

חיים חדשים

תכנון ובנייה של מערכות השקיה



יחידת לימוד בהנדסה חקלאית

מדעי הצמח

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 הֶטְפְּסִים (סטריאוטיפים) הנוגעים להנדסה ולמהנדסים, ובכך לעודד מעורבות של בנים ובנות כאחד בתחומי מדע וטכנולוגיה.

הגישה הפדגוגית שלנו

במרכז 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 מתחרותיות, 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/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	
9.....	שיעור הכנה – תכנון ובנייה של מעטפות ואריזות	
10.....	0.1 פתיחה – עבודה בקבוצות ודיון במליאה – 10 דק'	
10.....	0.2 פעילות 1: מהי אריזה? – עבודה בקבוצות – 5 דק'	
11.....	0.3 פעילות 2: התאמה בין אריזות לחפצים – עבודה בקבוצה ודיון במליאה – 15 דק'	
11.....	0.4 פעילות בחירה – 10-30 דקות – עבודה בקבוצות	
12.....	0.5 סיכום – 10 דקות – דיון במליאה	
13.....	0.6 הערכה של הישגים ותוצאות - פעילות בחירה	
14.....	פרק 1 – הצגת הצורך ומשימת האתגר ההנדסית	
15.....	1.1 פתיחה – דיון במליאה – 15 דק'	
15.....	1.2 בית חדש - דיון כיתתי – 15 דק'	
15.....	1.3 חשיבותם של צמחים – דיון כיתתי, משחק בזוגות - 20 דק'	
16.....	1.4 סיכום – דיון במליאה – 10 דק'	
17.....	פרק 2 – מה אנחנו צריכים לדעת?	
18.....	2.1 פתיחה – דיון במליאה – 10 דק'	
18.....	2.2 החממה – דיון במליאה/עבודה פרטנית/פעילות בקבוצות – 20 דק'	
18.....	2.3 הובלת מים בצמחים – פעילות בקבוצות – 20 דקות	
19.....	2.4 פעילות בחירה במקביל – 5-10 דק'	
19.....	2.5 בחינה של חומרים - עבודה בקבוצות – 30 דק'	
20.....	2.6 סיכום – דיון במליאה – 10 דק'	
21.....	פרק 3 – כאן בונים!	
22.....	3.1 פתיחה – משימת האתגר ההנדסית ותהליך התכנון – דיון במליאה – 15 דק'	
22.....	3.2 בניית דגם של צמח – 20 דק'	
22.....	3.3 שלב התכנון – דיון במליאה/עבודה בקבוצות – 15 דק'	
22.....	3.4 בניית מערכת להובלת המים – עבודה בקבוצות - 45 דק'	
23.....	3.5 סיכום – דיון במליאה – 10 דק'	
24.....	פרק 4 – אז איך הלך לנו?	

25.....	הערכה של מערכות הובלת המים – דיון בכיתה/עבודה בקבוצות – 25 דק'	4.1
25.....	הצגת העבודות – 40 דק'.....	4.2
25.....	סיכום – דיון במליאה בהנחיית המורה – 10 דק'.....	4.3
26.....	נספחים.....	
26.....	תהליך התיכון ההנדסי.....	
27.....	סיפור המסגרת: מים לצמחים.....	
31.....	דפי עבודה (כולל תשובות).....	
32.....	דף עבודה 1 פרק 0 - הנדסה או לא הנדסה?.....	
33.....	דף עבודה 1 פרק 0 – הנדסה? – הערות למורה.....	
34.....	דף עבודה 1 פרק 1 – מה מהנדסים חקלאיים עושים?.....	
35.....	תשובות - דף עבודה 1 פרק 1 – מה מהנדסים חקלאיים עושים?.....	
36.....	דף עבודה 2 פרק 1 – מצומח למזון.....	
37.....	תשובות – דף עבודה 2 פרק 1 – מצומח למזון.....	
38.....	דף עבודה 3 פרק 2 – בניית חממה.....	
39.....	תשובות – דף עבודה 3 פרק 2 – בניית חממה.....	
40.....	דף עבודה 4 פרק 2 – בחינה של חומרים.....	
41.....	דף עבודה 5 פרק 3 – דגם של צמח.....	
42.....	דף עבודה 5 פרק 3 – תכנון דגם של צמח.....	
43.....	דף עבודה 6 פרק 4 – שלב ההערכה.....	
44.....	חומר רקע מדעי למורים על הובלת מים בצמחים ובחומרים טבעיים.....	
49.....	תפישות שגויות של תלמידים לגבי תנועת מים בצמחים ובחומרים טבעיים.....	
51.....	שותפים.....	



משך היחידה: 5 שעות ו- 55 דקות (355 דקות)

קהל יעד: תלמידי כיתות ד'-ו'

תקציר: ביחידה זו התלמידים ילמדו כמה עקרונות בסיסיים בתחום של הנדסה חקלאית ושל מדעי הצמח. משימת האתגר שלהם היא לבנות מערכת השקיה. ביחידה זו נלמד כיצד אנחנו יכולים ללמוד מהטבע, וכיצד אנחנו יכולים ליישם את העקרונות שלמדנו לשימוש אזרחי וחקלאי. סיפור המסגרת של היחידה הוא על התיישבות בכוכב לכת זר. לשם כך התלמידים יצטרכו להתמודד עם האתגרים הניצבים בפני גיבור הסיפור, וללמוד על חשיבותם של צמחים לקיומם של חיים, על האופן שבו ניתן לתכנן ולבנות מערכת להובלת מים, ועל דרך להובלת מים כלפי מעלה.

קשר לתוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה: מדעי החיים – מערכות ביצורים חיים: מאפייני חיים, מערכות ותהליכים בצמחים (הובלת מים); טכנולוגיה – פתרון בעיות: תהליך התיכון ההנדסי (תכנון ובנייה של מערכת השקיה).

תחום הנדסה: הנדסה חקלאית

מטרות:

- ללמד את התלמידים את תהליך התיכון ההנדסי תוך יישום שלו בפתרון בעיה הנדסית.
- ללמד את התלמידים שצמחים צורכים מים ומובילים מים.
- להבהיר לתלמידים, תוך כדי התנסות פעילה, שחומרים שונים סופגים מים ברמות שונות.
- להתנסות בעבודת צוות ובקבלת החלטות משותפת.
- להעריך את דרך העבודה והתוצר שנבנה במהלך היחידה.

יחידת הלימוד כוללת את החלקים הבאים:








שיעור הכנה - מטרתו להעלות את המודעות להשפעה של הנדסה והטכנולוגיה על חיי היומיום בדרכים שאינן תמיד גלויות לעינינו. **פרק ראשון** - כולל הצגה של משימת האתגר ההנדסית, הקשרה, ואת תהליך התיכון ההנדסי. במקרה הזה סיפור המסגרת הוא ניסיון להתיישב בכוכב לכת זר. משימת האתגר היא לתכנן ולבנות מערכת השקיה לצמחים בכוכב הלכת החדש. **פרק שני** - כולל את שלב איסוף המידע בתהליך התיכון ההנדסי. התלמידים לומדים, תוך התנסות פעילה, על הצרכים של צמחים, על מערכות השקיה, ועל חומרים שיכולים להוביל מים כלפי מעלה. **פרק שלישי** – בפרק זה התלמידים מיישמים את תהליך התיכון ההנדסי כדי לפתור את משימת האתגר – תכנון ובנייה של מערכת השקיה המשקה את הצמחים בהדרגה ללא שימוש במכונות או בכוח אדם. **פרק רביעי** – זה הזמן להעריך את תהליך העבודה ואת התוצאות ולראות מה למדנו במהלך היחידה. התלמידים יבדקו שוב אם מערכת ההובלה עומדת בדרישות, וישקלו אמצעים שונים לשיפורה.




ציוד וחומרים



הטבלה כוללת ציוד וחומרים עבור 30 תלמידים.

פרק 4	פרק 3	פרק 2	פרק 1	שיעור 0	כמות	חומרים
		2				קערת פלסטיק 
	3	2			5	צבע מאכל (נוזלי או באבקה)
	8	2			10	מקלות עץ (שיפודים) 
		1			1	עלה של כרוב סיני (אפשר להשתמש גם בשומר או בסלרי) 
					1	מספריים 
		1			1	קופסה (מינימום 30X20X20 סנטימטרים) אפשר קופסת נעליים או קופסת קרטון.
	1	1			2	נייר דבק 
	2	1			3	תחבושות מכותנה 
	3	1			4	אריג בגודל של 20X5 סנטימטרים לפחות 

פרק 4	פרק 3	פרק 2	פרק 1	שיעור 0	כמות	חומרים
	2	1			1	<p>חוט כותנה</p> 
	2	1			3	<p>חפיסה של ממחטות נייר</p> 
	1	1			2	<p>חבילת צמר</p> 
	6				6	<p>קשית שתייה</p> 
	6				6	<p>דלי פלסטיק</p> 
	2 מטר				2 מטר	<p>צינור פלסטיק שרשורי (קוטר 3 סנטימטר)</p> 
	6	4			10	<p>דפי נייר A4</p>
	5				5	<p>ספוגית לניקוי כלים</p> 

פרק 4	פרק 3	פרק 2	פרק 1	שיעור 0	כמות	חומרים
	1				1	<p>רדיד אלומיניום</p> 
	3				3	<p>שקיות אשפה גדולות</p> 
		3			3	<p>פלטטינה</p> 

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 (ל30 תלמידים):



- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 8X ערכות של דוגמאות לאריזות לפעילות הבחירה | <input type="checkbox"/> 8X חבילות של פתקיות נדבקות |
| <input type="checkbox"/> קרטון, נייר, דבק, ומספריים לפעילות הבחירה | <input type="checkbox"/> 8X ערכות של מעטפות מ-5 סוגים שונים |
| | <input type="checkbox"/> 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 ודין 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 לדין

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 יחלוק את דעותיו עם זוג תלמידים אחר ויבחן את ההבדלים ואת הדמיון בתובנות שאליהן הם הגיעו. ניתן להשתמש ברעיונות אלו כבסיס לדין בכיתה; המורה תנסה לעודד את התלמידים להרחיב את ההגדרות של הנדסה וטכנולוגיה, כמו גם את המושגים שלהם בנוגע למהנדסים, מהנדסות, ממצאים 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 בדין, 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 ודין 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 מספרים ועוד. מגוון החפצים והמעטפות עשוי להשתנות בהתאם להקשר ולחומרים הזמינים למורה.



השאלות הבאות עשויות לסייע בהנחיית הדין:

- 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 הדין הקבוצתי, יציג נציג מכל קבוצה את התובנות של הקבוצה בפני המליאה.

נוצרת כאן הזדמנות למורה להנחות את הדין 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 המחשבתי של האנשים שעיבדו 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.

0.5 סיכום – 10 דקות – דיון במליאה

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 ילמדו שהנדסה חקלאית היא תחום חשוב, הממלא תפקיד חיוני בתעשיית המזון העולמית.
- התלמידים ייווכחו לדעת שצמחים הם המקור הראשוני לכל שרשרת המזון שאנו צורכים.
- התלמידים יבינו שהאתגר המדעי וההנדסי המרכזי לשם ייצור מזון מוצלח הוא יצירת תנאים המאפשרים לצמחים לשגשג ולגדול.

ציוד וחומרים (ל- 30 תלמידים):



- 30X דפי עבודה 1 פרק 1 ("מה מהנדסים חקלאיים עושים")
- 30X דפי עבודה 2 פרק 1 ("מצומח למזון")

אופן העבודה בכיתה:



- עבודה בקבוצות
- דיון במליאה
- עבודת פרטנית

הכנות:

- יש לצלם עותקים של דף עבודה 1 פרק 1
- לצלם עותקים של דף עבודה 2 פרק 1

רעיונות מרכזיים:



- עולם הצומח הוא הבסיס לכל המזון שאנחנו אוכלים.
- צמחים זקוקים לתנאים מסוימים כדי לגדול.
- הנדסה בכלל, והנדסה חקלאית בפרט, חיוניים כדי שנוכל לשרוד בעולם המודרני.

