

דואים למרחקים

תכנון ובנייה של דאון מחומרים יומיומיים



יחידת לימוד בהנדסת תעופה (אֵוִירוֹנאוּטִיקָה)

כוחות פיזיקליים

לתלמידי כיתות ד'- ו'



הקדמה

יחידה זו היא אחת מעשר יחידות לימוד, שפותחו עבור בתי ספר יסודיים במסגרת הפרויקט 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 הֶטֶפְסִים (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-nc/4.0/).

ניתן לך החופש:

- לשותף - 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
6	מידע כללי
7	ציוד וחומרים
11	שיעור הכנה – תכנון ובנייה של מעטפות ואריזות
12	0.1 פתיחה – עבודה בקבוצות ודיון במליאה – 10 דק'
12	0.2 פעילות 1: מהי אריזה? – עבודה בקבוצות – 5 דק'
13	0.3 פעילות 2: התאמה בין אריזות לחפצים – עבודה בקבוצה ודיון במליאה – 15 דק'
13	0.4 פעילות בחירה – 10-30 דקות – עבודה בקבוצות
14	0.5 סיכום – 10 דקות – דיון במליאה
15	0.6 הערכה של הישגים ותוצאות – פעילות בחירה
16	פרק 1 – הצגת הצורך ומשימת האתגר ההנדסית
17	1.1 פתיחה – איך מהנדסים פותרים בעיות – דיון במליאה/עבודה בזוגות – 10 דק'
17	1.2 הצגת משימת האתגר – דיון כיתתי/עבודה בקבוצות – 10 דק'
18	1.3 שלב איסוף המידע – עבודה בקבוצות או בזוגות – 10 דק'
18	1.4 מהו דאון ומאילו חלקים הוא מורכב? – עבודה בקבוצות או בזוגות – 15 דק'
19	1.5 סיכום – דיון במליאה – 5 דק'
20	פרק 2 – מה אנחנו צריכים לדעת?
21	2.1 פתיחה: תחרות משיכה בחבל – הדגמה של מורה ומתנדב ודיון במליאה – 5 דק'
21	2.2 הכוחות המשפיעים על דאון – דיון במליאה – 10 דק'
21	2.3 ללמוד מהעבר – דיון בכיתה או דיון בזוגות – 5 דקות
22	2.4 שינוי הקשיחות והעמידות של הומר באמצעות שינוי צורתו – ניסוי בקבוצות – 10 דק'
22	2.5 בחינה ומיון חומרים – עבודה בקבוצות – 15 דק'
22	2.6 סיכום – דיון במליאה – 5 דק'
23	פרק 3 – כאן בונים!
24	3.1 פתיחה – בחינת המפרט – דיון במליאה – 5 דק'
25	3.2 הדגמה של האופן שבו פועל המשגר – הדגמה על ידי המורה – 5 דק'
25	3.3 הכנת המרכב – הדגמה של המורה/עבודה בקבוצות – 10 דק'
25	3.4 תכנון של כנפי הדאון – עבודה בקבוצות/עבודה פרטנית – 10 דק'
25	3.5 תכנון ובנייה של דאון – עבודה בקבוצות – 50 דק'

26	סיכום – 10 דק'	3.6
27	פרק 4 – אז איך הלך לנו?	
28	פתיחה – האם הדאונים עומדים בדרישות – ניסוי כיתתי – 30 דק'	4.1
28	סקירה של ההישגים – דיון במליאה – 10 דק'	4.2
28	כרטיסי התאמה של תהליך התיכון ההנדסי – עבודה בזוגות – 10 דק'	4.3
28	העברת מידע בצורה בהירה ותמציתית – עבודה בזוגות/בקבוצות או עבודה פרטנית – 20 דק'	4.4
29	סיכום – דיון במליאה – 10 דק'	4.5
30	נספחים	
31	נספח 1: תהליך התיכון ההנדסי	
32	נספח 2: סיפור המסגרת	
33	נספח 3: מטוסים ודאונים	
34	נספח 4: מטוס ישן	
35	נספח 5: הכנת משגר	
36	נספח 6: שיגור הדאון	
37	נספח 7: החשיבות של האיזון	
38	נספח 8: מהנדסי תעופה בפעולה	
39	נספח 9: תחומי הנדסה נוספים	
40	דפי עבודה	
41	דף עבודה 1 שיעור 0 – הנדסה או לא הנדסה?	
42	דף עבודה 1 שיעור 0 – הנדסה? – הערות למורה	
43	דף עבודה 1 פרק 1 – חלקי הדאון השונים	
44	דף עבודה 1 פרק 1 – חלקי הדאון השונים – תשובות	
45	דף עבודה 1 פרק 2 – שינוי צורה, שינוי עמידות וקשיחות	
46	דף עבודה 2 פרק 2 – בחינת חומרים	
47	דף עבודה 1 פרק 3 – תכנון הדאון	
49	דף עבודה 1 פרק 4 – התאמת כרטיסים, תהליך התיכון ההנדסי	
50	דף עבודה 1 פרק 4 – התאמת כרטיסים, תהליך התיכון ההנדסי – דף תשובות	
51	דף עבודה 2 פרק 4 – כתיבת תשובה למייקל ומרי	
52	חומר רקע מדעי למורים על הנדסת תעופה	
54	תפישות שגויות של תלמידים לגבי מדעי הכוחות והתעופה	



משך היחידה: 4 שעות ו- 40 דקות (280 דקות)

קהל יעד: תלמידי כיתות ד' ו'

תקציר: משימת האתגר ביחידה זו היא בנייה של דאון. התלמידים ילמדו בשלב איסוף המידע על כוחות פיזיקליים ועל תעופה. בשלבים הבאים התלמידים יבדקו בקבוצות קטנות את תכונותיהם של חומרים שונים, ואחר כך יתכננו ויבנו בכוחות עצמם דאונים משלהם.

קשר לתוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה: מדעי החומר – חומרים ותכונותיהם (מבנה וצורה); טכנולוגיה – פתרון בעיות: תהליך התיכון ההנדסי (תכנון ובנייה של אמצעי תעופה).

תחום ההנדסה: הנדסת תעופה (אֵירוֹנאוּטיקָה).

מטרות:

- להבהיר לתלמידים שמהנדסים ומהנדסות נעזרים בתהליך התיכון ההנדסי במהלך עבודתם.
- לערוך לתלמידים היכרות עם חמשת השלבים של תהליך התיכון ההנדסי: איסוף מידע; העלאת רעיונות; תכנון; בנייה; הערכה ושיפור.
- להסביר לתלמידים שמהנדסים ומהנדסות העוסקים בתעופה נקראים מהנדסי אֵירוֹנאוּטיקָה (מהנדסי תעופה).
- להבהיר לתלמידים שכדי לתכנן כלי טיס כלשהו, עלינו להבין תחילה מה גורם לו לטוס. כאשר הדאון נע קדימה, כנפיו מפעילים כוח כלפי מעלה, הנקרא כוח עילוי. כאשר כוח העילוי גובר על הכוח שפועל כלפי מטה (משקלו של הדאון) הדאון נשאר למעלה.
- להבהיר לתלמידים שעל מנת לבנות דאון מוצלח מחומרים יומיומיים, חשוב להבין תחילה את תכונותיהם של אותם חומרים.
- להבהיר לתלמידים שגם אם הם לא הצליחו לבנות כבר בפעם הראשונה דאון מוצלח, זה לא אומר שהם נכשלו. בדיקה, הערכה ושיפור הם חלק בלתי נפרד מתהליך התיכון ההנדסי.
- לסייע לתלמידים לרכוש את הכישורים, שיאפשרו להם להסביר באופן ברור מה הם למדו, הן בשלב איסוף המידע והעלאת הרעיונות, והן בשלבים המעשיים יותר של משימת האתגר.

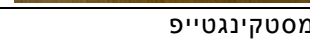
יחידת הלימוד כוללת את החלקים הבאים:

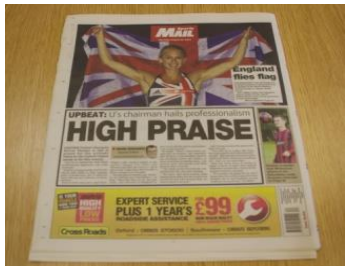
שיעור הכנה - מטרתו להעלות את המודעות להשפעה של ההנדסה והטכנולוגיה על חיי היומיום בדרכים שאינן תמיד גלויות לעינינו. **פרק ראשון** - כולל הצגה של משימת האתגר ההנדסית, הקשרה, ואת תהליך התיכון ההנדסי. במקרה זה, משימת האתגר היא בניית דאון. **פרק שני** - כולל את שלב איסוף המידע בתהליך התיכון ההנדסי. התלמידים לומדים, תוך התנסות פעילה, על העקרונות המדעיים של כוחות פיזיקליים ועל תכונותיהם של חומרים שונים. **פרק שלישי** – בפרק זה התלמידים מיישמים את תהליך התיכון ההנדסי כדי לפתור את משימת האתגר – תכנון ובנייה של דאון מחומרים יומיומיים, שיכול לטוס בקו ישר 3 מטרים לפחות. **פרק רביעי** – זה הזמן להעריך את תהליך העבודה ואת התוצאות ולראות מה למדנו במהלך היחידה. בפרק זה התלמידים גם יעריכו את הדאונים שבנו בהתאם לדרישות, ויכניסו שיפורים במקרה הצורך.

ציוד וחומרים

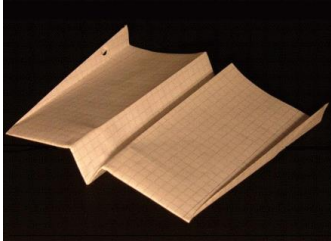
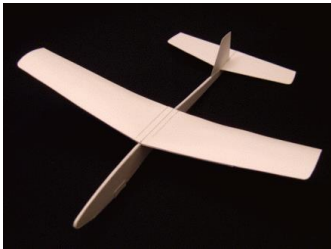


הטבלה כוללת ציוד וחומרים עבור 30 תלמידים.
הערה: לא תזדקקו לכל החומרים המופיעים ברשימה, רק למבחר מניח את הדעת מהם. פרטים נוספים
בנספחים.

פרק 4	פרק 3	פרק 2	פרק 1	שיעור 0	כמות	חומרים
	4				4	משגר, עשוי מקרטון וגומייה  
	8-16				8-16	מרכב (גוף המטוס) 
	30	8-10			30	בריסטולים 
	100	16-30			100	גליונות נייר 
	8-10	8-10			8-10	מסטיקינגטייפ 

חומרים	כמות	שיעור 0	פרק 1	פרק 2	פרק 3	פרק 4
						
פלסטלינה	1 קילו			1 קילו	1 קילוג	
						
שקיות פלסטיק	16-30			8-10	15-30	
						
קשיות שתייה	100			10-20	100	
						
נייר שקוף להעתקה	16-20			8-10	16-20	
						
עיתונים	עיתון 1 או כ-16 20 דפים				עיתון 1 או כ-16-20 דפים	
						
שאריות בד	10			10	10	

פרק 4	פרק 3	פרק 2	פרק 1	שיעור 0	כמות	חומרים
						
	1 חבילה	8-10			1 חבילה	מהדקי נייר 
	10 מטר	8-10 חוטים באורך של 10 סנטימטר			10 מטר	חוט תפירה 
	2				2	סרט מדידה/גלגל מדידה 
	8-10				8-10	מספריים
	8-10	8-10			8-10	דבק סטיק 
			1 באורך של 3-5 מטרים		1 באורך של 3-5 מטרים	חבל 
	32-40	8-10			32-40	מקלות ארטיק/שיפודים

פרק 4	פרק 3	פרק 2	פרק 1	שיעור 0	כמות	חומרים
						
			1		1	מטוס נייר/מודל של דאון  

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 חבילות 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 ההנדסיות 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 ולאלו 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 מספרים 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 המחשבתי 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, ולשאול 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: 50 דק'

מטרות:

- התלמידים יבינו שמהנדסים ומהנדסות פותרים בעיות בעזרת תהליך התיכון ההנדסי, הכולל חמישה שלבים: איסוף מידע, העלאת רעיונות, פיתוח ותכנון, בנייה, והערכה ושיפור.
- התלמידים ילמדו שמהנדסים ומהנדסות העוסקים בכלי טיס מכל הסוגים נקראים מהנדסי תעופה (הנדסת אֵוִירֶנְאוּטִיקָה).
- התלמיד ילמדו שדאונים הם כלי טיס ללא מנוע, ומכאן שדרוש כוח אחר (משיכה או גרירה) כדי להניע אותם קדימה על מנת שהם יוכלו להתרומם באוויר.

