץ שבפנים להחליק או לזוז?
 - לאיזה סוג של חפצים עשויה המעטפה להתאים?
 - מאילו חומרים נוספים ניתן לדעתכם להכין אותה?
- בסיום הדיון הקבוצתי, יציג נציג מכל קבוצה את התובנות של הקבוצה בפני המליאה.



נוצרת כאן הזדמנות למורה להנחות את הדיון ולציין את הטכנולוגיות השונות שבהן נעשה שימוש לשם תכנון המעטפה, כולל צורת המעטפה, אופן הסגירה שלה והאמצעים השונים שנקטו כדי למנוע תזוזה או החלקה של החפץ המאוחסן בתוכה (לדוגמה, סגירה חד-פעמית לעומת סגירה רב-פעמית; אמצעי קיבוע, החומר שממנו עשוי החלק הפנימי המעטפה לעומת החומר שממנו עשוי החלק החיצוני; חתימה לשם מניעת דליפות; אריזות אטומות לאור וכו').

המורה יכולה להוסיף דיון בנוגע לתהליך המחשבות של האנשים שעיצבו את האריזה; אילו בעיות הם היו צריכים לפתור ועל אילו צרכים היה עליהם לענות? כיצד הם ניגשו לפתרון הבעיה? האם לדעת התלמידים עמדו בפניהם אפשרויות נוספות? אילו גרסאות מוקדמות, מוצלחות פחות, היו אולי למעטפות שהתלמידים רואים עכשיו?

0.4

פעילות בחירה – 10-30 דקות – עבודה בקבוצות
חלק א'

המורה תציג בפני התלמידים מגוון מעטפות ותבקש מהם להעריך את העיצוב שלהן על פי מידת התאמתן למטרה שלשמה הן נועדו (ר' צילום).



ניתן להשוות מעטפות על פי סוג הסגירה, אמצעי הקיבוע, ושילוב החומרים שמהם הן עשויות (לדוגמה, אריזת פלסטיק עם בועות אוויר ('פצפצים'), יכולת ספיגה, עמידות לחום, לאש, לקריעה, וכדומה). ניתן להרחיב את הפעילות ולבחון את צורות הקיפול השונות כדי להבין כיצד ניתן להשתמש בקיפולים עצמם כדי לצמצם או למנוע את הצורך בדבק בתהליך הייצור. שלושת התמונות הבאות מציגות מעטפות אשר ייצורן מצריך סוג אחד בלבד של חומר, ושאינן צורך בדבק. כדי להכין את המעטפות והאריזות האלו די בחיתוך ובקיפול בלבד.



חלק ב'

המורה תחלק את התלמידים לקבוצות ותבקש מהם לתכנן ו/או ליצור מעטפה שנועדה לחפץ מסוים. לשם כך יצטרכו הקבוצות להשתמש בידע שלהם על חומרים ועל תהליך התכנון והבנייה. בדיון במליאה שיתקיים לאחר מכן יציגו הקבוצות את המעטפה שלהם ויקבלו משוב מהמורה ומהתלמידים האחרים בכיתה.

סיכום – 10 דקות – דיון במליאה 0.5

- המורה תזכיר לתלמידים את מה שרשמו על הפתקיות הנדבקות מתחילת השיעור ותסב את תשומת לבם למה שחשבו בתחילת התהליך לעומת מה שהם חושבים עכשיו, בסופו של התהליך. המורה תבקש מהתלמידים לחשוב על המקום שממלאים הנדסה וטכנולוגיה בחיינו ותסכם את הנקודות המרכזיות שעלו בדיון:
- משמעות המילה טכנולוגיה היא מעשה ידי אדם. אנשים (מהנדסים) מתכננים מפתחים ובונים חפצים/מוצרים/אביזרים/תהליכים על מנת לפתור בעיה או לתת מענה לצורך קיים או עתידי.
 - לשם כך עליהם לבצע תהליך מחשבתי ומעשי כדי לפתור את הבעיות הניצבות בפניהן; כמה מהתוצאות של תהליכים אלו מוצלחות מאוד, ואילו אחרות מוצלחות פחות. התהליך כולל שלב של הערכה ושיפור של הרעיון המקורי.
 - אין טכנולוגיה 'מפותחת' (High-Tec) וטכנולוגיה 'פרימיטיבית' (Low-Tec). יש טכנולוגיה **מתאימה** לצרכים ולמשאבים העומדים לרשות המהנדסים והחברה בזמן ובמקום נתונים.
 - יש מגוון תחומי הנדסה ובעיות הנדסיות מסוגים שונים, שמהנדסים ומהנדסות מכל רחבי העולם מנסים למצוא להן פתרון.



יש הגדרות נוספות, תקפות באותה מידה, למילים הנדסה וטכנולוגיה; לעתים קרובות נוהגים להשתמש במילים אלו כמילים נרדפות. ניתן להגדיר הנדסה כשימוש בטכנולוגיה לשם פתרון בעיות. כאשר דנים בקשר בין הנדסה, מדע וטכנולוגיה יש לעודד את התלמידים לחשוב על האופן שבו מהנדסים משתמשים בסוגים שונים של טכנולוגיות (כולל גזירה והדבקה, שילוב חומרים, מרכיבים ושיטות ייצור מעורבות) כמו גם בידע שלהם על תהליכים מדעיים. זוהי ההזדמנות לדון באופן שבו חפצים מיוצרים, ולשאל על ידי מי הם מיוצרים וכיצד מתנהל תהליך החשיבה המוביל לייצורם משלב הצגת הבעיה ועד לשלב הפתרון.

0.6 הערכה של הישגים ותוצאות - פעילות בחירה

בסוף השיעור תלמידים צריכים להיות מסוגלים:

- להבין כיצד נעשה שימוש במגוון של שיטות, תהליכים, חומרים ואמצעים כדי ליצור חפצים שונים מעשה ידי אדם ובכך לספק מגוון פתרונות לבעיות בחיי היומיום.
- להיות מודעים לכך שטכנולוגיה מתאימה תלויה לעתים קרובות בהקשר ובחומרים הזמינים בזמן ובמקום מסוימים.
- לתת את הדעת לכך שמהנדסים ומהנדסות משתמשים במגוון רחב של כישורים כדי לפתור בעיות.
- להבין שמהנדסים ומהנדסות יכולים להיות אנשים בעלי כישורים, רקע ותחומי עניין שונים.

פרק 1 – הצגת הצורך ומשימת האתגר ההנדסית

משך הפרק: 60 דק'

מטרות:

- התלמידים יכירו את תהליך התיכון ההנדסי ויתחילו להבין כיצד ליישם אותו כדי לפתור בעיות הנדסיות;
- התלמידים יבדקו כיצד בנויות סוליות של נעליים;
- התלמידים יכירו תכונות של חומרים מבודדים כדי להבין כיצד מייצרים נעליים מבודדות מפני קור.

ציוד וחומרים (ל-30 תלמידים):

- ☐ 15X זוגות נעליים שאפשר לחתוך
- ☐ מסורית או סכין יפנית
- ☐ לוח חכם או מחשב עם מקרן

הכנות:

- יש לבקש מהתלמידים מראש להביא לשיעור נעליים ישנות שהם כבר לא צריכים
- לקרוא את חומר הרקע (ר' נספח)
- לצלם עותקים של דפי עבודה 1.1 ו-1.2

אופן העבודה בכיתה:

- עבודה בקבוצות
- דיון במליאה

רעיונות מרכזיים:

- הנדסה היא תהליך של פתרון בעיות מחיי היומיום;
- תכנון ובנייה של תוצר הנדסי לפתרון בעיה כולל איסוף מידע רלוונטי;
- תהליך התיכון ההנדסי כולל סקירה של פתרונות קודמים לבעיות דומות.

תקציר הפרק:

בפרק זה נציג את תהליך התיכון ההנדסי, את משימת האתגר ההנדסית ואת סיפור המסגרת. במסגרת שלב איסוף המידע התלמידים ילמדו על תנאי האקלים בחוג הארקטי ויגייסו את הידע הקודם שלהם על האופן שבו סוליות מורכבות והחומרים שבהם נוהגים לעשות שימוש כדי לבדוד אותן מפני קור.



1.1

פתיחה – טיול לגרינלנד – דיון במליאה – 15 דק'

המורה תחליט כיצד להציג את המידע על גרינלנד. יש שתי אפשרויות: המורה יכולה לבקש מהתלמידים לקרוא את הסעיף 'עובדות על גרינלנד', או להציג את המידע בפני כל הכיתה.

את עבודות ההכנה לקראת משימת האתגר ההנדסית ניתן לעשות בדרכים שונות. אחת הדרכים היא לסדר את כל הכיסאות בכיתה כמו מושבים של מטוס. המורה תפתח את השיעור בכך שתודיע לתלמידים שהם נוסעים לטיול כיתתי באילוליסאט, שהיא העיר הגדולה ביותר בגרינלנד (5,000 תושבים). הטיול כולל טיול במזחלות רתומות לכלבים, אכילה של בשר כלבי ים, צפייה בקרחונים ומפגש עם חיות בר ייחודיות למקום.

במהלך 'הטיסה' המורה תעלה את השאלות הבאות:



- איפה נמצאת גרינלנד?
- איך נראה הנוף של גרינלנד?
- כמה אנשים חיים שם?
- מה גודל המדינה?
- אילו בעלי חיים אפשר למצוא שם?
- מה הטמפרטורות שם (ביום ובלילה)?
- מהו החוג הארקטי?
- איפה נמצאת השמש בעונה זו של השנה?

המשך הסיפור...

למרבה הצער, העובדים בנמל התעופה שמו בטעות את המזוודות שלכם על מטוס שנמצא בדרכו לרוסיה. כשהגעתם לגרינלנד גיליתם שהמזוודות לא הגיעו, ושהן יגיעו, לכל המוקדם, רק למחרת. אבל הטיול במזחלות הרתומות לכלבים מתוכנן גם כן למחרת. יש לכם מספיק בגדים חמים, אבל לאף אחד מכם אין נעליים מתאימות כדי להתמודד עם הקור! הסוליות שלהן דקות מידי. מה תעשו?

1.2

תהליך התיכון ההנדסי ומשימת האתגר - דיון כיתתי – 10 דק'

התלמידים צריכים לחשוב ולעבוד כמו מהנדסים שמנסים לפתור בעיה (ואם אין לכם נעליים מתאימות בגרינלנד, אתם אכן בבעיה!). אתם רוצים לצאת לטיול במזחלות רתומות לכלבים. כך שיש רק פתרון אחד; **לתכנן ולבנות סוליות מבודדות בעצמכם כדי שהרגליים שלכם לא יקפאו מקור**. איך עושים את זה? המורה צריכה להזכיר לתלמידים את תהליך התיכון ההנדסי ולבקש מהם לעיין **בדף עבודה 1.1 פרק 1**. איך ניגשים למשימה הנדסית כזאת? מאיפה מתחילים? איך נעזרים בתהליך התיכון ההנדסי כדי לפתור את הבעיה? בשלב זה יתבקשו התלמידים להתמקד בשלב איסוף המידע בלבד. מה השאלות שאתם צריכים לענות עליהן? המטרה של הדיון הנוכחי היא לגרות את התלמידים לחשוב ולהטמיע בהם מחויבות למשימה.

1.3

שלב איסוף המידע - בחינה מדוקדקת של הסוליות - עבודה בקבוצות/עבודה בזוגות - 25 דק'

בחלק זה של השיעור התלמידים יתבוננו בסוליות של נעליים. איך הן בנויות? מאילו חומרים הן עשויות? מה בכלל המטרה של נעליים? בשביל מה אנחנו צריכים נעליים? התלמידים יתחילו את שלב איסוף המידע והעלאת השאלות, תוך בחינה מדוקדקת של סוליות נעליים. המורה תבקש מכל קבוצה או מכל זוג תלמידים לפרק ולבחון בעיון סוליות נעליים ולענות על השאלות הבאות:

- בשביל מה צריך נעליים (יש לשים דגש על המטרות האפשריות השונות: הליכה למרחקים ארוכים, ריצה, כדי להגן על כף הרגל מפני חום, כדי לאוורר את כף הרגל, לשחייה, לריקוד...)
 - מאילו חומרים הן עשויות?
 - מה המטרה של כל חומר (כדי לבלום זעזועים, כדי להגן על כפות הרגליים מפני גשם, כדי לאוורר את כפות הרגליים במזג אוויר חם ולח...)
 - איך הסוליה עשויה (מכמה שכבות? איך השכבות מחוברות זו לזו? באמצעות? דבק? תפירה? הלחמה? דרך אחרת?)
- התלמידים יכולים לרשום את התשובות בדף עבודה 1.2 פרק 1.

ייתכן והתלמידים יזדקקו לעזרה בפירוק הנעליים והסוליות.



המורה תרשום את הממצאים של התלמידים על הלוח ותבקש מהם:

- למלא את המידע בנוגע לחומרים שמהם הנעליים עשויות.
- לנסות להסביר למה היצרן השתמש בחומר כזה ולא אחר.
- לבחון את האופן שבו הנעליים עשויות ואת האופן שבו החלקים מחוברים ביניהם.