תקציר הפרק:

בפרק זה נציג את תהליך התיכון ההנדסי, את משימת האתגר ההנדסית, ואת סיפור המסגרת. התלמידים יבינו מה מהנדסים חקלאיים עושים ואת חשיבותם של הצמחים לשם הישרדותו של המין האנושי.



1.1
פתיחה – דיון במליאה – 15 דק'

המורה תסביר לתלמידים שהם עומדים ללמוד על הנדסה חקלאית ותקריא להם את שני החלקים הראשונים של הסיפור "מים לצמחים" (ר' נספח 2).

המורה תשאל את התלמידים:

- מה לדעתם מהנדסים ומהנדסות חקלאיים עושים?
- איפה הם עובדים?
- אילו בעיות הם צריכים לפתור?
- מדוע לדעתכם יש צורך במהנדס חקלאי בסיפור?

המורה תרשום את התשובות על הלוח.

המורה תבקש מהתלמידים למלא את **דף עבודה 1 פרק 1** ("מה מהנדסים חקלאיים עושים"). ותדגיש שמהנדסים ומהנדסות נעזרים בתהליך התיכון ההנדסי כדי לפתור בעיות.

1.2
בית חדש - דיון כיתתי – 15 דק'

המורה תקריא את החלק השלישי של הסיפור ותשאל: "מה אנשים צריכים לבנות על כוכב לכת חדש כדי שהם יוכלו לשרוד שם?"

המורה תצייר עיגול על הלוח ותקרא לו 'אתר הנחיתה'. אחר כך תבקש המורה להוסיף רעיונות לגבי חלקים אחרים של ההתיישבות. כדי לקדם את הדיון, כדאי לשאול שאלות כמו: "מה הם ינשמו שם?" "מאיפה יהיה להם אוכל?" או, "איפה הילדים בהתיישבות ילמדו?" בשלב זה יש להניח שהילדים יעלו מגוון רעיונות כמו, בתי מלאכה, חממות, מקומות לינה, בית ספר, מפעל לטיהור מים, תחנת כוח וכדומה.

1.3
חשיבותם של צמחים – דיון כיתתי, משחק בזוגות - 20 דק'

לאחר שהתלמידים יסיימו לקרוא את הסיפור (חלק 4), המורה תזכיר להם שהיחידה דנה בהובלת מים, ולכן הם ילמדו עכשיו על חממות. המורה תשאל את השאלות הבאות:

- מה היתרון של חממה לעומת שדה חקלאי פתוח? (אנשים יכולים להתאים בדיוק את התנאים לצורך גידול צמחים מסוימים)
- מה החסרונות של חממות? (הן מצריכות שטח גדול, עלולות להתמוטט וכו')
- למה אנחנו צריכים צמחים? (כל האוכל שאנחנו אוכלים מקורו, בצורה כזו או אחרת, בצמחים)
- האם יש סיבה נוספת לכך שבני אדם זקוקים לצמחים? (חמצן)
- אילו צמחים משמשים כדי להפיק את המזון שאנחנו בדרך כלל אוכלים?

עכשיו המורה תבקש מהתלמידים למלא את **דף עבודה 2 פרק 1** ("מצומח למזון")

במידה ונשאר זמן, אפשר לבצע את הפעילות הבאה:

המורה תבקש מהתלמידים לגזור את תמונות הצמחים והמזון מדף העבודה כדי לשחק משחק זיכרון. השחקנים ישימו את התמונות על השולחן עם הציורים כלפי מטה. השחקן הראשון יבחר קלף, יסתכל על התמונה, ויניח את הקלף עם הציור כלפי מעלה על השולחן כך ששני השחקנים יוכלו לראותו. השחקן השני צריך למצוא את התמונה הקשורה לקלף הראשון. לשם כך הוא מרים קלף אחד. אם הקלף יוצר זוג, השחקן שומר אצלו את הקלף. אם לא, הוא מניח את שני הקלפים עם הפנים כלפי מטה, והשחקן הראשון מרים קלף נוסף. השחקן שזוכר היכן מונחים הקלפים שמהווים זוג, לוקח את זוג הקלפים אליו. המנצח הוא השחקן עם מספר הזוגות הגדול ביותר.

1.4 סיכום – דיון במליאה – 10 דק'

המורה תחזור על הרעיונות המרכזיים שעלו במהלך השיעור:

- מה מהנדסים חקלאיים עושים?
- בשביל מה צריך חממות?
- למה צמחים חשובים לבני אדם?
- איזו בעיה המתיישבים על כוכב הלכת החדש צריכים לפתור?

פרק 2 – מה אנחנו צריכים לדעת? איסוף מידע על הנדסה חקלאית וצמחים

משך הפרק: 105 דק', כולל 15 דקות הארכה



מטרות:

- התלמידים ילמדו מהם התנאים הנחוצים לקיומם של צמחים;
- התלמידים ייווכחו לדעת שהמים עולים במעלה השורשים לכל חלקי הצמח, ושניתן לחקות את התהליך גם עם חומרים אחרים;
- התלמידים יבינו שביצוע ניסויים מדעיים הם מרכיב מרכזי בתגליות מדעיות.

ציוד וחומרים (ל 30 תלמידים):



- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 10X קופסאות קרטון | <input type="checkbox"/> 30X דפי עבודה 3 פרק 2 ("בניית חממה") |
| <input type="checkbox"/> 10X סלילים של נייר דבק | <input type="checkbox"/> 30X דפי עבודה 4 פרק 2 ("בחינה של חומרים") |
| <input type="checkbox"/> 10X תחבושות כותנה | <input type="checkbox"/> 20X קערות פלסטיק |
| <input type="checkbox"/> 10X פיסות אריג | <input type="checkbox"/> 20X כוסיות עם צבע מאכל |
| <input type="checkbox"/> 10X חוטי כותנה | <input type="checkbox"/> 20X שיפודי עץ |
| <input type="checkbox"/> 20X ממחטות נייר | <input type="checkbox"/> 30X עלי כרוב סיני (או שומר, או סלרי) |
| <input type="checkbox"/> 10X חבילות צמר | <input type="checkbox"/> 10X זוגות מספריים |
| <input type="checkbox"/> 10X גיליונות נייר A4 | |

אופן העבודה בכיתה

הכנות לפני השיעור



- לצלם את דפי העבודה המצוינים.
- להכין חומרים.
- עבודה בקבוצות
- עבודה פרטנית
- דיון במליאה

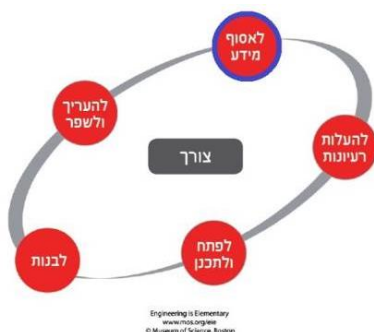
רעיונות מרכזיים:



מים יכולים לעלות כלפי מעלה הודות לתופעה הנקראת **נימיות (קפילריות)**. אנשים משתמשים בחומרים העשויים מצמחים כדי לספוג מים.

תקציר הפרק:

התלמידים כבר יודעים שבני אדם זקוקים לצמחים על מנת לשרוד. עכשיו הם יאספו את המידע הדרוש להם על צמחים כדי לפתור את משימת האתגר ביחידה זו. הם ילמדו לאילו תנאים צמחים זקוקים כדי לגדול, וכיצד בני אדם צריכים לספק להם את התנאים ההכרחיים על מנת שיוכלו לשרוד ולשגשג.



Engineering is Elementary
www.eis.org.uk
© Museum of Science, Boston

2.1 פתיחה – דיון במליאה – 10 דק'

- המורה תחזור על עיקרי הדברים שנלמדו בפרק 1:
- מה הנושא המרכזי של סיפור המסגרת?
 - מי היא הדמות הראשית בסיפור?
 - למה, על פי הסיפור, החליטו בני האדם להקים התיישבות על כוכב הלכת "חיים חדשים"?
 - לשם מה המתיישבים בסיפור זקוקים לחממות?
 - אילו צמחים משמשים להכנת המזון שאנחנו אוכלים?
 - באילו בעיה נתקלו המתיישבים?

2.2 החממה – דיון במליאה/עבודה פרטנית/פעילות בקבוצות – 20 דק'

- מה צריך להיות בחממה?
 - מה צמחים צריכים כדי לגדול? (אדמה, אוויר, מים, אור, חום...)
- מומלץ לרשום את תשובותיהם של התלמידים על הלוח.

המורה תבקש מהתלמידים לענות על **דף עבודה 3 פרק 2** ("בניית חממה"). בחלק העליון של דף העבודה רשומות עובדות על צמחים. בחלק התחתון של דף העבודה מופיעים הדברים הבסיסיים שצריכים להיות בחממה. משימת האתגר היא לתכנן את החממה כך שהיא תוכל לספק את צרכיהם של הצמחים.

חממה צריכה לכלול: מערכת אוורור, אדמה, אמצעי לחימום, מערכת השקיה, קירות זכוכית.

2.3 הובלת מים בצמחים – פעילות בקבוצות – 20 דקות

בניסוי הנוכחי התלמידים ילמדו כיצד צמחים מובילים מים. לשם כך, המורה תחלק את הכיתה לקבוצות של שלושה, או לכל היותר ארבעה, תלמידים.



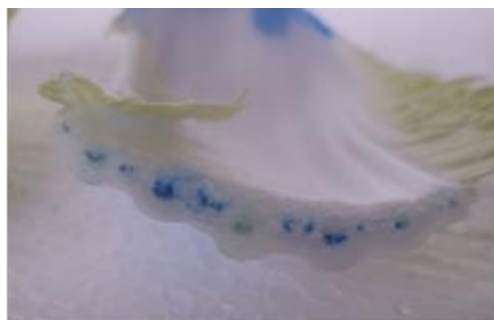
- הכיתה תזדקק לחומרים הבאים:
- קערת פלסטיק
 - כוסית צבע מאכל
 - מקלות עץ (שיפודים)
 - עלי כרוב סיני/שומר/סלרי
 - מספרים



התלמידים צריכים להעמיד את עלי הכרוב הסיני זקופים בתוך קערת הפלסטיק (משימה שעשויה להתגלות כאתגר הנדסי לא קטן בפני עצמו...). לאחר מכן עליהם למזוג צבע מאכל לתוך הקערה כך שהעלים יטבלו בנוזל הצבוע, ולהתחיל למדוד זמן. כל קבוצה צריכה להשתמש בשני עלים לפחות. העלים צריכים לטבול בנוזל במשך עשר דקות.



בשלב הבא, על התלמידים להוציא את העלים ולחתוך אותם מלמעלה ברצועות של 1-2 סנטימטרים לרוחב כל עלה.



התלמידים צריכים לבחון כל הצטלבות בקפידה כדי לראות אם יש עליה כתמי צבע. עליהם להמשיך לחתוך את העלים לרצועות עד שהם רואים נקודות כחולות (ר' צילום). לאחר מכן עליהם למדוד לאיזה גובה הגיע הצבע בעלה ולתעד את הממצאים **בדף עבודה 4 פרק 3**.

המורה תבקש מהתלמידים לספק הסבר לממצאים. התשובה הנכונה היא שעל פי הניסוי ניתן לראות שצמחים יכולים להעביר מים כלפי מעלה.

2.4 פעילות בחירה במקביל – 5-10 דק'

ניתן לתת לתלמידים משימות נוספות בזמן שהם ממתינים שהצבע ייספג בעלים.

קריעת ממחטת נייר לרצועות

כל תלמיד מקבל ממחטת נייר (טישו) ופורש אותה. התלמיד מחזיק את הממחטה בין שתי אצבעות של יד אחת. המשימה היא לקרוע את הנייר לרצועות, ואחר כך להפוך את הממחטה ב-90 מעלות ולנסות לקרוע אותה שוב לרצועות. התלמידים יגלו שאף על פי שקל לקרוע את הממחטה לרצועות בכיוון אחד, בלתי אפשרי לקרוע אותה בכיוון השני.

למה? מפני שממחטת נייר בנויה מתאי (צלולוזה), שהיא החומר האורגני השכיח ביותר על כדור הארץ. התאית מורכבת משרשראות ארוכות של מולקולות הנקראות גלוקוז, ולכן לתאית יש כיוון, וניתן לקרוע את ממחטת הנייר רק בכיוון אחד.