ציוד וחומרים (ל-30 תלמידים):

- ☐ עותקים של הנספחים.
- ☐ אם יש גישה לאינטרנט, ניתן להראות לתלמידים שיגור של דאונים.
- ☐ 30X עותקים של דף עבודה 1.

הכנות:

- להכין מראש, במקרה הצורך, קטעי סרטונים מיו-טיוב, המסבירים לתלמידים את שיטות השיגור השונות.
- להדפיס עותקים של דף עבודה 1.

אופן העבודה בכיתה:

- הצגה של המורה
- דיון במליאה
- עבודה בקבוצות או בזוגות
- עבודה פרטנית (דף עבודה 1)

רעיונות מרכזיים:

- חמשת השלבים של תהליך התיכון ההנדסי הם: איסוף מידע; העלאת רעיונות; פיתוח ותכנון; בנייה; הערכה ושיפור.
- ניתן ליישם את תהליך התיכון ההנדסי כדי לפתור משימות אתגר הנדסיות שונות לחלוטין זו מזו.
- שלב איסוף המידע כולל שאלת שאלות ולמידת הידע, שאנחנו זקוקים לו כדי לפתור את משימת האתגר.

תקציר הפרק:

ביחידה זו יפנו אל התלמידים שני ילדים מאנגליה שרוצים לדעת איך הם יכולים לבנות דאון מחומרים שזמינים להם בחיי היומיום. אנשים באנגליה מתגוררים לעתים תכופות קרוב מאוד זה לזה. במקרה הזה, הילדים, מרי ומייקל, גרים ממש זה מול זה, והם רוצים לשגר דאון מחלון לחלון כדי להעביר הודעות ואולי אפילו מתנות קטנות. לשם כך הדאון צריך להיות מסוגל לעוף בקו ישר למרחק של 3 מטרים לפחות. על מנת לפתור בהצלחה את משימת האתגר, הילדים צריכים להשתמש בחמשת השלבים של תהליך התיכון ההנדסי. השלב הראשון הוא שלב איסוף המידע. בשלב זה אנחנו צריכים להבין איזה ידע בעצם חסר לנו, ומה בדיוק אנחנו צריכים לדעת כדי להצליח לפתור את משימת האתגר.



1.1

פתיחה – איך מהנדסים פותרים בעיות - דיון במליאה/עבודה בזוגות – 10 דק'

דרך קלה להציג את תהליך התיכון ההנדסי יכולה להיות באמצעות הפעילות הבאה: המורה תעלה שאלות לתלמידים, תרשום את התשובות על הלוח ותיעזר בתלמידים למיין אותן לחמש קבוצות, בהתאם לחמשת השלבים בשלב התיכון ההנדסי: איסוף מידע, העלאת רעיונות, פיתוח ותכנון, בנייה, והערכה ושיפור.

בדרך כלל התלמידים נוטים יותר להתייחס לשלבים של העלאת הרעיונות, התכנון והבנייה, ולהתעלם מהשלבים של איסוף המידע ושל ההערכה והשיפור.



שאלה כללית:

מה עושים מהנדסים?

דוגמה לתשובה:

פותרים בעיות כמו, איך מכונות יכולות לחצות נהר?

שאלות שיעודדו תלמידים לחשוב על שלב איסוף המידע:

- מה המהנדסים צריכים לעשות לפני שהם מתחילים לבנות הגשר?
- מה המהנדסים צריכים לעשות ממש בהתחלה, האם עליהם להגיע לנהר?

שאלות שיעודדו את התלמידים לחשוב על שלב ההערכה והשיפור:

- איך המהנדסים ידעו שהגשר ממלא את תפקידו בהצלחה?
- מה המהנדסים צריכים לעשות אם הם מגלים שהגשר בעצם לא כל כך מוצלח?

המורה תראה לתלמידים את התרשים של תהליך התיכון ההנדסי (ר' נספח 1) ותבקש מהם לבצע התאמה בין כל מקבץ שאלות ובין השלב המתאים בתהליך התיכון ההנדסי. מהנדסים ומהנדסות פותרים בעיות מכל הסוגים והמינים, ולא תמיד הם משתמשים בשלבים של תהליך התיכון ההנדסי לפי הסדר (לפעמים הם חוזרים לשלב מוקדם יותר ומתחילים שוב כדי לשפר את הפתרון שלהם).

1.2

הצגת משימת האתגר – דיון כיתתי/עבודה בקבוצות – 10 דק'

המורה תקריא לתלמידים את הדואר האלקטרוני ממרי ומייקל ותראה להם את הצילום המצורף שבו מופיעים הבתים שלהם והחלונות בחדריהם (ר' נספח 2).

המורה תשאל את התלמידים אם הם יכולים לחשוב על עוד דרכים מעניינות, שבאמצעותן מרי ומייקל יכולים לשלוח זה לזה הודעות (ומתנות) דרך החלון (לדוגמה, להתקין גלגלת על חבלים, או להשתמש בקוד מורס). התלמידים יכולים לנהל תחילה את הדיון בזוגות.

בסוף הדיון המורה תזכיר לתלמידים שמייקל ומרי שאלו אותם איך לבנות דאון. במשימת האתגר הנוכחית הם יצטרכו לעבוד כמו מהנדסי תעופה (מהנדסי אֵירוֹנאוּטיקָה). מהנדסי תעופה והמהנדסים העוסקים בכל מה שקשור בכלי טיס מכל הסוגים והמינים (ר' נספח 8).



המורה תחלק את התלמידים לקבוצות של שלושה או ארבעה תלמידים, ותבקש מכל קבוצה לערוך רשימה של הדרישות מהדאון על מנת שיוכל לענות על הצורך שהציגו מרי ומייקל. רשימה כזאת נקראת מִפְרָט והיא כוללת את הדרישות מהדאון. המורה תערוך את הרשימה על הלוח ותשמור אותה לתכנון ולבניה בפרק 3.

להלן רשימת הדרישות מהדאון:

- הדאון צריך להיות מסוגל לעוף 3 מטרים לפחות (כדי שהוא יגיע מחלון לחלון).

- הדאון מוכרח לעוף בקו ישר (כדי שהוא לא יגיע לחלון בקומה נמוכה או גבוהה יותר, או סתם יתנגש בקיר).
- הדאון צריך להיות עשוי מחומרים הזמינים לנו בחיי היומיום (כדי שגם מרי ומייקל יוכלו לבנות אותו).
- אם אפשר, הדאון צריך להיות מסוגל לשאת משא של 10 גרם (למתנות קטנות).

1.3 שלב איסוף המידע - עבודה בקבוצות או בזוגות - 10 דק'

- המורה תשאל את התלמידים מה לדעתם הם צריכים לדעת כדי לבנות דאון, ותרשום את תשובותיהם על הלוח. באיזה שלב של תהליך התיכון ההנדסי הם נמצאים?
- דוגמאות לשאלות אפשריות (התשובות לכל אחת מהשאלות נמצאת בפרקים 1-3):
- מה זה דאון?
 - מאילו חלקים הוא מורכב? מה תפקידו של כל חלק?
 - איך ולמה דאונים טסים?
 - מה הייתם מגדירים כדאון מוצלח? ודאון לא מוצלח?
 - אילו חומרים מתאימים במיוחד לבניית דאון?

1.4 מהו דאון ומאילו חלקים הוא מורכב? - עבודה בקבוצות או בזוגות - 15 דק'

- המורה תראה לתלמידים צילומים של מטוסים ודאונים שונים (נספח 3) ותבקש מהתלמידים לדון בשאלות הבאות בזוגות או בקבוצות. לאחר מכן התלמידים ינהלו דיון בכיתה.
- השאלות הן:
- מה ההבדל בין מטוס לדאון?
 - כיצד לדעתם דאונים מתרוממים באוויר?
- יש כמה הבדלים בין דאונים למטוסים, אבל החשוב שבהם הוא **שלדאונים אין מנוע**.
- יש שלוש שיטות לשיגור דאונים: שיגור באמצעות פגיון (מכשיר המיועד להזיז משאות כבדים באמצעות חבל הנכרך על גבי ציר) - כתוצאה מכריכת החבל צובר הדאון מהירות ואז ממריא; שיגור באמצעות מנגנון גרירה - גרירה של הדאון בעזרת כבל על ידי מטוס ממונע, ושחרורו בגובה הרצוי; או שיגור בעזרת כבל פגיון גמיש - מספר אנשים מותחים רצועת גומי המחוברת לזו המצויה בדאון, כשהרצועה מתוחה דיה משחררים אותה, והדאון צובר מספיק מהירות כדי להתרומם מעל לגבעה. מומלץ להקריין סרטי וידאו של שיטות השיגור השונות. במקרה ואין דרך זמינה לעשות זאת, ניתן לתאר את השיטות השונות.

הקרנת סרטוני וידאו המציגים את שיטות השיגור השונות היא דרך מוצלחת מאוד, אבל היא מצריכה קצת הכנה. יש כמה סרטי וידאו על שיגור דאונים ביו-טיוב ובאתרי וידאו דומים.



הסרטונים שנמצאים כרגע ביו-טיוב הם:

שיגור כננת Winch launch: <http://www.youtube.com/watch?v=BHms8MVHm5I>

שיגור גרירה Tow launch: <http://www.youtube.com/watch?v=bpxqwSYUHfI>

שיגור בנג' Bungee launch: <http://www.youtube.com/watch?v=KFFJx4pwHnU>

ניתן להשתמש בדף עבודה 1 כדי לערוך לתלמידים היכרות עם חלקי הדאון השונים. לתלמידים מתקדמים יותר אפשר לתת תמונה של דאון ולבקש מהם לכתוב בעצמם את התיאור של כל חלק.

מומלץ לעשות מילוינית קטנה של כל המונחים והמושגים החדשים, ולהציג אותה במקום בולט במהלך כל הפרקים ביחידה.



1.5 סיכום – דיון במליאה – 5 דק'

כדי לבדוק את מידת ההבנה של התלמידים בחלק זה, ניתן להציג בפניהם את השאלות הבאות:

- למה לדעתכם מהנדסים ומהנדסות משתמשים בתהליך התיכון ההנדסי?
- מהם חמשת השלבים של תהליך התיכון ההנדסי, ומה תפקידו של כל אחד מהם?
- האם אתם יכולים לתת כמה דוגמאות למה שמהנדסי תעופה עושים?
- האם אתם יכולים להסביר את ההבדל בין דאון למטוס?

בפרק הבא התלמידים ירכשו מידע נוסף לגבי האופן שבו דאונים טסים, והחומרים שיכולים לשמש לבניית חלקי הדאון השונים.

פרק 2 – מה אנחנו צריכים לדעת?

איסוף מידע על כוחות בתעופה ועל חומרים מתאימים לבניית דאונים

משך הפרק: 50 דק'



מטרות:

- התלמידים ילמדו שכאשר שני כוחות פועלים בכיוונים מנוגדים על חפץ אחד (לדוגמה, דאון), החפץ נע בכיוון הכוח הגדול (החזק) יותר.
- התלמידים ילמדו שיש כוח המושך כלפי מטה הנקרא כוח המשיכה (כוח הכובד), הנוצר כתוצאה ממשקל (מסה) הדאון, וכוח המושך כלפי מעלה, הנוצר על ידי הכנפיים כשהדאון נמצא בתנועה, הנקרא **כוח עילוי**.
- התלמידים ייווכחו לדעת שחומרים מסוימים מתאימים יותר לבנייה של חלקים מסוימים של הדאון, בעוד שחלקים אחרים מתאימים יותר לבנייה של חלקים אחרים.
- התלמידים יכירו את האופן שבו ניתן לשנות תכונות של חפץ (לדוגמה, עמידות וקשיחות) באמצעות שינוי הצורה של החומר, ממנו הוא עשוי.

