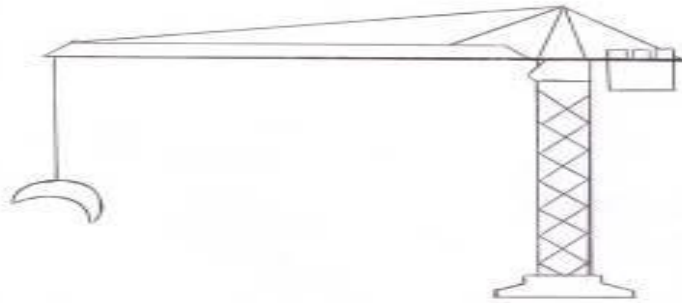


שומרים על איזון

תכנון ובנייה של פסל קינטי (מוֹבִּיל)



יחידת לימוד בהנדסת מכונות

שיווי משקל וכוחות

לתלמידי כיתות ד'-ו'



הקדמה

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

הגישה הפדגוגית שלנו

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 חקרנות 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, שיאפשר ביטוי של מגוון דעות ורעיונות על ידי 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 ביחידות 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 סיכום שניתן לצלם, ומפתח תשובות.

זכויות יוצרים

יצירה זו מופצת תחת רישיון ייחוס 4.0 בין-לאומי של Creative Commons.

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
10	שיעור הכנה – תכנון ובנייה של מעטפות ואריזות
11	0.1 פתיחה – עבודה בקבוצות ודיון במליאה – 10 דק'
11	0.2 פעילות 1: מהי אריזה? – עבודה בקבוצות – 5 דק'
12	0.3 פעילות 2: התאמה בין אריזות לחפצים – עבודה בקבוצה ודיון במליאה – 15 דק'
12	0.4 פעילות בחירה – 10-30 דקות – עבודה בקבוצות
13	0.5 סיכום – 10 דקות – דיון במליאה
14	0.6 הערכה של הישגים ותוצאות – פעילות בחירה
15	פרק 1 – הצגת הצורך ומשימת האתגר ההנדסית
16	1.1 פתיחה – הצגת משימת האתגר ההנדסית – דיון במעגל – 15 דק'
16	1.2 מה השאלה? – עבודה בקבוצות – 10 דק'
17	1.3 בנייה של דגם ראשוני – פעילות בקבוצות – 45 דק'
17	1.4 סיכום – 20 דק'
19	פרק 2 – מה אנחנו צריכים לדעת?
20	2.1 פתיחה – דיון במעגל – 10 דק'
20	2.2 ניסויים – פעילות בזוגות – 45 דק' (65 דק' אם עורכים גם את הניסוי הרביעי)
23	2.3 סיכום – דיון מונחה – 45 דק'
25	פרק 3 – כאן בונים!
26	3.1 פתיחה – דיון במעגל – 15 דק'
26	3.2 בנייה של מובייל מאוזן – פעילות בזוגות – 60 דק'
27	3.3 סיכום – 30 דק'
28	פרק 4 – אז איך הלך לנו?
29	4.1 פתיחה – סקירה של תהליך התיכון ההנדסי – פעילות בקבוצות/דיון בכיתה – 30 דק'
29	4.2 הכנסת שיפורים במוביילים – עבודה בזוגות – 45 דק'
29	4.3 כתיבת מדריך לבניית מוביילים – עבודה פרטנית – 30 דק'
29	4.4 סיכום – דיון במעגל – 15 דק'
30	נספחים

30	נספח 1: תהליך התיכון ההנדסי
31	נספח 2: סיפור מסגרת: תכנון ובנייה של מובייל (פסל קינטי)
32	נספח 3: פסלים קינטיים ומוביילים
34	דפי עבודה, כולל תשובות
35	דף עבודה 1 פרק 0 – הנדסה או לא הנדסה?
35	דף עבודה 1 פרק 0 – הנדסה? – הערות למורה
37	דף עבודה 1 פרק 1 – תמונה של פסל קינטי (מובייל)
38	דף עבודה 2 פרק 1 – תמונה של פסל קינטי (מובייל)
39	דף עבודה 3 פרק 1 – תמונה של מובייל
40	דף עבודה 4 פרק 2 – נדנדה מסרגל
41	דף עבודה 5 פרק 2 – מתלה
42	דף עבודה 6 פרק 2 – מטאטא
43	דף עבודה 7 פרק 2 – נדנדה במתקן שעשועים
44	דף תיעוד 8 פרק 2 – נדנדה מסרגל
45	דף תיעוד 9 פרק 2 – מטאטא
46	דף תיעוד 10 פרק 2 – מתלה
47	דף תיעוד 10 פרק 2 – נדנדה במתקן שעשועים
48	דף עבודה 12 פרק 2 – עגורן
49	דף עבודה 13 פרק 2 – עגורן
50	תשובות – דף עבודה 13 פרק 2 – עגורן
51	דף עבודה 14 פרק 3 – קלפי הצעות 1
52	דף עבודה 15 פרק 3 – קלפי הצעות 2
53	דף עבודה 16 פרק 3 – קלפי הצעות 3
54	דף עבודה 17 פרק 3 – קלפי הצעות 4
55	דף עבודה 18 פרק 3 – קלפי הצעות 5
56	דף עבודה 19 פרק 3 – קלפי הצעות 6
57	דף עבודה 20 פרק 3 – קלפי הצעות 7
58	דף עבודה 21 פרק 3 – קלפי הצעות 8
59	חומר רקע מדעי למורים על שיווי משקל, כוחות פיזיקליים והנדסת מכונות
61	תפישות שגויות של תלמידים לגבי כוחות פיזיקליים ושיווי משקל

63מילון מושגים

64שותפים



משך היחידה: 3 שעות ו- 20 דקות

קהל יעד: תלמידי כיתות ד' - ו'

תקציר: ביחידה זו התלמידים יעסקו בצד התיאורטי והמעשי של הנדסת מכונות ושל האופן שבו פועלים מהנדסים. היחידה מהווה טעימה ראשונה בתחום הכוחות הפיזיקליים ושיווי המשקל. בסיפור המסגרת מבקש האמן פאולו מכחולוני את עזרתה של אוולין המהנדסת בבניית פסל קינטי (מובייל) שיקשט את אולם הכנסים בבית הספר. הסיפור מפגיש את התלמידים לראשונה עם משימת האתגר ההנדסית ביחידה, שמהווה נקודת מוצא לעבודה עצמאית, בגישה חיובית ורחבת אופקים. התלמידים רוכשים כישורים בתחום התכנון והבנייה של פסלים קינטיים, ולשם כך הם מגלים שעליהם ללמוד על כוחות פיזיקליים ועל שיווי משקל מכני. בנוסף, הם נוכחים לדעת שלעיתים קרובות יש שיתוף פעולה בין תחומים מקצועיים שונים, כמו אמנות והנדסה.

קשר לתוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה: מדעי החומר – מנופים ושיווי משקל; טכנולוגיה – פתרון בעיות: תהליך התיכון ההנדסי (תכנון ובנייה של פסל קינטי).

תחום ההנדסה: הנדסה מכנית

מטרות היחידה:

- התלמידים יוכלו ליישם את תהליך התיכון ההנדסי לשם תכנון ובנייה של מובייל.
- התלמידים יתנסו בדרך עבודה המעודדת גישה פתוחה, בונה ופורייה של דיון, העלאת שאלות ושיתוף פעולה המנצל באופן מירבי את כישורי כל אחד מהתלמידים בכיתה.
- התלמידים יכירו בחשיבותן של תופעות מדעיות כמו שיווי משקל הקשורות בעקרונות וכוחות פיזיקליים כמו כוח המשיכה וכוח נגדי, לשם תכנון ובנייה של תוצר הנדסי מוצלח.

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 ושל תהליך התיכון ההנדסי. התלמידים בוחנים את התכונות המשותפות לפסלים תלויים. הפרק מפגיש את התלמידים בפעם הראשונה עם משימת האתגר ההנדסית של היחידה, שהיא תכנון ובנייה של מובייל מאוזן רב-מפלסי (בעל כמה "קומות"). התלמידים ידרשו לשער השערות לגבי אופן הבנייה של המוביילים, ולנסות לבנות דגם ראשוני לבדיקת ההשערות.

פרק שני – שלב איסוף המידע בתהליך התיכון ההנדסי שיוביל להיכרות עם המושגים 'כוח פיזיקלי' ו'שיווי משקל'. על מנת להעמיק את הבנתם של התלמידים, יעשה שימוש במושגים אלו על מנת להסביר את אופן הפעולה של מנופים ועגורנים.

פרק שלישי – בפרק זה התלמידים מיישמים את תהליך התיכון ההנדסי כדי לפתור את משימת האתגר. משימת האתגר ביחידה זו היא תכנון ובנייה של מובייל. התלמידים ידרשו לערוך רשימה של כל החומרים הדרושים להם לשם בניית המובייל, ואחר כך לבנות בזוגות את המובייל בהתאם לתכנון המקורי.

פרק רביעי – זה הזמן להעריך את תהליך העבודה שנעשה במהלך יחידת הלימוד, תוך התייחסות לשלבי תהליך התיכון ההנדסי. זאת ההזדמנות של התלמידים לבדוק אם המוצר שבנו עומד בדרישות, להציע הצעות לשיפור, וליישם את השיפורים הדרושים. בשלב אחרון תיערך תצוגה של כל הפרויקטים, שבה יתועדו המוביילים וכל השלבים המרכזיים בתהליך העבודה.