חומרים	סוג הנעל					המטרה של השימוש בחומר
	נעלי ריצה	נעלי טיול והליכה	סנדלים	מגפיים	נעלי טניס	
עור		II	I			
גומי			I			
חומר מוקצף						
פלסטיק	III				III	
עץ						
קנבס (בד)					I	
...						
מבנה:						
שכבה 1					I	
2 שכבות	II		I		III	
3 שכבות	I			II		
חורים בפנים						
תעלות אוויר	III	II				
אופן החיבור:						
דבק					III	
תפירה			I		III	
הלחמה		II				
...						

אם אתם מתקשים להשיג נעליים ישנות, אפשר לבקש מהתלמידים לבחון את הנעליים שהם נועלים. עם זאת, ייתכן שלתלמידים יהיה קשה מאוד לענות על השאלות בלי שתהיה להם הזדמנות לפרק את הנעליים ולהתבונן במרכיביהן בעיון.

1.4 סיכום – דיון במליאה – 10 דק'

מה חשוב שיהיה בנעליים אם אנחנו רוצים לשמור על כפות רגליים חמות? רשמו את כל התשובות על הלוח.

לאחר שלתלמידים ניתנה הזדמנות להתבונן בעיון באופן שבו סוליות הנעליים בנויות, ייתכן שהם יצליחו לשים את האצבע על התכונות החשובות בעיצוב נעליים כדי לשמור על כפות רגליים חמות. לאחר שרשמתם את התשובות על הלוח, שאלו 'מה עוד אנחנו צריכים לדעת?' המורה צריכה להסביר לתלמידים שיש עוד הרבה דברים שהם צריכים לדעת לפני שהם יצליחו לבנות נעליים שיעמדו בטויל מזחלות רתומות לכלבים במזג אוויר ארקטי.

פרק 2 – מה אנחנו צריכים לדעת?

איסוף מידע על חומרים מוליכי חום וחומרים מבודדים

משך הפרק: 170 דק'

מטרות:

- התלמידים ילמדו להשתמש בתהליך התיכון ההנדסי כדגם לתכנון הנדסי מוצלח;
- תלמידים ילמדו את החשיבות של קביעת דרישות מוקדמות שהמוצר שלהם צריך לעמוד בהן;
- התלמידים ייווכחו לדעת שהיכרות עם מושגים מדעיים הקשורים לחום ולבידוד עומדים בבסיס תהליך תכנון ובנייה של מוצר מוצלח.

ציוד וחומרים (ל 30 תלמידים):

- | | |
|--|--|
| ☐ 10X מדחום דיגיטלי (ברמת דיוק של 0.1 | ☐ 1X חבילה של מטליות ניקוי |
| ☐ מעלה צלסיוס) | ☐ 4X עיתונים |
| ☐ 50X קוביות קרח | ☐ 200X גומיות עבות |
| ☐ 10X כוסות קלקר | ☐ 4X זוגות גרבי צמר |
| ☐ קומקום חשמלי | ☐ 100X קשיות לשתייה |
| ☐ 10X מקלות עשויים מחומרים שונים באורך 10 | ☐ 20X שקיות פלסטיק גדולות (תכולה של 2 ליטרים) |
| ☐ ס"מ ובקוטר 0.5 ס"מ (ברזל, נחושת, | ☐ 10X שקיות קרח |
| ☐ אלומיניום, פלסטיק, זכוכית) | ☐ 10X סרגלים |
| ☐ 10X כלים לניקוב חורים (לדוגמה, מסמרים, | ☐ 10X קוצבי זמן/שעוני עצר |
| ☐ מרצע, מברג) | ☐ מסקינגטייפ 15 מטרים |
| ☐ 10X זוגות מספרים | |
| ☐ 12X קופסאות גפרורים גדולות (כולל | |
| ☐ הגפרורים) | |

הכנות לפני השיעור

- לבקש מהתלמידים מראש להביא מהבית חומרים או חפצים שנועדו לשמור על חום או קור.
- להכין קוביות קרח ולהקפיא קרחומים
- להכין את החומרים לכל קבוצה
- להכין עותקים של דפי עבודה 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 ו-2.5 עמוד 2.

אופן העבודה בכיתה

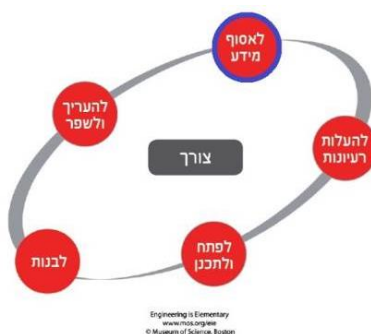
- עבודה בקבוצות
- דיון במליאה

רעיונות מרכזיים:

- מעבר חום פועל בכיוון אחד בלבד: מחום לקור. אף-על-פי-כן, הפעילות בפרק זה אינה כוללת התנסות חווייתית המדגימה זאת. מדובר בעובדה שעל המורה להגיד לתלמידים;
- שימוש מדויק ועקבי במדחום חיוני לשם השגת תוצאות טובות.

תקציר הפרק:

שלב איסוף המידע של תהליך התיכון ההנדסי מטרתו לאסוף מידע על עקרונות מדעיים הקשורים בבידוד תרמי ובחומרים מבודדים. התלמידים יחקרו את המושגים קור, חום, מוליכות חום ובידוד, תוך בדיקת יכולת הבידוד והולכת החום של חומרים שונים.



2.1

פתיחה: מה קורה לבובת השלג? – עבודה בקבוצות/דיון במליאה – 20 דק'

התלמידים יעבדו בקבוצות של שניים עד ארבעה תלמידים. המורה תיתן לכל קבוצה עותק של **דף עבודה 2.1 פרק 2**, או תצייר את איש השלג על הלוח (חשוב לזכור לצייר גם את השמש, המעיל ואת שלושת האפשרויות).



המורה תבקש מהתלמידים להתבונן בציור: מה יקרה לבובת השלג כשנלביש אותה במעיל?

1. כלום.
 2. השלג יותך (יפשיר, יהפוך מקרח למים) מהר יותר.
 3. השלג יותך לאט יותר.
- יש להקצות לתלמידים 4-5 דקות כדי לדון בסוגיה. אחר כך המורה תבחר שלוש פינות שונות בחדר, פינה לכל תשובה אפשרית, ותבקש מהתלמידים שתומכים בכל אחת מהתשובות לעמוד בפינה שלהם. המורה תבקש מהתלמידים להסביר את בחירתם.

קווי ההנחיה לדיון הם:

- המעיל/החומר הבודד שומר את הקור בפנים
- המעיל/החומר המבודד מונע מהחום לחדור פנימה
- המעיל/החומר המבודד מחמם את בובת השלג ולכן היא תותך (תפשיר) מהר יותר.

יש להניח שחלק מהתלמידים יחשבו שהמעיל גורם לאיש השלג להפשיר מהר יותר. מניסיונם הם יודעים שכאשר קר לנו אנחנו לובשים מעיל כדי להתחמם. למעשה מה שקורה הוא שהחום שמפיק גופנו נשמר בפנים בעזרת חומר מבודד שאינו מניח לחום "לברוח" החוצה.

בובת השלג קרה יותר מהסביבה שבה היא נמצאת. לכן אנחנו צריכים למנוע מהחום של הסביבה לגרום לה להפשיר. ככל שההפרש הטמפרטורות בין הפנים לחוץ גדול יותר, בובת השלג תותך מהר יותר. מעיל טוב עשוי מחומר מבודד המכיל הרבה אוויר דומם ולכן מונע מבובת השלג להפוך למים! אם הטמפרטורה בחוץ זהה לזו של בובת השלג (0 מעלות או פחות) המעיל לא משנה דבר.

העברת החום מתרחשת תמיד מאזור חם לאזור קר, אך לא להיפך.

הצעה למורה: אפשר להגיד לתלמידים לחכות עם התשובה עד לסיום הפעילות הבאה.



הגיע הזמן להציג את מושג הבידוד לכיתה. למה אנחנו רוצים לשמור על משהו חם או קר? בפעילות הבאה התלמידים יחשבו על חומרים וחפצים שבהם אנחנו משתמשים בחיי היומיום כדי לשמור על חום/קור של דברים שונים, כולל חום גופנו. תוך כדי הפעילות וההשוואה, התלמידים יגלו שאנחנו משתמשים באותם חומרים כדי לשמור על החום ועל הקור. החומרים האלו נקראים חומרים מבודדים.

2.2

כיצד ניתן למנוע את התכתה (הפשרתה) של קוביית קרח? – פעילות בקבוצות – 15 דק'

כיצד שומרים על קור? כיצד מונעים ממוצק להפוך לנוזל? בפעילות הבאה ינסו התלמידים למנוע את ההתכה של קוביית קרח. הפעילות דומה לזו של בובת השלג. כזכור, בפעילות הקודמת ניסינו למצוא את הדרך הטובה ביותר להגן על בובת השלג מפני התכה, אבל במקרה הנוכחי הפעילות נועדה לבדוק אילו חומרים משמשים כחומרים מבודדים מוצלחים ואילו אינם כאלו.

המורה תחלק לכל קבוצה (כשלושה תלמידים בקבוצה) קוביית קרח ותיתן לכל קבוצה שלוש דקות כדי להחליט מה הדרך הטובה ביותר להגן על קוביית הקרח שלהם כדי שלא תותך. התלמידים אינם רשאים לצאת מהכיתה אבל יכולים להשתמש בכל חומר שנמצא בהישג ידם, פרט לתא ההקפאה במקרר. התלמידים יכולים לנסות לשמור על קוביית הקרח בכל דרך שהם מוצאים לנכון אך חשוב להקפיד שהם יעשו שימוש בחומר אחד בלבד.

לאחר שלוש דקות עליהם להניח לקוביית הקרח ולהמתין רבע שעה נוספת כדי לראות מה יקרה.

על מנת לספק בסיס להשוואה, הניחו קוביית קרח אחת על צלחת כדי לראות מה קצב ההתמוססות שלה ללא חומר מבודד.

קוביית קרח בדרך כלל קרה ביחס לסביבה. התוצאות שיתקבלו יהיו שונות בהתאם לחומרים שבהם בחרו התלמידים להשתמש כדי להגן על קוביות הקרח שלהם. המטרה העיקרית היא למנוע מחום חיצוני לעבור אל קוביית הקרח ולהתיך אותה. 'מעיל' טוב העשוי מחומר מבודד המכיל כמות גדולה של אוויר דומם (לדוגמה, קלקר או גרב צמר ישנה), יגן על קוביית הקרח בצורה הטובה ביותר!

דוגמא לחומר מבודד לא מוצלח הם מים. המים, שהטמפרטורה שלהם גבוהה מזו של הקרח, מעבירים את החום אל קוביית הקרח וגורמים להתכתה. תלמידים שבחרו להניח את קוביית הקרח שלהם על השולחן יגלו שהקובייה שלהם ניתכת (מפשירה) לאט יותר מקוביית קרח שהונחה במים, אך מהר יותר מקובייה העטופה 'במעיל'. מים הם מוליך חום טוב (וחומר מבודד גרוע), בעוד אוויר הוא מוליך חום גרוע (וחומר מבודד מוצלח).

שימו לב: ניתן להתחיל את הפעילות הבאה כאשר התלמידים מניחים את קוביית הקרח בצד למשך רבע שעה.

2.3

מידע נוסף על חומרים מבודדים – פעילות בקבוצות/דיון בכיתה – 20 דקות

המורה תבקש מהתלמידים להתבונן בקוביות הקרח שלהם ולענות על השאלות המופיעות **בדף עבודה 2.2 פרק 2**.

- באיזו מידה השתמרה קוביית הקרח שלהם (בסולם של 1-5)?
 - באיזה אופן הם החליטו לנסות להגן על קוביית הקרח שלהם?
 - למה הם בחרו דווקא בדרך הזאת?
 - על סמך התוצאות בכיתה, מהי הדרך הטובה ביותר למנוע את ההתכה של קוביית הקרח?
- המורה תעזור לתלמידים לנהל דיון על הפתרונות שבחרו, המוצלחים יותר והמוצלחים פחות, כדי למנוע מקוביית הקרח להפשיר.

דיון בכיתה שבו מניחים לתלמידים להשוות בין התוצאות בפעילות בובת השלג לבין התוצאות בפעילות של קוביית הקרח עשוי להניב תובנות מעניינות.

בשלב האחרון המורה תרכז ותבהיר את כל המידע על בידוד שניתן להפיק מהפתרון לחידת בובת השלג, מהתרגיל של הגנה על קוביית הקרח, ומהדוגמאות שהתלמידים הביאו מהבית המאפשרים שמירה על חום ועל קור. מה משותף לחומרים שמיטיבים למנוע התכה של קוביית הקרח וחומרים אחרים שמיטיבים לשמר על חום/קור?

חזרו לנושא של בובת השלג ושאלו את התלמידים אם הם שינו את דעתם לגבי הפתרון. שוחחו על הפתרון ועל האופן שבו פעל 'המעיל' כחומר מבודד השומר על הקור של בובת השלג. ושאלה נוספת:

מה היה קורה לבובת השלג אילו הטמפרטורה שלו הייתה זהה לטמפרטורת האוויר שבסביבה?