ציוד וחומרים (ל 30 תלמידים):



- | | |
|---|---|
| ☐ עותק של הנספחים | ☐ 5X דפי נייר A4 |
| ☐ חבל למשחק 'משיכת חבל' | ☐ חומרים שיהיו זמינים בפרק 3 כדי לבנות את הדאון (ר' הערות נוספות, בנספחים) |
| ☐ מטוס נייר ודגם של דאון | |
| ☐ 30 דפי עבודה 1 ו-2 | |

הכנות לפני השיעור

- להכין את כל החומרים הדרושים (ר' רשימת חומרים בתחילת היחידה).
- להכין עותקים של דפי העבודה.

אופן העבודה בכיתה



- הדגמה של המורה/מתנדב
- דיון במליאה
- עבודה בקבוצות

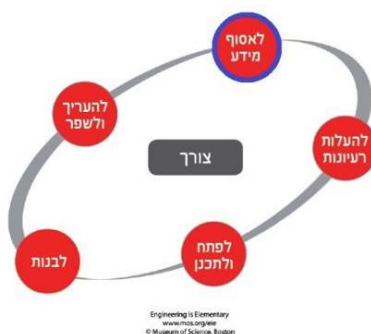
רעיונות מרכזיים:



- התנועה של הדאון היא תוצאה של כל הכוחות הפועלים עליו, במיוחד המשקל וכוח העילוי. על מנת שהדאון יטוס בקו ישר, יש צורך באיזון עדין בין שני הכוחות הללו.
- דאונים צריכים להיות קלים (כדי להקטין את המשקל, שהוא הכוח שמושך אותם כלפי מטה), אבל גם קשיחים דיים כדי שלא יתפרקו.

תקציר הפרק:

שלב איסוף המידע של תהליך התיכון ההנדסי מוביל לאיסוף מידע על הכוחות הנחוצים כדי לגרום לדאון לטוס, ולבחינה של מגוון חומרים זמינים העשויים לשמש לשם בניית הדאון בפרק 3.



2.1

פתיחה: תחרות משיכה בחבל – הדגמה של מורה ומתנדב ודין במליאה – 5 דק'

המורה תזכיר לתלמידים את שלב איסוף המידע בתהליך התיכון ההנדסי. איך ומדוע דאונים טסים? כדי לענות על השאלה עלינו לדעת יותר על כוחות.

המורה תבחר תלמיד או תלמידה כדי לשחק 'משיכת חבל'. לפני ההדגמה יש להציג את השאלות הבאות:

- מה יקרה אם אני אמשוך חזק יותר מהתלמיד?
- מה יקרה אם התלמיד ימשוך חזק יותר ממני?
- מה יקרה אם שנינו נמשוך באותו חוזק?

המורה תשתמש בהדגמה כדי לוודא שהתלמידים מבינים שהחבל נע בכיוון הכוח החזק/הגדול יותר, ושכוחות הפועלים בכיוונים מנוגדים מאזנים זה את זה.

2.2

הכוחות המשפיעים על דאון – דין במליאה – 10 דק'

המורה תציג בפני התלמידים מטוס נייר ותשאל אותם את השאלות הבאות:

- למה מטוס נייר הוא למעשה דאון?
- מה קורה אם סתם שומטים את המטוס (מבלי לתת לו דחיפה באוויר)?
- איזה כוח גורם לדברים ליפול לרצפה כששום דבר לא מחזיק אותם?

המורה תראה לתלמידים את דגם הדאון ותשאל אותם את השאלות הבאות (יש להשתמש במידע המופיע בהמשך).

- כיצד נקרא הכוח המושך מעלה ואשר עוזר לדאון לטוס?
- מה אנחנו צריכים לעשות כדי לגרום לדאון לטוס?



המידע כאן יעזור לתלמידים להבין את הכוחות הפועלים על דאון בתעופה:

מדענים ומהנדסים מכנים את הכוח המושך גופים כלפי מטה ואשר נוצר על ידי **כוח הכובד, משקל**. מידת הכוח המושך את הגוף – המשקל שלו, תלוי **בכוח המשיכה ובמסה שלו**. מסה פירושה כמה 'חומר' מכיל הגוף, והיא נמדדת בגרמים או בקילוגרמים. בחיי היומיום אנחנו משתמשים בדרך כלל במילה 'משקל' כשאנחנו מתייחסים 'למסה'. אם רוצים לגרום למשהו לעוף, כמו דאון לדוגמה, צריך שהוא יהיה קל ככל האפשר כדי שהכוח המושך אותו כלפי מטה, **המשקל**, ישפיע עליו מעט ככל האפשר. מדובר בעיקרון חשוב בהנדסת תעופה. מדענים ומהנדסים מכנים כל כוח המושך גופים כלפי מעלה **כוח עילוי**. הכנפיים יעזרו לדאון להתרומם באוויר רק אם הדאון נע קדימה מספיק מהר, מפני שתנועת האוויר על הכנפיים חיונית לשם יצירת **כוח עילוי**. אם רוצים שהדאון יטוס בקו ישר, **המשקל וכוך העילוי** צריכים להיות מאוזנים, בדיוק כמו במשחק 'משיכת חבל' בהדגמה.

2.3

ללמוד מהעבר – דין בכיתה או דין בזוגות – 5 דקות

המורה תראה לתלמידים צילום של מטוס ישן (נספח 4) ותבקש מהם להתבונן במבנה הכנפיים – מסגרת עץ/שלד, המכוסה באריג או בנייר משומן.

המורה תשאל את התלמידים את השאלות הבאות ותקשר בין תשובותיהם ובין הכוחות המשפיעים על תעופה והצורך שהדאון יטוס בקו ישר:

- מדוע הכנפיים בצילום בנויות כפי שהן בנויות, מתערובת של עץ ואריג/נייר?
- מדוע עדיף שהמטוס יהיה קל?
- מדוע היה צורך לפרוש אריג או נייר משומן על השלד? מדוע לא די בשלד העץ בלבד?
- אילו תכונות צריכות להיות לחומרים המשמשים לבניית השלד?
- אילו תכונות צריכות להיות לחומרים שאנחנו פורשים על גבי השלד?

הנקודה המרכזית שעל התלמידים להבין, כאשר הם בוחרים את החומרים לבניית כנפי הדאון, היא שגם השלד וגם החיפוי צריכים להיות קלים ככל האפשר, אם כי השלד צריך להיות גם קשיח מספיק כדי לעמוד במעמסה של עצמו ושל הכנפיים.

2.4

שינוי הקשיחות והעמידות של הומר באמצעות שינוי צורתו – ניסוי בקבוצות – 10 דק'

התלמידים יעבדו בקבוצות קטנות כדי לבדוק כיצד שינוי הצורה של חומרים משפיעה על הקשיחות והעמידות שלהם. השתמשו בדף עבודה 1 פרק 2 לשם הכוונה ולשם תיעוד הממצאים והתוצאות.

דונו עם התלמידים בממצאים שלהם:

- אילו צורות קשיחות מספיק כדי לתמוך בשלד מבלי להתפרק?
- כיצד לדעתם יכול הידע הזה לעזור להם כדי לבנות דאון?

2.5

בחינה ומיון חומרים – עבודה בקבוצות – 15 דק'

התלמידים יבחנו בקבוצות את החומרים שעומדים לרשותם לשם בניית דאון וימיינו את החומרים על פי התאמתם לבנייה של שלד הכנפיים, חיפוי הכנפיים או לחיבור בין החלקים השונים של הדאון (דף עבודה 2 פרק 2).

ייתכן שתצטרכו להזכיר לתלמידים שניתן לשנות קשיחות ועמידות של חומרים בעזרת שינוי צורתם. לדוגמה, נייר עשוי להתאים גם למסגרת הכנפיים וגם לחיפוי הכנפיים.



2.6

סיכום – דיון במליאה – 5 דק'

- המורה תשאל את התלמידים מה הם למדו על הכוחות הפועלים על דאון בזמן תעופה.
- לאיזה כיוון הדאון ינוע אם המשקל שלו, הכוח המושך כלפי מטה, יהיה גדול יותר מכוח העילוי, המושך כלפי מעלה, (בקשו את התלמידים להצביע בכיוון הנכון).
- לאיזה כיוון הדאון ינוע אם כוח העילוי המושך כלפי מעלה יהיה גדול יותר מהמשקל שלו, שמושך כלפי מטה? (בקשו מהתלמידים להצביע בכיוון הנכון).
- בקשו מהתלמידים להגיד מה דעתם על המידע שהם רכשו על החומרים. כיצד עשוי מידע זה לעזור להם? אילו חומרים לדעתם יתאימו לבניית הכנפיים? מדוע דווקא חומרים אלו?

בפרק הבא התלמידים יבנו את הדאון בעזרת החומרים שהם בחנו בפרק הנוכחי. הדאון צריך להיות מסוגל לחצות מרחק של 3 מטרים בקו ישר (ואולי אפילו לשאת משקל של 10 גרם).

פרק 3 – כאן בונים! תכנון ובנייה של דאון

משך השיעור: 90 דק'



מטרות:

- התלמידים ילמדו שהם יכולים ליישם את הידע שהם רכשו בשלב איסוף המידע גם בשלבים הבאים של תהליך התיכון ההנדסי (העלאת רעיונות, פיתוח ותכנון, בנייה, והערכה ושיפור) כדי לתכנן ולבנות את הדאון.
- התלמידים יוכלו לבדוק את הדאונים ולהשתמש בשלב ההערכה והשיפור של תהליך התיכון ההנדסי כדי לבנות דאון שמסוגל לטוס בקו ישר למרחק של 3 מטרים לפחות.
- התלמידים ילמדו שניסויים חוזרים ונשנים הם חלק בלתי נפרד מתהליך התיכון ההנדסי. מעט מאוד רעיונות מצליחים באופן מושלם כבר בפעם הראשונה. הערכה ושיפור מתמידים הם חלק מכריע מתהליך הלימוד של מהנדסים.

ציוד וחומרים (ל 30 תלמידים):



□ דגם מְרָב. 1 לכל קבוצה (ועוד כמה למקרה הצורך)

□ ארגז החומרים לבניית הדאון
□ דף עבודה 1 פרק 3 – תכנון

הכנות לפני השיעור:

- להכין לפחות 4 משגרים לדאונים (נספח 5)
- לפנות מקום שבו ניתן לבחון את הדאונים
- להכין עותקים של דגם המרכב ושל דף עבודה 1 פרק 3 – תכנון

אופן העבודה בכיתה:

- דיון בכיתה
- הדגמה של המורה
- עבודה בקבוצות
- עבודה פרטנית (דף עבודה 1 פרק 3)



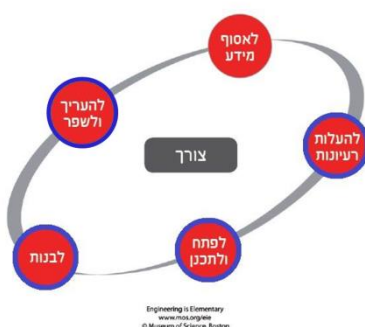
רעיונות מרכזיים:

- אופן היישום של תהליך התיכון ההנדסי לתכנון ובנייה של דאון.