ציוד וחומרים



הטבלה כוללת ציוד וחומרים עבור 30 תלמידים

פרק 4	פרק 3	פרק 2	פרק 1	סך הכל	חומרים
30	30	30	30	מחברת לכל תלמיד	מחברת עם דפים נתלשים לתיעוד השיעורים והניסויים (יש להשתמש באותה מחברת במהלך כל היחידה)
			60	60	כרטיסיות ריקות
30	30	30	30	30	עפרונות
		5-15		5-15	עפרונות לא עגולים
		5-15		5-15	סרגלים (20-30 סנטימטרים)
		50-150		50-150	אסימוני עץ (בקוטר 3 סנטימטרים) או מטבעות
					
		5-15		2-15	מתלה (מתיל)
					
		50-150		20-300	אטבי כביסה
x	x	x	x		משהו לתלות עליו את הפסלים, כמו מתלה בגדים, ארגונית, חבל כביסה, ווים, או כל דבר הולם אחר
		סליל אחד		סליל אחד	חוט
		5		5	מטאטא
		1		1	נדנדה (אופציונאלי)
	1			1	מצלמה (אופציונאלי)
	x				חפצים לתלייה (שהתלמידים יביאו בעצמם)
	2			2	שטיכמוס (צינור שקוף עם מים לשימוש כפסל)
					חומרים לחיבור ולהדבקה
5	5		5	15	נייר דבק
5	5		5	5	דבק

חומרים	סך הכל	פרק 1	פרק 2	פרק 3	פרק 4
סלילי תיל למלאכת יד (בעובי 0.25 סנטימטרים)	10	2		5	2
מהדקי נייר	150	50		50	50
כלי עבודה					
מספריים לילדים	30	30		30	30
צבת (זהירות, סכנת פציעה)	10	10		10	10
					
מרצע/מקב (זהירות, סכנת פציעה)	5	5		5	5
					
מוטות לבניית הפסל					
שיפודים (20 סנטימטרים)	150	50		50	50
קשיות שתייה (20 סנטימטרים)	150	50		50	50
קסמי עץ (5-6 סנטימטרים)	150	50		50	50
מוטות מעץ בלזה או כל עץ קשה אחר, כמו אלון, אשור, אדר וכדומה (20-30 סנטימטרים)	30			20	10
מוטות פלסטיק (20 ו 30 סנטימטרים)	30			20	10
חוטים וחבלים (ניתן לבחור מהמוצע)					
רפיה	2	2		2	2
					
חוט כותנה (או כותנה מעורבת)	2	2		2	2
חבל לאריזה / חבל שזור (עובי של כ 2 מ"מ)	2	2		2	2

חומרים	סך הכל	פרק 1	פרק 2	פרק 3	פרק 4
חוט תפירה (גודל 20)	2	2		2	2
חוטי ניילון (עובי 0.15 מ"מ)	2	2		2	2
חוטי רקמה	2	2		2	2
פקעת צמר	2	2		2	2
חפצים לתלייה על הפסל (ניתן לבחור מהמוצע)					
חרוזי זכוכית (קוטר 6-12 ס"מ)	250	100		100	50
חרוזי עץ (קוטר 6-12 ס"מ)	250	100		100	50
בלונים	60	30		20	10
חומרים טבעיים כמו חלוקי נחל, צדפים, ערמונים, בלוטים, אצטרובלים, עלים וענפים	30	30			
גליות	50	20		20	10
מברגים (2-5 ס"מ)	20 - 30			10 - 20	10
שיבות (קוטר 1-2 ס"מ)	20 - 30			10 - 20	10
כדורי קלקר (בקוטר 3-6 ס"מ)	30 - 50	10 - 20		10 - 20	10
פקקי שעם	30 - 50	10 - 20		10 - 20	10
דפי עבודה					
צילומים 1-3 (צילומים של פסלים תלויים)	ערכה אחת	ערכה אחת			
דפי עבודה 4-7, הדרכה לניסויים	30 ערכות		30 ערכות		
דפי עבודה 8-11, תיעוד ממצאי הניסוי	30 ערכות		30 ערכות		
דף עבודה 12, ציור של עגורן	1		1		
דף עבודה 13, עגורן	30 דפים		30 דפים		
גיליון תשובות, עגורן	1		1		
דפי עבודה 15-22, קלפי הצעות	ערכה אחת		ערכה אחת		

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

- 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, ומספריים 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

אופן העבודה בכיתה

- עבודה בקבוצות
- דיון במליאה
- המקדימה

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

0.4

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

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



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



חלק ב'

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

סיכום – 10 דקות – דיון במליאה

0.5

המורה תזכיר לתלמידים את מה שרשמו על הפתקיות הנדבקות מתחילת השיעור ותסב את תשומת לבם למה שחשבו בתחילת התהליך לעומת מה שהם חושבים עכשיו, בסופו של התהליך. המורה תבקש מהתלמידים לחשוב על המקום שממלאים הנדסה וטכנולוגיה בחיינו ותסכם את הנקודות המרכזיות שעלו בדיון:

- משמעות המילה טכנולוגיה היא מעשה ידי אדם. אנשים (מהנדסים) מתכננים מפתחים ובונים חפצים/מוצרים/אביזרים/תהליכים על מנת לפתור בעיה או לתת מענה לצורך קיים או עתידי.
- לשם כך עליהם לבצע תהליך מחשבתי ומעשי כדי לפתור את הבעיות הניצבות בפניהן; כמה מהתוצאות של תהליכים אלו מוצלחות מאוד, ואילו אחרות מוצלחות פחות. התהליך כולל שלב של הערכה ושיפור של הרעיון המקורי.
- אין טכנולוגיה 'מפותחת' (High-Tec) וטכנולוגיה 'פרימיטיבית' (Low-Tec). יש טכנולוגיה **מתאימה** לצרכים ולמשאבים העומדים לרשות המהנדסים והחברה בזמן ובמקום נתונים.
- יש מגוון תחומי הנדסה ובעיות הנדסיות מסוגים שונים, שמהנדסים ומהנדסות מכל רחבי העולם מנסים למצוא להן פתרון.



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

0.6 הערכה של הישגים ותוצאות - פעילות בחירה

בסוף השיעור תלמידים צריכים להיות מסוגלים:

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

פרק 1 – הצגת הצורך ומשימת האתגר ההנדסית

משך הפרק: 90 דק'



מטרות:

- התלמידים ילמדו מהן משימות אתגר הנדסיות, ואת האופן שבו יש לגשת לבעיות אלו.
- התלמידים ילמדו מהי אמנות קינטית, מהו פסל קינטי ומהו מובייל.
- התלמידים יכירו דרכים שונות לבניית מוביילים, ויבנו דגם ראשוני של מובייל.

ציוד וחומרים (ל 30 תלמידים):



1X ערכה של דפי עבודה 1-3 פרק 1	2X סלילי רפייה	חומרי חיבור והדבקה (ניתן לבחור מההיצע):
60X כרטיסיות	2X סלילי כותנה	
30X מחברות	2X חבל אריזה (חבל שזור)	
30X עפרונות	X סלילים של חוטי ניילון	
מתלה לפסלים	2X סלילים של חוטי רקמה	
חומרים לחיבור ולהדבקה:	2X פקעות צמר	
5X נייר דבק	חומרים לפסלים (ניתן לבחור מההיצע):	
5X דבק פלסטי	100X חרוזי זכוכית	
2X חוטי תיל למלאכת יד	100X חרוזי עץ	
50X מהדקי נייר	30X בלונים	
כלי עבודה:	30X חומרים טבעיים	
30X זוגות מספריים	20X גליות	
10X פלאיירים (זהירות, כלי מסוכן)	30X כדורי קלקר	
5X מרצע/מקב (זהירות, כלי מסוכן)	20X פקקי שעם	
מוטות לבניית הפסלים		
50X שיפודים		
50X קשיות שתייה		
50X קיסמים		

אופן העבודה בכיתה:

עבודה בקבוצות
דיון במליאה

הכנות לפני השיעור:

להכין ולארגן את החומרים
להדפיס את דפי העבודה של פרק 1



תקציר הפרק:

בשלב איסוף המידע בתהליך התיכון ההנדסי אנחנו מסבירים לתלמידים מהם מוביילים (פסלים קינטיים). לאחר מכן יתבקשו התלמידים לבנות מוביילים מאוזנים. העבודה המעשית מאפשרת לתלמידים להתחיל לחשוב על רעיונות כדי לפתור בהצלחה את משימת האתגר ההנדסית.



1.1 פתיחה – הצגת משימת האתגר ההנדסית – דיון במעגל – 15 דק'

המורה תושיב את הכיתה במעגל (על כיסאות או על הרצפה) ואחר כך תציג בקצרה את משימת האתגר ההנדסית באמצעות הקראה של הסיפור בנספח.



הושבת התלמידים במעגל מאפשרת לכל התלמידים לראות זה את זה ומשדרת תחושה שכולם שווים. המעגל מתאים במיוחד לשם הדגמה או ניהול דיון ממוקד. המעגל גם מאפשר הצגה של חפצים הרלוונטיים לשיעור; המורה יכולה להציג את החפץ, להרים אותו כדי לאפשר לכל התלמידים לראות, או להעביר אותו מתלמיד לתלמיד במעגל. המעגל מעודד דיון פתוח ושיתוף פעולה. הצלחת שיתוף הפעולה בין התלמידים מחייב קבלה של כללים והסכמות ברורים, אותם קל יותר להשיג כאשר התלמידים ישובים במעגל.

"במהלך השיעורים הבאים אנחנו הולכים לדבר על מוביילים (פסלים קינטיים), מפני שפאולו מכחולוני רוצה לבנות פסל כזה. המשימה הבאה שלכם היא לבנות מובייל מאוזן בזוגות."

לאחר מכן תעביר המורה בין התלמידים את דפי העבודה 1-3 של פרק 1, שבהם מוצגים צילומים של מוביילים ותגיד: "אנחנו רוצים להבין איך אפשר לזהות מובייל מאוזן. האם אתם שמים לב לפרטים מיוחדים שמעידים על כך שהמובייל מאוזן?"