2.4 מוליכות חום – לחוש את העולם ולמדוד אותו – עבודות בקבוצות/דין במליאה - 25 דק'

אם לתלמידים אין ניסיון קודם בשימוש עם מדחום דיגיטלי, חשוב שהמורה תציג את הכלי ואת אופן השימוש בו באופן בהיר ככל האפשר כדי שהניסויים יניבו תוצאות מדויקות.



המורה תבקש מהתלמידים להסתובב בכיתה בקבוצות של 2-3 ולמשש חפצים שונים: רגל של כיסא (ברזל?), גב הכיסא (פלסטיק או עץ?), משקוף של חלון, זגוגית, מושב של כיסא, תרמיל בית ספר, וכל חפץ אחר שנמצא בסביבה. הפריטים הרשומים בטבלה הבאה הם בגדר הצעה בלבד.

כל תלמיד ירשום אם החפץ חם או קר בסולם של 1-6 **בדף עבודה 2.3**. המורה תרכז את כל התשובות על הלוח ותדון במשמעות הממצאים. האם שוררת הסכמה בין התלמידים לגבי מידת החום והקור של חפצים שונים?

לאחר מכן המורה תבקש מהתלמידים למדוד את החום של אותם חפצים בעזרת מדחום דיגיטלי.

הנה דוגמה של מדידה כזאת:

שם החומר	מה מידת החום/הקור של החומר על סמך תחושה הקף את אחד המספרים 1=הכי קר, 6=הכי חם	מה מידת החום/הקור של החומר על סמך שימוש במדחום דיגיטלי רשום את הטמפרטורה של החומר (במעלות צלזיוס)
עץ	1 2 3 4 5 6	21
פלסטיק	1 2 3 4 5 6	21
מים	1 2 3 4 5 6	21
ברזל	1 2 3 4 5 6	21
אלומיניום	1 2 3 4 5 6	21
זכוכית	1 2 3 4 5 6	21
אוויר	1 2 3 4 5 6	21
	1 2 3 4 5 6	

- האם חלק מהתוצאות הפתיעו אתכם?
- איזה סוג של חומרים מקנים תחושה דומה?
- מה התכונות של חומרים אלו? (מבודדים או מוליכים?)
- מה קורה כשממששים את החומרים במשך הרבה זמן? למה זה קורה?
- אי אפשר לצפות מהתלמידים שהם יוכלו להסביר מדוע יש הבדל בין מידת החום או הקור שמעיד חוש המישוש שלהם ובין מידת החום או הקור כפי שהם נמדדים במדחום. מן הסתם המורה היא זאת שתצטרך לספק להם את ההסבר:
- במהלך הניסוי הקטן הזה הייתם עדים לתכונה שנקראת מוליכות חום.
- היכולת להעביר חום משתנה מחומר לחומר.
- היד שלכם בד"כ חמה מהסביבה. חומרים שמוליכים חום טוב, מעבירים מהר את החום מהיד שלכם ולכן נדמה לכם שהם קרים.
- יש חומרים שמאצים את הולכת החום ויש חומרים שמאטים את הולכת החום. החומרים שמאטים את הולכת החום נקראים **חומרים מבודדים**.

השוו את החומרים שמבודדים טוב עם החומרים שהתגלו כמבודדים טובים בפעילויות הקודמות: בניסוי שבו עטפתם את קוביית הקרח, עם החומרים והחפצים שהבאתם מהבית שנועדו לשמור על חום וקור, ובניסוי הראשון בו בדקתם את החומרים שמרכיבים את סוליות הנעליים.

כשאנחנו אומרים שחומר מסוים 'חם', מדובר למעשה בתחושה יחסית. הדבר מעיד על אי-התאמה בתחושה שלנו, כמו ההבדלים שאנחנו חשים כשאנחנו נוגעים בעץ וכשאנחנו נוגעים בברזל. שני החומרים נמצאים בטמפרטורת החדר (לדוגמה, 21 מעלות צלזיוס), אבל התחושה שלנו כשאנחנו נוגעים בברזל היא שהוא קר בהרבה מהעץ. הסיבה לכך היא שברזל הוא מוליך חום טוב יותר, ולכן מוליך טוב יותר את החום מהיד שלנו. העץ, לעומת זאת, הוא מוליך חום גרוע (חומר מבודד) ולכן מאט את מעבר החום מהיד שלנו.



2.5 פעילות בחירה – מוליכי חום טובים וגרועים - עבודה בקבוצות/דיון במליאה – 15 דק'



המורה תבקש מהתלמידים לבדוק בקבוצות של 2-3 תלמידים את מידת המוליכות של החום/הקור של המקלות העשויים מחומרים שונים. ראשית התלמידים יתבקשו לנקב כששה חורים בכוס קלקר, במרחק של כ-1.5 סנטימטרים משפת הכוס. החורים צריכים להיות פחות או יותר במרחק שווה סביב השפה. עכשיו, בעדינות, יש להשחיל את המקלות סביב הכוס, כמתואר בצילום.



לאחר מכן יש למלא את הכוסות במים עם קוביות קרח עד שהמים יכסו לחלוטין את המקלות. אחרי דקה המורה תבקש מהתלמידים למשש את המקלות ולדרג אותם כחמים או קרים בסולם של 1-5. אפשר גם להניח לתלמידים למדוד את הטמפרטורה של המקלות בעזרת מדחום דיגיטלי.

אם אתם רשאים לעבוד עם מים חמים:

שפכו את המים הקרים ומלאו את הכוס במים חמים (60 מעלות) עד שהמקלות בתוך הכוס מכוסים לחלוטין. התלמידים יתבקשו לחכות 2-3 דקות ואחר כך לגעת שוב במקלות ולדרג אותם כחמים וקרים בסולם של 1-6.

חשוב שהתלמידים יבינו על בוריו את המושג הולכת חום. לשם כך, המורה תדון עם התלמידים בתוצאות של הפעילות הקודמת והפעילות הנוכחית. הנקודה החשובה ביותר שהתלמידים צריכים להבין היא שחומרים שנקראים חומרים מבודדים הם חומרים המאטים את הולכת החום.



2.6 בחינה של חומרים מבודדים – עבודה בקבוצות/דיון במליאה – 30 דק'

בפעילות זו התלמידים יערכו ניסוי בתנאים שווים עם החומרים הזמינים להם לשם עיצוב סוליות הנעליים. הם גם ינסו לשפר את יכולת בידוד החום של החומרים לאחר שיגלו את 5 הקריטריונים החשובים ביותר לבידוד חום.



חמשת הנקודות המרכזיות הן:

1. תכונות יכולת הבידוד של החומר.
2. כמות האוויר הדומם (הנמדדת במרחק בין החומרים).
3. כמות החומר (עובי החומר וגודל פני השטח שלו).
4. מידת היובש (הלחות).

5. זמן.

המורה תחליט כיצד לארגן את הכיתה כדי לבחון את שבעת החומרים השונים. ניתן להוריד חומרים מסוימים או להוסיף חומרים חדשים. אנחנו מציעים לעבוד בקבוצות של 3 תלמידים, שכל אחד מהן תבחן את אחד מהחומרים הבאים:



1. עיתון
2. גפרורים
3. מטליות ניקוי/מגבת
4. גרבי צמר
5. שקיות פלסטיק
6. גומיות
7. קשיות שתייה

כל קבוצה תזדקק למדחום דיגיטלי, מטלית ניקוי, קרחום, סרגל, שקית פלסטיק ושעון-עצר כדי לבצע את הניסוי.

המורה תזכיר לתלמידים את משימת האתגר ואת סיפור המסגרת: אתם בגרינלנד, יושבים בחדר במלון ומחפשים חומרים זמינים שאפשר להכין מהם סוליות נעליים מבודדות מקור. התלמידים צריכים לבחון את יכולת הבידוד של חומרים שונים. על מנת להשוות בין התוצאות, על הניסויים להתבצע בתנאים שווים.

יש להדגיש שהכוונה בתנאים שווים היא שמשנים משתנה אחד בלבד בכל פעם, אחרת לא נדע מה משפיע על מה ולא נוכל להשוות בין התוצאות.

הנה כמה מהתנאים שצריכים להישאר ללא שינוי:

- כל מדידות החום צריכות להתבצע בטמפרטורת החדר.
- כל המדידות צריכות להתבצע במשך 5 דקות.
- יש לכסות את כל החומרים במטלית/מגבת (כדי שהאוויר יישאר דומם ממש מעל לנקודה שבה מודדים, אחרת לטמפרטורה בחדר תהיה השפעה גדולה מדי על המדידה).
- צריך להחזיק את המדחום בצורה יציבה (בלי ללחוץ עליו חזק מדי או להרים אותו).
- צריך למדוד את אותה נקודה על החומר (עדיף במרכז החומר).

המורה תבקש מהתלמידים לעבוד עם **דפי עבודה 2.5 פרק 2**, שבהם כתובות ההוראות ויש מקום לרישום התוצאות.

כל קבוצת תלמידים תבדוק סוג אחד של חומר בעובי זהה של 1 סנטימטר. חשוב שהתלמידים ישימו את החומרים בשקיות פלסטיק כדי שהקרחום לא ירטיב את החומר המבודד. עוד יותר חשוב לוודא שהאוויר נשאר דומם. תחילה על התלמידים לחוש את ההשפעה של חומר מבודד בעובי של 1 סנטימטר באמצעות הנחת כפות רגליים יחפות על הקרחום והחומר המבודד.

1. הכניסו שכבה של 1 סנטימטר חומר מבודד לשקית פלסטיק.
 2. הניחו אותה על הקרחום.
 3. עמדו עם רגל יחפה על שכבת חומר מבודד בעובי של 1 סנטימטר במשך דקה.
- שאלה: האם החומר מבודד מספיק לדעתכם?

לאחר מכן, התלמידים צריכים למדוד את מידת החום:

1. כסו את החומרים במטלית/מגבת במשך 5 דקות.
2. מדדו את טמפרטורת החדר.
3. עשו חור במטלית, השחילו דרכו את המדחום ומדדו את החומר באותה נקודה במשך 5 דקות. החזיקו את המדחום ביד יציבה (בלי ללחוץ חזק מדי ובלי להרים אותו).

4. רשמו את התוצאה.

להלן תוצאות לדוגמה של חומרים בשכבה של 1 סנטימטרים:

שם החומר	כמות	טמפרטורה התחלתית (במעלות צלזיוס)	טמפרטורה אחרי 5 דק' (במעלות צלזיוס)	הפרש בטמפרטורות הטמפרטורות (במעלות צלזיוס)
עיתון	שכבה של 1 ס"מ	23,5	14	9,5
גפרורים	שכבה של 1 ס"מ	22,6	15,5	7,1
מטלית/מגבת	שכבה של 1 ס"מ	22,5	16	6,5
גרבי צמר	שכבה של 1 ס"מ	23	17,3	5,7
שקית פלסטיק	שכבה של 1 ס"מ	23,4	12,6	10,8
גומיות	שכבה של 1 ס"מ	22,3	15,3	7
קשיות שתייה	שכבה של 1 ס"מ	23	18,8	4,2

הציגו את הנתונים בכיתה כדי שכולם יוכלו לראות. בקשו מהתלמידים לדרג את התוצאות. ממה לדעתם נובעים ההפרשים בטמפרטורות?

2.7 שיפור של יכולת הבידוד – דיון במליאה – 15 דק'

המורה תשאל את התלמידים:

- כיצד ניתן לשפר את יכולת הבידוד תוך שימוש באותו סוג של חומר, שבו נעשה שימוש בפעילות הקודמת?

המורה תניח לתלמידים לדון באפשרויות השונות, לערוך את הניסוי שוב ולהשלים את הדף השני של **דף עבודה 2.6**.

2.8 סיכום – סקירה של החומר הנלמד – דיון במליאה – 10 דק'

המורה תסקור את הפעילות שנערכה במהלך הפרק ואת המידע שנרכש:

- מה עשינו עד עכשיו?
- מה היו ההשערות שלהם בהתחלה?
- ועכשיו, מה לדעתם גרם להבדל? (יותר חומר? שכבה עבה יותר של חומר? יותר אוויר...?)

המורה תעזור לתלמידים לנסח את המסקנה המתבקשת:

ככל _____, כך יכולת הבידוד משתפרת!

ככל ששכבת החומר עבה יותר, כך יכולת הבידוד משתפרת!

המורה תרשום את משפטי הסיכום על הלוח:

המורה תנחה את הדיון לעבר חמשת הגורמים המשפיעים על יכולת הבידוד:

1. התכונות של החומר עצמו.
2. כמות האוויר הדומם (הנמדדת במרחק בין החומרים).
3. כמות החומר (עובי וגודל פני השטח).
4. מידת היושב (לחות).
5. זמן.

המורה תשווה את חמשת הגורמים עם המסקנות של התלמידים.