תקציר הפרק

בפרק הנוכחי יתנסו התלמידים בשלבים הבאים של תהליך התיכון - 'העלאת רעיונות', 'פיתוח ותכנון', 'בנייה' ו'הערכה'. התלמידים ישתמשו בידע שהם רכשו בפרקים 1 ו-2 (שלב איסוף המידע של תהליך התיכון ההנדסי) על הכוחות המעורבים בתעופה ועל תכונותיהם של חומרים, כדי לבנות דאון. התלמידים ישתמשו בידע כדי לבנות דאון, שמסוגל לטוס בקו ישר למרחק של 3 מטרים לפחות. בנוסף הם ילמדו שבדיקה, הערכה ושיפור חוזרים ונשנים הכרחיים בדרך כלל כדי להגיע למוצר משביע רצון.



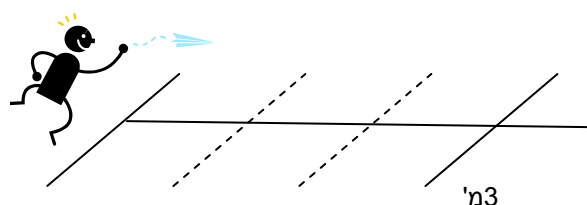
3.1 פתיחה – בחינת המפרט – דיון במליאה – 5 דק'

המורה תתחיל בכך שתזכיר לתלמידים את בקשתם של מייקל ומרי, ואת רשימת הדרישות שהם הכינו בפרק 1:

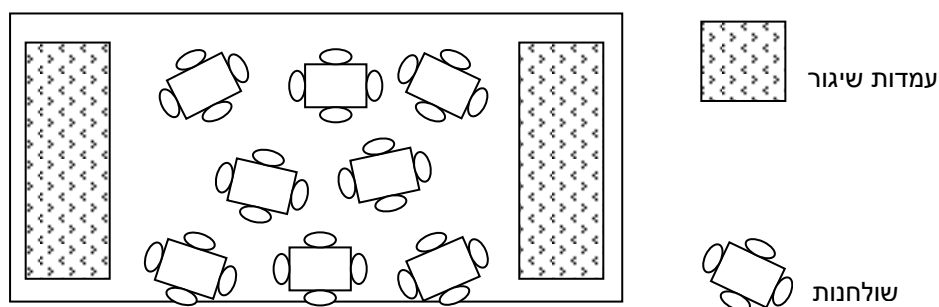
- הדאון צריך להיות מסוגל לעוף למרחק של 3 מטרים לפחות (כדי שיגיע מחלון לחלון).
- הדאון מוכרח לעוף בקו ישר (כדי שהוא לא יגיע לחלון בקומה נמוכה יותר או גבוהה יותר, או סתם יתנגש בקיר).
- הדאון צריך להיות עשוי מחומרים זמינים בחיי היומיום (כדי שגם מרי ומייקל יוכלו לבנות אותו).
- אם אפשר, הדאון צריך להיות מסוגל לשאת משא של 10 גרם (למתנות קטנות).

המורה תשאל את התלמידים כיצד לדעתם ניתן לבדוק אם הדאונים עמדו בדרישות. בנוסף, המורה תתייעץ עם התלמידים לגבי המקום שבו ניתן לבדוק את טיבם של הדאונים בכיתה.

הדרך הטובה ביותר היא לפנות כמה אזורים שבהם ניתן לבצע ניסויים. ייתכן והמורה תעדיף לעשות זאת מראש, בלי לערב את התלמידים בתהליך. הדרך הפשוטה ביותר היא לסמן אזורים על הרצפה בעזרת מסטיקינגטייפ, במרחק 3 מטרים מנקודת השיגור ועד קו הסיום. ייתכן וסימון קו אמצע וקווים נוספים שיצינו כל מטר עשויים לעזור לתלמידים ולשפר את אומדן המרחק.



למניעת תורים ארוכים, הפתרון הטוב ביותר הוא להכין שניים או שלושה אזורי שיגור, שיכולים לשמש בו-זמנית. בכיתה גדולה ניתן אולי להשתמש בשולי החדר כאזורי שיגור. אם הכיתה הרגילה אינה גדולה מספיק, ייתכן וכדאי לבדוק את האפשרות להעביר את השיעורים שיתקיימו בפרק זה לכיתה גדולה יותר. בשני המקרים, חשוב שהכיתה תהיה מסודרת באופן שיאפשר לתלמידים לנוע בקלות חזרה למקומותיהם כדי להכניס שיפורים בדאון לאחר הניסויים בעמדת השיגור.



בנוסף, יש צורך להכין ארבעה משגרים לדאונים בפרק זה. הדבר מאפשר לשתי קבוצות לבדוק את הדאונים שלהן בעמדות השיגור, בעוד שתי הקבוצות האחרות מכינות דאונים לשיגור, דבר המצמצם עד למינימום ההכרחי את התורים בעמדות השיגור.

3.2 הדגמה של האופן שבו פועל המשגר – הדגמה על ידי המורה – 5 דק'

המורה תשתמש במשגר קרטון ובדאון (שהוכנו שניהם מראש) כדי להדגים את האופן שבו פועל המשגר. חשוב לשאול את התלמידים מדוע לדעתם כדאי להשתמש באותו משגר כדי לבדוק ולהשוות בין הדאונים. כל הדאונים שייבנו בכיתה צריכים להיות מסוגלים להיות משוגרים על ידי המשגר.



המשגר הוא דרך מצוינת למנוע את האפשרות שהתלמידים פשוט ישליכו את הדאונים שלהם בכוח כדי שיחצו מרחק גדול ככל האפשר. המשגר מאלץ את התלמידים להתמקד בפתרון הבעיה כיצד לעצב את הדאון בצורה הטובה ביותר. התבוננו בעיון בתרשים (נספח 6) וערכו מראש ניסויים בשימוש במשגר. המשגר מאפשר למורה להציג את הנושא של עריכת ניסוי בתנאים שווים, המאפשרים השוואה הוגנת בין הדאונים.

3.3 הכנת המרכב – הדגמה של המורה/עבודה בקבוצות - 10 דק'

המורה תחלק את הכיתה לקבוצות ותיתן לכל קבוצה דגם של המרכב (דף עבודה 2 פרק 3) אחרי שהמורה תדגים כיצד בונים את המרכב, תבנה כל קבוצה מרכב משלה.

לאחר מכן התלמידים יתכננו ויבנו כנפיים. ניתן לבקש מקבוצות מתקדמות יותר לבנות גם את המרכב בכוחות עצמם (במקרה כזה, יש לוודא שהמרכב מתאים למשגר). אפשרויות נוספות לתלמידים מתקדמים יותר היא לבקש מהם לבנות דאון המסוגל לטוס בקו ישר למרחק של יותר משלושה מטרים, או דאון המסוגל לשאת מתנות קטנות במשקל 10 גרם או יותר.

3.4 תכנון של כנפי הדאון – עבודה בקבוצות/עבודה פרטנית – 10 דק'

המורה תראה לתלמידים את כל החומרים העומדים לרשותם ותדגיש שהם לא מוכרחים להשתמש בכולם. המורה תשאל את התלמידים אם הם זוכרים אילו חומרים טובים לבניית מסגרת הכנפיים, כפי שלמדנו בפרק הקודם, אילו חומרים טובים לחיפוי הכנפיים, ואילו לחיבור ולהדבקה של החיפוי לשלד. כדאי לעודד את התלמידים להסביר מדוע חומרים מסוימים טובים לשימוש מסוים, בעוד אחרים מתאימים יותר לשימושים אחרים.

לאחר מכן יעבדו התלמידים בקבוצות על עיצוב הכנפיים, כשהם נעזרים בדף עבודה 1 פרק 3 כדאי לרשום את רעיונותיהם. אלו הם שלבי 'העלאת הרעיונות' והפיתוח והתכנון של תהליך התיכון ההנדסי.



הנטייה של רוב התלמידים היא להשתמש גם בבד וגם בפלסטיק לחיפוי הכנפיים, או גם בקשיות וגם במקלות ארטיק לשלד של הכנפיים. לכן יש לשאול אותם אם הם באמת זקוקים לשני החומרים, ולעזור להם להחליט איזה חומר מוצלח יותר (כלומר, קל יותר).

3.5 תכנון ובנייה של דאון – עבודה בקבוצות – 50 דק'

המורה תאפשר לתלמידים לבחור את החומרים ולהתחיל לבנות ברגע שהם יסיימו למלא את דף עבודה 1 פרק 3. על המורה לעודד את התלמידים לדבוק בתוכנית המקורית, לפחות עד שתהיה להם הזדמנות לבחון כיצד היא מתפקדת בפועל. זהו שלב 'הבנייה' של תהליך התיכון ההנדסי. ברגע שכל קבוצה סיימה לבנות את הדגם הראשוני, עליה לבדוק אותו בפעולה. זהו חלק משלב 'ההערכה והשיפור' של תהליך התיכון ההנדסי. על המורה לעודד את התלמידים להתחיל לערוך את הניסויים מוקדם ככל האפשר. אין צורך לוודא שהכול מושלם לפני שמתחילים לבחון את הדאון.



במקרה הצורך, ניתן לעשות הפסקה קצרה ולעודד את התלמידים לחשוב על מה שהם עשו עד עכשיו. סביר להניח שחלקם לפחות מתחילים להיתקל בבעיות מפני שהדאונים שלהם אינם מאוזנים. אפשר להראות להם את תמונת הנדנדה כדי להסביר להם מדוע חשוב לטפל בבעיה.

איזון הדאון



דאונים עפים בצורה הטובה ביותר כאשר הכנפיים שלהם (וגוף הדאון) מאוזנים. אם ירכתי הדאון כבדים מהחרטום, הדאון נוטה מעלה; אם חרטום הדאון כבד יותר מהירכתיים, הדאון נוטה מטה. התלמידים יכולים לשנות את כובד החלקים השונים של הדאון באמצעות הוספת פלסטלינה, אך עליהם להיזהר שהדאון לא יהיה כבד מדי. בדרך כלל ירכתי הדאון כבדים מדי, כך שעדיף להוסיף חתיכה קטנה של פלסטלינה בחרטום כדי לאזן אותו. הבעיה הנפוצה ביותר היא דאון כבד מדי. במקרים רבים הדבר נובע מכך שהתלמידים נוהגים להוסיף עוד ועוד חלקים כאשר הם נתקלים בבעיה, בתקווה לפתור אותה. כאשר המשקל בין החלקים אינו מאוזן (בין אם בירכתיים ובין אם בחרטום), הדאון נוסק מעלה ואחר כך מתרסק, או צולל מטה לעבר הקרקע. אם הדאון נוסק תחילה מעלה, פירוש הדבר שחסר לו משקל בחרטום. לכן כדאי להוסיף/להסיר כמה חתיכות פלסטלינה בחרטום. יש להקפיד לא להוסיף יותר מדי חומר. אם הכנפיים אינן מאוזנות, הדאון עלול לסטות ממסלולו, לצנוח אל הקרקע כשאחת הכנפיים פוגעת ראשונה ברצפה, או להיכנס לסחרור.

יש לעודד את התלמידים להתבונן בעיון באופן שבו הדאון שלהם מתנהג בעודו אוויר, כאשר הם עורכים את הניסויים. לשם כך, כדאי אולי למנות חבר אחד בכל קבוצה שיהיה אחראי לתצפית. הדבר מסייע לתלמידים להבין מה הם צריכים לשנות כדי לשפר את הדאון שלהם.



סיכום – 10 דק'

3.6

לאחר שהקבוצות יערכו ניסויים ראשוניים, המורה תשאל את התלמידים אם מישו מהם הבחין במשהו שעשוי לעזור גם לתלמידים האחרים. בנוסף, תבקש המורה מהתלמידים לחלוק עם הכיתה את הממצאים שגרמו להם להכניס שיפורים ותיקונים בדאון. יש להזכיר במהלך הדיון שוב ושוב כמה חשוב שלב ההערכה והשיפור לתהליך התיכון ההנדסי. בסוף השיעור, המורה תאחסן את הדאונים במקום בטוח עד להצגה 'הרשמית' שתתקיים בפרק הבא.