לצילומים נוספים של מוביילים ר': <http://pinterest.com/search/pins/?q=mobile>



הצילומים נועדו לעורר מה שניתן לכנות "אימפולסים אילמים". אימפולסים אילמים יכולים לבוא לידי ביטוי בדרכים שונות כמו בהצהרות או במקרה הזה בצילומים, אשר נועדו לעורר דיון פתוח בין התלמידים. המורה בשלב זה כמעט ולא תיקח חלק בדיון, אלא תאפשר לתלמידים לנהל אותו ביניהם. יש לשמוע את כל הרעיונות, המחשבות וההצעות. הכלל החשוב ביותר הוא שמותר לטעות, ושכל אחד יכול לחלוק את מחשבותיו עם האחרים מבלי שילגעו לו או יטיחו בו ביקורת לא נעימה.



המורה תרשום את המאפיינים המרכזיים של מוביילים שהתלמידים מעלים במהלך הדיון.

פירוט נוסף של המאפיינים המרכזיים של מוביילים, כמו מפלסים ("קומות"), חפצים תלויים ושיווי משקל, ניתן למצוא בהמשך.



המורה תזכיר לתלמידים את תהליך התיכון ההנדסי ואת השלב הראשון בו: שלב איסוף המידע והעלאת השאלות. הדבר ישמש כזרז לשלב הבא של השיעור, שבו התלמידים יתבקשו להתחלק לקבוצות של ארבעה תלמידים.

1.2 מה השאלה? – עבודה בקבוצות – 10 דק'

הפעילות העיקרית בפרק 1 תיעשה בקבוצות קטנות שייבחרו על ידי המורה, כשכל קבוצה מורכבת מארבעה תלמידים לכל היותר.

המורה תגיד לתלמידים:

"המשימה שלכם היא לרשום בכרטיסיות את כל השאלות והנושאים שקשורים למוביילים שעולים בקבוצה שלכם. אחרי זה, כשנשב במעגל, נפזר את כל הכרטיסיות על הרצפה. את הכרטיסיות שבהן מופיעים שאלות או נושאים זהים נשים זו על גבי זו."

"כבר אספנו הרבה שאלות. יש מישהו שיכול לענות על אחת השאלות שמופיעות פה?"

המורה תרשום את השאלות על הלוח ואת הדיון לגביהן תערוך בשלב מאוחר יותר, במהלך פרק 2 ו 3, או לקראת סוף היחידה, על פי ראות עיניה.

שאלות לדוגמא:

- מהם חומרי בנייה?
- אילו חפצים ניתן לתלות?
- אילו דרכים יש כדי לחבר את החפצים התלויים?
- אילו מוטות?
- אילו כלי עבודה?
- איזה רקע מדעי אנו צריכים כדי לפתור את המשימה?
- אילו עקרונות פעולה בסיסיים עלינו להבין?

1.3 בנייה של דגם ראשוני – פעילות בקבוצות – 45 דק'

בשלב זה התלמידים יערכו ניסיונות ראשוניים בבניית מוביילים באמצעות חומרים פשוטים. המורה תציג את החומרים לבניית המוביילים, ותסביר לתלמידים כיצד להשתמש במחברת התיעוד כדי לתעד את הממצאים ואת תהליך העבודה.



המחברת מאפשרת לתלמידים לתעד את תהליך העבודה שלהם, ומהווה כלי חשוב עבור המורה לאבחון התקדמותו האישית של כל תלמיד/ה. בנוסף, נועדה מחברת התיעוד ללמד את התלמידים להציג את הרעיונות והמחשבות שלהם בצורה בהירה וברורה, באופן שיסייע להם להבין טוב יותר את התהליכים המחשבתיים של עצמם ושל אנשים אחרים. הבנה כזו מעודדת חילופי רעיונות ושיתוף פעולה פורה יותר בין התלמידים.

הנה הצעה למורה כיצד להציג את המחברת בפני התלמידים:

- "במהלך השיעורים הבאים תעבדו עם מחברת התיעוד. במחברת הזאת כל אחד ירשום את הרעיונות שלו, את ההצעות שלו לפתרון הבעיה, את ההמצאות שלו ואת התוצאות. זה יעזור לכם לזכור מה כבר עשיתם ומה אתם עוד צריכים לעשות. ככה גם עובדת אוולין, המהנדסת מהסיפור שלנו. כל מחברת עם דפים חלקים ו/או דפים שאפשר לתלוש יכולה לשמש כמחברת תיעוד".
 - "משימת האתגר ההנדסית שלכם בשלב זה היא לבנות דגם ראשוני של מובייל במשך 25 דק' בהתאם לשלבים הבאים:
 - לכתוב או לשרטט את הרעיון או הרעיונות שלכם במחברת התיעוד.
 - לבדוק אם הרעיונות שלכם עובדים גם במציאות, ולראות איך אפשר לשפר אותם"
- אחרי כ 25 דקות המורה תחליט אילו קבוצות יציגו את הדגמים הראשוניים שלהם בפני הכיתה. הקריטריונים לבחירת הקבוצות יכולים להיות:
- פתרונות מוצלחים
 - פתרונות מעניינים ובלתי צפויים
 - פתרונות שיכולים להדגים כיצד ניתן לשפר את שיווי המשקל בין מרכיבי המובייל

1.4 סיכום – 20 דק'

המורה תקשר בין סיפור המסגרת - שבו הפסל פאולו מכחולוני נתקל בבעיה: הוא אינו מצליח לאזן באופן מוצלח בין מרכיבי הפסל הקינטי שלו - ובין משימת האתגר ההנדסית של היחידה: תכנון ובנייה של מובייל (שהוא, כאמור, שם אחר לפסל קינטי). המורה תבחר כמה קבוצות שיענו על השאלות הבאות:

- האם המובייל (הפסל הקינטי) שלכם מאוזן?
- באילו בעיות נתקלתם?
- אילו בעיות הצלחתם לפתור? איך הצלחתם לפתור אותן?
- אילו בעיות עדיין לא הצלחתם לפתור?

"באמצעות תהליך של ניסוי וטעייה מצאתם הרבה פתרונות מוצלחים לבניית מוביילים. כדי לבנות מובייל מאוזן כמו מהנדסים אמיתיים, נלמד בשיעור הבא על שיווי משקל, מרכז כובד וכוחות פיזיקליים.

פרק 2 – מה אנחנו צריכים לדעת? איסוף מידע על שיווי משקל, על כוחות פיזיקליים ועל הנדסת מכונות

משך הפרק: 100 דק' (120 דק' כולל פעילות הבחירה)



מטרות הפרק:

- התלמידים יערכו היכרות ראשונית עם מושגים מדעיים בסיסיים כמו כוחות פיזיקליים, כוח נגדי, שיווי משקל, ומרכז כובד.
- התלמידים ילמדו לקשר בין מושגים אלו ובין עבודתם של מהנדסים ומהנדסות.
- התלמידים ייוכחו לדעת שמחברות התיעוד יכולות לשמש כלי לימוד מועיל ביותר.

ציוד וחומרים (ל 30 תלמידים):



- | | |
|---|---|
| ☐ 5-15 עפרונות לא-עגולים | ☐ 30X מחברות תיעוד |
| ☐ 20-150 אסימוני עץ או מטבעות | ☐ 30X עפרונות |
| ☐ 5-15 מתלי תיל | ☐ 30X דפי עבודה 4-7 (הדרכה לניסויים) |
| ☐ 50-150 אטבי כביסה | ☐ 1X דף עבודה 12 (ציור של עגורן) |
| ☐ חבל (כזכור, ישנו היצע רחב ברשימת החומרים) | ☐ 30X דפי עבודה 13 ("עגורן") |
| ☐ מקום לתליית המוביילים (לדוגמה, מתלה בגדים) | ☐ 1X דף עבודה 14 (תשובות לדף העבודה) |
| ☐ נדנדה בגודל מלא (אופציונאלי) | ☐ "עגורן" |
| | ☐ 5X מטאטאים |

אופן העבודה בכיתה:

- דיון מונחה במעגל
- ניסויים
- עבודה בזוגות

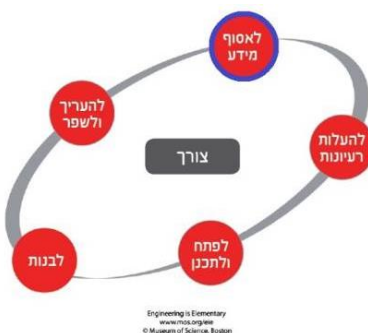
הכנות לפני השיעור

- ארגון החומרים
- הדפסה וצילום של דפי העבודה
- הכנת עמדות עבודה לניסויים



תקציר הפרק

בפרק 2 נמשיך לעסוק בשלבים של 'איסוף המידע' ו'העלאת הרעיונות', שבהם התחלנו לעסוק בפרק 1. בפרק זה נציג לראשונה את המושגים הפיזיקליים הבסיסיים הדרושים לנו כדי לעבור בהצלחה לשלב הבא. בעמדות העבודה השונות יערכו התלמידים ניסויים העוסקים בשיווי משקל, כוחות ומרכז כובד. ניסויים אלו יעזרו להם להבין את הגורמים שעליהם לקחת בחשבון במהלך התכנון והבנייה של המובייל. בשלב הבא, תעמוד הבנת המושגים של התלמידים למבחן באמצעות היכולת להבין את המבנה ואופן הפעולה של עגורן. בסוף הפרק יהיה לתלמידים ידע תיאורטי ומדעי מוצק שיאפשר להם לתכנן ולבנות מובייל מאוזן.



2.1

פתיחה – דיון במעגל – 10 דק'

בדיון במעגל, תזכיר המורה לתלמידים את הידע שהם רכשו בפרק הקודם על מוביילים ופסלים קינטיים, ואת הבעיות שהם נתקלו בהן כשהם ניסו לבנות מוביילים משלהם. המורה תזכיר לתלמידים את סיפור המסגרת על האמן פאולו מכחולוני שמבקש עזרה מאוולין המהנדסת (אימו של אחד התלמידים בבית הספר) בבניית פסל קינטי. המורה תסביר לתלמידים שהניסויים בפרק זה נועדו לעזור להם להבין תופעות פיזיקליות הקשורות בכוחות, שיווי משקל ומרכז כובד.