2.5 בחינה של חומרים - עבודה בקבוצות – 30 דק'

התלמידים ימשיכו לעבוד באותן קבוצות שבהן הם עבדו בפעילות 2.3, כדי לבחון חומרים שונים שיכולים להעביר מים בדומה לצמחים.

החומרים הדרושים לביצוע הניסוי:

- מספריים
- קופסת קרטון
- נייר דבק
- תחבושת גאזה
- פיסת אריג
- חוט כותנה
- נייר טישו
- פקעת צמר



- דף נייר A4
- צבע מאכל
- קערת פלסטיק

המורה תבקש מהתלמידים לבחון בעיון את החומרים (תחבושת גאזה, פיסת בד, חוטי כותנה, נייר טישו, צמר, נייר) ולצפות אילו חומרים יספגו את המים הכי מהר. עליהם לרשום את התחזית שלהם **בדף עבודה 4 פרק 2** ("בחינה של חומרים"). יש לוודא שהתלמידים מבינים שכל אותם חומרים עשויים מצמחים.



על התלמידים לחתוך חריץ בחלק העליון של קופסת הקרטון ולקרוע חלון תצפית גדול נוסף בחזית (ר' בצילום). לאחר מכן עליהם לחתוך את כל החומרים באותו אורך כדי שהם ייכנסו לקופסא, לתלות את החלקים זה לצד זה מהחריץ בחלק העליון של הקופסא בעזרת נייר דבק, לשפוך דיו או צבע מאכל לקערת הפלסטיק, ולהניח את הקערה בתוך הקופסא, כך שכל אחד מהחומרים יטבול בנוזל הצבע.



אחרי חמש דקות, התלמידים ימדדו את הגובה שאליו הגיע הצבע בכל אחד מהחומרים. עליהם לתעד את הממצאים **בדף עבודה 4 פרק 2**.



2.6 סיכום – דיון במליאה – 10 דק'

המורה תשאל את התלמידים את השאלות הבאות:

- מהם חלקי הצמח?
 - למה זקוקים הצמחים כדי לשרוד?
 - באילו מקרים מים יכולים לזרום כלפי מעלה? התלמידים צפו בשני מצבים שבהם מים "מטפסים" כלפי מעלה, בנגוד לכוח המשיכה: בראשון כשמדובר בצמח, ובשני – כשמדובר בחומרים אחרים.
 - מה גורם למים לזרום כלפי מעלה?
 - אילו חומרים יכולים לספוג מים בדומה לצמחים? ובאיזו מהירות?
- בקשו מהתלמידים להתבונן בציור **בדף עבודה 4**. הסבירו את תופעת **נימיות (קפילריות)**. נים הוא צינור דק מאוד. אם המים מכסים (ממלאים) את שטח פני הנים, המים יעלו במעלה הצינור. הדבר תקף גם לגבי צמחים.

בפרק הבא נראה כיצד תופעה זו עשויה להועיל לנו כדי לפתור את אחת הבעיות שאתה מתמודדים המתיישבים על כוכב הלכת החדש.

פרק 3 – כאן בונים! תכנון ובנייה של מערכת להובלת מים

משך השיעור: 115 דק'



מטרות:

- התלמידים ילמדו ליישם את תהליך התיכון ההנדסי כדי לפתור את משימת האתגר.
- התלמידים ייווכחו לדעת שתופעת הנימיות תלויה בחומר שבו עוברים המים.
- התלמידים ילמדו שניתן לפתור בעיות מעשיות באמצעות תהליך חקר מדעי, מחשבה מעמיקה ושיתוף פעולה בין חברי הצוות.

ציוד וחומרים (ל 30 תלמידים):



- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> צמר | <input type="checkbox"/> 30X ממחטות נייר |
| <input type="checkbox"/> נייר A4 | <input type="checkbox"/> 30X קשיות שתייה |
| <input type="checkbox"/> צבע מאכל | <input type="checkbox"/> 10X ערכות בנייה |
| <input type="checkbox"/> צינורית פלסטיק | <input type="checkbox"/> מספריים |
| <input type="checkbox"/> דלי פלסטיק | <input type="checkbox"/> קופסת קרטון |
| <input type="checkbox"/> 2X ספוגים | <input type="checkbox"/> נייר דבק |
| <input type="checkbox"/> רדיד אלומיניום | <input type="checkbox"/> תחבושות גאזה |
| <input type="checkbox"/> שקית פלסטיק | <input type="checkbox"/> פיסת אריג |
| <input type="checkbox"/> מקלות עץ (שיפודים) | <input type="checkbox"/> סליל כותנה |
| <input type="checkbox"/> פלסטלינה | |

אופן העבודה בכיתה:

- עבודה בקבוצות
- דיון בכיתה

הכנות לפני השיעור:

- להכין את החומרים
- להדפיס את דף עבודה 5 פרק 3
- להכין פוסטר גדול של תהליך התיכון ההנדסי

רעיונות מרכזיים:

התלמידים יכולים להתחיל לעבוד עכשיו כמהנדסים ומהנדסות. הם יעבדו בקבוצות ויעמדו על חשיבותם של עבודת צוות ושל שיתוף פעולה. מרכיב חשוב נוסף בפרק זה היא עצם ההבנה שיש להם יכולת לבנות משהו במו-ידיהם.



תקציר הפרק

בפרק הנוכחי התלמידים יפתרו את משימת האתגר ההנדסית ביחידה; בנייה של מנגנון שיעביר מים ממאגר המים לצמחים. התלמידים יישמו את תהליך התיכון ההנדסי ויתכננו את המנגנון לפני שהם יתחילו בבנייתו.



3.1

פתיחה – משימת האתגר ההנדסית ותהליך התכנון – דיון במליאה – 15 דק'

המורה תקריא לתלמידים שוב את החלק הרביעי של הסיפור ותגיד להם שעכשיו הם מתחילים לעבוד על משימת האתגר ההנדסית המרכזית. משימת האתגר ביחידה היא בניית מנגנון שיכול להוביל מים ממאגר מים לדגם של צמח.

בשלב ראשון כדאי לסקור שוב את תהליך התיכון ההנדסי ולשאול את התלמידים אילו שלבים לדעתם הם כבר ביצעו בפרקים הקודמים (איסוף מידע) ואילו שלבים יעברו בהמשך (העלאת רעיונות, תכנון בנייה ושיפור).
ובשלב הבא, התלמידים יבנו באופן עצמאי דגם של הצמח.

3.2

בניית דגם של צמח – 20 דק'

המורה תבקש מהתלמידים למלא אחר ההוראות **בדף עבודה 5 פרק 3**. כל תלמיד צריך לקחת ממחטת נייר אחת, לקפל אותה לאורך 3 פעמים (ר' צילום בדף העבודה), ואז לגלגל אותה באופן רפוי ליצירת ה"פרח". לאחר מכן על התלמידים לגלגל, תוך כדי הידוק, את הנייר שנוטר ליצירת ה"גבעול". הגבעול צריך להיות קשיח וצר מספיק כדי שניתן יהיה להשחילו דרך קשית שתייה. לבסוף, יש להוציא את קצה הגבעול מהקשית, כדי לדמות את שורש הצמח.

עכשיו לאחר שבנינו את הדגם של הצמח, יש להשקות אותו במים.

3.3

שלב התכנון – דיון במליאה/עבודה בקבוצות – 15 דק'

המורה תחלק את הכיתה שוב לקבוצות של ארבעה עד חמישה תלמידים, תספק לכל קבוצה את ערכת החומרים, ותיתן להם כמה דקות כדי לערוך היכרות עם הערכה. על המורה להדגיש את חשיבותו של תכנון קפדני להצלחתה של משימת האתגר. על התלמידים לדון מה יחשב בעיניהם להצלחה, כיצד הם יגדירו הצלחה, ומה הדרישות שבהן צריכה לעמוד המערכת להובלת המים לצמח.
הדרישות ממנגנון ההובלה:

- המים מוכרחים להגיע לצמח, הנמצא במרחק 30 סנטימטרים מהדלי.
- אסור שהמים יישפכו.
- המערכת צריכה להיות יציבה ולעמוד מעצמה.
- דגם הצמח צריך להיות רווי במים הצבועים כך שעלי הכותרת של הפרח ישנו את צבעם.

לאחר מכן על התלמידים להכין את רשימת החומרים שהם יזדקקו להם לשם בניית המנגנון, ולעשות תרשים של התוכנית **בדף עבודה 5 פרק 3**. עליהם לשקול את תפקידו של כל פריט בערכה שלהם, ולהחליט מה הדרך הטובה ביותר לנצלו. ברור שהדלי הוא מאגר המים, ושעל הספוג להיות בקשר עם שורשי הצמח. השאלה האמיתית היא כיצד מעבירים מים לספוג בלי אובדן מים משמעותי. (רמז: צינורית הפלסטיק ורדיד האלומיניום עשויים להתגלות כמפתח לשאלה). המורה תדגיש שלעבודה בקבוצות ולהאזנה להשקפות ולדעות שונות יש חשיבות בפני עצמה.

ברגע שלכל אחת מהקבוצות יש תוכנית ברורה, הם יכולים לעבור לשלב הבנייה.

3.4

בניית מערכת להובלת המים – עבודה בקבוצות - 45 דק'

התלמידים יעבדו בקבוצות כדי ליישם את התוכנית שלהם, תוך שימוש בערכת החומרים. הדלי צריך להיות ריק כל עוד הבנייה בעיצומה. רק כאשר הבנייה הסתיימה, יש למלא את הדלי במים עם תוספת של דיו או צבע מאכל. התלמידים צריכים לנעוץ את דגם הצמח שלהם בספוג, המדמה אדמה. המים צריכים לעבור דרך הספוג.
כשהקבוצות מרוצות מהתוצאות, בהתחשב במגבלות הזמן והמשאבים העומדים לרשותן, יש לכנס את הכיתה כדי לערוך דיון מסכם.

שימו לב: יש להשאיר את הדגמים עד למחרת כדי לאפשר למים לעלות, כך שחשוב במיוחד שהדגמים יהיו יציבים דיים, ושלרשות המורה יעמוד חלל אחסון מתאים, שבו ניתן לשמור את הדגמים עד לפרק הבא.

3.5 סיכום – דיון במליאה – 10 דק'

המורה תסכם את הפעילות ותבקש מהתלמידים להחליף חוויות:

- האם התוכנית שתכננו הייתה מספיק טובה, או שהיה צורך לבצע שינויים תוך כדי עבודה?
- אילו שינויים, אם בכלל, בוצעו?
- באילו חומרים השתמשו?
- האם הם חושבים שהמערכת שבנו תעמוד בדרישות? למה?

פרק 4 – אז איך הלך לנו? האם עמדנו בדרישות הסף?

משך השיעור: 75 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:

- יש לוודא שכל מערכות ההשקיה שהתלמידים בנו בשיעור הקודם נמצאות במצב תקין. יש לתקן כל מערכת שאינה יציבה
- מספיק לפני שכל קבוצה מקבלת את המערכת שהיא בנתה בפרק הקודם וממשיכה בעבודתה.
- דיון כיתתי
- עבודה פרטנית
- הופעה בפני המליאה

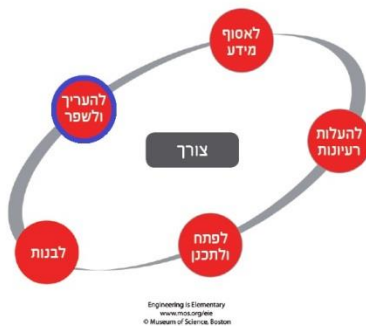
רעיונות מרכזיים:



- אחד הכישורים החשובים ביותר שצריך לרכוש כדי להיות מהנדסים ומהנדסות מוצלחים, הוא היכולת להציג את הפרויקט שלך לאנשים אחרים.
- חשוב להקדיש הרבה מחשבה לשיפורים שניתן לבצע בתוצר.
- חשוב לשמוע חוות דעת והצעות מאנשים אחרים כדי לקבל נקודות מבט חדשות, שאולי לא היו עולות על דעתנו.