פרק 4 – אז איך הלך לנו? האם עמדנו בדרישות? הערכה של תהליך העבודה ושל התוצר המוגמר

משך השיעור: 90 דק' (או יותר, בהתאם לטיב תהליך העברת המידע שבחרתם)

מטרות:

- התלמידים יעריכו את הדאונים שלהם תוך יישום המידע שנצבר בפרקים קודמים, וינסו לקבוע אם הדאון שלהם עמד בדרישות.
- התלמידים יחזרו על כל השלבים שהובילו אותם עד למוצר המוגמר, וילמדו להציג את המידע הזה באופן בהיר ותמציתי בפני אחרים.

ציוד וחומרים (ל 30 תלמידים):

- ☐ הדאונים מהפרק הקודם
- ☐ כרטיסי התאמה של תהליך התיכון ההנדסי (דף עבודה 1 פרק 4)
- ☐ חומרים לתהליך העברת המידע, כולל דף עבודה 2 פרק 4

הכנות לפני השיעור

- להכין אזורי ניסוי (כפי שעשינו בפרק 3)
- להכין כרטיסי התאמה של תהליך התיכון ההנדסי – מערך כרטיסים אחד לכל זוג תלמידים
- להכין עותק של הדואר האלקטרוני ממייקל ומרי
- להכין את כל החומרים הנחוצים לפעילות כרטיסי ההתאמה 4.3

אופן העבודה בכיתה:

- דיון כיתתי
- עבודה בזוגות
- עבודה בקבוצות

רעיונות מרכזיים:

- כל אדם העושה שימוש בתהליך התיכון ההנדסי כדי לפתור בעיה הנדסית פועל כמהנדס.
- כל מוצר שהוא מעשה ידי אדם כרוך בעבודה של מהנדסים מתחומים שונים.
- מהנדסים שמפתחים כלי טיס מכל סוג שהוא נקראים מהנדסי תעופה (אווירונאוטיקה). הנדסת אווירונאוטיקה היא חלק מתחום רחב יותר שנקרא הנדסת תעופה וחלל, שכולל גם תנועה של עצמים בחלל (כמו לוויינים וחלליות).

תקציר הפרק

בפרק זה נעריך את תהליך העבודה. כיצד תהליך התיכון ההנדסי והידע המדעי שרכשנו סייע לנו כדי לבנות דאון? התלמידים יעריכו שוב את תהליך העבודה שעברו ואת התוצר הסופי, ויעדכנו את מייקל ומרי בממצאים. הם גם ילמדו קצת יותר על הנדסת תעופה וחלל.



4.1 פתיחה – האם הדאונים עומדים בדרישות – ניסוי כיתתי – 30 דק'

המורה תרכז את כל הכיתה ותבקש מכל קבוצה לבדוק בתורה את הדאון שלה. יש לרשום במדויק אם הדאונים עמדו בדרישות.

המורה תבקש מהתלמידים להגיד מה החלק הטוב ביותר בכל דגם. לדוגמה:

- הדאון של קבוצה מס. 1 קל
 - הדאון של קבוצה מס. 2 יציב ולא מתפרק
 - הדאון של קבוצה מס. 3 טס בקו ישר במיוחד
 - הדאון של קבוצה מס. 4 יפה
- המורה תבקש מכל קבוצה להגיד מה הם היו רוצים לשפר בדגם שלהם, ותשאל אותם מדוע הכנסת שינויים אלו תשפר לדעתם את הדאון.

4.2 סקירה של ההישגים – דיון במליאה – 10 דק'

המורה תשאל את התלמידים את השאלות הבאות ותבקש מהם להסביר את תשובותיהם. התלמידים יכולים לדון קודם בשאלות בזוגות או בקבוצות קטנות.

- איזה חלק הם אהבו במיוחד ביחידת הלימוד הנוכחית? מדוע?
- באילו בעיות הם נתקלו כשהם תכננו ובנו את הדאונים שלהם, וכיצד הם התגברו עליהן?

4.3 כרטיסי התאמה של תהליך התיכון ההנדסי – עבודה בזוגות – 10 דק'

המורה תשתמש בכרטיסי ההתאמה של תהליך התיכון ההנדסי (דף עבודה 1 פרק 4) כדי להדגיש שהתלמידים פעלו כמו מהנדסי תעופה ואכן יישמו את תהליך התיכון ההנדסי לשם בניית דאון, בהתאם לדרישות של מרי ומייקל. בפעילות זו התלמידים יעבדו בזוגות כדי להתאים את הכרטיסים זה לזה.

4.4 העברת מידע בצורה בהירה ותמציתית – עבודה בזוגות/בקבוצות או עבודה פרטנית – 20 דק'

המורה תקריא שוב את האימייל של מרי ומייקל (נספח 2) כדי להזכיר לתלמידים שמרי ומייקל ביקשו מהם להסביר להם באמצעות מכתב (אימייל), איך לבנות דאון משלהם. חלק חיוני מהתפקיד של המהנדס הוא להיות מסוגל להסביר לאחרים כיצד עליהם לפתור בעיה הנדסית מסוימת.

התלמידים צריכים לעבוד בצורה פרטנית, בקבוצות או בזוגות, ולכתוב מכתב, שיסביר למרי ומייקל איך לבנות את הדאון. דף עבודה 2 פרק 4 מספק הנחיות לשם העברת מידע זה. לדוגמה:

- באילו חומרים מרי ומייקל צריכים להשתמש כדי לבנות כל אחד מחלקי הדאון השונים?
- אילו צילומים או תמונות כדאי לצרף למכתב כדי להסביר למרי ולמייקל איך נראה דאון מוצלח?
- איך מרי ומייקל אמורים לשגר את הדאון שלהם?
- מה חשוב להסביר להם כדי שהדאון שלהם יטוס כמו שצריך?
- מה הנקודות החשובות ביותר שכדאי לדעתם להסביר למרי ולמייקל כדי לעזור להם לבנות דאון מוצלח?

אם עוד נשאר לכם זמן, יש הרבה מקום ליצירתיות בחלק הזה של היחידה. לדוגמה, התלמידים יכולים לעבוד יחד כדי:

- לצייר את הדאון שלהם
- לצייר תרשים מפורט של הדאון, כולל כותרת המסבירה את שמו ותפקידו של כל אחד מהחלקים
- לעשות פוסטר שבו מפורטות הנקודות החשובות ביותר שצריך לדעת כדי לבנות דאון מוצלח
- לדמיין שהם עובדים בחברת הנדסה ולכתוב דו"ח הנדסי לחברה המעסיקה אותם
- לצלם סרט וידאו
- להכין קומיקס שמבהיר את השלבים השונים של התהליך

- לדמיין שהם כתבי חדשות עבור ערוץ טלוויזיה שצריכים לסקר בקצרה את תהליך בניית הדאון
- לערוך תצוגה כיתתית של כל הדאונים

4.5 סיכום – דיון במליאה – 10 דק'

- המורה תשאל את התלמידים בכלל (או תבחר תלמידים מסוימים כדי לענות):
- באיזה תחום של הנדסה הם עסקו כשהם עבדו על משימת האתגר הנוכחית?
- האם הם רוצים להיות מהנדסי תעופה כשהם יהיו גדולים? למה?
- איזה עוד דברים מהנדסי תעופה יכולים לעשות חוץ מאשר לבנות דאונים?

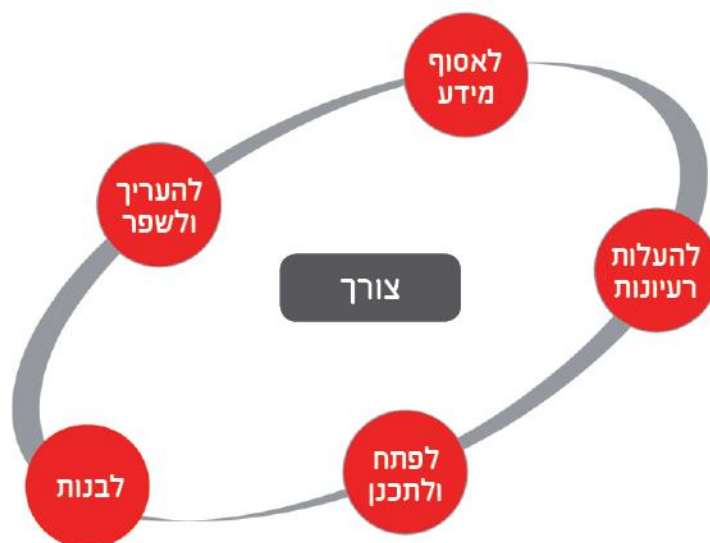
הנדסת תעופה היא חלק מתחום רחב יותר שנקרא הנדסת תעופה וחלל, שכולל גם תנועה בחלל (ר' צילומים של עבודות נוספות שבהם עוסקים מהנדסי תעופה וחלל **בנספח 8**).

- המורה תזכיר לתלמידים שמהנדסים ומהנדסות משתמשים בטכנולוגיה כדי לפתור בעיות. כמעט כל מוצר או תהליך שהוא מעשה ידי אדם הם תוצר של תהליך התיכון ההנדסי. המורה תשתמש **בנספח 9** כדי לדון בתחומי הנדסה נוספים.
- איזה סוג של הנדסה לדעתם מייצג כל צילום?
 - האם חלק מהצילומים מפתיעים אותם?

נספח 9 עוסק במגוון תחומי הנדסה, שמופיעים ביחידות הלימוד, שפותחו במסגרת פרויקט ENGINEER. אם בכוונתה של המורה ללמד יחידות נוספות מפרויקט זה, ייתכן והשימוש בחלק זה יעזור לה לקשר בין היחידות השונות.



נספח 1: תהליך התיכון ההנדסי



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

שאלות	השלב בתהליך התיכון ההנדסי
מה הבעיה? מה הצורך? מה אנחנו צריכים לדעת? (מידע ומגבלות)	לשאול 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 התכנית שביצענו.	לבנות
שיפור המכשיר/התוצר/התהליך בדיקה חוזרת!	להעריך ולשפר

נספח 2: סיפור המסגרת

השולחים: michaelandmary@monotoreme.co.uk

אל: פגסוס

נושא: עזרה!

מצורף: צילום של הרחוב שלנו

ילדים יקרים

אנחנו צריכים את עזרתכם!

המחנכת שלכם, גב' האדסון, אמרה שאולי אתם תוכלו לעזור לנו, ושכל מקרה כדאי לשאול אתכם, כי אתם ממש טובים בפתרון בעיות דומות לזו שלנו יש.

קוראים לי מרי, והחלון בחדר שלי נמצא ממש מול החלון של החבר הכי טוב שלי מייקל. חשבנו שזה יהיה כיף לבנות דאון שאפשר לשגר מהחלון שלי לחלון של מייקל ולהיפך. ככה נוכל לשלוח אחד לשני הודעות, ואם נצליח לבנות דאון ממש מוצלח, אולי גם נוכל לצרף לו גם מתנות קטנות.

אנחנו לא ממש יודעים הרבה על דאונים, וחשבנו שאולי אתם תוכלו לעזור ולכתוב לנו איך בונים דאון. אני מצרפת צילום של הבתים שלנו. חשבתי שאולי זה יכול לעזור.