המורה תחלק את הכיתה לזוגות וגיד לתלמידים שהם עומדים לערוך שלושה ניסויים בכיתה (את הניסוי הרביעי ניתן לערוך רק אם יש נדנדה בשטח בית הספר). כאשר לכל ניסוי מצורף דף הדרכה (**דפי עבודה 4-7 פרק 2**) ודף לתיעוד התוצאות (**דפי עבודה 8-11, פרק 2**) שבו יכתוב כל תלמיד את תוצאות הניסויים.

המורה יכולה לנהל את השיעור בשלוש דרכים שונות. כדי לבחור את האפשרות המתאימה ביותר, עליה לשקול עד כמה התלמידים בכיתה רגילים לערוך ניסויים.

- התלמידים רשאים לבחור באיזה סדר הם רוצים לערוך את הניסויים. כל זוג יערוך את הניסויים בסדר הרצוי לו.
- הניסויים יערכו בסדר מוגדר. כשהמורה תיתן את האות, כל הקבוצות יתרכזו במקום אחד.
- התלמידים יישארו במקומותיהם וינהלו את הניסויים בזה אחר זה. לאחר שהם סיימו לערוך את הניסוי, הם יעבירו את החומרים בתחנה שלהם לקבוצה הבאה בתור.

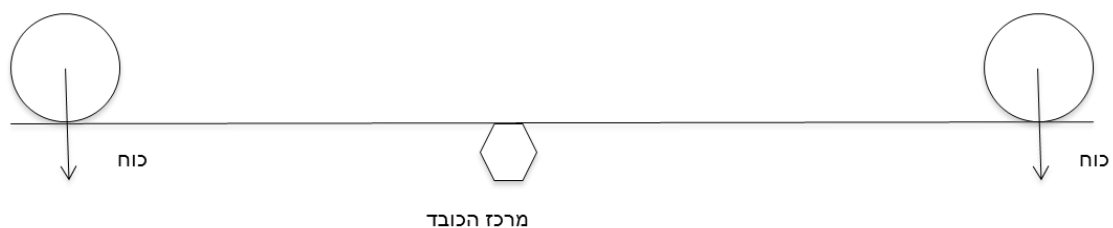
2.2

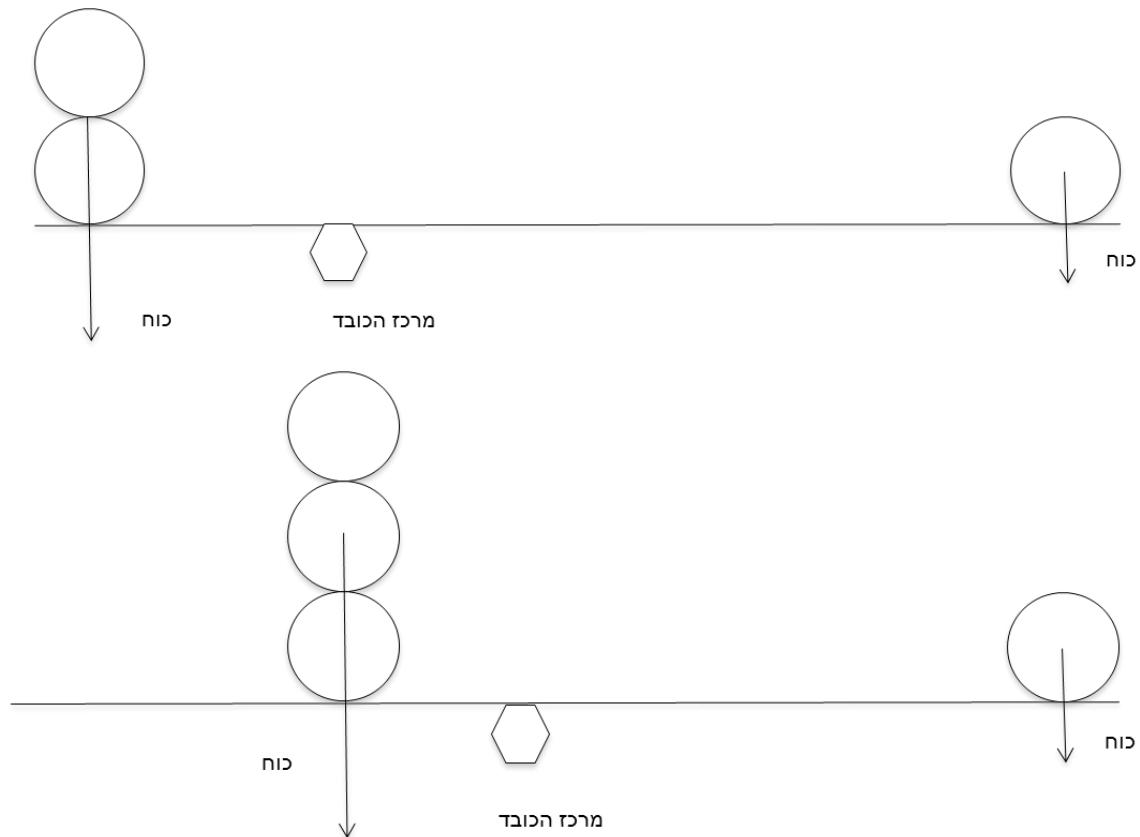
ניסויים – פעילות בזוגות – 45 דק' (65 דק' אם עורכים גם את הניסוי הרביעי)

הפעילות בפרק זה נועדה לערוך לתלמידים היכרות באמצעות ניסויים הקשורים לעקרונות הפיזיקליים המרכזיים הדרושים לשם בניית מוביילים מאוזנים. המושגים עליהם ילמדו במהלך השיעור הם כוחות (כוח וכוח נגדי), שיווי משקל ומרכז כובד.

ניסוי 1 - נדנדה מסרגל

חומרים: עיפרון לא-עגול, סרגל, אסימוני עץ או מטבעות
המשימה: יש להניח את העיפרון מתחת לסרגל ואז לנסות ולאזן את הסרגל. יש להניח את אסימוני העץ או המטבעות באופן שהם לא יפרו את שיווי המשקל של ה'נדנדה'.
המטרה: להבין את הכוחות הפיזיקליים השונים הפועלים על גוף, ואת תופעת שיווי המשקל. הבנת מושגים אלו תעזור לתלמידים לתכנן ולבנות מוביילים מאוזנים ויציבים.
הערה: אפשר לערוך את הניסוי ברמת קושי גבוהה יותר אם משתמשים בחלוקי אבן במקום באסימוני עץ.





ניסוי 2 - מתלה

חומרים: מתלה מחוט תיל, אטבי כביסה, חבל, מקום לתלייה
משימה: יש לתלות את המתלה על חוט ואחר כך לשים מספר שונה של אטבי כביסה בכל צד, מבלי להפר את האיזון ושהמתלה יישאר בשיווי משקל.
מטרה: להבין את הכוחות הפיזיקליים השונים הפועלים על גוף, ואת תופעת שיווי המשקל. הבנת מושגים אלו תעזור לתלמידים לתכנן ולבנות מוביילים מאוזנים ויציבים.