תקציר הפרק

בפרק זה נעריך את תהליך העבודה ואת התוצר המוגמר. התלמידים יעריכו את המערכת שהם בנו כנגד הדרישות עליהן הוחלט מלכתחילה. לבסוף, יערך דיון כיתתי על מנת להעלות רעיונות לשיפורים שניתן להכניס בכל אחת מהמערכות שבנו הקבוצות.



4.1

הערכה של מערכות הובלת המים – דיון בכיתה/עבודה בקבוצות – 25 דק'

המורה תסקור שוב עם התלמידים על תהליך התיכון ההנדסי ותשאל אותם באיזה שלב לדעתם הם נמצאים עכשיו (שלב ההערכה והשיפור). המורה תסביר שכדי להכניס שיפורים, התלמידים צריכים לבחון ולהעריך את המערכות שהם בנו בצורה מדוקדקת. לשם כך, התלמידים צריכים לעבוד בקבוצות, ולהחליט איך להציג את הפרויקט לשאר הכיתה. אחרי שכל קבוצה תציג את המערכת שלה, יוכלו שאר התלמידים להציע הצעות לשיפור ולפתרון בעיות, באופן שאולי הקבוצות לא חשבו עליו, ולספק נקודת מבט חדשה ורעננה.

חשוב שהמורה תזכיר לתלמידים את משימת האתגר בסיפור. האם המערכת שלנו עוזרת לפתור את הבעיה? מה היו הדרישות מהמערכת?

המורה תרשום שוב את הדרישות על הלוח:

- המים מוכרחים להגיע לצמח, הנמצא במרחק 30 סנטימטרים מהדלי.
- אסור שהמים יישפכו.
- המערכת צריכה להיות יציבה ולעמוד מעצמה.
- דגם הצמח שצריך להיות רוויי במים עם הצבע עד שגם עלי הכותרת של הפרח ישנו את צבעם.

התלמידים יתבקשו להעריך את המערכת שלהם בעזרת דף עבודה 6 פרק 4.

לאחר מכן עליהם להחליט כיצד להציג את המערכת ואת ההערכה שלהם בפני שאר הכיתה. לרשות כל אחת מהקבוצות יעמדו חמש דקות כדי להציג את המערכת שלהן (כולל שלב השאלות). כל הצגה צריכה לכלול את הנתונים הבאים:

- עד לאן הגיעו המים? האם הם הגיעו לעלי הכותרת של הפרח?
- באילו חומרים הם בחרו להשתמש ומדוע?
- באילו קשיים הם נתקלו?
- כיצד לדעתם ניתן לשפר את המערכת?
- באיזה אופן הם השתמשו בתהליך התיכון ההנדסי כדי לפתור את משימת האתגר?
- על כל קבוצה להחליט אם הם רוצים שנציג אחד יציג את המערכת, או שהם רוצים להציג אותה ביחד.
- אם הם בוחרים להציג את המערכת שלהם ביחד, עליהם להחליט מראש מי מציג איזה חלק.

4.2

הצגת העבודות – 40 דק'

לרשות כל קבוצה יעמדו חמש דקות כדי להציג את המערכת ואת ההערכה שלהם לגביה בפני שאר הכיתה. המורה תאפשר לתלמידים להציע הצעות לשיפור. על המורה לוודא שהביקורת תהיה עניינית ובונה.

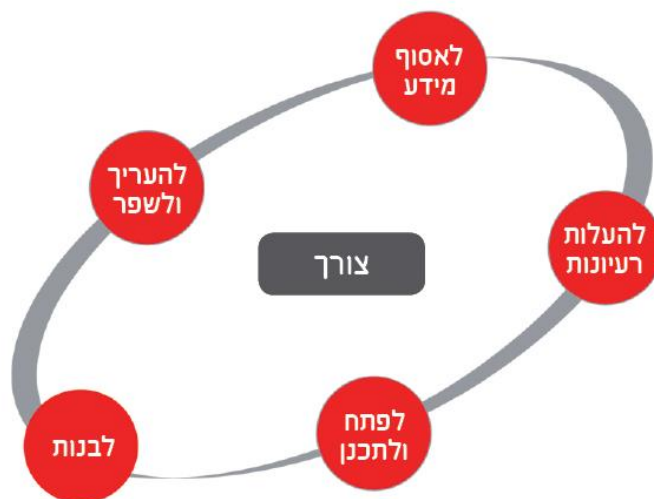
4.3

סיכום – דיון במליאה בהנחיית המורה – 10 דק'

המורה תסקור את היחידה בכללותה. כל קבוצה בנתה מערכת שמובילה מים, אבל מהנדסים ומהנדסות חקלאיים פותרים בעיות נוספות. מהנדסים חקלאיים עוסקים בבעיות הקשורות למים, אדמה, סביבה וטיפול בפסולת והם עובדים לעיתים גם עם ציוד חקלאי וגם עם חיות משק.

- אילו משימות נוספות לדעתם יעמדו בפני המהנדסים והמהנדסות החקלאיים בכוכב "חיים חדשים"?
- אילו תחומי דעת מהנדסים ומהנדסות חקלאיים צריכים להכיר כדי לבצע היטב את עבודתם? (מדעי הטבע, מדעי הסביבה ועוד.)
- האם לדעתכם העבודה של מהנדסים מהנדסות חקלאיים מעניינת?
- האם הייתם רוצים להיות מהנדסים ומהנדסות חקלאיים?

נספחים
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 בדיקה חוזרת!	להעריך ולשפר

סיפור המסגרת: מים לצמחים

חלק ראשון: המסע הארוך

התיק האחרון צנח בקול חבטה בפינת החדר. ג'ק הזדקף והתבונן סביבו. החדר שבו הוא התגורר במשך כל שנים-עשרה שנותיו נראה לפתע זר. הרהיטים היו חשופים. שום צעצועים לא נותרו על המדפים ועל הרצפה. רק לפני זמן קצר היו שם רבים. על הקירות נותרו ריבועי לובן במקום שבו היו תלויים קודם הפוסטרים. כבר יותר משנה הוא מחכה למסע שעומד להתחיל מחר. אבל עכשיו חוסר ההחלטיות שלו הפתיעה אותו. אולי הוא לא באמת רוצה שזה יקרה? אבל ג'ק מטבעו לא היה ילד שמפחד לנסות משהו חדש. בכל פעם שהיתה לו הזדמנות לעשות משהו שהוא לא עשה בעבר, הוא היה עושה את זה. לפעמים התכונה הזאת הכניסה אותו לצרות, ובכל זאת, כשהגיעה ההזדמנות הבאה, הוא אף פעם לא עמד בפיתוי.

ג'ק רץ למטה ונכנס לסלון. הסלון היה מבולגן. תיקים פתוחים היו מושלכים בכל מקום. אף על פי שהם נראו גדושים עד להתפקע, אימא שלו המשיכה לדחוס לתוכם עוד ועוד דברים. אביו הסתובב בחדר עם רשימה ארוכה ובדק שכל הפריטים ברשימה ארוזים. אחותו הקטנה, דינה, ניסתה להוסיף דברים בנוסף למה שאימא שלה כבר ארזה, אבל בה בעת גם הוציאה דברים. כך הבחין אביו במטען המונח על הרצפה, אף על פי שהוא כבר מחק אותו מהרשימה. הטעות גרמה לו לדרוש שהם יפרקו את כל התיקים ויתחילו לארוז מהתחלה. ג'ק החליט שזה לא עניינו והתיישב מול הטלוויזיה.

הוא המתין שתי שניות עד שחיישן הטלוויזיה הבחין בו, ואז הרים את ידו והתחיל לגלול את התפריט על המסך כדי לבחור תוכנית.

"תעביר לחדשות בערוץ שש", אמר אביו. "אומרים שאנחנו אמורים להיות בחדשות."
ג'ק העביר לערוץ שש.

חללית הופיעה על המסך. הקריין דיווח בהתרגשות: "מחר, בשעה תשע בבוקר, היא שעת האפס של פרויקט החלל הבינלאומי 'חיים חדשים'. אנחנו כאן, מדווחים מבסיס החלל. ההכנות האחרונות בעיצומן..."
"אבא, קרא ג'ק, אנחנו בחדשות!"
אביו הניח לעיסוקיו והתיישב לצד ג'ק. "אתה בטח כבר שהרפתקה הגדולה תתחיל? זה יהיה כל כך נפלא. כל כך הרבה שנים של עבודה, ומחר סוף, סוף, אנחנו נצא לדרך. אני בטח לא אצליח להירדם כל הלילה מרוב התרגשות."

קריין מחייך הופיע על המסך. מאחוריו התנוססו מנועי ענק. כתבים רבים שעבדו בשביל תחנות מתחרות הסתובבו כמו נמלים תחת מנועי הענק. הקריין הנהן והתחיל לדבר. "ערב טוב לכם ממרכז החלל הבינלאומי, שבו אירוע היסטורי עומד להתרחש. מחר, מאתר המראה זה, תישא חללית משפחות שלמות להתיישבות הראשונה בכוכב ג'מיני PX-572. החלוצים הראשונים ייבנו התיישבות שתספק את כל צרכיה בעצמה ותהיה עצמאית מכדור הארץ. אם הכול יתנהל כהלכה, יבואו אחרים בעקבותיהם. ידוע לנו כבר על עשרות כוכבים ראויים להתיישבות. עכשיו כל הצוות בודק את המערכות. נראה שהכול מוכן להמראה."

אישה באולפן המשיכה: "אנחנו עושים צעד חשוב לקראת העתיד. מאחורי מופיע תרשים עם מספר האנשים על כדור הארץ. כולנו ראינו את התרשים הזה לא פעם ולא פעמיים, ומכירים היטב את עקומת הצמיחה המהירה מאז המהפכה התעשייתית ועד היום. אומנם באופן חלקי למדנו להתמודד עם הצמיחה המהירה והיא נמצאת במגמת ירידה קלה, אבל המצב על כדור הארץ עדיין קשה ביותר. המסע הזה הוא הצעד הראשון שלנו בדרך להציל את המין האנושי."

אביו של ג'ק כיבה את הטלוויזיה. "היא צודקת, לא? לך לישון. מחר יום ארוך, אבל אני בטוח שתזכור אותו עד סוף חייך. לך תנוח. לילה טוב."
"לילה טוב."

אף על פי שאביו אמר לו לישון כמו שצריך, ג'ק היה כל כך נרגש לגבי יום המחרת שהוא התהפך במיטה שעה ארוכה. שוב ושוב הוא דמיין את ההמראה, עד שלבסוף הוא נרדם. הלילה האחרון של ג'ק על כדור הארץ.

חלק שני: ההמראה

הרופא חייך חיוך מרגיע וטפח לג'ק על כתפו. "אתה בריא כמו סוס. אין לך מה לדאוג."
"אני לא דואג", אמר ג'ק
"טוב מאוד", צחק הרופא, "אתה יכול ללכת."

ג'ק יצא מהחדר והתיישב על הספסל כדי לחכות עד שכל בני משפחתו יסיימו את הבדיקות הגופניות האחרונות לפני ההמראה.

"היי", אמר קול לצד ג'ק. הוא היה כל כך שקוע במחשבות על החללית שבה הם עומדים להמריא ועל הטיסה הארוכה, שהוא לא הבחין בנערה שישבה לצדו. היא היתה מבוגרת ממנו בשנה או שניים, והתבוננה בו בסקרנות.

"היי", אמר ג'ק בנימוס.

"אתה טס איתנו?" שאלה הנערה. "קוראים לי אווה."

"כן. אני טס עם ההורים שלי. אבא שלי הוא המפקד." ג'ק הצטער שהוא אמר את זה. הוא לא רצה שהיא תחשוב שהוא מתרברב. הוא קיווה שהיא לא חושבת שהוא שוויצר.

"באמת? ואבא שלי הוא אגרונום חשוב."

"באמת?" שאל ג'ק ומשך בכתפיו בניסיון להסתיר את בורותו.

"אתה יודע מה בכלל אגרונומים עושים?"

ג'ק היסס. הוא שמע על זה משהו. אבל מה בדיוק? הוא חשש שהוא עומד להגיד איזו שטות רצינית. אווה הסתכלה עליו בארשת משועשעת.

"משהו שקשור לחקלאות?" שאל לבסוף ג'ק.