תודה על העזרה,

מרי

**הבית של מייקל נמצא ופלי אימין. החלון של החדר של מייקל
נמצא בצד, ממש מול החלון שלי.**

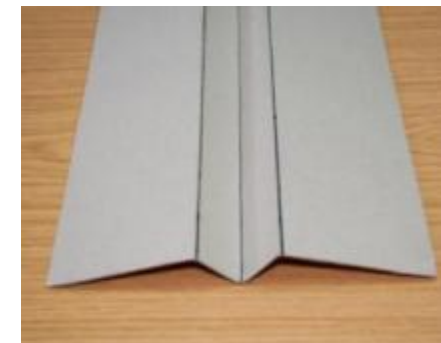
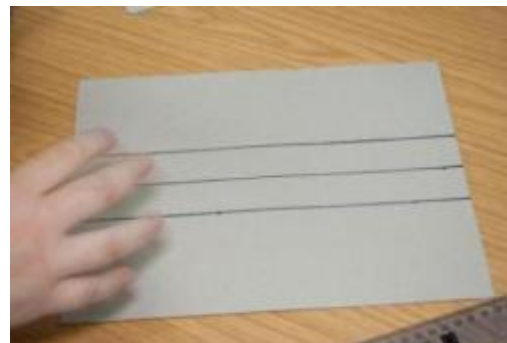


נספח 3: מטוסים ודאונים





נספח 5: הכנת משגר



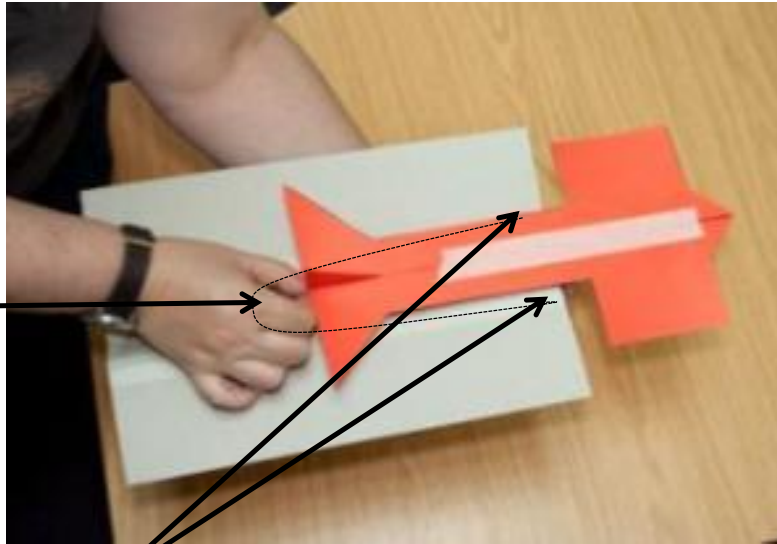
קחו בריסטול בגודל דף A4 (הגליונות בחלק האחורי של חבילות הדפים להדפסה יכולים להתאים במיוחד) וסמנו שלושה קווים כמתואר בצילום: קו אחד באמצע ושני קווים במרחק שלושה או ארבעה סנטימטרים משני צדיו. קפלו את הבריסטול כמתואר בצילום. אולי יהיה קל יותר לכם קל יותר לקפל אם תחרצו את הקווים בעזרת סכין.



נקבו שני חורים בצד אחד והשחילו את גומי ביניהם. ניתן לחזק את הגומי מאור בעזרת קשר או באמצעות קשירתו למשהו גדול יותר. יש לחזק את קווי הקיפול בעזרת מסקינגטייפ. צילום של המשגר המוכן מופיע בנספח הבא.

שימוש במשגר

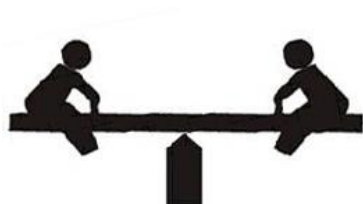
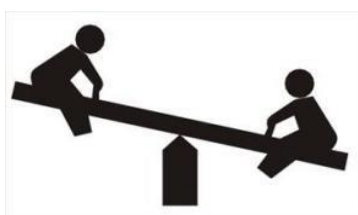
מותרים את
הגומי סביב
זנב המרכב



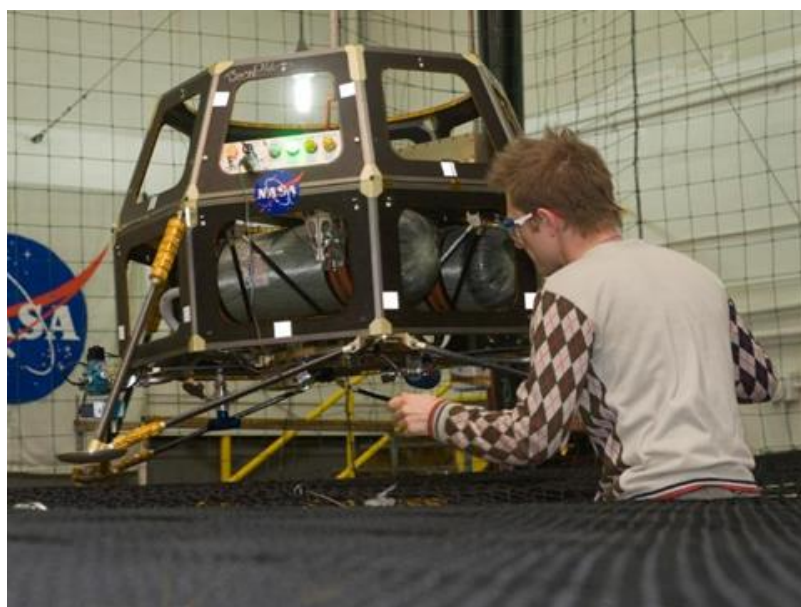
הגומי נמצא כאן

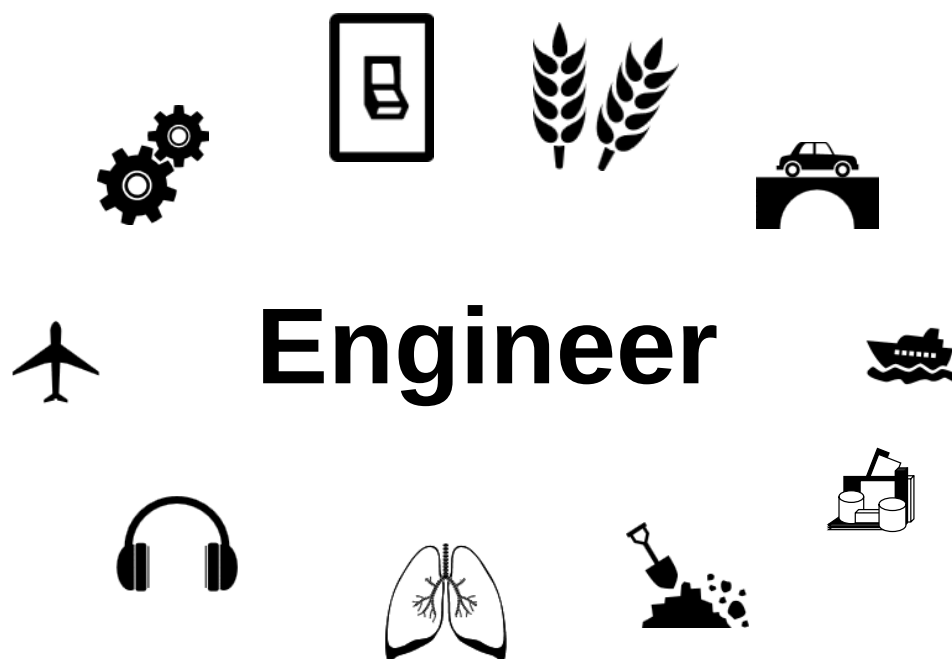
נספח 7: החשיבות של האיזון

שמרו על שווי משקל

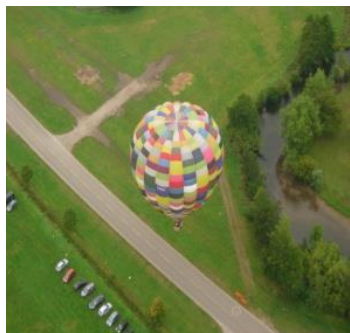


נספח 8: מהנדסי תעופה בפעולה





דף עבודה 1 שיעור 0 – הנדסה או לא הנדסה?



דף עבודה 1 שיעור 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 פרק 1 – חלקי הדאון השונים

שם המהנדס/ת:

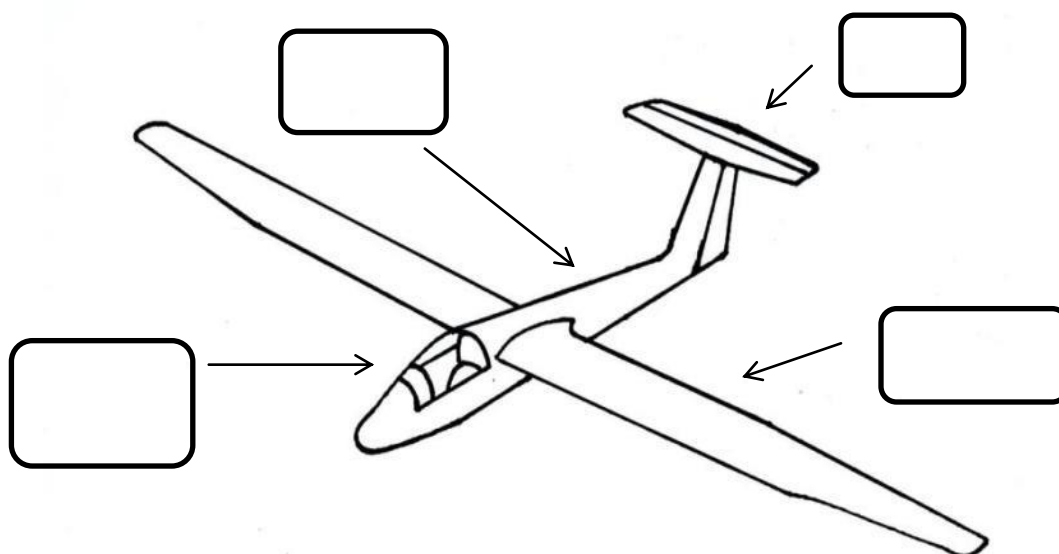
תאריך:

התאימו את שם החלק לתיאור המתאים

שם החלק
כנף
זנב
תא הטייס
מרכב (גוף הדאון)

תיאור
החלק שבו יושב הטייס. עם כיסוי שקוף המאפשר לטייס לראות את המתרחש מחוץ לדאון
החלק המרכזי של הדאון
עוזר לדאון לטוס ישר ומאוזן, עם הגה כיוון שמאפשר לנווט את הדאון
יוצר כוח הנקרא כוח עילוי, ששומר על המטוס באוויר

רשמו את השמות של חלקי הדאון השונים



דף עבודה 1 פרק 1 – חלקי הדאון השונים – תשובות

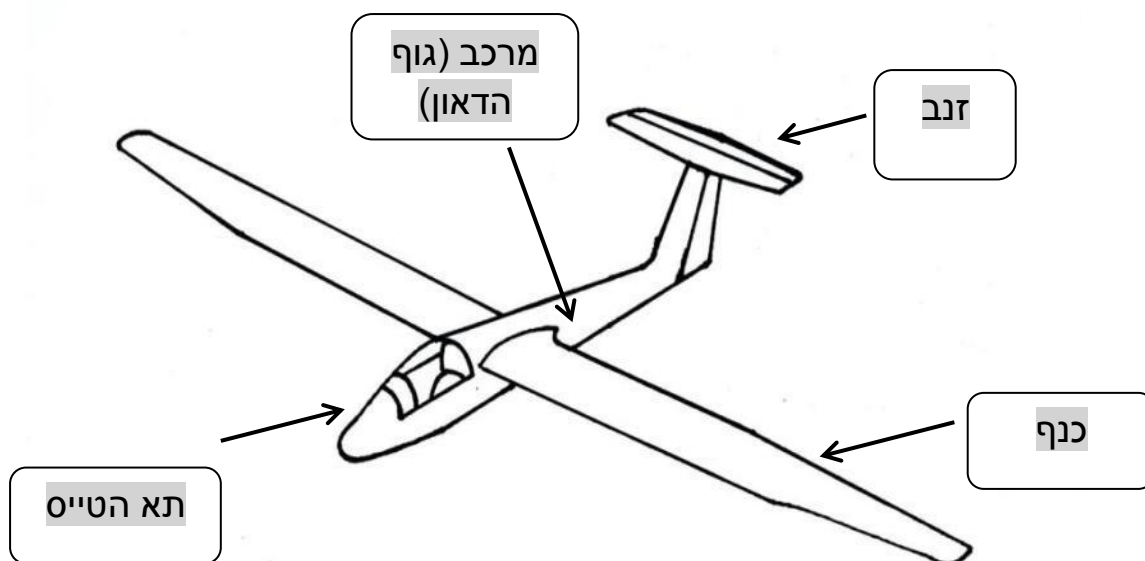
שם המהנדס/ת:

תאריך:

התאימו את שם החלק לתיאור המתאים

שם החלק	תיאור
תא הטייס	החלק שבו יושב הטייס. עם כיסוי שקוף המאפשר לטייס לראות את המתרחש מחוץ לדאון
מרכב (גוף הדאון)	החלק המרכזי של הדאון
כנפיים	יצירת כוח הנקרא כוח עליו, השומר את המטוס באוויר
זנב	עוזר לדאון לטוס ישר ומאוזן, עם מייצב כיוון שמאפשר לנווט את הדאון

רשמו את השמות של חלקי הדאון השונים



דף עבודה 1 פרק 2 – שינוי צורה, שינוי עמידות וקשיחות

שם המהנדס/ת:

תאריך:

האם שינוי הצורה של החומר גורם לו להיות עמיד וקשיח יותר?