פרק 3 – כאן בונים! תכנון ובנייה של סוליות נעליים עמידות לקור

משך השיעור: 110 דק'



מטרות:

- התלמידים יתכננו ויבנו את המוצר בהתאם לדרישות הסף שניתנו להם.
- התלמידים ילמדו לתכנן למטרה מסוימת;
- התלמידים יבחנו את המוצר שלהם וישפרו אותו.

ציוד וחומרים (ל 30 תלמידים):



חומרים לסוליות:

- ☐ 10X בדים/מטליות מטבח
- ☐ 12X קופסאות גפרורים גדולות (עם גפרורים)
- ☐ 1X חבילה של מטליות מטבח
- ☐ 4X עיתונים
- ☐ 200X גומיות רבות
- ☐ 4X זוגות של גרבי צמר
- ☐ 100X קשיות שתייה
- ☐ 20X שקיות אשפה (תכולה של 2 ליטר)
- ☐ מסטקינגטייפ 15 מטרים
- ☐ 10X זוגות מספריים

חומרים תפירה והדבקה:

- ☐ 10X שפורפרות דבק חם או שדכן גדול

חומרים לבדיקת המוצר:

- ☐ 10X מדחומים דיגיטליים
- ☐ 10X קרחומים
- ☐ 10X סרגלים
- ☐ 10X סמרטוטים/מטליות מטבח
- ☐ 10X שעוני עצר או קוצבי זמן

הכנות לפני השיעור:

- להקפיא קרחומים
- להכין את הציוד והחומרים לכל קבוצה
- להדפיס את דפי העבודה ועותק של תהליך התיכון ההנדסי

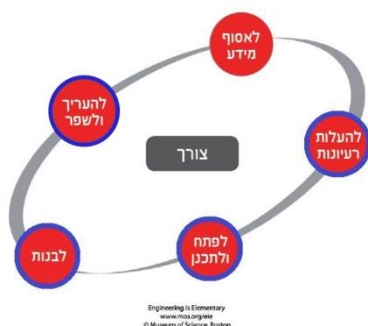
אופן העבודה בכיתה:



- עבודה בקבוצות
- דיון בכיתה

תקציר הפרק

בפרק הנוכחי יעבדו התלמידים בהתאם לשלבי תהליך התיכון ההנדסי 'להעלות רעיונות' 'לפתח ולתכנן' 'לבנות' 'להעריך ולשפר'. התלמידים ישתמשו בעקרונות המדעיים שלמדו בפרק 2 על מנת להתמודד עם משימת האתגר ההנדסית.



3.1 פתיחה – משימת האתגר ההנדסית ותהליך התכנון – דיון במליאה – 5 דק'

המורה תציג שוב את משימת האתגר ההנדסית: תכנון ובנייה של סוליות נעליים המבודדת מפני קור.



יש להדגיש שהתלמידים צריכים לתכנן ולבנות רק את הסוליה – לא את כל הנעל!

המורה תפנה את התלמידים **לדף עבודה 1.1** אשר מתאר את שיטת העבודה שהתלמידים ישתמשו בה. המורה תסקור שוב את השלבים "איסוף המידע", "העלאת רעיונות", "פיתוח ותכנון", "בנייה" ו"הערכה ושיפור" בתהליך התכנון ההנדסי. יש להבהיר לתלמידים שעמידה בלוח הזמנים חיונית. לכל שלב צריך להיות זמן יעד ברור. על התלמידים ללמוד לנהל נכון את הזמן ואת תהליך הלמידה.

3.2 שלב 'איסוף המידע' – עבודה בקבוצות ודיון במליאה – 15 דק'

התלמידים כבר למדו הרבה על איסוף מידע בפרקים 1 ו-2, כאשר הם בחנו היבטים שונים של משימת האתגר (איסוף מידע על גרינלנד, על עיצוב נעליים בכלל ועל סוליות נעליים בפרט, כמו גם על תכונות הבידוד של חומרים שונים). לפני שהם ינסו לעצב סולית נעליים משלהם, על התלמידים לשאול עכשיו את השאלה שכל מהנדס היה שואל בשלב זה: מהן הדרישות שהסוליות צריכות לעמוד בהן? דוגמאות לתשובות נכונות עשויות להיות: הסוליה צריכה לבדוד מפני קור, להיות אטומה למים, נוחה, יפה, עמידה וכו'...

בדיון הכיתתי עליכם להגיע להסכמה לגבי הדרישות שהסוליות צריכות לעמוד בהן. לשם כך יש להגביל את מספר הדרישות. ניתן להניח לתלמידים לקבוע את הדרישות בעצמם, אבל עליהם להחליט כיצד ניתן לבדוק אם התוצר שלהם עומד בדרישות אלו. לשם כך צריכה להיות אפשרות לבחון את העמידה בדרישות בכלים מדעיים. התלמידים מוכרחים להגיע להסכמה לגבי:

- מתי יודעים שהסוליות הצליחו לעמוד בדרישות?
- כיצד ניתן לבדוק זאת?

רשימת הדרישות עשויה להיראות כך:

הדרישות שבהן צריכות לעמוד הסוליות

1. הסוליה צריכה להיות עשויה משני חומרים מבודדים לכל היותר (לא כולל המסקינטייפ והחומר המשמש לבניית הסוליה עצמה).
2. הסוליה צריכה לעמוד בהליכה של 10 מטרים בלי שייגרמו לה נזקים נראים לעין.
3. עובי הסוליה צריך להיות 2 סנטימטרים לכל היותר.
4. רמת ההתאמה של יכולת הבידוד של הסוליה ינוע בסולם של 1-3, כאשר 1 היא הרמה הגבוהה ביותר, ו-3 היא הרמה הנמוכה ביותר. רמת ההתאמה של הסוליות תיקבע בדיון שבו ייטלו חלק כל התלמידים בכיתה.



ניתן למצוא את רשימת הדרישות בדפי עבודה 3.4 ו-3.5. ייתכן ותמצו, לאחר הדיון בכיתה, להכניס שינויים בחלק מהדרישות שברשימה.

3.3 שלב 'העלאת הרעיונות' – עבודה בקבוצות – 10 דק'

השלב השני בתהליך התכנון ההנדסי הוא שלב העלאת הרעיונות. עזרו לתלמידים להעלות פתרונות אפשריים בקבוצות של שלוש. המורה תזכיר לתלמידים מהם החומרים הזמינים לשימושם. הם יכולים, לדוגמה, לדון בנושאים הבאים:

- כיצד נגדיר מהי סוליה טובה?
- באילו חומרים כדאי להשתמש לבידוד?
- אילו חומרים יכולים לשמש לבניית השלד של הסוליה?

התלמידים יכתבו או ישרטטו את הרעיונות שלהם **בדף עבודה 3.2**. כל קבוצה תחליט מה הרעיון המוצלח ביותר מבחינתם. את עבודת התכנון והבנייה הם יבצעו בשלב הבא.

3.4 שלב התכנון – עבודה בקבוצות - 15 דק'

התלמידים יעבדו בקבוצות של שלושה כדי להפוך את הרעיונות שלהם למציאות. רצוי ליידע את התלמידים מראש אילו חומרים עומדים לרשותם. רצוי גם להזכיר להם להשתמש בידע המדעי שהם צברו בשלבים הקודמים, אם כי עבור תלמידים מסוימים האמירה תתגלה כמופשטת מדי, ויהיה צורך להזכיר להם להתרכז בתכנון לפני שהם עוברים לשלב הבנייה.

בדף עבודה 3.3 עליהם לתכנן את הסוליה באמצעות מתן מענה לשאלות הבאות:

1. מה הסוליה צריכה להכיל כדי לעמוד בדרישות שלכם?
2. באיזה סוג של חומרים אתם מתכוונים להשתמש כדי לעצב את הסוליה שלכם?
3. שרטטו את הרעיון שלכם לעיצוב הסוליות.

3.5 שלב הבנייה והבדיקה – עבודה בקבוצות - 35 דק'

התלמידים יעבדו בקבוצות של שלושה כדי לבנות ולבחון את הסוליות, בהתאם לתוכנית שהתוו מראש. המורה תחלק את החומרים ל: חומרים מבודדים (עיתונים, מטליות, גפרורים, שקיות פלסטיק, צמר, גומיות וקשיות שתייה), חומרים לקשירה והדבקה (דבק חם, שדכן, מסקינגטייפ, שקית פלסטיק).

הסוליה העליונה והתחתונה:

ראשית, התלמידים יחתכו שתי סוליות זרות ממטליות המטבח. סביב הסוליות התלמידים ישאירו סנטימטר 1 נוסף לתפר. אלו שתי השכבות שלנו: הסוליה העליונה והסוליה התחתונה. הן אינן נמנות עם חומרי הבידוד. יש לוודא שההבחנה בין החומר שממנו עשויות הסוליות לחומרי הבידוד ברורה ובהירה. חשוב גם שהתלמידים ידעו שכמות החומרים מוגבלת.



לאחר מכן יוסיפו התלמידים את החומרים המבודדים על פי ההוראות **בדף עבודה 3.4**. משך הזמן לביצוע הבניה הוא כ- 15 דק'.

הערכה של הסוליה:

עכשיו הקבוצות צריכות לבחון את הסוליות שלהם. לשם כך, המורה תחלק את **דף עבודה 3.5**, שבו מופיעות הנחיות שיסייעו לתלמידים להעריך את המוצר שלהם על פי הדרישות.

כאשר שלב ההערכה יסתיים, על התלמידים לדרג את המוצר שלהם בסולם של 1-3: כאשר 1 פירושו 'טוב מאוד', 2 פירושו 'טוב', ו-3 פירושו 'לא כל כך טוב'.

3.6 שלב ההערכה והשיפור – עבודה בקבוצות – 15 דק'

התלמידים ימשיכו לעבוד בקבוצות בניסיון לשפר את הסוליה שלהם. הוראות ועזרה ניתן למצוא **בדף עבודה 3.6**, אשר בו מתבקשים התלמידים לדון בבחירת החומרים שלהם, באופן העיצוב, בתוצאות ההערכה (הדרוג של המוצר), ובשיפורים שצריך לבצע:

- באילו חומרים בחרתם להשתמש ומדוע?
- מדוע בחרתם לעצב את הסוליה שלכם באופן המסוים הזה?
- האם הסוליה עומדת בדרישות? מה תוצאות ההערכה?
- כיצד ניתן לשפר את הסוליה שלכם?

הערכה של הסוליה ושיפורה:

על סמך ההערכה, התלמידים יכולים להכניס עכשיו שיפורים. לשם כך יש להם 10 דקות לשיפורים עצמם, ועשר דקות נוספות להערכה חוזרת. בשלב ההערכה החוזרת עליהם לתעד את תוצאות מבחן ההערכה ולענות על השאלות **בדף עבודה 3.7**.

3.7 סיכום – דיון במליאה – 5 דק'

בפרק הבא יציגו התלמידים את הסוליות שלהם בפני הכיתה. לשם כך המורה תערוך סיכום קצר שבו היא תדון באופן שבו התלמידים התמודדו עם משימת האתגר, ותסקור שוב את תהליך התכנון ההנדסי ואת האופן שבו הוא שירת את התלמידים בתהליך העבודה. האם הסוליות שבנו הצליחו לעמוד בדרישות? האם הם הצליחו להכניס שיפורים בסוליה? על המורה לוודא שהסוליות יאוחסנו במקום בטוח עד לפרק הבא והמסכם.

פרק 4 – אז איך הלך לנו?

האם הסוליות שבנינו עמדו בדרישות? הערכה של שיטת העבודה ושל התוצר המוגמר

משך השיעור: 40 דק'



מטרות:

- התלמידים ילמדו את חשיבותו של שלב ההערכה כחלק בלתי נפרד מתהליך התיכון ההנדסי;
- התלמידים ירכשו את הכישורים הדרושים כדי להציג בצורה בהירה וברורה את עבודתם.

הכנות לפני השיעור

אופן העבודה בכיתה:



- להכין עותקים של **דף עבודה 4.1**

- דיון כיתתי
- עבודה בקבוצות
- הופעה בפני המליאה

תקציר הפרק

בפרק זה נעריך את תהליך העבודה. כיצד תהליך התיכון ההנדסי והידע המדעי שרכשנו עזר לנו לבצע בהצלחה את משימת האתגר?



4.1

פתיחה – עבודה בקבוצות – 20 דק'

המורה תבקש מהתלמידים להעריך את העבודות שלהם על סמך דף עבודה 4.1 – איך הלך לנו?
המורה תבקש מהתלמידים לדון בקבוצות בסוגיות הבאות:

- הנהייתם? היה לכם כיף?
 - מאיזה חלק הכי נהייתם?
 - איזה חלק הלך לכם בקלות?
 - איזה חלק היה מאתגר במיוחד מבחינתכם?
 - מה הדבר החשוב ביותר שלמדתם מהתהליך?
 - האם רכשתם מיומנויות וכישורים חדשים?
- המורה תבקש מכל קבוצה להציג בקצרה (5 דקות לכל היותר, כולל שלב השאלות) את סוליית הנעליים שלה. המצגת צריכה לכלול לא רק הסברים קצרים על תהליך העבודה, החומרים והעיצוב, אלא גם הסברים על הדברים החשובים ביותר שהם למדו במהלך העבודה. במהלך הצגת הסוליות, על התלמידים להתייחס גם לידע שהם רכשו בפרקים הקודמים.