"קצת. לפחות אתה יודע שזה קשור לחקלאות. הוא מהנדס חקלאי. הוא מנהל חממות. ניהל, ליתר דיוק. הוא ויתר על זה כדי שנוכל לטוס. הכול קרה נורא מהר. הוא לא חשב שהוא ייבחר. כשהוא סיפר לי, אפילו לא היה לי מספיק זמן כדי להיפרד מכולם כמו שצריך."

"ג'ק, בוא נזוז!" אביו עמד בקצה המסדרון ונופף לעברו: "בוא, קדימה, הגיע הזמן!"

ג'ק פנה אל אווה. "אני מוכרח לזוז. נתראה אחר כך?"

"לך תדע, בטח יהיו שם המון משפחות."

במבט מקרוב החללית היתה עצומה. ג'ק ראה אותה עד עכשיו רק מרחוק. אבל עכשיו, כשעמד ממש תחתיה, היא נראתה כל כך גדולה שהוא בקושי הצליח לראות את החרטום, שאבד בין העננים. ג'ק ידע מאביו שכל מה שאפשר לראות ממבט מלמטה הם המנועים ומכלי הדלק. הוא המשיך להטות את ראשו כלפי מעלה עד שכמעט נקע את צווארו.

אביו עמד לצדו, נושא את מבטו גם כן. "אנחנו צריכים לעלות במעלית. זאת תהיה נסיעה ארוכה."

קבוצה של מהנדסים ליוותה את המשפחה למעלית וסגרה מאחוריהם את הדלת.

"בדיוק חשבתי, זאת בטח הפעם האחרונה שהרגליים שלי נוגעות בכדור הארץ," אמרה אימא של ג'ק.

המעלית התחילה לעלות בקול קרקוש ונשאה איתה את כל המשפחה לחרטום החללית.

חלק שלישי: חיים חדשים

הדבר הראשון שג'ק חש היה הקור. הוא התחיל לרעוד. בו-זמנית הבזיק אור עז והוא עצם את עיניו. הוא ניסה לכסות את עיניו בכפות ידיו, אבל גופו סירב להגיב. ואז הוא שמע את קולו של אביו. "ג'ק, תתעורר. תפקח את העיניים. אתה צריך לשתות את זה." אביו הטיל שמיכה סביב כתפיו של ג'ק ועזר לו להתרומם. ג'ק קם על רגליו, מועד ורועד, אבל למרבה המזל אביו היה שם כדי לייצב אותו. הוא פקח את עיניו והתבונן סביבו. הם היו בתא, במקום שבו כל המשפחה היתה שקועה בשינה במהלך כל הטיסה, כל אחד בתא שינה שקוף משלו. כל האחרים כבר קמו. אביו העיר אותו אחרון.

"תשתה את זה. זה יעשה לך טוב; אתה תתעורר יותר מהר ככה. ישנת אחת-עשרה חודשים. קשה להתעורר אחרי שינה כל כך ארוכה."

ג'ק שתה את הנוזל הצהוב הסמיך.

"טוב, עכשיו בוא לאולם המרכזי ותצטרף לנחיתה. זאת הפעם הראשונה שתראה את הבית החדש שלך. נוכל לעשות סיבוב בבסיס, כדי שתתרשם קצת."

חלק רביעי: עבודה בחממה

המסדרון בבסיס היה שקט וריק. לפתע דלת הכיתה נפתחה בתנופה ויותר מעשרים תלמידים שעטו החוצה. המסדרון התמלא בצעקות, כמו שתלמידים תמיד צועקים כשהם "מתפקעים" מרוב רצון לספר לחבריהם כל מה שהם לא יכלו לספר להם במהלך השיעור.

ג'ק יצא מהכיתה עם אווה. שלושה בנים נוספים המתינו להם במסדרון. הם היו בערך בגילה של אווה. הגבוה שבהם שאל את אווה: את באה למחסן היום אחר הצהריים?"

אווה נדה בראשה. "לא. הבטחתי לאבא שלי לעזור לו בחממה."

ג'ק הוסיף: "כמעט תפסו אותנו בפעם שעברה. אני לא יודע למה, אבל הם חושדים שאנחנו מסתובבים שם בלי רשות."

הנער התעקש: "מצאנו דרך חדשה, דרך מערכת האווורור!"

אווה רק נופפה להם לשלום ופנתה לדרכה, אבל רגע לאחר מכן היא הסתובבה לאחור ואמרה. "אני לא יכולה לבוא. לך לבד אם אתה רוצה. אני מוכרחה לראות את אבא שלי. יש לו כל מיני בעיות."

הנער הגבוה הסתכל על ג'ק: "אז אתה בא או לא?"

"לא, אני אלך עם אווה. ביי."

ג'ק רץ אחרי אווה.

"היי, חכי לי. אני יכול ללכת איתך? אני רוצה לעזור לאבא שלך גם."

"אין בעיה, אבל אני לא בדיוק יודעת מה קורה. היא רק אמר שזה משהו שקשור לחממה."

אווה נקשה על דלת המשרד של אביה. רגע לאחר מכן בקע קול מבפנים. "פתוח!"

ג'ק ואווה נכנסו. המשרד היה קטן אבל מסודר, כמו כל דבר בבסיס. היה חשוב לנצל כל חלל. סדר היה אחד הדברים שנדרשו מכל אדם בהתיישבות, כולל ילדים. בהתחלה ג'ק התקשה עם זה. סדר לא היה הצד החזק שלו.

אבא של אווה ישב ליד השולחן והקליד על המחשב הנייד שלו. הוא בקושי נשא אליהם את עיניו. "היי, אני רואה שהבאת תגבורת. היי, ג'ק. בדיוק דיברתי עם אבא שלך."

"מה אתה עושה?" שאלה אווה ובחנה את השולחן של אביה. הוא היה גדוש בניירות – תרשימים, גרפים, וניירת מכל הסוגים והמינים.

"אנחנו מתמודדים עם בעיה די רצינית, אבל אני לא בטוח שאני אמור לדבר איתכם על זה."

"למה?"

"אני לא רוצה להדאיג אתכם."

"רגע, אם זה רציני, אנחנו צריכים לדעת על זה. אנחנו מעורבים בכל מה שקורה בבסיס."

"אולי את צודקת."

אביה של אווה נשא סוף, סוף את ראשו והתבונן בהם. ניכר שהוא מתקשה לדבר על הבעיות שלו עם ילדים.

"אתם יודעים שאני אחראי על תפעול החממה, כדי שנוכל לגדל צמחי מאכל."

"כן, בטח שאנחנו יודעים. הסברתי לג'ק."

"הבעיה היא שמאגר המים הרבה יותר עמוק מכפי שהמחקרים שלנו הראו. ושאר מקורות המים רחוקים מדי."

ג'ק היה מופתע. "אז הולכים להיגמר לנו המים? זה אומר שייגמר לנו גם האוכל!"

אבא של אווה חיך. "לא נגמר לנו האוכל. אל תדאג. אבל אנחנו צריכים לפתור את הבעיה, או שזה ייצור בעיות נוספות בעתיד. יש לנו מספיק אספקה בינתיים."

"אז אתה אומר שאספקת המים נמצאת יותר עמוק באדמה מכפי שחשבתם?" שאלה אווה, רק כדי להבהיר את הבעיה.

"כן. בדיוק. אנחנו משתמשים עכשיו במשאבות כדי לשאוב את המים, אבל אנחנו צריכים הרבה מים, והמשאבות פועלות על דלק. יש לנו מספיק דלק רק לעוד שבועיים. אנחנו לא יכולים להשתמש בכל הדלק שלנו כדי לשאוב מים."

"רגע, קרא ג'ק. מה שאתה אומר בעצם זה שאנחנו צריכים למצוא דרך להעביר מים מתחת לפני השטח בלי להשתמש במשאבות?"

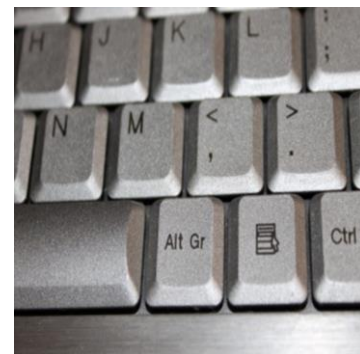
אבא של אווה הנהן. "כן. בלי להשתמש במשאבות. אנחנו צריכים למצוא דרך לעשות את זה בלי לכלות אנרגיה ודלק, בגלל שאין לנו מספיק דלק. בדיוק דיברתי עם אבא שלך. שאלתי אותו אם אנחנו יכולים לכבות משהו כדי לאפשר להעלות את אספקת הדלק למשאבות. אבל זה אומר ששאר המכשירים והמבנים יסבלו מזה ויפעלו מאוד לאט. זה מסובך."

ג'ק היה מופתע. הוא אף פעם לא באמת קלט עד לרגע זה כמה כל המפעל שלהם מורכב. הוא חשב שהכול פועל לפי התוכנית. אבל ככה זה בחיים; תמיד יש תוכנית, אבל במציאות הבעיות צצות ברגע שהכי פחות מצפים

להן. אנשים נאלצים לעתים קרובות למצוא פתרון לבעיות החדשות, וכל פתרון ניתן לשפר מאוחר יותר. ככה זה בחיים. וככה זה בהנדסה.
ג'ק ראה שהדברים שהיא שמעה מעציבים את אווה. הוא רצה לשמח אותה, אבל הוא לא יכול להבטיח לה דברים שאולי הוא לא יוכל לקיים.
האם יצליח ג'ק למצוא את הפתרון שאביה של אווה לא הצליח למצוא?

דפי עבודה (כולל תשובות)

דף עבודה 1 פרק 0 - 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 הנדסה 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 פרק 1 – מה מהנדסים חקלאיים עושים?

.....: *שם*

.....: *תאריך*

ציירו קווים בין הפעילות והמקצוע המתאים:

תכנון של פרויקט זריעה

מהנדס/ת

טיפול בתהליכים חקלאיים בחווה

זריעה

מדען/נית

טיפול, ניכוש והשקיה של צמחים

קציר

חקלאית

חקר הצומח

פתרון בעיות חקלאיות

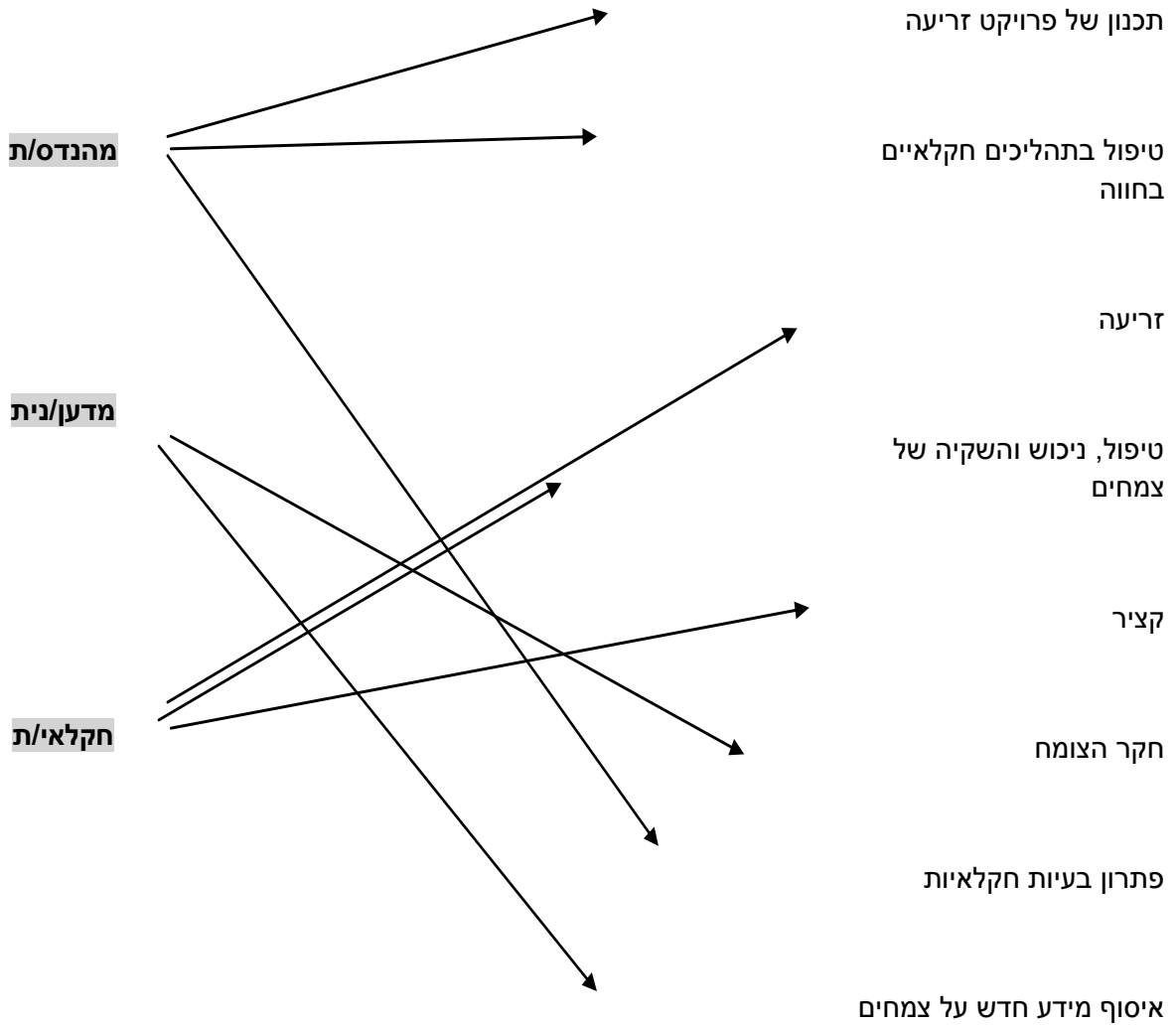
איסוף מידע חדש על צמחים

תשובות - דף עבודה 1 פרק 1 – מה מהנדסים חקלאיים עושים?