השתמשו בארבע דפי נייר מסקינגטייפ כדי ליצור את הצורות שבצילום. השתמשו בדף החמישי כדי ליצור צורה משלכם.

ניסוי 1

הדפו בזהירות כל צורה, כך שיותר ממחציתה תבלוט מחוץ לשפת השולחן. ייתכן ותצטרכו להחזיק את המחצית השנייה, כדי שהצורה לא תיפול.

חומרים קשיחים שומרים על צורתם בלי להתקמט.

ניסוי 2

העמידו את כל הצורות על השולחן. האם הן עומדות מכוח עצמן? מה קורה אם נותנים לכל אחת מהן מכה קלה?

ניסוי 2 האם הצורה עומדת בכוח עצמה?	ניסוי 1 האם דף הנייר שומר על צורתו בלי להתקפל ובלי להתקמט?	צורה
		 שטוח
		 משולש
		 גליל
		 האות W
		צורה משלכם

דף עבודה 2 פרק 2 – בחינת חומרים

שם המהנדס/ת:

תאריך:

מתאים לשלד הכנפיים	מתאים לחיפוי הכנפיים	מתאים לחיבור והדבקה של החלקים השונים

דף עבודה 1 פרק 3 – תכנון הדאון

שם המהנדס/ת:

תאריך:

שרטטו תרשים כללי של הדאון שלכם ונקבו בשמו של כל אחד מהחלקים



רשימת חומרים. אנחנו צריכים:

.....
.....

את השלד של הכנפיים נבנה מ:

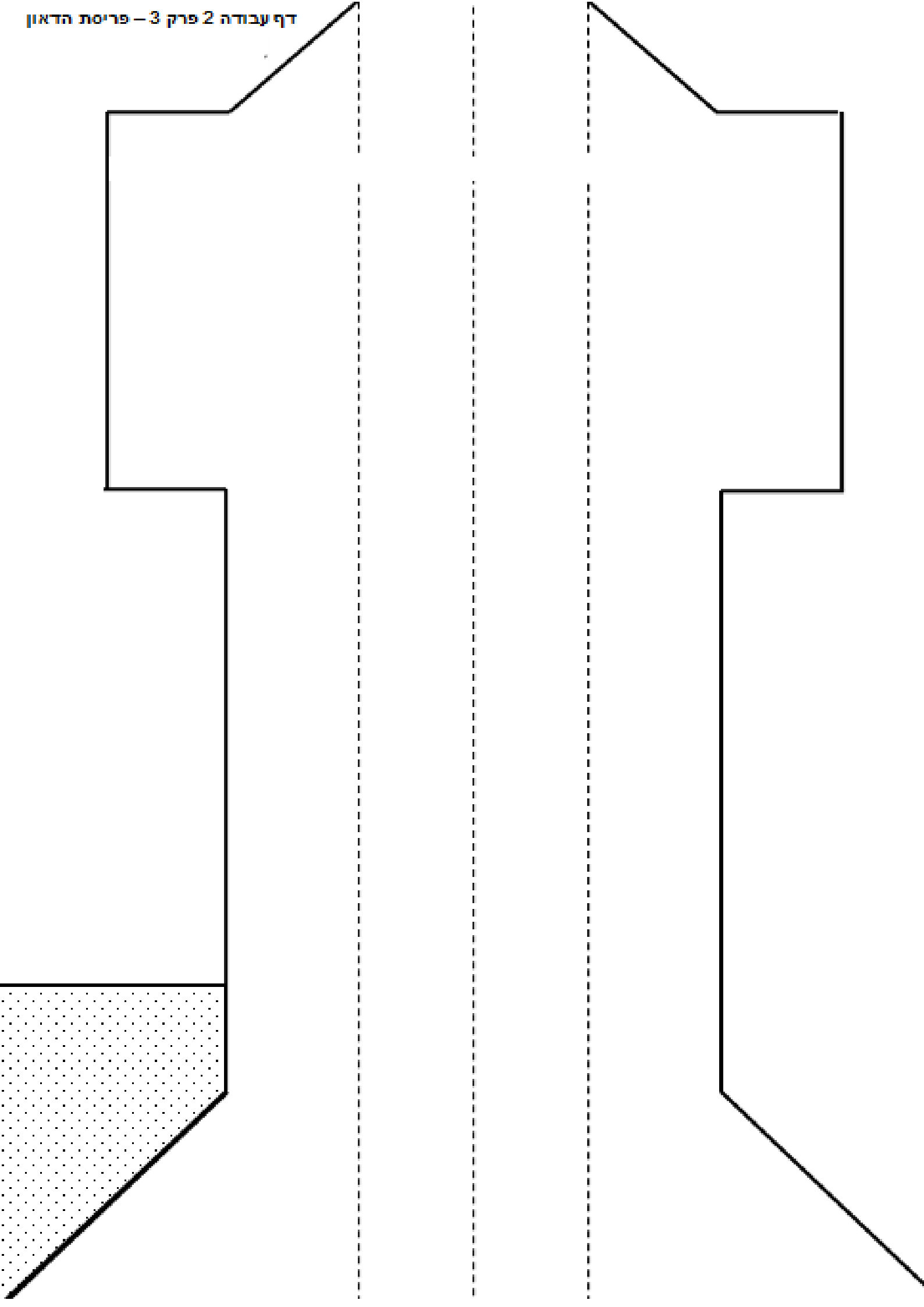
.....

את חיפוי הכנפיים נבנה מ:

.....

את השלד והחיפוי נחבר בעזרת:

.....



דף עבודה 1 פרק 4 – התאמת כרטיסים, תהליך התיכון ההנדסי

שם המהנדס/ת:

תאריך:

גזרו את התיאורים בטבלה והתאימו את הפעולה לשלב המתאים בתהליך התיכון ההנדסי

עריכת רשימה של החומרים שנזדקק להם לשם בניית הדאון	בנייה של דאון
איסוף מידע נוסף על חומרים שונים	איסוף מידע לגבי אופן הפעולה של דאון
העלאת רעיונות שונים ודין	בדיקה של הדאון
בירור הצרכים של מייקל ומרי	שרטוט תרשים
האם אתם יכולים לחשוב על פעולות נוספות שעשיתם? אם כן, תארו מהן	בחירת הרעיון המתאים ביותר, או שילוב של כמה רעיונות לרעיון אחד
האם אתם יכולים לחשוב על פעולות נוספות שעשיתם? אם כן, תארו מהן	בחינה של תוצאות הניסויים לאחר הטסת הדאונים ושימוש במידע כדי לשפר את הדאון

דף עבודה 1 פרק 4 – התאמת כרטיסים, תהליך התיכון ההנדסי – דף תשובות

שם המהנדס/ת:

תאריך:

גזרו את התיאורים בטבלה והתאימו את הפעולה לשלב המתאים בתהליך התיכון ההנדסי

עריכת רשימה של החומרים שנזדקק להם לשם בניית הדאון תכנון	בנייה של דאון בנייה
איסוף מידע נוסף על חומרים שונים איסוף מידע	איסוף מידע לגבי אופן הפעולה של דאון איסוף מידע
העלאת רעיונות שונים ודיון העלאת רעיונות	בדיקה של הדאון הערכה ושיפור
בירור הצרכים של מייקל ומרי איסוף מידע	שרטוט תרשים העלאת רעיונות/תכנון
האם אתם יכולים לחשוב על פעולות נוספות שעשיתם? אם כן, תארו מהן	בחירת הרעיון המתאים ביותר, או שילוב של כמה רעיונות לרעיון אחד העלאת רעיונות/תכנון
האם אתם יכולים לחשוב על פעולות נוספות שעשיתם? אם כן, תארו מהן	בחינה של תוצאות הניסויים ושימוש במידע כדי לשפר את הדאון הערכה ושיפור

דף עבודה 2 פרק 4 – כתיבת תשובה למייקל ומרי

שם המהנדס/ת:

תאריך:

צילום או תרשים של הדאון:



השתמשנו בתהליך התיכון ההנדסי כדי לבנות דאון. חמשת השלבים של תהליך התיכון ההנדסי הם:

--	--	--	--	--

גילינו שכדי שדאונים יטוּסו כמו שצריך, הם צריכים להיות:

.....

.....

בנינו את הכנפיים של הדאון שלנו מ:

.....

.....

בחרנו את החומרים האלו כדי לבנות את הכנפיים מפני ש:

.....

.....

העצות הטובות ביותר שלנו כדי לבנות דאון מוצלח הן:

.....(1)

.....(2)

.....(3)

לדעתנו, החלק הכי מוצלח בבניית הדאון היה:

.....

.....

חומר רקע מדעי למורים על הנדסת תעופה

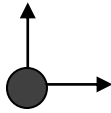
פרק 2 - מושגים מרכזיים

- המשקל הוא הכוח המושך כלפי מטה שנובע מכוח המשיכה בין המסה של הגוף והמסה של כדור הארץ
- יחידת המידה למדידת משקל נקראת ניוטון (על שם המדען)
- מסה היא 'כמות החומר' שיש בגוף והיא נמדדת בגרמים/קילוגרמים
- כאשר שני כוחות פועלים על גוף, הוא ינוע לכיוון הכוח הגדול יותר
- כאשר שני כוחות מנוגדים אך שווים פועלים על גוף אחד, הגוף יהיה נייח או ינוע במהירות קבועה בהקשר לכוח העילוי ולמשקל הפועלים על דאון:
- כוח העילוי הוא הכוח הפועל כלפי מעלה, שנוצר על ידי תנועה של אוויר סביב כנפי דאון הנמצא בתנועה
- המשקל הוא הכוח הפועל על הדאון כלפי מטה
- אם כוח העילוי והמשקל שפועלים על הדאון שווים, הדאון ינוע בתנועה אופקית בקו ישר (בלי לנסוק ובלי לצלול)
- אם הכוח הפועל על הדאון כלפי מטה גדול יותר מהכוח הפועל כלפי מעלה, הדאון יצלול לעבר הקרקע
- אם הכוח הפועל כלפי מעלה גדול מהכוח הפועל כלפי מטה, הדאון ינסוק במקום לטוס בקו ישר
- הכנפיים עוזרות לדאון לטוס רק אם הוא נע במהירות מספקת, זאת משום שתנועת האוויר סביב הכנפיים הכרחית ליצירת כוח עילוי
- דאונים מוכרחים להיות קלים על מנת לצמצם ככל הניתן את ההשפעה של הכוח המושך אותם כלפי מטה (המשקל)
- דאונים מוכרחים להיות עמידים וקשיחים דיים כדי לשמור על צורתם (על מנת לא להשפיע על כוח העילוי) וגם כדי שלא יתפרקו.