4.2

הצגת העבודות – 45 דק'

המורה תבהיר את החשיבות של הצגת העבודות. השלב הזה מהווה הזדמנות אחרונה להערכה של התהליך ושל המוצר. מהנדסים ומהנדסות אחראים ליעילות המוצר שלהם בפני החברה שעבורה הם עובדים ובפני הצרכנים, כך שהאזנה לצרכנים פוטנציאליים מהווה שלב חשוב כדי לבדוק את מידת שביעות הרצון מהמוצר המוגמר. אם הייתם הורים, האם הייתם משתכנעים שהילדים שלכם, העומדים לצאת למסע במזחלת רתומה לכלבים, יישארו בריאים ויבשים?

כל קבוצה תציג את הסוליה שלה ותבהיר את המושגים המדעיים הקשורים בבידוד ששימשו אותה בבחירה ובעיצוב של החומרים המתאימים.

4.3

סיכום – דיון במליאה בהנחיית המורה – 5 דק'

המורה תסקור את היחידה בכללותה, תזכיר לתלמידים כיצד הם יישמו את תהליך התיכון ההנדסי, תשבח את התלמידים על הישגיהם, ותביע אמון במוצר שלהם וביכולתו להגן עליהם מפני הקור הארקטי.

נספחים

דפי עבודה (כולל תשובות)

דף עבודה 1 פרק 1 - הנדסה או לא הנדסה?



דף עבודה 1 פרק 0 – הנדסה? – הערות למורה

הצילומים בדף הסיכום נועדו לגרום לתלמידים לשאול מה זאת הנדסה? מה מהנדסים עושים? איזה תחומי הנדסה קיימים? מי יכול להיות מהנדס?

הצילומים של העכביש והשבלול מהווים אתגר מיוחד. התלמידים עשויים להחליט, לדוגמה, שהעכביש 'מהנדס' את הקורים שלו (וכך גם לגבי חיות 'מהנדסות' אחרות, כמו בונה הבונה סכר). מכאן נובע שחשוב להדגיש שהמושג המקובל של הנדסה חל על חפצים מעשה ידי אדם. עם זאת, אנחנו יכולים ללמוד מהתבוננות ומצפייה בטבע. לדוגמה, בני האדם העתיקו את החומר שבו עכבישים משתמשים כדי לטוות קורים כדי ליצור חומר עמיד וחזק מאוד (קוולר) בעל תכונות מועילות רבות. השאלה המעניינת היא אם ניתן למצוא שימוש לפתרונות של הטבע לצורך פתרון בעיות בעולם האנושי. השבלול פיתח שיטה יעילה מאוד של זחילה על משטחים מחוספסים המגנה על גופו הרך מפני פגיעות. האם ניתן למצוא שימוש לעובדה זו בחיי היומיום? התשובה תלויה בצרכים ובדמיון שלנו. לשיטת הזחילה של השבלול טרם נמצא שימוש, לעומת זאת, ההשראה לסקוץ' (צמדן), באה בעקבות התבוננות בקוצים של צמח בשם לפה גדולה.

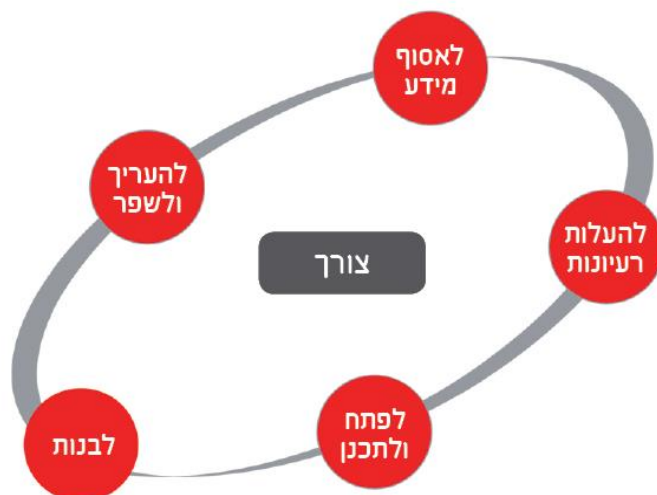
גם את הצעצועים ניתן להחשיב כתוצר של הנדסה מאחר והם מורכבים מפיקות וזיזים, אבל יהיה מעניין לשאול מאילו חומרים אפשר להכין אותם ומי בעצם בונה אותם. יש להניח שהדיון יוביל לכמה סוגיות של מגדר (ילדים רבים עשויים לחשוב שרק גברים מעצבים ובונים צעצועים).

שאלה דומה עשויה לעלות בעקבות ההתבוננות בצילומים של הסריג ושל הארוחה המוכנה – תלמידים עשויים לחשוב שרק נשים מכינות פריטים אלו ושהם אינם תוצר של הנדסה.

כמה מהצילומים האחרים, שבהם מוצגים פסלים ויצירות אמנות, עשויים להיתפס כלא קשורים לתחום ההנדסה מאחר ואין להם שימוש מעשי מוגדר. הדבר יעלה שאלות בנוגע לקשר בין הנדסה לאמנות ויגרום לתלמידים (ולמורה) לתהות האם לחפצים מעשה ידי אדם צריך להיות שימוש מעשי, על מנת שניתן יהיה להחשיב אותם כתוצר של הנדסה.

הצילומים נועדו לעורר דיון ודו-שיח. זה עשוי להיות העיתוי הנכון מבחינת המורה להציג את תהליך התיכון ההנדסי.

דף עבודה 1.1 פרק 1 - תהליך התיכון ההנדסי



Engineering is Elementary
www.mos.org/eie
© Museum of Science, Boston

שאלות	השלב בתהליך התיכון ההנדסי
מה הבעיה? כיצד אחרים התמודדו עם הבעיה לפנינו? לאיזה ידע מדעי אנחנו זקוקים? מה הדרישות?	לשאול שאלות ולאסוף מידע
מה עשויים להיות הפתרונות? מה עשוי להיות הפתרון הטוב ביותר?	להעלות רעיונות
הכנת תרשים רשימה של כל החומרים שנהיה זקוקים להם	לתכנן
הוצאה לפועל של התכנית בדיקה של המוצר שבנינו	לבנות
שיפור המכשיר/התוצר/התהליך	להעריך ולשפר

דף עבודה 1.2 פרק 1 – התבוננות בסוליות נעליים

.....:pe

תאריך:



חיתכו סוליות נעליים והתבוננו בהן.

רשמו את ממצאי ההתבוננות שלכם בטבלה:

- איזה סוג של חומרים משמשים להתקנת סוליות?
- תארו את המבנה של הסוליות: מספר השכבות, הצורה וכל מאפיין אחר.
- תארו כיצד החומרים מחוברים זה לזה: האם הם מודבקים? תפורים? מולחמים? מחוברים באמצעים אחרים?

.....סוג הנעל

מטרת החומר	מאילו חומרים הסוליה עשויה?
מטרת העיצוב	כיצד הסוליה מעוצבת?
	כיצד החומרים מחוברים זה לזה?

דף עבודה 2.1 פרק 2 – מה יקרה לבובת השלג?

.....:מס

.....:תאריך

מה לדעתכם יקרה לבובת השלג?



דף עבודה 2.2 פרק 2: איך למנוע התכה של קוביית קרח

שם:

תאריך:



מה גורם לקוביית קרח להפשיר (לעבור התכה)?
מצאו את הדרך הטובה ביותר כדי למנוע את ההתכה שלה.

מה אנחנו צריכים?

- 1 קוביית קרח
- חומר אחד שלדעתכם ימנע מהקובייה לעבור התכה

לעבודה!

החליטו כיצד אתם רוצים למנוע מקוביית הקרח שלכם לעבור התכה.

כללים:

- אתם יכולים להשתמש בכל חומר שנמצא בחדר.
- אתם יכולים להשתמש בסוג אחד בלבד של חומר.
- יש לכם 3 דקות בלבד כדי להחליט באיזה חומר אתם רוצים להשתמש.

שאלות:

1. מה עשיתם עם קוביות הקרח שלכם?

.....

2. מדוע בחרתם להשתמש בחומר הזה?

.....

3. אילו חומרים התגלו כחומרים מבודדים מוצלחים?

.....

דף עבודה 2.3 פרק 2 – למשש ולמדוד את העולם

שם:

תאריך:

חוש המישוש שלנו עלול להיות מטעה. מששו את העולם סביבכם וגלו מדוע חוש המישוש שלנו מורה שחומרים מסוימים חמים יותר מאחרים.

מה אנחנו צריכים?

- מדחום דיגיטלי

לעבודה!

1. מששו חומרים שונים בחדר והחליטו בסולם של 1-6 אם הם חמים או קרים, כש-1 הוא החומר הקר ביותר ו-6 הוא החומר החם ביותר.
2. מדדו את החום של החפץ או החומר שמיששתם בעזרת מדחום דיגיטלי ורשמו את התוצאה בטבלה.

שם החומר	חוש המישוש	מדחום דיגיטלי
	 מידת החום החומר הנבדק הקיפו את המספר המתאים 1 = הקר ביותר 6 = החם ביותר	 רשמו את הטמפרטורה של החומר הנבדק
	1 2 3 4 5 6	
	1 2 3 4 5 6	
	1 2 3 4 5 6	
	1 2 3 4 5 6	
	1 2 3 4 5 6	
	1 2 3 4 5 6	

מסקנה:

3. מדוע חוש המישוש שלנו מורה לנו שחומרים מסוימים חמים יותר מאחרים?

.....

.....

דף עבודה 2.4 פרק 2 – חומרים מבודדים ומוליכים

.....: **pe**

.....: **תאריך**

יש חומרים שטובים לבידוד ואחרים שאינם כאלו. כדי לבדוק זאת, אפשר להכניס חומרים שונים למים קרים וחמים ולראות מה קורה.

מה צריך?

- 1 מדחום דיגיטלי
- 1 כוס קלקר
- 6 מקלות מחומרים שונים: ברזל, נחושת, אלומיניום, עץ, פלסטיק וזכוכית
- 1 מסמר
- מים קרים וחמים

לעבודה!



1. נקבו שישה חורים בכוס הקלקר בעזרת המסמר כמתואר בצילום. השחילו את המקלות דרך החורים.
2. מזגו מים קרים מהמקרר לתוך הכוס עד שהם מכסים את המקלות שבכוס.
3. חכו דקה ומששו את המקלות. דרגו אותם בסולם של 1 עד 6 (כש-1 הוא הקר ביותר). רשמו את הערכים בטבלה.
4. נסו למדוד את המקלות בעזרת המדחום הדיגיטלי. החזיקו את המדחום צמוד לקצה המקל ביד יציבה ואחר כך רשמו את הטמפרטורה.
5. רוקנו את הכוס ומלאו אותה במים חמים. עשו זאת בזהירות כדי שלא תיכוו. מששו את המקלות שוב. דרגו אותם בסולם של 1-6, ואחר כך מדדו בעזרת המדחום הדיגיטלי.

חומרים	מידת החום בתחושה	מידת החום במדחום	מידת החום בתחושה	מידת החום במדחום
מים קרים	מים חמים	מים קרים	מים חמים	מים חמים
עץ	1 2 3 4 5 6		1 2 3 4 5 6	
זכוכית	1 2 3 4 5 6		1 2 3 4 5 6	
ברזל	1 2 3 4 5 6		1 2 3 4 5 6	
נחושת	1 2 3 4 5 6		1 2 3 4 5 6	
פלסטיק	1 2 3 4 5 6		1 2 3 4 5 6	
אלומיניום	1 2 3 4 5 6		1 2 3 4 5 6	

דף עבודה 2.5 פרק 2: בדיקת חומרי בידוד

שם:

תאריך:

בפעילות זאת תבצעו בדיקה של חומרים שיכולים לשמש לבניית סוליות ובהמשך יהיה עליכם לנסות לשפר את יכולת הבידוד של אותם חומרים.

מה צריך?

- מדחום דיגיטלי
- קרחון
- סרגל
- שעון עצר/קוצב זמן
- מטלית מטבח 1
- שקית פלסטיק
- סוג אחד של חומר לבנייה

לעבודה!