.....: *ט*

.....: *תאריך*

ציירו קווים בין הפעילות והמקצוע המתאים:



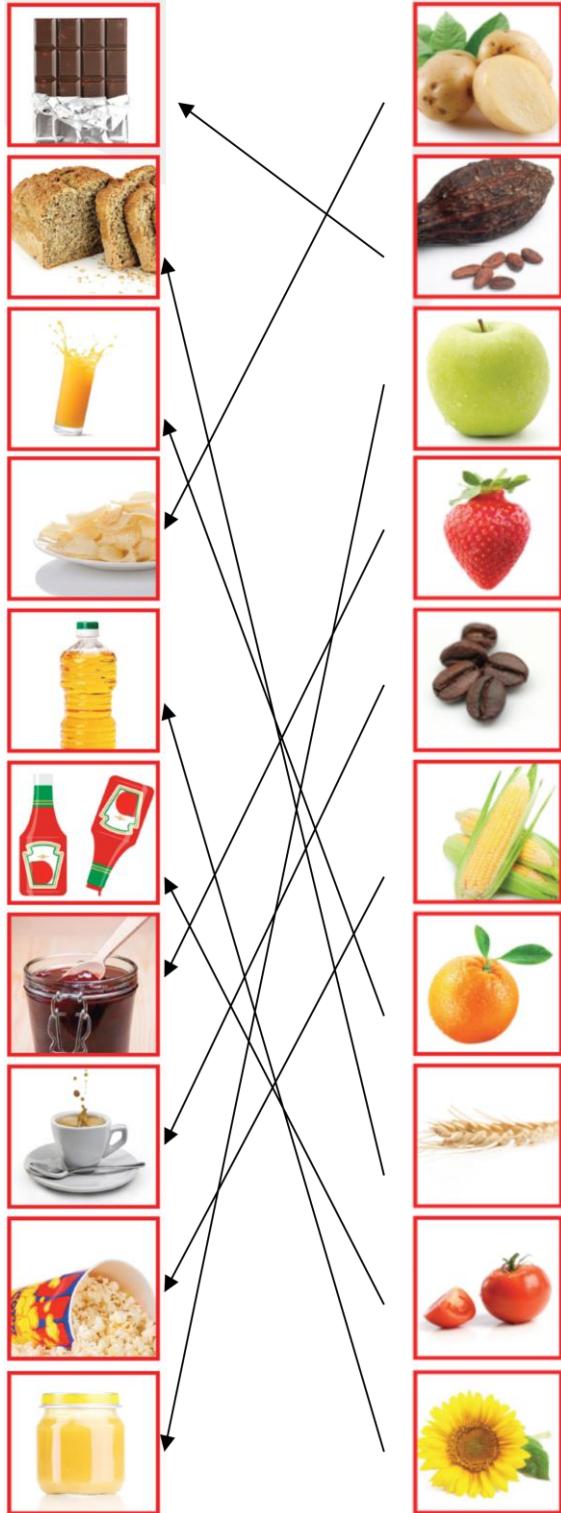
דף עבודה 2 פרק 1 – מצומח למזון

חברו בין המזון לצמח שהוא עשוי ממנו



תשובות - דף עבודה 2 פרק 1 - מצומח למזון

חברו בין המזון לצמח שהוא עשוי ממנו



דף עבודה 3 פרק 2 – בניית חממה

.....:שם

.....:תאריך

השלימו את המילים החסרות:

למה הצמח זקוק?

חלקי צמחים

__ מ

___ ש

__ ח

___ ג

___ א

__ ע

___ מ

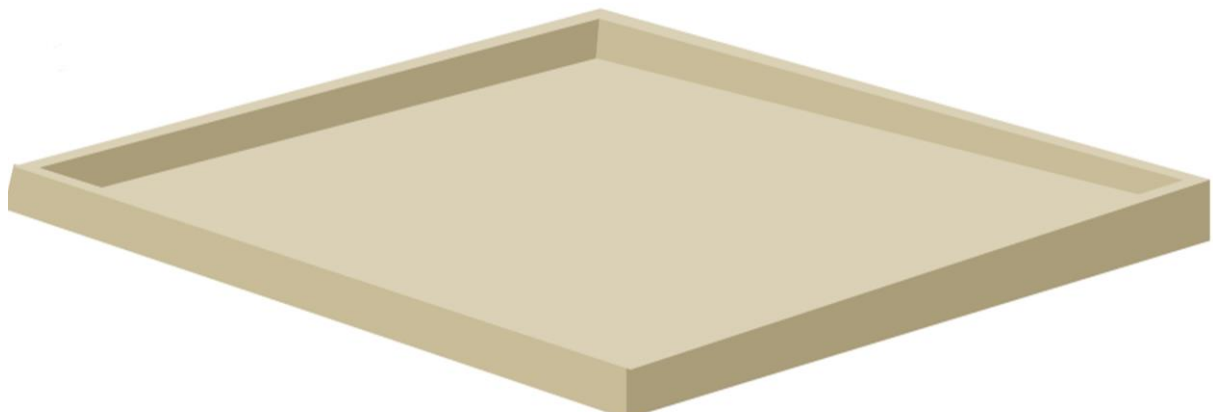
__ פ

מה צמחים מייצרים

__ פ

___ ח

עצבו את החממה על בסיס זה:



תשובות – דף עבודה 3 פרק 2 – בניית חממה

שם:

תאריך:

השלימו את המילים החסרות:

למה הצמח זקוק?

חלקי צמחים

מים

שורש

חום

גבעול

אוויר

עלה

מינרלים

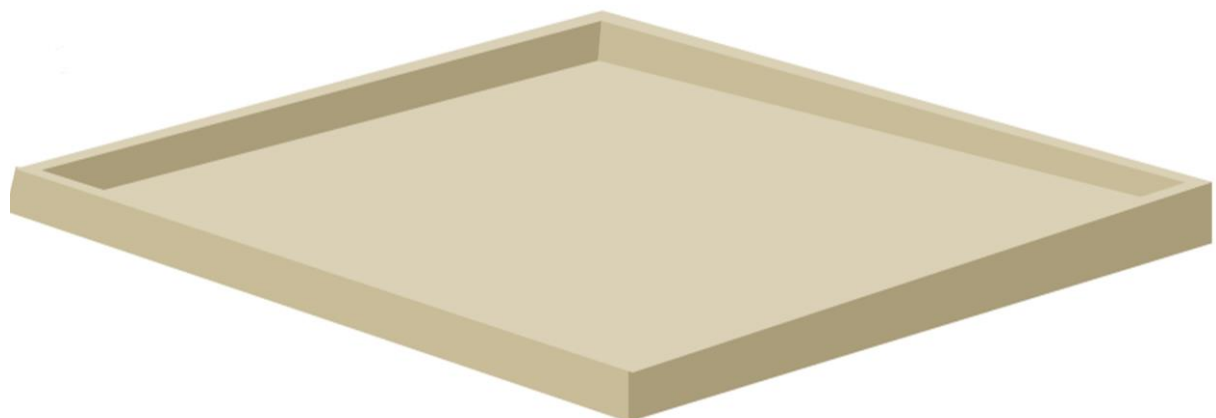
פרח

מה צמחים מייצרים?

פרי

חמצן

עצבו את החממה על בסיס זה:



דף עבודה 4 פרק 2 – בחינה של חומרים

.....:pe

.....תאריך:

לאיזה גובה הגיע צבע המאכל בעלה הכרוב הסיני שלכם?

.....

איזה חומר לדעתכם יספוג את הצבע הכי מהר?

.....

איזה חומר לדעתכם יספוג את הצבע הכי לאט?

.....

עכשיו בצעו את הניסוי



Capillary action

לאיזה מפלס הגיע הצבע?

חוטי כותנה..... סנטימטרים

תחבושת גאזה..... סנטימטרים

פסת בד..... סנטימטרים

נייר טישו..... סנטימטרים

צמר..... סנטימטרים

.....החומר שסופג מים הכי טוב הוא.

.....החומר שסופג מים הכי פחות טוב הוא.

דף עבודה 5 פרק 3 – דגם של צמח

.....: *pe*

.....: *תאריק*

בנו דגם של הצמח שלכם בהתאם להנחיות הבאות:

הפרידו שכבה אחת של ממחטת הנייר



קפלו את השכבה לשלוש (לאורך). אל תהדקו את הקיפולים



גלגלו את הנייר בעדינות מהצד



החזיקו את הדגם תחת החלק המגולגל. זה הפרח שלכם. גלגלו את שאר הנייר במהודק כדי ליצור את הגבעול



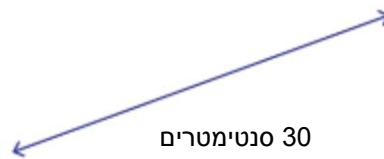
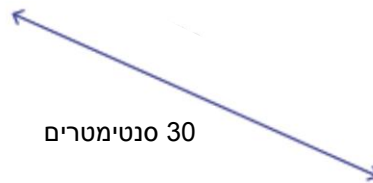
השחילו את 'הגבעול' לתוך קשית שתייה. הנייר צריך לבצבץ מקצה הגבעול כדי לדמות שורש



דף עבודה 5 פרק 3 – תכנון דגם של צמח

שם:

תאריך:



באילו חומרים תשתמשו?

.....
.....
.....
.....
.....

דף עבודה 6 פרק 4 – שלב ההערכה

.....: *שם*

.....: *תאריך*

באילו דרישות מערכת ההשקיה שלכם עמדה?

- המים מוכרחים להגיע לצמח, הנמצא במרחק 30 סנטימטרים מהדלי.
- אסור שהמים יישפכו.
- המערכת צריכה להיות יציבה ולעמוד מעצמה.
- דגם הצמח צריך להיות רוויי במים עם הצבע מאכל, עד שגם עלי הכותרת שלו ישנו את צבעם.

שיפורים שניתן לבצע

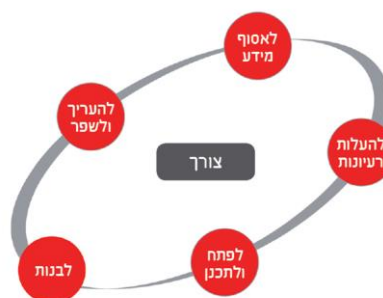
.....

.....

שלבים של תהליך התיכון ההנדסי:

תהליך התיכון ההנדסי

- להעלות רעיונות
- לפתח ולתכנן
- לבנות
- להעריך ולשפר
- לאסוף מידע



מה עשינו בכל אחד מהשלבים?