שילוב כוחות

כאשר מנסים להבין כיצד כלי טייס טס, כדאי להבין מה קורה כאשר יותר מכוח אחד פועל על הגוף בו-זמנית. אם כוח אחד בלבד פועל על הגוף, הגוף נע* לכיוון אותו כוח. אם שני כוחות או יותר פועלים על אותו גוף, הוא ינוע לכיוון שהוא הצירוף שלכל אותם כוחות (ר' טבלה).

הגוף והכוחות הפועלים עליו	צירוף הכוחות	הכוח המכריע	תיאור
		 חץ אדום = צירוף כל הכוחות	כאשר רק כוח אחד פועל על הגוף, הוא נע* בכיוון אותו כוח
		אין כוח מכריע	כאשר שני כוחות שווים פועלים על גוף נייח בכיוונים מנוגדים, הכוחות מבטלים זה את זה ולא נוצר כוח מכריע. הגוף יישאר נייח.
			כאשר שני כוחות לא שווים פועלים על גוף בכיוונים מנוגדים, צירוף הכוחות יוצר את הכוח המכריע, והגוף ינוע בכיוון הכוח החזק (הגדול) יותר.

כאשר שני כוחות פועלים על גוף בכיוונים לא מנוגדים, הכוח המכריע והכיוון הם צירוף (שקול הכוחות) של שני הכוחות.			
--	---	--	---

*במונחים מדעיים יהיה מדויק יותר להגיד שהאובייקט מאיץ לכיוון הכוח השקול

כוחות המעורבים בתעופה

מהנדסות ומהנדסי תעופה עוסקים בארבעה כוחות עיקריים המעורבים בתעופה. הכוחות נקראים: כוח העילוי, המשקל, כוח הדחף וכוח הגרר.

משקל

משקל הוא מונח המשמש מדענים ומהנדסי תעופה ביחס לכוח המושך כלפי כדור הארץ כתוצאה ממשיכה הדדית בין המסה של הגוף והמסה של כדור הארץ.

כוח עילוי

כוח העילוי הוא סך כל הכוחות ההודפים את כלי הטיס כלפי מעלה. כוח העילוי נוצר על ידי הכנפיים ומצריך שכלי הטיס יהיה בתנועה. התנועה קדימה של המטוס יוצרת תנועה יחסית בין האוויר ובין הכנפיים, כך שנוצר זרם אוויר מתמיד מעל ומתחת לכנפיים. יש שני גורמים המשפיעים על האופן שבו הכנפיים יוצרות תעופה. הראשונה נוגעת לזווית הכנפיים ביחס לזרם האוויר (זווית התקיפה), והשנייה נוגעת לפרופיל האווירודינמי של הכנפיים. שני הגורמים האלו משפיעים על האופן שבו הכנפיים מטות את האוויר המגיע כלפי מטה, דבר היוצר בתורו כוח עילוי על הכנפיים.

כוח דחף

כוח הדחף הוא הכוח המניע כלי טיס קדימה, והוא הגורם היוצר זרם אוויר מעל הכנפיים הדרוש לכלי הטיס כלי להתרומם. במטוסים הוא נוצר בדרך כלל על ידי מנועי סילון או מדחפים. עקרון הפעולה של כל מנועי הסילון זהה: המנוע מכניס ('מושך') לתוכו אוויר ודוחס אותו. לאחר הדחיסה, מעורב האוויר הדחוס עם דלק והתערובת מוצתת על ידי מצת, כך שנוצר פיצוץ מבוקר. האנרגיה הנוצרת מהבעירה נפלטת במהירות עצומה דרך החלק האחורי של המנוע, מה שגורם למטוס לטוס בכיוון המנוגד לכיוון הפליטה. הדבר דומה לאופן שבו בלון נע כשהאוויר נפלט במהירות דרך הפייה. זווית הלהבים של המדחף (כמו במסוק, לדוגמה) מעוצבת באופן הגורם להם להדוף את האוויר לאחור, בדומה לשחיין ההודף את המים לאחור כדי להתקדם קדימה. בדאון, הדחף נוצר על ידי שיגור, בדרך כלל באמצעות שימוש בכלי טיס ממונע נוסף או בכננת (מכשיר המיועד להזיז משאות כבדים באמצעות חבל הנכרך על גבי ציר).

כוח הגרר

כוח הגרר הוא הכוח המאט את המטוס. הגרר הוא כוח ההתנגדות של האוויר. יש שלוש סיבות עיקריות לגרר במטוסים:

- צורת המטוס:** מטוסים בדרך כלל מוארכים, דקים ובעלי חרטום מחודד, בדומה מעט לכידון. הצורה פורעת מעט את תנועה האוויר סביבה. ככל שהיא פורעת פחות את תנועת האוויר, כך היא מאטה פחות את המטוס. נוהגים להגיד שצורתם של מטוסים היא אווירודינמית. אם המטוסים היו בעלי צורה מסורבלת יותר, האוויר לא היה יכול להחליק על פני גוף המטוס באותה מידה של קלות, דבר שהיה מאט את תנועת המטוס באופן ניכר.
- פני השטח של המטוס:** אוויר הנע על פני שטח מחוספסים גורם לחיכוך דומה לזה שנוצר בין שני משטחים מוצקים. במטוסים מודרניים, פני השטח של המטוס חלקים על מנת לצמצם את החיכוך. פני השטח החלקלקים גם מאטים את הצטברות הקרח על המטוס.
- זווית התקיפה של הכנפיים:** על מנת לספק כוח עילוי, כנפי המטוס מעוקלות בדרך כלל בזווית של כיוון זרימת האוויר. עובדה זו יוצרת יותר גרר מאשר אם הזווית הייתה שטוחה. ככל שהזווית גדולה יותר, כך גדל כוח הגרר.

תפישות שגויות של תלמידים לגבי מדעי הכוחות והתעופה

תפישת עולם הטבע של ילדים מבוססת על ההתנסויות והחוויית 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 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.

מסה לעומת משקל

משקל במושגים מדעים הוא כוח (כוח המשיכה בין אובייקט לכדור הארץ), הנמדד ביחידות ניוטון. בעולם היומיום, עם זאת, כשאנחנו אומרים משקל, אנחנו מתכוונים למעשה למסה. **מסה** היא 'כמות החומר' שיש בגוף והיא נמדדת בקילוגרמים. כשהאסטרונוטים הגיעו לירח, לדוגמה, המסה שלהם נותרה כפי שהייתה מאחר 'שכמות החומר' שלהם לא השתנתה. אף-על-פי-כן, המשקל שלהם קטן, מכיוון שכוח הכובד של הירח חלש יותר מזה שעל כדור הארץ. זאת גם הסיבה לכך שכשרואים תמונות של אסטרונוטים בתחנות חלל על הירח, הם בדרך כלל מרחפים.

אין להמעיט במידת הקושי ללמד את ההבדל בין שני המושגים, וייתכן שחלק מהתלמידים יבינו את ההבדל במלואו רק בשלב מאוחר יותר של חייהם. על המורה להפעיל את שיקול דעתו המקצועי כדי להחליט עד כמה התלמידים יכולים להבין את ההבדל. מחקרים מורים, לדוגמה, שתלמידים מדברים לעתים קרובות על 'משיכה' כסיבה לכך שחפצים נופלים, אבל הם המושגים שלהם על משיכה רבים ושונים. (1). לעתים קרובות הם מדברים על משיכה כעל דבר מה 'המפתה' את הגוף (האובייקט) או 'גורר אותו' כלפי מטה. אחרים חושבים שמדובר בכוח המופעל מלמעלה ודוחף את החפצים כלפי מטה. הם עשויים לקשר את כוח הכובד לאוויר, והם עשויים לא לקשר את כוח הכובד למשקל (לכובד/מסה) של הגוף. חוברת ההדרכה להוראת המדעים בבתי ספר יסודיים (1) מספקת דוגמאות מעניינות על המושגים שילדים מיחסים לכוחות הפועלים על דאון, המעידים על רעיונות מתוחכמים מאוד. לדוגמה:

"מה שנמצא למטה ומושך את כוח הכובד (שלא נותן לדברים לעלות למעלה) עובד הפוך לכוח שדוחף את האוויר מתחת לכנפיים ולא נותן לו לרדת."

עם זאת, אותו תלמיד גם טוען שהדחיפה 'נגמרת', מה שמעיד על כך שהוא מאמין שהכוח הראשוני שמתחיל את התנועה באוויר 'מתעייף' (כלומר, התנועה של החפץ מתישה אותו, מה שמראה שהוא מאמין שהחפץ פועל על הכוח ולא להיפך). למרות שהרעיון הזה הוא אינטואיטיבי, הוא אינו נכון מבחינה מדעית.

מאחר וכוח הוא מושג מופשט, תלמידים רבים נוטים להאמין שהכוחות **שייכים** לחפצים ולא **פועלים** עליהם, כפי שמתרחש במציאות. פרק 2.1 חשוב במיוחד כדי לאפשר לתלמידים **לחוש** את הכוחות בפעולה. הם משנים את גודל הכוחות ורואים את התוצאות במו-עיניהם. ההדגמה הזאת מאשרת את העובדה שאכן ישנם כוחות הפועלים על הדאון.

צפיפות לעומת מסה

תלמידים מתבלבלים לעתים קרובות בין צפיפות למסה. **צפיפות החומר** (לעתים נקרא גם **משקל סגולי**) של גוף היא המסה שלו ליחידת נפח. הצפיפות נמדדת ביחידות של מסה לנפח, למשל בגרם לסמ"ק (g/cm^3) או בק"ג למטר מעוקב. אם התלמידים מבקשים לזהות חומר קל שיכול לשמש כחיפוי לכנפיים, הנטייה הטבעית שלהם עשויה לגרום להם להעדיף מהדק נייר על פני שקית פלסטיק מפני שהמהדק קל יותר. באופן כללי, כדאי לעודד אותם לחשוב על דברים 'קלים' יחסית לגודל שלהם, או 'כבדים' יחסית לגודל שלהם. חשוב להדגיש את ההבדל בין החומר שממנו עשוי החפץ ובין החפץ עצמו (או, במילים אחרים, **הפלסטיק** שממנו עשויה את שקית הפלסטיק לעומת **המתכת** שממנה עשוי מהדק הנייר). לכן, כאשר הם בוחרים את החומר לחיפוי הכנפיים, חשוב שהם יבחרו בחומר 'קל' יחסית לגודל שלו. לעומת זאת, כשרוצים להוסיף מסה לחרטום המטוס כדי לאזן את הדאון, חשוב לבחור בחומר 'כבד' יחסית לגודל שלו.

רוח

התלמידים עשויים לשוב שהמטוסים חייבים שתהיה רוח כדי לטוס, מאחר והכנפיים זקוקות לאוויר הנע סביבם כדי ליצור כוח עילוי. עם זאת, התנועה היחסית בין האוויר לכנף המטוס נוצרת על ידי תנועת המטוס קדימה, בין אם יש רוח ובין אם אין רוח. יש תלמידים שחושבים שהאוויר הוא הסיבה לכך שחפצים נופלים, בעוד אחרים חושבים שהאוויר גורם לחפצים להתרומם. מושגים דומים רווחים גם לגבי הרוח (1).

הדאון

הדגש המרכזי בפרק 2 היא בנייה של דאון עם מקסימום כוח עילוי שיכול לטוס בקו ישר כדי לחצות מרחק שנקבע מראש. הצורך הזה יגרום לתלמידים לשקול כוחות כמו המשקל והעילוי באמצעות ניסויים מעשיים בחומרים שמהם בנויים כנפי הדאון.

מראי מקום

- (1) Nuffield Primary Science Teachers' Guide: Forces and Movement. Ages 7-12. (1995) HarperCollins Publishers: London.

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



Teknikens Hus



Experimentarium®
Centre for Science and Technology Communication



musée
des arts et métiers
le cnam



Deutsches Museum
BONN



Museum of Science.



EUROPEAN NETWORK
SCIENCE CENTRES & MUSEUMS



Manchester
Metropolitan
University



University of the
West of England



Daltonschool
NEPTUNUS



MAGLEGÅRDSSKOLEN
Centrum för Kommunikation