1. בחרו סוג אחד של חומר בידוד אותו אתם רוצים לבדוק
2. בדקו את יכולת הבידוד של החומר בעזרת כף רגל יחפה
 - הכניסו 1 סנטימטר של החומר עמוק לתוך שקית פלסטיק
 - שימו את השקית על הקרחון
 - עמדו במשך דקה על החומר בעובי של 1 ס"מ

האם החומר משמש חומר בידוד מספיק טוב? _____



3. בדקו את יכולת הבידוד של החומר באמצעות מדחום
 - כסו למשך 5 דקות את החומר במטלית המטבח
 - מדדו את טמפרטורת החדר
 - נקבו חור במטלית, השחילו דרכו מדחום ומדדו את הטמפרטורה. החזיקו את המדחום באותה נקודה ביד יציבה בלי ללחוץ חזק מדי ובלי להרים אותו במשך 5 דקות

רשמו את התוצאות:

שם החומר (בעובי 1 ס"מ): _____	

דף עבודה 2.5 פרק 2: בדיקת חומרי בידוד - עמוד 2

1. שיפור הבידוד

נהלו דיון לגבי האפשרויות שעומדות בפניכם כדי לשפר את איכות חומר הבידוד (תוכלו להשתמש בכמות גדולה יותר של החומר).
האם פירוש הדבר הוא שהטמפרטורה צריכה להיות גבוהה יותר או נמוכה יותר? _____

2. ניסוי חוזר

- הניחו את החומר המבודד, ששיפרתם את יכולת הבידוד שלו, בתוך שקית פלסטיק וכסו אותו במטלית למשך 5 דקות
- מדדו את טמפרטורת החדר
- מדדו את טמפרטורת החומר במשך 5 דקות (החזיקו את המדחום ביד יציבה באותה נקודה, בלי ללחוץ חזק מדי ובלי להרים את המדחום).
- רשמו את התוצאות

שם החומר:	תארו מה עשיתם
טמפרטורה התחלתית (טמפרטורת החדר)	
טמפרטורה אחרי 5 דקות	
הפרש:	

3. סיכום

מה לדעתכם גרם להפרש בניסוי השני? רשמו את ההנחה שלכם תוך שימוש במשפט הבא: ככל ש _____, כך הבידוד טוב יותר!

4. חמשת הגורמים המשפיעים על יכולת הבידוד

רשמו את חמשת הגורמים המשפיעים על יכולת הבידוד של החומר:

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....

דף עבודה 3.1 פרק 3 – איסוף המידע

.....: **שם:**

.....: **תאריך:**

לפני שמהנדס או מהנדסת מתחילים לבנות את המוצר, הם צריכים לשאול הרבה שאלות. עכשיו זה הזמן לשאול את עצמכם: כיצד הייתם מגדירים סוליה מוצלחת? מהן הדרישות שלכם מהסוליה?

1. ערכו רשימה של כל הדרישות שסוליה מוצלחת צריכה לעמוד בהן:

.....

.....

.....

.....

.....

2. מהי רשימת הדרישות הסופית שלכם?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

דף עבודה 3.2 פרק 3 – העלאת הרעיונות

.....:מ

.....:תאריך

עכשיו זה הזמן להעלות את כל הרעיונות הנפלאים שלכם לגבי האופן שבו הייתם רוצים לעצב את סולית הנעליים שלכם

מה אנחנו צריכים?

- עיפרון

לעבודה!

שוחחו עם החברים בקבוצה שלכם ורשמו את כל הדברים שיכול להיות לכם כיף לנסות, אבל אל תשכחו שעליהם לעמוד בדרישות שהצבתם בתחילה.

השאלות הבאות עשויות לעזור לכם

- איך הייתם מגדירים סוליה טובה?
- אילו חומרים ישמשו בהצלחה לבידוד?
- אילו חומרים ישמשו בהצלחה לבניית הסוליה עצמה?

דף עבודה 3.3 פרק 3 – שלב הפיתוח והתכנון

שם:

תאריך:

החליטו איזו סוליה אתם רוצים לעצב

1. מה הסוליה צריכה להכיל כדי לעמוד בדרישות שלכם?

.....

.....

.....

2. באיזה סוג של חומרים אתם מתכוונים להשתמש כדי לעצב את הסוליה שלכם?

.....

.....

.....

3. שרטטו את הרעיון שלכם לעיצוב הסוליות



דף עבודה 3.4 פרק 3 – לבנות

שם:

תאריך:

עכשיו זה הזמן לבנות את הסוליה על פי התכנון שלכם.

מה צריך?

- מטלית מטבח
- עיפרון
- מספרים
- אקדח דבק חם או אקדח סיכות
- מסטיקנגטייפ באורך 50 ס"מ
- שקית פלסטיק
- חומרים לסוליה ולבידוד

לעבודה!

התחילו בגזירה של תבנית הסוליה:

1. הניחו כף רגל יפה על מטלית המטבח
2. שרטטו את המתאר של כף הרגל שלכם
3. הוסיפו 1 סנטימטר סביב המתאר בשביל התפר
4. גזרו את הסוליה

בנייה של הסוליה

1. בחרו את החומרים המבודדים שלכם
2. בנו את הסוליה

הדרישות שסוליה צריכה לעמוד בהן:

- הסוליה צריכה להיות מורכבת משני חומרים מבודדים לכל היותר
- הסוליה צריכה לשמש להליכה של 10 מטר מבלי שיגרם לה נזק
- הסוליה צריכה להיות בעובי של 2 ס"מ לכל היותר
- הסוליה צריכה להיות מוגדרת 'טובה' לכל הפחות

דף עבודה 3.5 פרק 3 – שלב הבדיקה

.....: **שם:**

.....: **תאריך:**

עכשיו הזמן לבחון את הסוליה.
עקבו אחרי ההנחיות בסעיפים 1 עד 4 ורשמו את תוצאות הבדיקה בטבלה.

מה צריך?

- הסוליה שהכנתם
- קרחום
- מדחום דיגיטלי
- סרגל
- שעון עצר
- 2 גומיות

לעבודה!

5. רשמו את סוג החומרים המבודדים שבחרתם להשתמש בהם:

1.....

2.....

6. מדדו את עובי הסוליה: סנטימטר

7. לכו מרחק של 10 מטרים כשאתם נועלים את הסוליה.

האם הסוליה החזיקה מעמד? כן _____ לא _____

8. בדקו את הטמפרטורה באמצעות חוש המישוש ובאמצעות מדחום דיגיטלי

1. הניחו את הסוליה על הקרחום.
2. השתמשו בגומיות כדי להדק את הסוליה למקומה.
3. הניחו כף רגל יפה על הסוליה למשך דקה.
בסולם של 1-6, כמה קר לכם? (כש-1 הוא הקר ביותר) _____
4. כסו את הסוליה במטלית למשך 5 דקות.
5. מדדו את טמפרטורת החדר (הטמפרטורה ההתחלתית) _____
6. נקבו חור במטלית והשחילו דרכו את המדחום. הניחו את המדחום על הסוליה.
מדדו את הטמפרטורה במשך 5 דקות _____
חשבו את ההפרש בין הטמפרטורה ההתחלתית לסופית _____

5 השוו את התוצאות שלכם עם התוצאות של שאר התלמידים בכיתה

האם הבידוד של הסוליה שלכם: **טוב מאוד** **טוב** **לא כל כך טוב**

דף עבודה 3.6 פרק 3 – שלב השיפור

שם:

תאריך:

שיפור הוא חלק חשוב מאוד מתהליך התיכון ההנדסי. זאת ההזדמנות לבחון כיצד אפשר לשפר את המוצר. ותמיד יש מקום לשיפור.

דונו בקבוצה בשאלות הבאות ורשמו את התשובות שלכם.

1. באילו חומרים השתמשתם כדי לבנות את הסוליה?

.....

2. למה בחרתם להשתמש דווקא בחומרים אלו?

.....

.....

3. הזכרנו את חמשת הגורמים המשפיעים על יכולת הבידוד. ציינו כיצד גורמים אלו משפיעים על יכולת הבידוד של החומרים שבחרתם.

.....

.....

האם הסוליה שלכם עמדה בדרישות שהצבתם לעצמכם? מה היו תוצאות ההערכה

שלכם (הדרוג שנתתם לבידוד הסוליה)?

.....

.....

דף עבודה 3.7 פרק 3 – הערכה חוזרת

שם:

תאריך:

אחרי ששיפרתם את הסוליה, יהיה מעניין לראות אם איכות הבידוד אכן השתנתה. העריכו פעם נוספת את הסוליה.

מה אנחנו צריכים?

- הסוליה שהכנו
- קרחום
- מדחום דיגיטלי
- שעון עצר
- שתי גומיות

לעבודה!

1. מדדו את ירידת הטמפרטורה:

1. הניחו כף רגל יפה על מטלית את הסוליה על שקית הקרח
2. השתמשו בגומיות כדי להצמיד את הסוליה למקומה
3. כסו את הסוליה במטלית למשך חמש דקות
4. מדדו את טמפרטורת החדר (הטמפרטורה ההתחלתית) _____
5. נקבו חור במטלית. השחילו דרכו את המדחום, והניחו אותו על הסוליה. מדדו את הטמפרטורה במשך 5 דקות _____
6. חשבו את ההפרש בין הטמפרטורה ההתחלתית לטמפרטורה הסופית _____

2. ומה איכות הבידוד של הסוליה שלכם עכשיו?

לא כל כך טובה

טובה

טובה מאוד

דף עבודה 4.1 פרק 4 – שלב הבנייה

.....: **שם:**

.....: **תאריך:**

עכשיו זה הזמן לחשוב על כל התהליך שעברתם ועל התוצאות שהשגתם.

דונו בשאלות הבאות ורשמו את התשובות:

1. האם נהניתם מהחוויה? למה?

.....

2. תהליך התיכון ההנדסי מורכב מחמישה שלבים. מהם?

.....

3. איזה שלב הכי מצא חן בעיניכם?

.....

4. מה הסתדר טוב ובקלות במהלך העבודה וההתנסות?

.....

5. מה הסתדר קצת פחות בקלות?

.....

6. מה הדבר הכי מעניין שלמדתם?

.....

7. האם רכשתם כישורים ומיומנויות חדשים?

.....

8. מה היה החלק המאתגר ביותר?

.....

חומר רקע מדעי למורים על בידוד

פרק 2 - מושגים מרכזיים

- חום עובר מגוף חם לקר
- לחומרים שונים יש תכונות תרמיות שונות והם מוליכים חום במידה שונה
- חומר מבודד תרמית מאט את הולכת החום
- חומר מוליך מאיץ את הולכת החום
- מידת הולכת החום תלויה בהפרשי הטמפרטורות שבין שני חפצים/חומרים/אזורים
- טמפרטורה היא מדד למה שאנו מגדירים על פי תחושה כחם או קר

מה זה חום?

חום הוא אנרגיה תרמית פנימית של החומר. כדי להבין מהי אנרגיה פנימית עלינו לחשוב על מבנה חומר. חומר מורכב מאטומים וממולקולות (קבוצות של אטומים). האנרגיה הפנימית היא למעשה תנועת המולקולות. ככל שטמפרטורת החומר גבוהה יותר, המולקולות והאטומים, זזים יותר. אפילו בחלל החיצון, שם הטמפרטורות נמוכות ממינוס 240 מעלות צלסיוס, לחומר עדיין יש כמות זעירה של אנרגיה חום (תנועה). בטמפרטורה התיאורטית של האפס המוחלט (מינוס 273°C), התנועה חדלה באופן מוחלט. המונח חום למעשה מתייחס לאנרגיה התנועה של אטומים ומולקולות.

תרמודינמיקה

אנרגיה יכולה ללבוש צורות שונות (לדוגמה, אנרגיה מכנית, אנרגיית אור, אנרגיה כימית, אנרגיית קול וכדומה). ניתן להמיר את כל סוגי האנרגיה לאנרגיה חום. לדוגמה, כשאנחנו מחככים את ידינו כדי להתחמם. כאשר אנרגיה נוספת למערכת, המערכת מתחממת. כאשר אנרגיה נגרעת מהמערכת, המערכת מתקררת. **תרמודינמיקה** היא ענף בפיזיקה העוסקת ביחסים בין חום ובין סוגים אחרים של אנרגיה.

התרמודינמיקה אפשרה תגליות טכנולוגיות בעלות חשיבות היסטורית, גם כאשר העקרונות המדעיים טרם היו מובנים, או היו מובנים באופן חלקי בלבד. במהלך המהפכה התעשייתית במאה ה-18 התגלה שמכונות אינן מכלות אנרגיה, אלא ממירות אנרגיה אחת באחרת. לדוגמה, מנוע קיטור ממיר אנרגיה כימית מפחם לאנרגיה קינטית (תנועה). כמו כן התגלה שלא משנה עד כמה העיצוב של המכונה מוצלח, תמיד נוצר חום כתוצאה מהחיכוך בין חלקי המכונה הגורם לאנרגיה להתפזר (או, במונחים שלנו, 'להתבזבז'). בכך בא אל קצו החלום על מכונת תנועה נצחית (**פרפטום מובילה** מלטינית: Perpetuum Mobile) כלומר, מכונה שאינה מבזבזת אנרגיה, וכתוצאה מכך יכולה לפעול כמערכת סגורה ללא צורך בהזנת אנרגיה מבחוץ. הדבר נכון לגבי כל המערכות הטבעיות, שבהן האנרגיה מומרת בסופו של דבר לחום. יצורים חיים פועלים רק במגבלות טמפרטורה מסוימות. לכן הטבע מספק לנו שפע של דוגמאות לשימור חום במזג אוויר קר ולפיזור חום במזג אוויר חם. כמה דוגמאות לפתרונות מהטבע מובאים בסוף.