..... איסוף מידע

..... העלאת רעיונות

..... פיתוח ותכנון

..... בנייה

..... הערכה ושיפור

חומר רקע מדעי למורים על הובלת מים בצמחים ובחומרים טבעיים

פרק 2 - רעיונות מרכזיים

- התנאים הנחוצים להתפתחותם של צמחים: מים, אוויר, אור, חומרי מזון (נוטריינטים בלעז, שהם יסודות ותרכובות כימיים כמו חנקן וזרחן) וטמפרטורה מתאימה.
- מים וחומרי מזון המומסים בהם מובלים מהשורשים כלפי מעלה לכל חלקי הצמח.
- חומרים טבעיים יכולים גם כן להוביל מים כלפי מעלה (לדוגמה, נייר העשוי מתאית).

התנאים הנחוצים להתפתחותם של צמחים

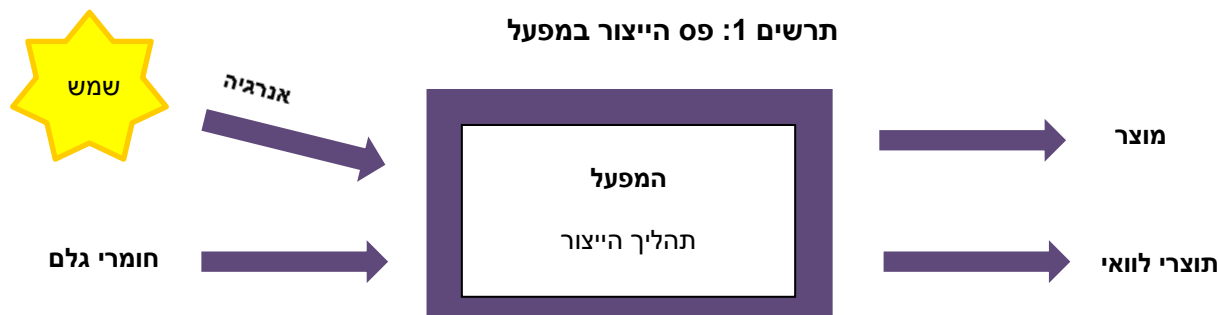
צמחים מוגדרים באמצעות יכולתם לבצע פוטוסינתזה (הטמעה). בתהליך הפוטוסינתזה פחמן דו חמצני (מהאטמוספירה) ומים (שמגיעים באמצעות שורשי הצמח) יוצרים יחד גלוקוז (סוכר) בעזרת האנרגיה, שמקורה באור השמש. תוצר הלוואי של התהליך הוא חמצן, המתפזר באטמוספירה. תהליך הפוטוסינתזה מונע על ידי האנרגיה של אור השמש, הנקלטת בפיגמנט הירוק של הצמחים (כלורופיל). אף על פי שלרוב הצמחים יש פיגמנטים ירוקים, קיימים גם צמחים עם פיגמנטים נוספים. אצות חומות החיות במעמקי הים, לדוגמה, מכילות כמות גדולה של פיגמנט חום (פוקוקסנטין) בנוסף לפיגמנט הירוק. הפיגמנט החום קולט יותר מטווח האור הכחול, החודר למעמקי הים, ומאפשר לאצות לבצע פוטוסינתזה בעוצמות אור חלשות יותר.

על מנת להיות מסוגלים לבצע פוטוסינתזה, הצמחים זקוקים לכמה דרישות סף:

- אספקת מים (מהשורשים)
- אספקה של פחמן דו חמצני (מהאוויר)
- אספקת אנרגיה (מאור השמש)
- טווח טמפרטורה מתאים שבו הפוטוסינתזה יכולה להתבצע

עלי הצמח הם המקום העיקרי שבו מיוצר גלוקוז באמצעות פוטוסינתזה. כתוצאה מכך, הצמח צריך לחשוף את העלים שלו באופן שמאפשר קליטה מרבית של אור שמש. הצמחים נבדלים על פי גודל העלים וסידורם, והם יכולים לווסת את זווית העלה על מנת למקסם את החשיפה לשמש. לדוגמה, לצמחים הגדלים בצל, יש לעתים קרובות עלים עם פני שטח גדולים המלאים בכלורופיל המצוי במבנים הנקראים קלורופלסטים.

ניתן לחשוב על פוטוסינתזה כעל פס ייצור במפעל, ההופך חומרי גלם באמצעות אנרגיה למוצר. תהליך הייצור מייצר גם פסולת (תוצרי לוואי) (ר' תרשים 1).



תרשים 2: מפעל העלה לפוטוסינתזה



הגלוקוז היא מולקולה חשובה ביותר לצמחים: היא מספקת מקור אנרגיה כמו גם אבן בניין לחומרים אחרים שהצמח זקוק להם לשם הישרדותו ושגשוגו. מולקולות של גלוקוז נקשרות זו לזו ליצירת עמילן. העמילן הוא פולימר, רב סוכר, שמורכב משרשראות ארוכות של יחידות גלוקוז הארוזות בגרנולות בתאי הצמח. מזונות בסיסיים כמו תפוחי אדמה, אורז וקאסווה עשירים בעמילן. תאית (צלולזה), שהיא מרכיב עיקרי בדופנות של תאי הצמח, עשויה מכמה מאות עד עשרת אלפים ויותר מולקולות של גלוקוז, המחוברות בצורות שונות בשרשראות ארוכות.

מולקולת הגלוקוז ממלאת גם תפקיד חיוני בתהליך הנשימה התאית, המספק מקור אנרגיה לאינספור תגובות ביו-כימיות המתרחשות בתוך תאי הצמח. למידע נוסף על פוטוסינתזה ונשימה תאית ר' באתרים הבאים:

<http://www.bbc.co.uk/learningzone/clips/respiration-and-photosynthesis-in-plants/10608.html> (סרטון באנגלית)
<http://science.cet.ac.il/science/transportation/transport6.asp> (בעברית)

כמובן, כפי שידוע כל גנן חובב, צמחים זקוקים גם לאספקה של חומרים מזינים (נוטריינטים) כדי לשגשג. במיוחד הם זקוקים לחנקן, זרחן ואשלגן (המהווים מרכיבים מרכזיים בדשנים, המשמשים כדי לעודד צמיחה בריאה). הם גם זקוקים למגוון של יסודות קורט (יסודות הדרושים בכמויות מזעריות), שאותם הם סופגים מהאדמה שבה הם גדלים. צמחים טורפים, הגדלים באדמה שבהם קיים מחסור במרכיבים אלו, מגוונים את התזונה שלהם באמצעות תוספת של חרקים. למידע נוסף על צמחים מרתקים אלו, ר':

http://botany.org/Carnivorous_Plants/ (באנגלית)
<http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=4074> (בעברית)

החומרים המזינים נקלטים יחד עם המים על ידי שורשי הצמח ומשמשים לייצור מגוון רחב של מולקולות בצמח, כולל חלבונים, הזקוקים לחנקן לשם הפקתו. אגוזים וזרעים עשירים בחלבונים צמחיים.

כיצד מים נעים בצמח

יחידה זו עוסקת באספקת מים לשורשי הצמח, ובהבנה של האופן שבו מים נעים במעלה השורש לכל חלקי הצמח, כשהם נושאים איתם חומרים מזינים החיוניים לשם שגשוגו של הצמח. מדובר באתגר לא פשוט בעצם כמו עצי הסקויה הענקיים לדוגמה, המגיעים לגובה של 100 מטרים! היחידה אינה דורשת הבנה מעמיקה בנוגע לאיך צמחים קולטים את המים והחומרים המזינים ומובילים אותם לשאר חלקי הצמח, אך היא כן דורשת שהתלמידים יפנימו שהתהליך הזה אכן מתרחש. עם זאת, ייתכן שהמורים ירצו לקבל למידע מפורט יותר על התהליך. לשם כך נועדו הסעיפים הבאים.

כדי להבין איך הצמחים קולטים ומוליכים מים וחומרים מזינים, עלינו להבין מה קורה בחלקים שונים של הצמח. החלקים המרכזיים המעורבים בתהליך הם:

העלים

על החלק התחתון של העלים ברוב הצמחים נמצאות פתחים קטנים הנקראים **פיוניות**, היכולים להיפתח ולהיסגר (בדומה לפיות קטנים, ומכאן שמם). הפחמן דו חמצני, החיוני לתהליך הפוטוסינתזה, נכנס לעלים באמצעות הפיוניות, והמים מתאדים דרכן בזמן שהן פתוחות. לעלים יש קוטיקולה, שכבה חלבנית דמוית שעווה, בלתי חדירה למים ולגזים, המונעת אובדן מים על כל פני השטח של העלה. תהליך התאדות המים, המתאפשר באמצעות הפיוניות, נקרא **דיית** (טרנספירציה).

צינורות העצה (xylem)

מערכת צינורות העצה בנויה ברובה מתאים מתים מוארכים וצרים המעבירים מים וחומרים מזינים המומסים בהם, מהשורשים לשאר חלקי הצמח. אם טובלים צמח כמו סלרי במים המכילים דיו או צבע מאכל ניתן לראות בקלות את צינורות העצה כאשר חותכים את הצמח. בתת-סעיף 2.3, עלי הכרוב הסיני משמשים כדי להדגים זאת ולהראות כיצד המים נעים במעלה הצמח. מערכת הובלת המים בכל עולם הצומח מבוססת על צינורות העצה, גם בעצים שגובהם מגיע למאה מטרים!

שורשים

השורשים הם בדרך כלל החלק של הצמח הגדל מתחת לפני הקרקע (אם כי לצמחים מסוימים יש גם שורשי אוויר שיכולים לקלוט לחות מהאוויר). השורשים הם מבנים מסועפים מסוגים שונים שתפקידם לקלוט מים וחומרים מזינים אי-אורגניים מהאדמה. הם גם משמשים כעוגן המחבר את הצמח לקרקע ויכולים לשמש גם כמאגר מזון (לדוגמה בבטטות). הם גם יכולים למלא תפקיד ברבייה לא-מינית (וגטטיבית).

יונקות – שלוחות דקות וארוכות היוצאות מהשורשים

השורשים המסתעפים מצמיחים תוספות של צינורות קטנות של התאים החיצוניים (האפידרמיס), במיוחד בחלקים הצעירים יותר של השורש. היונקות מגדילות בצורה משמעותית את שטח הפנים שבאמצעותו מים וחומרים מזינים נוספים יכולים להגיע לצמח. היונקות חודרות לאדמה, נמצאות בקשר הדוק עם חלקיקי האדמה, ומהוות שער כניסה למים ולחומרים מזינים.

למידע מפורט יותר ר':

<http://www2.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/biobookplantanat.html> (באנגלית)
<http://science.cet.ac.il/science/transportation/transport8.asp> (בעברית)

כדי להבין **כיצד** מים חודרים לשורשי הצמח, יש להבין את תהליך **האוסמוזה** (פעפוע של נוזל). האוסמוזה מתרחשת כאשר שתי תמיסות שונות בריכוז שונה מופרדות על ידי ממברנה חדירה למחצה (קרום חדיר למחצה). הממברנה החדירה למחצה מאפשרת לחלק מהחומרים לחדור, אך לאחרים לא. התוצאה היא שהמים נעים דרך הממברנה מהתמיסה הדלילה יותר (שבה ריכוז המומסים הכולל נמוך יותר), לתמיסה המרוכזת יותר (שבה ריכוז המומסים הכולל גבוה יותר), עד ליצירת איזון בין ריכוזי המומסים הכוללים משני צדי הקרום. למידע נוסף ר':

http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/science/add_aqa_pre_2011/cells/cells4.shtml (באנגלית)
<http://science.cet.ac.il/science/transportation/transport8.asp> (בעברית)

אוסמוזה היא התהליך שמביא את המים מהאדמה אל השורשים ומשם נושא אותם לעבר תאי העצה. כל תנועת המים בצמח מתרחשת בהתאם למפל הריכוזים, מהמקום שבו ריכוז המומסים נמוך אל המקום שבו ריכוז המומסים גבוה. המים מפעפעים מן הקרקע הלחה אל תוך יונקות השורש (שם ריכוז המומסים גבוה יותר), ומשם הם מתקדמים בכיוון צינורות העצה, המצויים במרכז השורש.