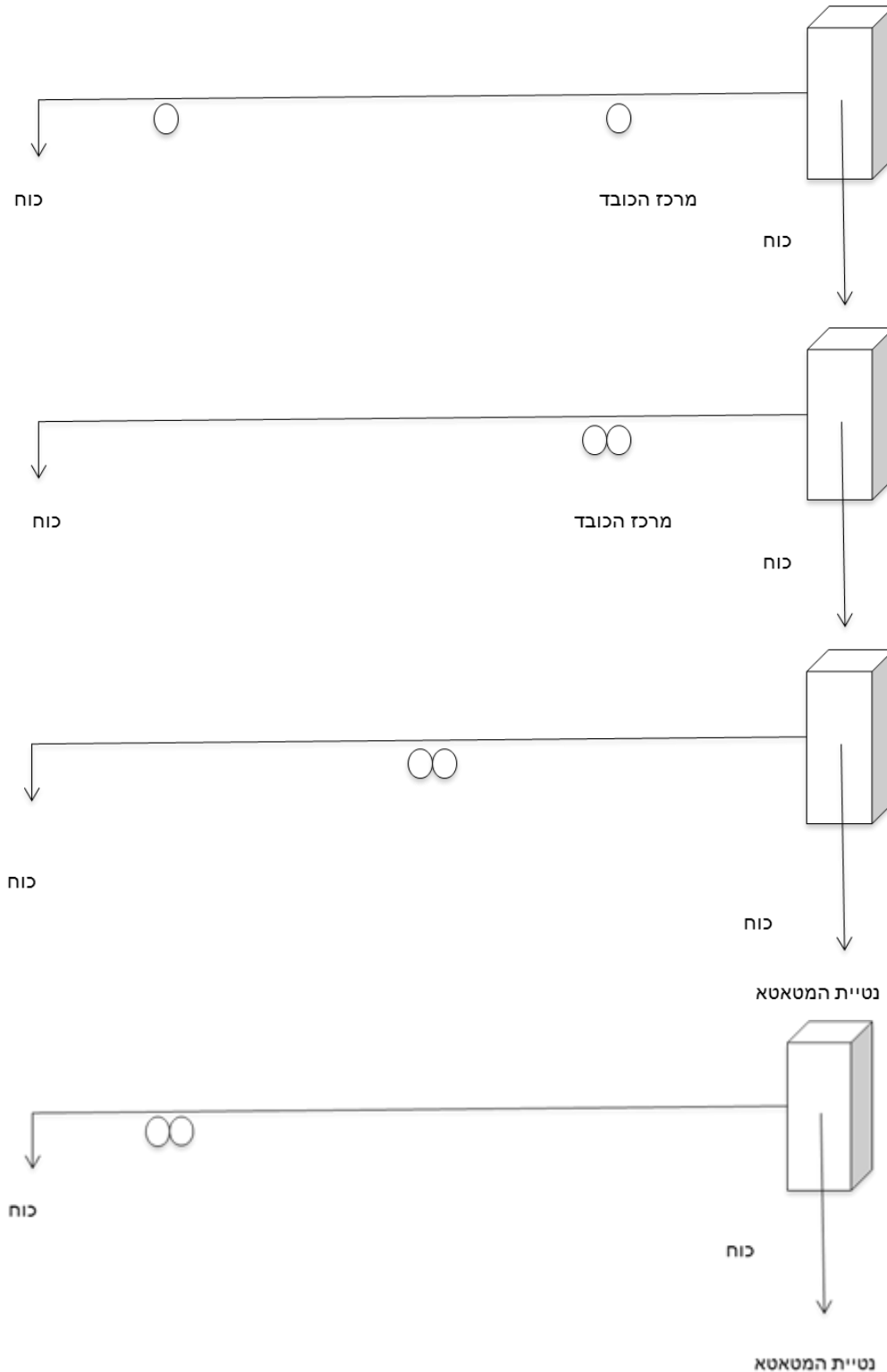
ניסוי 3 - מטאטא

חומרים: מטאטא
משימה: לפרוש את הזרועות. בן הזוג שלכם ישים את המטאטא בזהירות בין ידיכם (עדיף על האצבע בכל יד) כך שיישאר מאוזן.
ניתן ללוות את הניסוי בשאלות מנחות מצד המורה:
– האם אתם יכולים להחליק את שתי האצבעות לעבר מרכז המטאטא?
– האם אתם יכולים להחליק את שתי האצבעות בו-זמנית על מקל המטאטא? או למה המטאטא מחליק רק על אצבע אחת, לא משנה היכן תניחו אותו, כך שבסוף תמיד שתי האצבעות נפגשות בנקודה אחת?
– האם קשה יותר להזיז שתי אצבעות מאשר אחת? אם כן, איזו מהאצבעות קל לכם יותר להזיז? למה?
– לאיזה צד נוטה המטאטא? למה?
– למה האצבעות שלכם לא באמצע למרות שהמטאטא מאוזן?
מטרה: להבין את מרכז הכובד של גוף לא-הומוגני (שמשקלו אינו מפוזר באופן שווה בכל נפחו).
האצבעות למעשה נפגשות מתחת למרכז הכובד של המטאטא שהוא אינו המרכז הגיאומטרי שלו.

לשם ביצוע הניסוי חשוב שיהיה מקום מתאים בחדר, כדי שאף אחד מהילדים לא יפצע אם המטאטא ייפול או יטה על צדו. מרכז הכובד נמצא בידיית המטאטא, מעט לפני המברשת.



מרכז הכובד אינו נמצא בהכרח במרכז החפץ. מרכז החפץ הוא הגדרה גיאומטרית, והיא הנקודה הקצרה ביותר מכל נקודה של החפץ. מרכז הכובד, לעומת זאת, מתייחס לכוחות הפיזיקליים ולכוחות הנגדיים הפועלים על החפץ, והוא מוגדר כנקודה שאותה ('כאילו') מושך כדור הארץ כלפי מטה.



ניסוי 4 - נדנדה (פעילות בחירה)

חומרים: נדנדה

משימה: יש לאזן את הנדנדה עם מספר משתנה של ילדים.

מטרה: להבין את מושג שיווי המשקל; לראות את ההשפעה של שינוי המשקל על מאזן הכוחות הפיזיקליים.

הכיתה כולה יכולה להשתתף בניסוי.



המורה תיקח את תפקיד המשקיפה ותנחה את הדיון בעזרת הפניית תשומת לבם של התלמידים לסוגיות הבאות:

- בעיות/קשיים
- ניסויים מוצלחים
- הסברים מוצלחים
- בנוסף, המורה יכולה לסייע במקרה הצורך בדרכים הבאות:
 - להבהיר לתלמידים את הנחיות הניסוי.
 - לעזור לתלמידים לנסח את אופן ההתנהלות של הניסוי ולתעד את התוצאות במחברות שלהם.

סיכום - דיון מונחה – 45 דק'

2.3

המורה תושיב את התלמידים במעגל ותבקש מהם לפרוש את דפי התיעוד על הרצפה. המורה תדון בכל אחד מהניסויים, תוך הפניית תשומת לבם של התלמידים לשאלות הבאות:

- מה עשינו בניסוי?
- למה שמתם לב כשערכתם את הניסוי?
- למה לדעתכם זה קרה?
- איך זה קשור לתכנון ולבנייה של מובייל?
- המורה תדון בתשובות התלמידים, כשהיא משלימה את הדיון במונחים המדעיים הדרושים. על המורה להדגיש מה העקרונות הפיזיקליים שמדגים כל אחד מהניסויים, או לבקש מהתלמידים לנקוב בשם בעצמם. הנה המונחים הרלוונטיים לדיון:
 - כוח
 - כוח נגדי
 - מרכז כובד
 - שיווי משקל

כדי לעקוב אחר התקדמות התלמידים ומידת ההבנה שלהם, המורה יכולה להיעזר בגיליונות התיעוד או במחברות התיעוד.



בחלק הבא של פרק 2, המורה תראה לתלמידים את ציור העגורן המופיע בדף עבודה 12, ותבקש מהם להגיד מה מושך את תשומת לבם. המורה תמקד את תשומת לבם של התלמידים בנקודות הרלוונטיות לנושא השיעור באמצעות השאלה: "מה הקשר בין העגורן שבתמונה ובין הניסויים שערכנו קודם?".

גם הפעם המורה תשוב ותדגיש את המינוחים המדעיים 'כוחות פיזיקליים', 'כוח נגדי', 'שיווי משקל' ו'מרכז כובד' כדי לוודא שהתלמידים יוכלו לענות כהלכה על השאלות הבאות בדף עבודה 13 פרק 2.

- איפה הכוחות הפיזיקליים פועלים?
- מה זה כוח פיזיקלי?
- מה זה כוח נגדי?
- מה זה שיווי משקל?
- מה זה מרכז כובד?

אפשר לתת את דף עבודה 13 פרק 2 כשיעורי בית. אפשרות אחרת, כמובן, היא לעשות אותו בכיתה.

אפשר להשתמש בסוגים נוספים של עגורנים ומנופים. תמונות של מנופים ועגורנים נוספים ניתן למצוא באתרים הבאים:

<http://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=turmdrehkran&title=Special%3ASearch>

(אנגלית)

<http://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=tower+crane&title=Special%3ASearch>

(אנגלית)

Page: 24

<http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A2%D7%92%D7%95%D7%A8%D7%9F>

(חומר על עגורן בעברית)

לסיום, ניתן לבקש מהתלמידים להביא דוגמאות נוספות מחיי היומיום. לדוגמה:

- להטוטנים – להטוטנים שהולכים על חבל שומרים על שיווי משקל בעזרת פרישה של הזרועות לצדדים או באמצעות שימוש במוט. התנועה קדימה ואחורה של החבל הרפוי, יכולה לעזור לאמן הטרפז לשמור על שיווי המשקל.
- חרב – מרכז הכובד של החרב קרוב יותר לידיה מאשר לקצה הלהב (בדומה למטאטא). כאשר אומן מומחה מחשל חרב, הוא מקפיד שמרכז הכובד יהיה ממוקם קרוב יותר או רחוק יותר מהידיה, בהתאם לדרישות הטכניות (לדוגמה, דיוק – ככל שמרכז הכובד יהיה קרוב יותר לידיה יהיה קל יותר לנעוץ את החרב המיקום המדויק).
- הכף הקדמית של דחפור – הכוח המופעל על ידי המטען המורם מאוזן באמצעות משקלו של גוף הדחפור.
- מאזניים – המאזניים מורכבים ממוט עם ציר במרכזו, שאליו מחוברות שתי קערות שקילה. החפצים המונחים בתוך קערות השקילה מפעילים כוחות הקובעים אם המאזניים יהיו מאוזנים או לא.

לבסוף, יש לבקש מהתלמידים להביא חפצים לפרק 3:

"אנחנו רוצים להשתמש בידע שרכשנו בשיעורים הקודמים כדי לבנות מובייל. אני מבקשת מכם להביא כל מיני חפצים שאפשר לתלות על המובייל לשיעור הבא. אלו יכולים להיות חלוקי נחל, צדפים, מזכרות, צעצועים קטנים, וכל דבר אחר שנראה לכם מתאים. אתם יכולים לבנות מובייל שמתרכז בנושא מסוים. לדוגמה, חוף ים, צעצועים, חיות, יער, חלליות, אווירונים, או כל נושא אחר שמעניין אתכם וקרוב ללבכם".

פרק 3 – כאן בונים! תכנון ובנייה של מובייל

משך השיעור: 105 דק'



מטרות הפרק:

- התלמידים ילמדו להשתמש נכון בכלי עבודה ויפתחו את כישוריהם המוטוריים.
- התלמידים יישמו את שלבי התכנון והבנייה בתהליך התיכון ההנדסי.
- התלמידים יפעלו בשיתוף פעולה תוך פיתוח כישורי הארגון שלהם ודרך פעולה מובנית בביצוע המשימה.

חומרים ל 30 תלמידים (שש קבוצות של חמישה תלמידים):



6X מסקינגטייפ	□	30X מחברות תיעוד	□
6X חבלים או חוטי דייג	□	30X עפרונות	□
חוטים וחבלים (לבחירה מתוך ההיצע)		דפי עבודה 15-22 (קלפי הצעות)	□
2X סלילי רפיה	□	מצלמה (אופציונאלי)	□
2X סלילי כותנה	□	חומרים לחיבור ולהדבקה	
2X סלילים של חוטי תפירה	□	נייר דבק	□
2X סלילים של חוטי רקמה	□	דבק פלסטי	□
2X סלילים של חוטי ניילון	□	סלילי תיל	□
2X פקעות צמר	□	30X מהדקי נייר	□
חפצים לתלייה על המוביילים (לבחירה מההיצע)		כלי עבודה	
100X חרוזי זכוכית	□	30X זוגות מספריים	□
100X חרוזי עץ	□	10X פלאיירים (זהירות, כלי מסוכן)	□
30X בלונים	□	5X מרצע (זהירות, כלי מסוכן)	□
20X גליות	□	מוטות	
30X כדורי קלקר	□	50X שיפודים	□
10-20 מברגים	□	50X קשיות שתייה	□
10-20X פקקי שעם	□	50X קיסמים מעץ	□
חפצים אחרים לבחירת התלמידים	□	20X מוטות עץ	□
		20X מוטות פלסטיק	□

אופן העבודה בכיתה:

הכנות לפני השיעור:



- להכין את החומרים
- להדפיס ולצלם את דפי העבודה של פרק 3
- להכין מתלה למוביילים (מתלה לבגדים למשל)
- לעבד בקבוצות
- דיון במעגל

תקציר הפרק

בפרק הנוכחי התלמידים יישמו את הידע המדעי שהם רכשו לשם תכנון ובנייה של מוביילים. אנחנו נמצאים עכשיו בשלבי העלאת הרעיונות, התכנון והבניה של תהליך התיכון ההנדסי.