העקרונות המרכזיים של התרמודינמיקה מוצגים כאן בצורה גסה ביותר:

- אנרגיה יכולה להיות מומרת מצורה אחת לאחרת, אבל לא ניתן ליצור אותה או לכלותה. כמות האנרגיה, במערכת סגורה, היא קבועה. ואם לפשט עוד יותר: "אי אפשר לקחת יותר ממה שנותנים".

- חום הוא צורת אנרגיה מיוחדת, מאחר וכל שאר צורות האנרגיה יכולות להיות מומרות לחום, אך לא בהכרח להיפך. לא ניתן להמיר בשלמות חום לצורת האנרגיה שממנה היא נוצרה. המילה 'אנטרופיה', שמקורה ביוונית, מתארת את 'חוסר הזמינות' של האנרגיה שהייתה בשימוש.

חום, קור וטמפרטורה

חום וקור הם מושגים המבטאים הפרשים בטמפרטורה. כאשר יש הפרשים בטמפרטורות, החום מועבר עד שנוצר שיווי משקל בין הטמפרטורות. כשאנחנו מחממים משהו, החום מועבר לחומר הקר. כך גם להיפך, כאשר אנחנו מקררים משהו. **טמפרטורה** היא מדידה של האנרגיה הקינטית (אנרגיית התנועה) הממוצעת של אטומים ומולקולות המובעת באמצעות יחידות או מעלות המצוינות בסולם קבוע (בדרך כלל במעלות צלסיוס או במעלות פרנהייט). המדחום הרגיל עשוי מכלי זכוכית מוארך שבתוכו נמצאת צינורית מלאה באלכוהול נוזלי (בעבר נהגו להשתמש בכספית במקום באלכוהול נוזלי, אבל כיום השימוש בכספית רוח פחות מסיבות בטיחותיות ובריאותיות). מדחום מבוסס נוזל פועל על עקרון התפשטות החום. כשהנוזל מתחמם, המולקולות נעות מהר יותר והנוזל מתפשט ונע במעלה צינורית הזכוכית. כשהנוזל מתקרר, התנועה שוככת והנוזל נע במורד הצינורית. על כלי הזכוכית מצוינות ספרות על סולם קבוע, כך שניתן לכמת את ההבדלים בטמפרטורה.

סיכום

מוליכות תרמית מציינת את היכולת של חומר להעביר אנרגיית חום. חומרים מסוימים – בדרך כלל מתכות – הם מוליכי חום טובים. כאשר קיימים הפרשי טמפרטורה בין שני חפצים (או חומרים), מתחילה הולכת חום מהחומר או מהחפץ החם יותר לעבר החומר או החפץ הקר יותר. תהליך זה ממשיך עד שהפרש מתאזן.

מבודדים

חומר מבודד מאט את מעבר החום בין חומרים, כך שאותו חומר יכול לשמש כדי לשמור על חום ועל קור, מאחר ובשני המקרים הוא מונע מהחום לחדור או להתפזר. עץ ופלסטיק הם מוליכי חום גרועים, ומכאן שהם חומרים מבודדים טובים. לחומר מבודד יש כמה מאפיינים הקובעים את איכות יכולת הבידוד שלו:

- **מוליכות חום:** באיזו קלות החום נע ומועבר בחומר, ומכאן גם הקלות בה הוא נע ומועבר לחומר אחר.
- **קיבול חום סגולי:** כמה אנרגיה דרושה כדי לגרום לטמפרטורה של קילוגרם חומר לעלות במעלת צלזיוס אחת.

גם העובי והצורה קובעים באיזו מידה החומר ישמש כמבודד טוב. ככל שהחומר עבה יותר, כך תהליך החימום והקירור איטיים יותר. חשיבותה של הצורה היא בכך שחום יכול להתפזר בקלות ככל שפני השטח גדולים יותר, בעוד שפני שטח קטנים מאטים את אובדן החום.

חומרים מבודדים טובים

חומר מבודד טוב הוא בדרך כלל חומר עם כמות אוויר גדולה המונע מהחום להתפשט בחומר. אוויר עומד (שאינו נע) בתוך חומר משמש כחומר מבודד טוב מפני שהמולקולות שלו רחוקות זו מזו ובכך מקשה על מעבר החום ביניהן. ככל שכמות האוויר העומד גדולה יותר, כך הבידוד טוב יותר. חומרים מבודדים טובים מכילים 94-99% אוויר. מתכות, שהאטומים שלהם צפופים ומסודרים ברשת, מאפשרים הולכת חום ביתר קלות, ומכאן שהם מהווים חומרים מבודדים גרועים, אך מוליכי חום טובים.

הבדלים בין טמפרטורה על פי חישה ועל פי מדידה במדחום

לפעמים חוש המישוש שלנו מטעה אותנו ואינו תואם את הטמפרטורה כפי שהיא נמדדת במדחום. סעיף 2.5 בפרק 2 מתמקד בהבדלים האלו. כאשר חומרים או חפצים נמצאים בטמפרטורת החדר, חוש המישוש שלנו מורה לנו שחלק מהם קרים יותר (לדוגמה, כפית מתכת), בעוד שאחרים ייתפסו על פי חוש המישוש שלנו כחמים יותר (לדוגמה, סוודר). כדי להבין מדוע זה קורה אנחנו צריכים לחשוב על טמפרטורת החדר **ביחס** לכף היד שלנו, ועל יכולת הבידוד וההולכה של חומרים שונים. אם טמפרטורת החדר נמוכה מזו של כף היד שלנו,

החומרים שמוליכים חום טוב ייתפסו על ידינו כקרים יותר למגע (חומרים שהם חומרים מבודדים גרועים מוליכים היטב את החום). לעומת זאת, חומרים שמוליכים חום לאט יותר ייתפסו על ידי חוש המישוש שלנו כחמים יותר למגע (צמר הוא חומר מבודד טוב ולכן מוליך חום גרוע).

הנעל:

טמפרטורת הרגל היא תוצאה של אנרגיה כימית המומרת לחום. תאי הגוף שורפים סוכרים מהמזון שאנחנו אוכלים ומהחמצן שאנחנו נושמים בתהליך שנקרא **נשימה תאית**. התהליך גורם לשחרור חום ומשמש כדי שנוכל לשמור על חום גופנו בטמפרטורה קבועה פחות או יותר של 37° צלזיוס. שמירה על חום הרגל בנעל מחייבת מצב שבו קצב איבוד החום לסביבה יהיה קטן מקצב החימום של הנשימה התאית, אחרת כף הרגל שלנו בתוך הנעל תגיע לטמפרטורה של הקרח תחת הסוליה. משימת האתגר שלנו כרוכה בהאטת מעבר החום דרך הסוליה באמצעות יישום המידע שצברנו על חומרים מבודדים.

תפישות שגויות של תלמידים לגבי המושג 'חומר מבודד'

תפישת עולם הטבע של ילדים מבוססת על ההתנסויות והחווייות שהם עוברים מידי יום. התפישות שלהם אולי אינן מבוססות על העקרונות המדעיים המקובלים, אבל הם ניחנו בדרך כלל בשכל ישר וביכולת הסקת מסקנות המבוססת על תצפית ואינטראקציה, הדרך הטובה ביותר ללמד עקרונות מדעיים היא באמצעות עריכת ניסויים שמעמיתים אותם עם הידע הקודם שלהם, במקום לצטט באוזניהם עובדות. עם זאת, יש קושי רב לשנות את אותן תפישות שגויות שקיימות אצל ילדים (ומבוגרים), במיוחד כאשר נראה שהן עומדות בניגוד לשכל הישר. כמו כן, קשה לעיתים לזהות שאכן קיימות תפישות שגויות אצל ילדים, מאחר ולעיתים קשה להם לבטא באופן ברור (בדיבור ו/או בציור) את מחשבותיהם. למרות זאת, חשוב שמורים ייתנו את הדעת לתפישות שגויות הרווחות בקרב ילדים, על מנת שיוכלו להתייחס אליהן ולהבין את ההקשרים השגויים שתלמידים עלולים לעשות.

מחקרים מורים שילדים מתקשים להבין מושגים כמו חום, טמפרטורה ואנרגיה (1). אחת התפישות השגויות הרווחות היא שחומרים (שמיכות לדוגמה) מפיקים חום משל עצמם. התפיסה הזאת נובעת מכך שילדים מתנסים בתחושת חום אחרי שהם מתקרבלים בשמיכה או בסוודר. ילדים גם עשויים לחשוב שחומרים מסוימים (כמו קמח ואוויר) אינם יכולים להתחמם, או שהטמפרטורה תלויה בגודל החפץ. תחום אחר של תפישות שגויות נובע מהמושגים 'קור' 'חום'. ילדים מאמינים לעיתים קרובות שחום וקור הם שני מושגים שונים לחלוטין, או, ליתר דיוק, שתי ישויות ולא תפיסה סובייקטיבית של הטמפרטורה. ילדים עשויים גם להאמין 'שקור' מועבר מחפץ אחד למשנהו, ונראה שהניסיון היומיומי שלהם עם מקררים ותאי הקפאה רק מחזק תפישה שגויה זו. כמו בתחומים מדעיים רבים, השימוש היומיומי בשפה עשוי להתנגש במושגים המדעיים.

לקריאה נוספת על תפישות שגויות של ילדים בתחום:

<http://beyondpenguins.ehe.osu.edu/issue/keeping-warm/common-misconceptions-about-heat-and-insulation>

הבנה מדעית של חום (אנרגיה תרמית) תלויה בהבנה של תנועת האטומים והמולקולות. מושגים מופשטים כאלו עשויים להיות מעבר ליכולת ההבנה של תלמידים רבים בגילאים שלהם נועדה היחידה. על המורים להשתמש בשיקול דעתם המקצועי כדי להחליט האם עליהם להסביר שחום הוא תוצאה של תנועה של אטומים ומולקולות, ובאיזה מידה להיכנס לעובי הקורה בהסבריהם. למטרות יחידה זו, חשוב שהילדים יבינו את הכיוון של העברת החום (מחום לקור), ואת התוצאה של העברת חום. כלומר, שחפצים או חומרים חמים נעשים קרים יותר, בעוד שחומרים או חפצים קרים יותר חמים יותר, עד שבסופו של דבר הם מגיעים לשיווי משקל, כלומר, לאותה טמפרטורה. בשלב זה די בכך שהמורה תגיד שוב ושוב לתלמידים שהחום מועבר מחום לקור, מאחר ואין דרך פשוטה להוכיח זאת. חשוב שהמורים ימנעו מלדבר על 'הקור' בתור ישות (קל לשכוח זאת בהקשר יומיומי). עליהם לעודד את התלמידים לחשוב במונחים של הולכת חום. בפרק 2 התלמידים מתחילים לצבור ידע על התכונות התרמיות השונות של חומרים מסוימים ולגלות שחומרים מבודדים מאטים את הולכת החום, בעוד שחומרים מוליכים מאיצים את הולכת החום. התלמידים גם ירכשו ידע באמצעות ניסויים שידגימו את ההשפעה של הפרשי טמפרטורה בין חפצים/חומרים שונים, ושל עובי החומרים המבודדים על קצב הולכת החום.

פרק 2 מסייע לתלמידים להבין שהטמפרטורה היא מדידה של חום או קור של חפץ או חומר מסוים. כאשר התלמידים מודדים את הטמפרטורה המשתנה של חפצים או חומרים שונים, המורים יכולים לנצל את ההזדמנות כדי להתייחס לתפישה השגויה הרווחת שהטמפרטורה היא תכונה של האובייקט. פרק 2 גם מפנה את תשומת לבם של הילדים לעובדה שהחושנים שלנו עלולים להוליך אותנו שולל בבואנו לאמוד את מידת החום או הקור, ולכן יש צורך במדידה מדויקת ובלתי תלויה בחושנו של הטמפרטורה.

(1) Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994) *Making sense of secondary science. Research into children's ideas*. London: Routledge.

חומר רקע למורה על בידוד בעולם הטבע

חומר רקע זה מיועד למורה, אבל ניתן להתאים את הסיפורים לרמת ההבנה והסקרנות של הילדים.

איך דוב הקוטב שומר על חום גופו

הפרווה של דוב הקוטב מגינה עליו היטב מפני הקור. סוד הפרווה של דוב הקוטב הוא שהיא לוכדת היטב אוויר, ואוויר, כפי שצינו, הוא חומר מבודד מצוין. הפרווה של דוב הקוטב מורכבת משתי שכבות: שכבה תחתונה של שיערות קצרות המיטיבות ללכוד את האוויר ביניהן, ופרוות מגן המורכבת משערות צינוריות ארוכות, שאינן מניחות לאוויר להימלט מהשכבה התחתונה. מאחר והשערות חלולות, הן מלאות אוויר, המסייע לדוב לשמור על חום גופו. הפרווה של דוב הקוטב כה יעילה, שהדוב יכול לשמור על חום גופו אפילו כשהטמפרטורה יורדת ל-30 מעלות מתחת לאפס ויותר. הפרווה של דוב הקוטב מבודדת פחות כשהיא רטובה. זאת הסיבה שהדוב מתנער ברגע שהוא יוצא מהמים. האסקימוסים מחקים את דוב הקוטב כאשר הם מייצרים את בגדיהם. הם משתמשים בעור הדוב לביגוד שאינו נרטב לעתים קרובות, ובעור של כלבי ים לבגדים רבים אחרים. חוקרים תיעדו את דובי הקוטב במצלמות אינפרא-אדום שיכולות לזהות חום המופק מגופים חיים. התברר שדובי הקוטב 'בלתי נראים' בצילומים אלו, מפני שהפרווה שלהם מבודדת אותם כה טוב שגופם כמעט ואינו מאבד חום.