אבל מדוע המים נעים כלפי מעלה בתאי העצה?

האופן שבו מים נעים במעלה צמחים הוא נושא שנוי במחלוקת בביולוגיה, במיוחד כשהדבר נוגע לעצים גבוהים במיוחד. ההסבר המקובל לכך הוא תופעת **התאחיזה** (קוהזיה) בין מולקולות המים.

המים בתוך הצמח נעים במערכת מסועפת ורציפה (ללא בועות אוויר) מהשורש לגבעולים משם לכל חלקי הצמח, כאשר הכוח המניע לעליית המים נוצר על ידי התאדות המים דרך הפיוניות שבעלים (דיית). אובדן המים

גורם להעלאת ריכוז המומסים בתאי העלה שסמוכים לפיוניות. הפרש הריכוזים שנוצר, גורם לעליית המים דרך צינורות העצה מתאי הצמח התחתונים אל עבר תאי הצמח העליונים. כל זמן שעמוד המים הממלא את צינורות העצה הוא רציף, המים יעלו בצינורות וימלאו את מקומם של המים, שעזבו את עלי-הצמח בתהליך הדיות.

כיצד מים נעים דרך חומרים טבעיים?

החומרים הטבעיים שבהם עשינו שימוש ביחידה זו עשויים מצמחים ומכילים כמות גדולה של תאית. כיצד המים נעים בחומרים אלו?

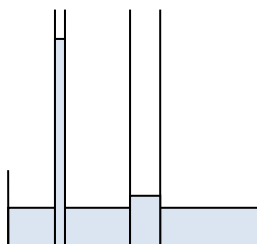
כפי שאמרנו קודם לכן, התאית, שמהווה מרכיב מרכזי בדפנות של תאי הצמח, עשויה מכמה מאות עד לעשרת אלפים מולקולות גלוקוז המחוברות לשרשראות ארוכות. כאשר מניחים חומרים טבעיים עשירים בתאית במים, המים נעים בקלות דרך חומרים אלו (כפי שראינו בפרק 2.5). ביחידה זו אין צורך שהתלמידים יבינו מדוע הדבר מתרחש. עם זאת, חשוב התלמידים יבינו שחומרים מסוימים מובילים מים בצורה טובה יותר מחומרים אחרים. כדי להבין מדוע הדבר מתרחש עלינו להבין תופעה הנקראת **נימיות (קפילריות)**.

תופעת הנימיות מתייחסת לזרימה הנוזלים דרך חללים צרים או צינורות ללא סיוע של כוחות נוספים (לדוגמה, כוח המשיכה), או אפילו בניגוד לכיוון כוח המשיכה (כלפי מעלה). בדומה להובלת המים בצמח בצינורות העצה הצרים (הנימיים), ניתן לראות את התופעה גם בנר דולק, כאשר השעווה הנוזלית "מטפסת" במעלה הפתיל; בתנועה של הצבע כלפי מעלה בין השערות הדקות של מברשת; באופן שבו נייר סופג מים; ובהתפשטות של מים על האדמה.

תנועת המים כלפי מעלה בצינורית צרה תלויה ב:

- קוטר הצינורית (המים נעים גבוה יותר בצינורית צרה יותר. ר' תרשים 3). הסיבה לכך שהמים עולים לגובה רב יותר ככל שהצינורית צרה יותר היא, שהמים עולים עד לגובה בו כוח המשיכה מאזן את כוח האדהזיה בין המים לדפנות הצינור. כוח המשיכה תלוי בנפח המים, וגדל בהתאם לקוטר הצינור בריבוע (נפח גליל שווה לגובה כפול רבע פאי כפול הקוטר בריבוע) אבל כוח האדהזיה תלוי בשטח המגע של המים בצינור וגדל רק בהתאם לקוטר הצינור (שטח מעטפת גליל שווה לגובה כפול פאי כפול הקוטר). אם מגדילים את קוטר הצינור פי שניים למשל, שטח המגע של המים עם הצינור (וכוח האדהזיה) גדל גם הוא פי שניים, אבל נפח המים (ומשקלם) גדל פי ארבעה. כוח המשיכה "מנצח" את כוח האדהזיה ולכן המים יורדים כלפי מטה. ולהפך כאשר מקטינים את קוטר הצינור.
- היכולת של המים 'להרטיב' את הצינורית – כלומר, יכולתם של המים להימשך או 'להידבק' לחומר שממנו עשויה הצינורית – **אדהזיה**, שהוא למעשה כוח משיכה חשמלי הפועל בין המולקולות של הנוזל לבין המולקולות של המוצק וגורם להדבקות של המולקולות אלה לאלה. לדוגמה, כאשר מכניסים מים למבחנת זכוכית דקה, אפשר להבחין בשקעוריות בפני המים; הסיבה לכך היא ההידבקות של מולקולות המים לדפנות הזכוכית.
- מתח הפנים של המים (הנגרם ממשכת מולקולות המים זו לזו, תופעה הנקראת קוהזיה, שמתארת למעשה את התאחיזה בין המולקולות שנובעת מכוח משיכה חשמלי בין מולקולות זהות).

תרשים 3 - נימיות



המשיכה של מולקולות המים למיכל (האדהזיה) נוטה להגדיל את שטח הפנים של המים ולהקנות לו צורה קעורה, ואילו מתח הפנים של המים, הנובע מכוחות המשיכה בין מולקולות המים (קוהזיה) נוטה להקטין את שטח הפנים של המים וליישר את הקו הקעור תוך העלאת פני הנוזל.

לקריאה נוספת, ר':

(באנגלית) <http://ga.water.usgs.gov/edu/capillaryaction.html>

(בעברית) <http://www.hayadan.org.il/qanda-010497/>

<http://cms.education.gov.il/NR/ronlyres/D3E65E1F-6A03-477B-84DD-47433C80DDF6/145476/124.pdf>

(בעברית, יחידת לימוד בנושא הובלת מים בצמחים, בה ניתן למצוא הרבה חומר רקע רלוונטי ליחידה זו).

תפישות שגויות של תלמידים לגבי תנועת מים בצמחים ובחומרים טבעיים

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 עם הסביבה. הדרך הטובה ביותר ללמד עקרונות מדעיים היא באמצעות עריכת ניסויים שמעמתים 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.

תפישות שגויות של ילדים לגבי תזונה של צמחים

קיים מספר לא מבוטל של מחקרים המורים שילדים בגילאים אלו עדיין אינם מצוידים בתפישות הקוגניטיביות הדרושות כדי להבין במלואו את מושג הפוטוסינתזה (1). לשם כך יש צורך בהבנה מעמיקה של מבנה הצמח, כמו גם הבנה של מושגים כמו תגובה כימית, גזים והעברת אנרגיה. קל לראות מדוע פוטוסינתזה היא מושג הנוגד את האינטואיציות שלנו ומדוע ילדים מתקשים להבין שהצטברות של פחמן נוצרת מגז (CO₂) אשר מומר למצב מוצק באמצעות התהליך. תלמידים רבים חושבים שצמחים ניזונים מהאדמה דרך השורשים, אף על פי שהם מודעים לכך שצמחים מכינים את האוכל שלהם לבד. תלמידים מעטים בשלבים מאוחרים יותר יבינו את תפקידו של הגלוקוז במטבוליזם של הצמח (1).

אחד הדברים החשובים ביותר ביחידה זו הוא שהילדים יבינו את החשיבות המכרעת של מים להישרדותם ולשגשוגם של צמחים. מחקרים בקרב ילדים בגילאי היסודי מורים שהם רוכשים את המודעות לכך שצמחים זקוקים למים בגיל צעיר יחסית (1). עם השנים, הם מודעים יותר ויותר לחשיבות של גורמים נוספים כמו אדמה, אור שמש וחום. אם כי ישנם ילדים המתחילים להבין במעורפל שתנאים אלו קשורים לתהליך ייצור המזון, ועשויים להתחיל לחשוב על העלים כעל 'האתר' שבו מתבצע ייצור המזון, ישנם תלמידים רבים אחרים אשר יתקשו להבין זאת. ישנם גם ילדים שההיכרות שלהם עם צמחים הגדלים בדירה או בחצר מעמיקה יותר, ולכן הם מודעים לתוספת הדשנים שלהם נדרשים הצמחים, בעוד תלמידים, שלא זכו להיכרות מיד ראשונה, מאמינים שצמחים משיגים את כל הנחוץ להם מהאדמה:

"הצמח צריך עלים כדי לקבל אוויר. הוא צריך שורשים כדי לאסוף את המזון והמים מהאדמה, וגבעול שיביא את האוכל לפרח" (2).

תת-סעיפים 2.1 ו-2.2 מאפשר לתלמידים לדון בתפישות שלהם כאשר הם דנים בתנאים הנחוצים לצמחים בחממה כדי לפרוח ולשגשג. הדבר מספק הזדמנות לשלב אבחנות המבוססות על חוויות מחיי היומיום, לצד לימוד של מושגים מדעיים בסיסיים. המורה יצטרך להשלים עם כך שהתלמידים מבינים באופן חלקי בלבד את אופן ההזנה של צמחים, וצריך להתרכז במה שקורה לצמחים כאשר נמנעים מהם מים. הנושא מאפשר טווח רחב לדיון, כמו הסתגלות של צמחים למזג אוויר חם במיוחד. קקטוסים לדוגמה הסתגלו היטב לחיים במדבר. הגבעול שלהם יכול לאחסן מים, יש להם מערכת שורשים מסועפת כדי לאסוף מים במהירות על פני שטח רחבים כאשר הגשם יורד, וקוצים במקום עלים שגם מגנים עליהם מפני חיות העלולות לאכול אותם וגם מצמצמים עד למינימום את פני השטח של 'העלה' כדי לצמצם אובדן מים.

מושגים שגויים של תלמידים בנוגע לאופן שבו המים נעים בצמח

בגילאים אלו המושגים של ילדים על האופן שבו מים נעים בצמח יהיו מן הסתם מוגבלים, אלא אם כן הם זכו בשלב מוקדם יותר ללימוד מקיף של מבנה הצמח. סעיף 2.3 מספק הזדמנות מצוינת עבורם להתנסות בהולכת מים בצמח באופן ויזואלי ומאפשר להם לראות במו-עיניהם את המים הצבועים עוברים דרך הצינוריות הדקות בגבעול ומשם לעלים. ניתן להרחיב את ההתנסות האת גם לצמחים נושאי פירות, כדי להבהיר לתלמידים בהדרגה שהמים מועברים לכל חלקי הצמח. חשוב שהתלמידים יתחילו לראות המערכת המעבירה מים היא מערכת רציפה. תוספת מעניינת יכולה להיות לעטוף את החלק העליון של הצמח בשקית ניילון, ולצפות בעיבוי המתרחש כתוצאה מהדיות (טרנספירציה).

מושגים שגויים של תלמידים לגבי האופן שבו מים נעים בחומרים טבעיים

יש להניח שהילדים מודעים לכך שחומרים טבעיים כמו מגבות נייר, צמר גפן וספוג סופגים נוזלים. ייתכן שהם כבר למדו על חומרים סופגים ביחידות מדעיות אחרות. עם זאת, לא ניתנה להם ההזדמנות לקשר בין התופעות האלו ובין המתרחש בצמחים. בסעיף 2.5 אנחנו מציינים שתי עובדות אשר חשובות ביותר להבנת הנושא:

- חומרים טבעיים עשויים מצמחים
- גם חומרים טבעיים וגם צמחים מכילים צינוריות קטנות וצרות שדרכן המים נעים

ייתכן שניסויים נוספים בעזרת מבחנות מעבדה, המראים את האופן שבו הנוזלים נעים במעלה המבחנה בהתאם לקוטר, עשויים להרחיב את הבנת התלמידים בתחום הנימיות.

מראי מקום

- (1) Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994) *Making Sense of Secondary Science*. Routledge: London.
- (2) Nuffield Primary Science: Teachers' Guides (Ages 7-12): Living Processes (1995) HarperCollins Publishers: London
- 91) Driver
- (2) Living Processes

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/>