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

This document is produced under the EC contract № 288989

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

3.1 פתיחה – דיון במעגל – 15 דק'

הכיתה תתארגן במעגל מסביב לחומרים. המורה תזכיר את סיפור המסגרת, את הניסויים שהתלמידים ערכו בפרקים הקודמים, ואת המונחים שנלמדו במהלך אותם שיעורים (כוחות פיזיקליים, כוח נגדי, שיווי משקל ומרכז כובד). עכשיו הגיע הזמן לבנות את המוביילים. אבל ראשית עלינו לקבוע את הדרישות או התנאים שכל המוביילים צריכים לעמוד בהם:

- מפלסים ("קומות"): למובייל צריכים להיות 2 מפלסים לפחות
- כל מפלס צריך להיות מאוזן

בנוסף, המורה תזכיר לתלמידים את תהליך התיכון ההנדסי, ותשאל אותם באיזה שלבים לדעתם הם נמצאים (תשובה: שלבי העלאת הרעיונות, התכנון והבנייה ויכול להיות שאפילו יגיעו בשלב השיפור).

המורה תזכיר לתלמידים את חשיבותם של המושגים המדעיים, שבהם תלויה מידת הצלחתם כמהנדסים ומהנדסות צעירים. המורה תשאל את התלמידים מה המושגים המדעיים שהם הכירו בשיעורים הקודמים (תשובה: כוחות פיזיקליים, כוח נגדי, שיווי משקל, מרכז כובד).

כללי בטיחות:

קישרו את החוטים היטב; יש להדגים לתלמידים כיצד עושים קשרים שאינם נפתחים בקלות. יש להיזהר בזמן השימוש בכלים, לכן חשוב שהמורה תדגים כיצד להשתמש בכל אחד מהכלים.

3.2 בנייה של מובייל מאוזן – פעילות בזוגות – 60 דק'

הכיתה תתחלק לזוגות כדי להתחיל בתהליך התכנון והבנייה בהתאם לדרישות שנקבעו בתחילת השיעור.

התלמידים יצטרכו להחליט באיזה אופן צריך לבדוק שהמוביילים מאוזנים.

אחת הדרכים לעשות זאת היא לשרטט קווים אופקיים על הלוח או על בריסטול, וכך לבדוק אם הקישוטים התלויים על המובייל נמצאים באותו קו. הפעילות הזאת עשויה לעורר שאלות מעניינות בנוגע לשיווי משקל ולכוחות הפועלים על החלקים השונים של המובייל.

הנחיות לתלמידים:

- אתם עומדים לעבוד עכשיו בזוגות.
- בנו בעזרת החומרים העומדים לרשותכם מוביילים מאוזנים.
- אל תשכחו את הדרישות מהמובייל.
- תלו את המוביילים שלכם כשאתם מרגישים שהם מוכנים. וודאו שהם מאוזנים.
- אחרי כל שלב, ציירו את הדגם שלכם ורישמו את התוצאות במחברת התיעוד.
- הכניסו שיפורים במובייל במקרה הצורך.

כדי לבחון את המוביילים, התלמידים יתלו את המובייל על וו ויתעדו את התוצאות במחברת התיעוד.

לפני תחילת שלב ההערכה והשיפור, המורה יכולה לצלם את המוביילים. רצוי, אם אפשר, לתעד גם את שאר שלבי הביניים.

אם זוג תלמידים סיים לפני שאר התלמידים, תמיד אפשר לבקש מהם להכניס שינויים ותוספות במובייל על פי ההוראות בקלפי ההצעות (דפי עבודה 15-22):

- הוסיפו מפלס
- הוסיפו שני מפלסים
- הוסיפו 2,3,4 חפצים תלויים
- קבצו את החפצים התלויים באשכול, אך וודאו שניתן עדיין להניע אותם כקבוצה או בנפרד.
- קשטו את החבל שעליו תלוי המובייל

- הורידו מפלס
- נסו לתלות חפץ אחד קל וחפץ אחד כבד באותו מפלס

3.3 סיכום – 30 דק'

הזוגות יציגו את הרעיונות והפתרונות הייחודיים שלהם בפני הכיתה. המורה תעודד את התלמידים להגיב על המובייל המוצג.

"תארו את התהליך, השיפורים שהכנסתם ואת התוצאות. ספרו לתלמידים האחרים באילו חומרים השתמשתם. איך בניתם את המובייל שלכם? באילו בעיות נתקלתם? האם הצלחתם לפתור אותן? אם כן, איך? באילו כלים השתמשתם? האם התקשיתם בתפעול הכלים?"

על המורה לוודא שהתלמידים משתמשים במושגים, "כוחות פיזיקליים", 'כוח נגדי', 'שיווי משקל' ו'מרכז כובד'.

הנקודה המרכזית בשלב זה היא לעודד את התלמידים לחשוב במונחים של שיפור. איך אפשר לשפר את המוביילים? האם דרישות אחרות מהמובייל היו יכולות לעזור להם להפנים טוב יותר את המושגים המדעיים? הדיון הזה יוביל אותנו לפרק הבא, האחרון ביחידה.

פרק 4 – אז איך הלך לנו? האם עמדנו בהצלחה במשימת האתגר?

משך השיעור: 120 דק'



מטרות הפרק:

- התלמידים יוכלו להשתמש בבטחה ובאופן הנכון במושגים כוחות פיזיקליים, כוח נגדי, שיווי משקל ומרכז כובד.
- התלמידים יפנימו שמושגים מדעיים אלו חשובים לשם פיתרון מוצלח של משימות אתגר הנדסיות בכלל, ושל משימת האתגר ביחידה הנוכחית בפרט.
- התלמידים ייווכחו לדעת ששימוש בתהליך התיכון ההנדסי משפר את כישוריהם ההנדסיים.
- התלמידים ייווכחו לדעת שתמיד אפשר (וחשוב) להכניס שיפורים במוביילים, או בכל מוצר הנדסי אחר.

חומרים (ל 30 תלמידים):



- ☐ 30X מחברות תיעוד
- ☐ 30X עפרונות
- ☐ דפי עבודה 15-22
- ☐ חומרים להדבקה ולחיבור
- ☐ כלי עבודה
- ☐ מוטות למוביילים
- ☐ חפצים שניתן לתלות על המוביילים

אופן העבודה בכיתה:

- עבודה בזוגות
- דיון במעגל
- עבודה פרטנית

הכנות לפני השיעור



- להכין את החומרים
- להדפיס את דפי העבודה
- לתלות את המוביילים שהתלמידים בנו בפרק הקודם

תקציר הפרק

בשלב זה לתלמידים כבר יש את הידע המדעי הנחוץ, והם כבר בנו את המוביילים. זה הזמן לעבור לשלב ההערכה והשיפור בתהליך התיכון ההנדסי.



4.1

פתיחה – סקירה של תהליך התיכון ההנדסי – פעילות בקבוצות/דיון בכיתה – 30 דק'

המורה תושיב את התלמידים במעגל סביב המוביילים שהם בנו בפרק הקודם. המורה תשבח את עבודתם ותדון בדרישות שנקבעו עבור המוביילים. האם כל המוביילים עומדים בדרישות? האם כולם עומדים בדרישות באופן זהה? אילו פתרונות שונים אנחנו רואים לאותה בעיה? אילו פתרונות מוצאים חן בעיניכם במיוחד? האם יש לכם הצעות מועילות כיצד אפשר לשפר את המוביילים? על המורה לשים לב שהתלמידים אינם "מתנגחים", אלא פועלים בשיתוף פעולה ומסייעים זה לזה לשפר את המוביילים באופן בונה ופרודוקטיבי. בנוסף, המורה צריכה להזכיר לתלמידים את תהליך התיכון ההנדסי ולשאול אותם באיזה שלב הם נמצאים עכשיו (תשובה: שלב ההערכה והשיפור). עכשיו התלמידים בשלים להכניס שיפורים במוביילים.

הנחיות:

"עכשיו, כשאתם יודעים מה צריך לשפר ואיך צריך לעשות את זה, אתם יכולים להכניס את השיפורים הדרושים במוביילים שבניתם בשיעור הקודם".

4.2

הכנסת שיפורים במוביילים – עבודה בזוגות – 45 דק'

כל זוג יעבוד על המובייל שלו ויערוך בו את השיפורים הדרושים על פי ההמלצות של עמיתיהם לכיתה.

הצעה: גם בשלב זה המורה יכולה לתעד את השלבים השונים של העבודה.



התלמידים יתעדו את תהליך השיפור במחברות התיעוד:

- מה שיפרנו?
- איך שיפרנו אותו?
- מה היתה הבעיה?
- ציור של המובייל המשופר.