כבש המושק שומר על חום גופו גם בטמפרטורה של 40 מעלות מתחת לאפס

כבש המושק ידוע כבעל החיים עם הפרווה המחממת ביותר בעולם. הפרווה מורכבת משתי שכבות. שכבת המגן העליונה מורכבת משערות צפופות וארוכות. השכבה התחתונה מורכבת משערות קצרות ורכות המשמשות כחומר בידוד מצוין. הצמר של כבש המושק מחמם פי שמונה מזה של כבשים. הפרווה של שכבת המגן סמיכה במיוחד בחלק האחורי של הכבש. כשהרוח הקרה של איזור הקוטב נושבת, כבש המושק מפנה את גבו לרוח.

לינשוף השלג יש נוצות על פניו ורגליו

ינשוף השלג הוא אחת הציפורים היחידות שיכולות לחיות גם באזורים הקרים ביותר בקוטב. הנוצות שלו משמשות כמבודד יעיל ביותר מפני הקור. הנוצות הארוכות המכסות את פניו ורגליו מסייעות לו גם הן להגן על גופו מפני הקור.

לכלבי ים יש שכבת שומן עבה

כלב הים מבלה את רוב זמנו במים, כך שפרווה אינה פתרון יעיל עבורו. לכן עורו של כלב הים אטום למים ותחתיו נמצאת שכבת שומן תת-עורית עבה המגנה עליו מפני הקור. לכלב הים אין שומן בסנפירים, אבל גם הם מוגנים מפני הקור באמצעות פתרון הנדסי מבריק שנקרא "שיחלוף חום בעזרת זרימה מנוגדת". העיקרון הוא שהדם הקר בסנפירים מחומם באמצעות דם חם מהגוף. למעשה, אותו פתרון משמש בבניינים שבהם מים חמים ממערכות חימום אזוריות משמשים כדי לחמם מים קרים. לשם כך פורשים את צינורות המים הקרים קרוב לצינורות המים החמים, כדי לאפשר העברת חום למים הקרים.

האדרית שחורת הכיפה שומרת על גופה חמים ויבש בעזרת פלומה ונוצות

ייתכן והזדמן לכם לישון בשמיכת פוך שעשויה מנוצות של אדרית שחורת כיפה. אם כן, בוודאי גיליתם שמדובר בשמיכה יעילה במיוחד לשמירה על חום הגוף. הנוצות של האדרית שחורת הכיפה, עוף ממשפחת הברווזיים, יעילה במיוחד ומגנה על האדרית מפני קור ורטיבות. מדובר בשתי שכבות של נוצות: פלומה ונוצות מתאר. הפלומה מבודדת היטב מפני שהיא לוכדת את האוויר, ואוויר, כידוע, הוא חומר מבודד מצוין. אך הפלומה אינה אטומה למים ואינה מגינה על הגוף מפני רוחות. זאת הסיבה לשכבה הנוספת של נוצות המתאר. נוצות המתאר מגנות מפני המים והרוח, ויכולות ללכוד את האוויר החם בשכבת הפלומה. הנוצות חזקות ומלאות באוויר. לכן הפלומה היא קלה מאוד ובעלת נפח. כשקר, האדרית יכולה לנפח את שכבת הפלומה. הדבר מוביל ללכידה של אוויר רב יותר בשכבת הפלומה ומסייע לאדרית להגן על גופה מפני הקור. לציפורים בכלל יש יותר נוצות בחורף כדי להגן עליהן מפני הקור. שמיכת פוך מנוצות של אדרית שחורת כיפה נחשבת כשמיכה משובחת במיוחד.

ביגוד אסקימוסי

האינואיטים, הנקראים בשפה העממית אסקימוסים, מתגוררים בחוגים הארקטיים במזג אוויר קר ביותר. הבגדים המסורתיים שלהם מורכבים משתי שכבות פרווה לפחות, כשבין שכבות הפרווה מצויה שכבה מבודדת של אוויר.

המצאות לצורך בידוד

ביחידה זו התלמידים יבדקו וישפרו את המוצר שלהם. זה האופן שבו הדברים עובדים גם בעולם האמיתי, שבו הממציא הוא לא תמיד מי שמיישם את הרעיון ומייצר את המוצר. אחרים, זרזים ממנו המזהים את הפוטנציאל, יכולים 'לגנוב' ממנו את הרעיון ולהוציאו לפועל.

צמר מינרלי – צמר עשוי מסלעים

צמר מינרלי משמש לבידוד קירות. מקור הרעיון בהוואי. הוואי היא אי בקבוצת איים וולקניים (געשיים). בחלק מהאיים הרי הגעש עדיין פעילים. כשהרי הגעש פולטים לבה, חלק ממנה נפלט בצורת סיבים (חוטי תיל) שניתן למצוא באזור החוף. בימים עברו חשבו הילידים שהאלה פָּלָה התרגזה כל כך שהיא מרטה את שערותיה ושזה המקור לצמר הסלעים. צמר הסלעים שימש השראה לצמר המינרלי המשמש כיום בכל רחבי העולם לבידוד בתים. הצמר המינרלי הוא חומר חזק ועמיד במיוחד, שיכול ללכוד אוויר וכך לבדוד את הבית מפני קור.

התרמוס הוא המצאה ישנה

יש המצאות שנועדו מלכתחילה לפתור בעיה מוגדרת ורק מאוחר יותר השתמשו בעיקרון שלהם גם בהקשרים אחרים. זה מה שקרה לתרמוס.

המדען ג'יימס דוור המציא בשנת 1892 מכל שנועד לשמור על טמפרטורת הנוזל שבתוכו. דוור עבד בין היתר עם גזים נוזליים. הרעיון שלו היה מבוסס על המחשבה שניתן לאחסן נוזלים בשכבה כפולה. מדובר במכל חיצוני שבתוכו נמצא מכל קטן יותר, עם ואקום בין שתי השכבות. דוור גילה שואקום יעיל מאוד בשמירה על טמפרטורה יציבה. אף על פי שהיום אנחנו יודעים שמדובר בהמצאה מוצלחת במיוחד, חלפו שנים רבות לפני שההמצאה של ג'יימס דוור עשתה את דרכה מהמעבדה לשוק, והוא לא היה זה שהרוויח מהמצאתו. שני נפחי זגוגית גרמניים הם אלו שהגו את הרעיון לייצר את התרמוס כמוצר שנועד לכלל הציבור. במשך זמן רב נותרו התרמוסים שבירים מאוד, מפני שהם היו עשויים זכוכית. בשנות השמונים חל שיפור נוסף, כאשר התחילו לייצר מכלים מברזל במקום מזכוכית, דבר שהוסיף כמובן למוצר עמידות ואריכות ימים.

סיבים סינתטיים מחקים את הפרווה של דוב הקוטב

בעבר רבים מפריטי הלבוש לחורף היו עשויים מעורות ומפרוות של בעלי חיים, אבל כיום רווח השימוש בסיבים סינתטיים המחקים את הפתרונות של הטבע מבחינת העיצוב, החומרים והטכנולוגיה. לדוגמה, הפרווה של דוב הקוטב שימשה מקור השראה לסיבי פוליאסטר חלולים סינתטיים שמהווים חומר מחמם וקל במיוחד.

עובדות על גרינלנד

גרינלנד היא האי הגדול ביותר בעולם והוא משתרע על פני שטח של 2.166.000 קמ"ר (בערך פי 50 משטח דנמרק ופי 100 משטח ישראל). בגרינלנד חיים כ-56,000 תושבים. גרינלנד הייתה מושבה דנית עד 1953. כיום היא טריטוריה דנית בעלת שלטון עצמי רחב.

גרינלנד נמצאת בחוג הארקטי. הטמפרטורות בחורף מגיעות לעתים קרובות למינוס חמישים מעלות, ובמהלך הקיץ הן עולות לעתים רחוקות מעל ל-10C-150C. קרוב מ-80% משטחו של האי מכוסה קרח במשך כל ימות השנה. במהלך הקיץ רק אזור החוף אינו מכוסה קרח, וזה האזור שבו נוהגים תושבי גרינלנד להתגורר. עוד מימי קדם שימשו מזחלות רתומות לכלבים כאמצעי התעבורה העיקרי ביבשה. כלבי המזחלות בגרינלנד הסתגלו לחלוטין למזג האוויר הקר וחיים בחוץ במשך כל השנה.

החוג הארקטי חוצה את גרינלנד. החוג הארקטי הוא הקו המעגלי הדמיוני המקיף את הקוטב הצפוני, ואשר מצפונה לו השמש אינה שוקעת בשיא הקיץ בחצי הכדור הצפוני (21 ביוני), ואינה זורחת בשיא החורף בחצי הכדור הצפוני (21 בדצמבר). בחוג הארקטי עצמו יש יום אחד באמצע הקיץ שבו השמש אינה שוקעת במשך 24 שעות. ככל שמצפינים כך התקופה שבה השמש אינה שוקעת במשך כל שעות היום מתארכת. באילוליסאט, הנמצאת מעט צפונה מחוג הקוטב, התקופה שבה מופיעה שמש חצות אורכת מה-19 במאי עד ה-22 ליולי. צפונית לחוג הארקטי, השמש אינה שוקעת מעבר לאופק ולכן יש אור במשך כל שעות היום והלילה. בחורף המצב הפוך; השמש אינה עולה מעבר לאופק ולכן שורר חושך במשך כל שעות היום והלילה. אף על פי שהשמש מופיעה בשמים במשך כל הקיץ, היא אינה מחממת מפני שהיא זורחת נמוך בשמים, כך שהטמפרטורה במשך שעות היום והלילה כמעט זהה. ככל שמתקרבים לקו המשווה, השמש זורחת גבוה יותר בשמים ולכן מפיקה יותר חום.

באי הגדול בעולם חיים שפע של בעלי חיים מרהיבים שהסתגלו לאקלים הארקטי הן בים והן ביבשה. דוב הקוטב הוא הטורף הגדול ביותר בעולם ומשמש סמל של חיי הבר בגרינלנד. באי חיים בעלי חיים ייחודיים נוספים כמו כבש המושק, הלווייתן הארקטי והניבתן (הנקרא בשפה העממית אריה ים). לצד האיל, כבש המושק הוא אחת החיות היבשתיות שלתייר בגרינלנד יש סיכוי טוב לראות. בנוסף לבעלי חיים אלו, יש שפע של בעלי חיים יבשתיים אחרים כמו זאבים ארקטיים, שועלי שלג, ארנבות קוטב ועוד, אך הם נמנעים ממגע עם בני אדם ומתרחקים ממקומות יישוב. בגרינלנד יש כ-60 מיני ציפורים ייחודיים למקום, ביניהם נשר הים. הלווייתנים נפוצים מאוד במימי גרינלנד וניתן לראותם לעתים קרובות במהלך הקיץ. המינים הנפוצים ביותר הם לווייתן מצוי, לווייתן גדל סנפיר ולווייתן מינקי. עם זאת, מינים נוספים, כמו לווייתני זרע, מרבים לפקוד את חופי גרינלנד.

שותפים

Bloomfield science Museum Jerusalem
 The National Museum of Science and Technology "Leonarda da Vinci"
 Science Centre NEMO
 Teknikens hus
 Techmania Science Center
 Experimentarium
 The Eugenides foundation
 Condervatoire National des Art et Métiers- muse des arts et métiers
 Science Oxford
 The Deutsches Museum Bonn
 Boston's Museum of Science

Modiin Macabim Reut
 Istituto Comprensivo Copernico
 The Daltonschool Neptunus
 Gränsskolan School
 The 21st Elementary School
 Maglegårdsskolen
 The Moraitis school
 EE. PU. CHAPTAL
 Pegasus Primary School
 Donatusschule

ECSITE – European Network of Science Centres and Museums
 ICASE – International Council of Associations for Science Education
 ARTTIC
 Manchester Metropolitan University
 Bristol Centre for Research in Lifelong Learning and Education

There are 10 units available in these languages.



The units are available on <http://www.engineer-project.eu/> till 2015 and on
<http://www.scientix.eu/>



MUSEO
 NAZIONALE
 DELLA SCIENZA
 E DELLA
 TECNOLOGIA
 LEONARDO
 DA VINCI

NEMO
 Science
 Center

Teknikens Hus

Techmania
 Science Center

Experimentarium®
 Centre for Science and Technology Communication

APYMA EYFENIDIO
 1954

musée
 des arts et métiers
 le cnam

SCIENCE OXFORD

Deutsches Museum
 BONN

Museum of Science.

ecsite
 EUROPEAN NETWORK
 SCIENCE CENTRES & MUSEUMS

ICASE

ARTTIC

Manchester
 Metropolitan
 University

UWE
 BRISTOL
 University of the
 West of England