4.3

כתיבת מדריך לבניית מוביילים – עבודה פרטנית – 30 דק'

המורה תסביר לתלמידים שחלק מעבודתם של מהנדסים ומהנדסות היא להסביר לאנשים אחרים מה הם עושים וכיצד הם עושים זאת. לדוגמה, המהנדסת אוולין בסיפור שלנו מסבירה לפאולו מכחולוני ולילדים איך בונים מוביילים. כדי ללמוד איך מלמדים אחרים, אנחנו הולכים לכתוב עכשיו מדריך למשתמש, שישמש קבוצות ויחידים אחרים שרוצים לבנות מוביילים, לדוגמה:

- תלמידים מכיתות אחרות
- חברים, אחים ואחיות

כתיבת המדריך תאפשר לתלמידים להפנים את כל התהליכים והשלבים שהם עברו עד שהם למדו לבנות מובייל מאוזן.

4.4

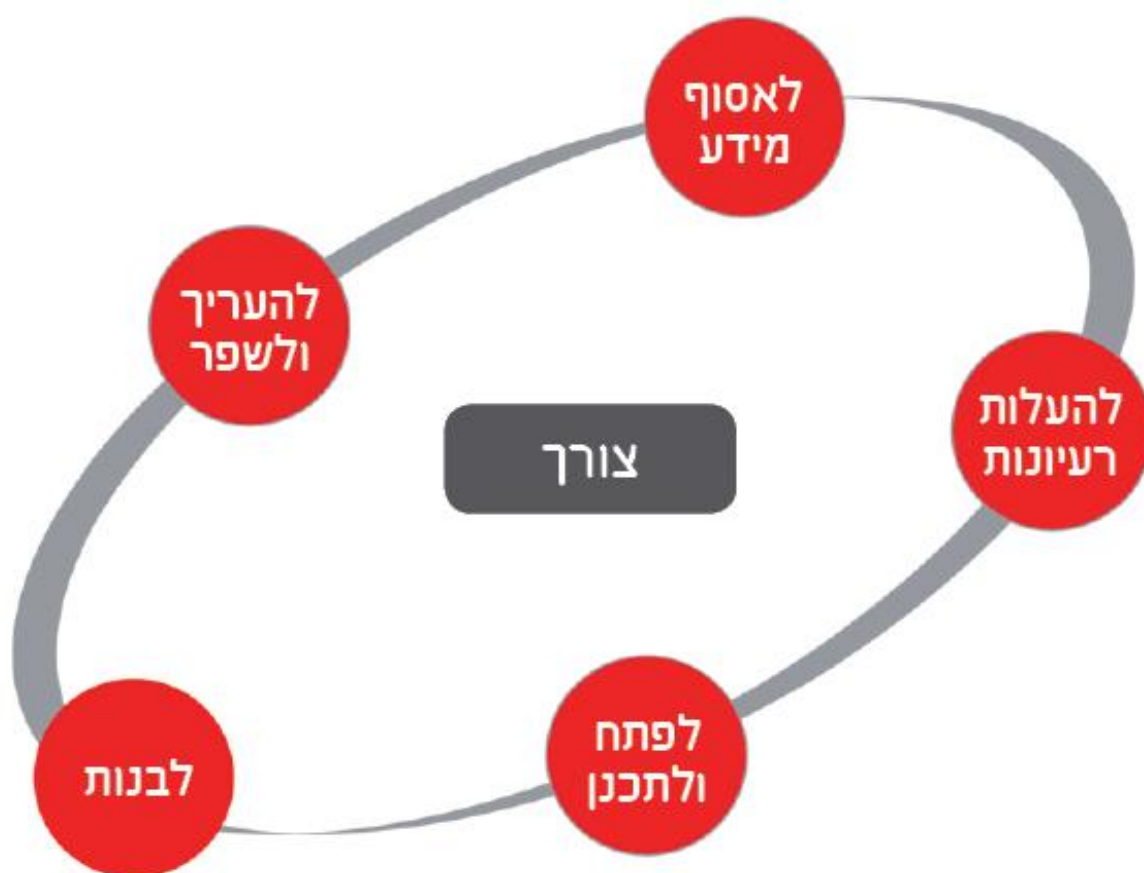
סיכום – דיון במעגל – 15 דק'

המורה והתלמידים יסקרו שוב את תהליך הלמידה ואת ההישגים שהם הגיעו אליהם במהלך יחידה זו. המורה תדגיש את הנקודות המרכזיות:

- למדתם להשתמש וליישם מונחים מדעיים כמו כוחות פיזיקליים, כוח נגדי, שיווי משקל ומרכז כובד.
- למדתם לערוך ניסויים ולתעד את התוצאות.
- למדתם להשתמש בכלי עבודה בצורה נכונה וזהירה.
- הכרתם את תהליך התיכון ההנדסי ואת האופן שבו הוא יכול לעזור לכם כדי לפתור בעיות הנדסיות.
- למדתם לעבוד בשיתוף פעולה ולעזור זה לזה כדי שכולכם תגיעו לתוצאות טובות יותר.

נספחים

נספח 1: תהליך התיכון ההנדסי



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

נספח 2: סיפור מסגרת: תכנון ובנייה של מובייל (פסל קינטי)

סוף, סוף החליטו בבית הספר לעשות שיפוץ מקיף כדי שבית הספר יהווה דוגמה ומופת לבניינים ציבוריים בעיר. האמן המקומי, פאולו מכחולוני, התבקש על ידי הנהלת בית הספר לקשט את האולם המרכזי של בית הספר בפסל קינטי. פסל קינטי (המילה "קינטי" פירושה תנועה ביוונית) הוא פסל שהמרכיב המרכזי בו הוא תנועה. התנועה יכולה להיווצר על ידי ניצול כוחות וגורמים פיזיקליים, עם או ללא מגע של הצופה (באמצעות שימוש במגנט, ברוח, מטולטלות, בשיווי משקל, במנועים חשמליים או אחרים, במנגנונים המבוססים על התזת מים, באנרגיה סולארית ועוד). דוגמה מוכרת לפסל קינטי פשוט היא המוביילים שתלויים מעל למיטות תינוקות ובחדרי ילדים.

פאולו יודע שכדי שהפסל הקינטי שלו יהיה מוצלח הוא צריך להיות מאוזן. כלומר, שמוכרח להיות בו שיווי משקל בין כל החלקים (תזכרו את המושג 'שיווי משקל'. אנחנו עוד נדבר עליו הרבה בשיעורים הבאים).

פאולו כבר בנה דגם קטן של הפסל בסטודיו, אבל הוא מתקשה לאזן בין החלקים השונים. התלמידים בבית הספר מאוד סקרנים לגבי הפסל. לא רק שהם 'מפגיזים' אותו בשאלות, אלא שיש להם גם הרבה רעיונות איך צריך לבנות את הפסל.

פאולו מבין שהוא זקוק לעזרה של איש מקצוע. למזלו, הוא יודע שאימא של אחד התלמידים היא מהנדסת ששמה אוולין ומבקש ממנה לעזור לו. אוולין מגיעה לבית הספר ומסבירה לפאולו ולתלמידים איך משיגים שיווי משקל, שיאפשר לפאולו לבנות פסל קינטי מאוזן ויפה. אחרי ההסבר התלמידים מחליטים להצטרף לפאולו ולהציע לו דגמים משלהם. פאולו מודיע להם שהדגם המוצלח ביותר ייתלה באולם הכנסים של בית הספר, לצד הפסל שלו.

נספח 3: פסלים קינטיים ומוביילים

המוביילים המוכרים לנו ביותר הם מוביילים מהסוג שתלוי מעל ללול תינוקות ובחדרי ילדים. המוביילים כצורת ביטוי אמנותית נוצרו לראשונה בשנות העשרים של המאה העשרים, ונעשו פופולאריים באמנות בשנות החמישים והשישים של המאה העשרים. מוביילים נחשבים לחלק מאמנות קינטית (או פיסול קינטי), כאשר המילה 'קינטי' פירושה ביונית 'תנועה'. המאפיין המרכזי של מוביילים הוא שהם נעים ללא שימוש בכוח חיצוני. המונח מובייל (באנגלית 'נייד' או 'נע') נטבע לראשונה על ידי האמן הצרפתי-אמריקאי מרסל דושאן (-1887, 1968). יצירתו "גלגל אופניים" (1913-1916) נחשב כפסל ה'רדי מיידי' הראשון. מאוחר יותר השתמש דושאן במילה כדי לתאר את הפסלים של אלכסנדר קלדר.

מרסל דושאן התחיל את הקריירה שלו בגיל 15 כצייר אימפרסיוניסטי. הסגנון האמנותי שלו השתנה מקצה לקצה בעקבות ביקור במוזיאון המדע והטכנולוגיה שייסד אוסקר פון מילר במינכן, גרמניה, וביקור נוסף בתערוכה האווירית בפריז, צרפת ב 1912. דושאן כל כך התרשם מהטכנולוגיה ומההישגים התעשייתיים החדשים שהוא הפר את המוסכמות האמנותיות של אותה תקופה ויצר לראשונה את מה שנקרא 'רדי מיידי'. על פי דושאן, הבחירה בחפץ (אובייקט) היא בחירה אמנותית בפני עצמה, המובילה ישירות ליצירת האמנות הסופית. הגישה של דושאן חוללה סערה גדולה בעולם האמנות של זמנו.

רדי מיידי (Readymade, באנגלית) הוא מונח שטבע האמן מרסל דושאן, המתאר אמנות הנוצרת תוך שימוש באובייקטים או בחפצים יומיומיים. השימוש בחפצים 'לאמנות', כשהם מנותקים מההקשר ומהשימוש המקוריים שלהם, הרחיב בצורה משמעותית את החשיבה המקובלת לגבי השאלה מהי אמנות, בייחוד בעידן שבו המוצר ועיצובו תופסים מקום כל כך מרכזי.

אלכסנדר קלדר (1898-1976) היה מהנדס, פסל ואמן אמריקאי. בעבודתו האמנותית הוא ניסה לשלב בין אמנות מופשטת לתנועה. הפסלים הנעים הראשונים שלו היו צעצועים עשויים מחוטי תיל שעליהם היו תלויים חלקים עשויים מחומרים שונים. עולם האמנות בפריז של אותם ימים השפיע עמוקות על קלדר, והחל משנות השלושים של המאה העשרים הוא הרבה להשתמש במוביילים כצורת הביטוי האמנותי המרכזית שלו. אלכסנדר קלדר הגדיר שלושה סוגים של מוביילים:

- מוביילים עומדים (סטטיבלים)
- מוביילים תלויים מהתקרה
- מוביילים תלויים על קיר

אמנות קינטית היא צורת אמנות שמשלבת תנועה כחלק בלתי נפרד מהאמנות. התנועה נוצרת על ידי כוחות טבעיים כמו רוח או מים, או באמצעים מכניים (ובימינו, אפילו באמצעות מחשב). לשם בניית יצירת האמנות, משלבים האמנים לעתים קרובות ידע מדעי וטכנולוגי. בשנות העשרים המוקדמות של המאה העשרים התחילו כמה אמנים לחקור את תחום האמנות בתנועה. התקופה ההיא התאפיינה בשינויים טכנולוגיים מהירים, בתיעוש מואץ ובהתפשטות של כלי רכב כמו מכוניות ומטוסים בקנה מידה נרחב. כל השינויים האלו השפיעו עמוקות על האמנות. האמנים ניסו לשלב את אלמנט התנועה, המאפיין המרכזי של תקופתם, באמנות, ולעשות בתנועה שימוש כאמצעי הבעה אמנותי. בנוסף, תבעו התפתחויות אלו מהצופים לנוע גם כן, כדי להיות מסוגלים להתרשם כהלכה מהעבודה על כל היבטיה.

אוסקר פון מילר עשה שימוש ברעיון של השתתפות פעילה, או צפייה פעילה, שנבעו מהשאיפה של אותו זמן להעניק השכלה לכולם, עשירים ועניים כאחד. במוזיאון המדע שייסד פון מילר במינכן ב 1903 המבקרים רכשו ידע באופן פעיל באמצעות לחיצה על כפתורים. הרעיון היה חדשני בזמנו, מכיוון שעד אז היה נהוג ללמד באמצעות הרצאות, שבהם המרצה נאם והתלמידים רשמו את דבריו, מבלי שתהיה להם אפשרות להסיק מסקנות תוך התנסות. כיום מקובל במוזיאונים למדע, בעיקר אלו שנועדו לילדים, לערוך למבקרים פעילויות

ולאפשר להם לקחת חלק בניסויים שיעזרו להם לרכוש מתוך התנסות פעילה מושגים מדעיים. הגישה הזאת היא פיתוח הרעיון המקורי של פון מילר, שהיה חלוצי בזמנו.

אמנים קינטיים

המובייל הממונע הראשון מיוחס לאמן הרוסי נחום גאבו.

אמנים קינטיים מפורסמים מהעת החדשה

- מרסל דושאן (1887-1968)
 - אלכסנדר קלדר (1898-1976)
 - ג'ורג' ריקי (1907-2002)
 - אדולף לותר (1912-1990)
 - ניקולס שופר (1912-1992)
 - ז'אן טינגלי (1925-1991)
 - ג'ורג' טילמן הינץ (Jörg-Tilmann Hinz) (1947 -)
- יש לציין שעוד בימי קדם נבנו מנגנונים קינטיים אסתטיים שיכולים להיחשב ליצירות אמנות למשל, הרו מתאר בספרו "פניאומטיקה" (מתחילת המאה הראשונה לספירה) למעלה ממאה מנגנונים קינטיים מעניינים, שחלקם לפחות אכן יכול להיחשב ליצירת אמנות.

יצירות קינטיות מפורסמות

- "גלגל אופניים" (מרסל דושאן)
- "לוח זכוכית מסתובב" (מרסל דושאן)
- "גל עומד" (נחום גאבו)
- "קרנוס 15" – עיריית בון (ניקולס שופר)
- Eos XK³ (ז'אן טינגלי. נמצא באוסף של מוזיאון ישראל, ירושלים)
- מזרקת סנט תומס – לונדון (נחום גאבו)
- "נוצות אינדיאניות" (אלכסנדר קלדר)
- "ארבעה מלבנים ברבעים" (ג'ורג' ריקי)
- פסל קינטי מפזר אור, הידוע גם בכינוי "מפזר אור" (לסלו מוהולי-נאג'י)
- מזרקת המים והאש בכיכר דיזנגוף בתל-אביב (יעקב אגם)
- פסלי "טיסה" ו"מודל פיזה" במוזיאון המדע על שם בלומפילד ירושלים (אדוארד ברסודסקי).

מופעי שיווי משקל מדהימים

- http://www.youtube.com/watch?v=i_X8ofNIVSs
- <http://www.youtube.com/watch?v=a3jGKvEjDwI>

דפי עבודה, כולל תשובות

צילומים של פסלים תלויים (פרק 1)

(1) תמונה של פסל קינטי (מובייל)

(2) תמונה של פסל קינטי (מובייל)

(3) תמונה של פסל קינטי (מובייל)

הדרכה לניסויים (פרק 2)

(4) נדנדה מסרגל

(5) מתלה

(6) מטאטא

(7) נדנדה

דפי תיעוד (פרק 2)

(8) נדנדה מסרגל

(9) מתלה

(10) מטאטא

(11) נדנדה

עגורן (פרק 2)

(12) ציור של עגורן

(13) דף עבודה - עגורן

(14) תשובות לדף העבודה עגורן

קלפי הצעות (פרקים 3 ו 4)

(15) קלף הצעות - 1

(16) קלף הצעות - 2

(17) קלף הצעות - 3

(18) קלף הצעות - 4

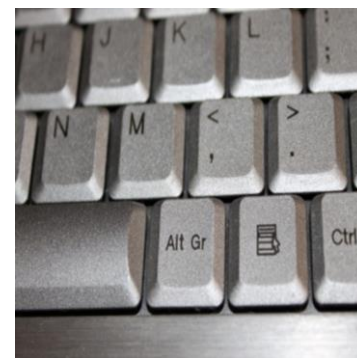
(19) קלף הצעות - 5

(20) קלף הצעות - 6

(21) קלף הצעות - 7

(22) קלף הצעות - 8

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 לפיתרונות של הטבע לצורך פיתרון 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 – תמונה של פסל קינטי (מובייל)

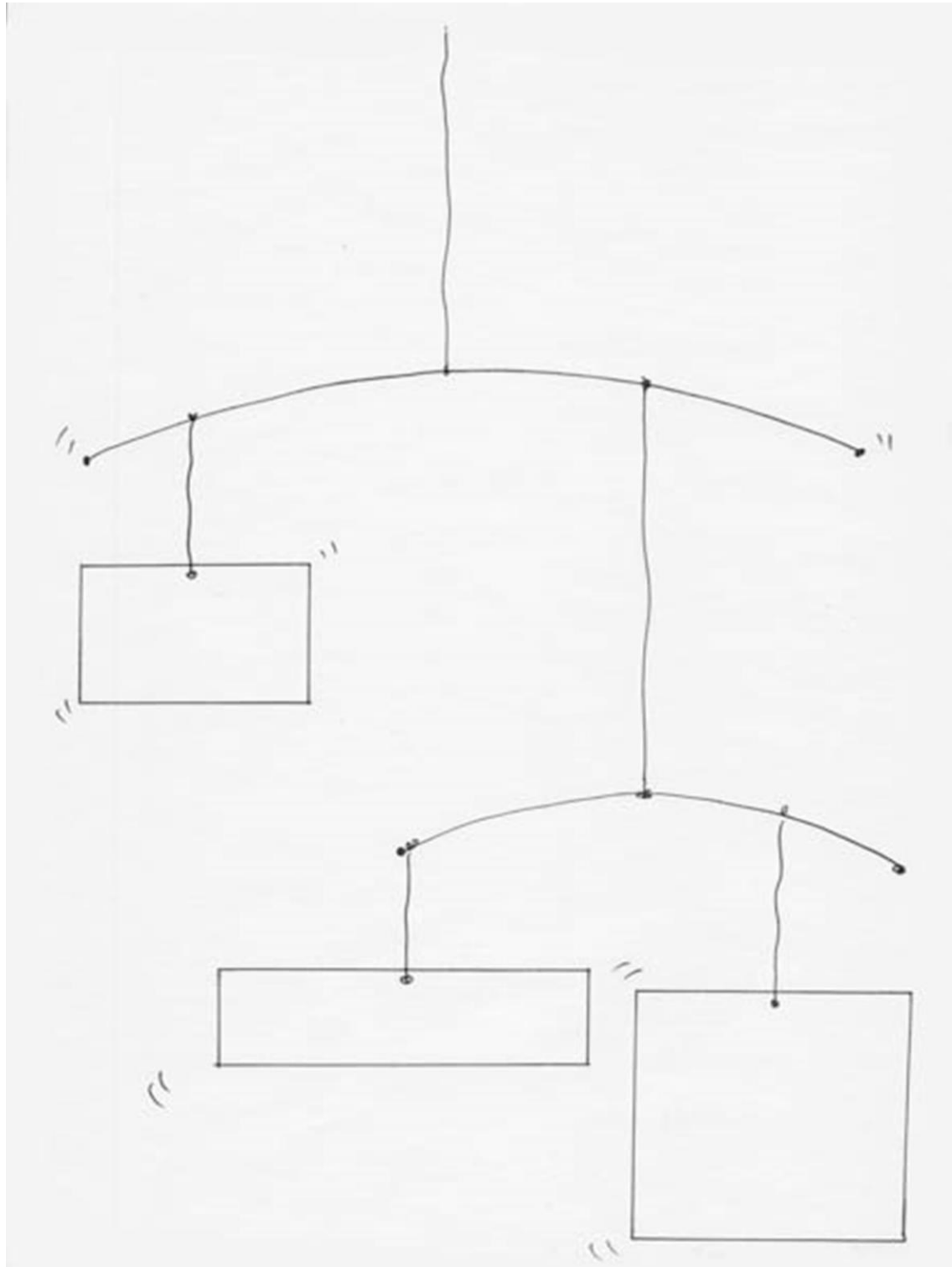
מובייל בסגנון של אלכסנדר קלדר



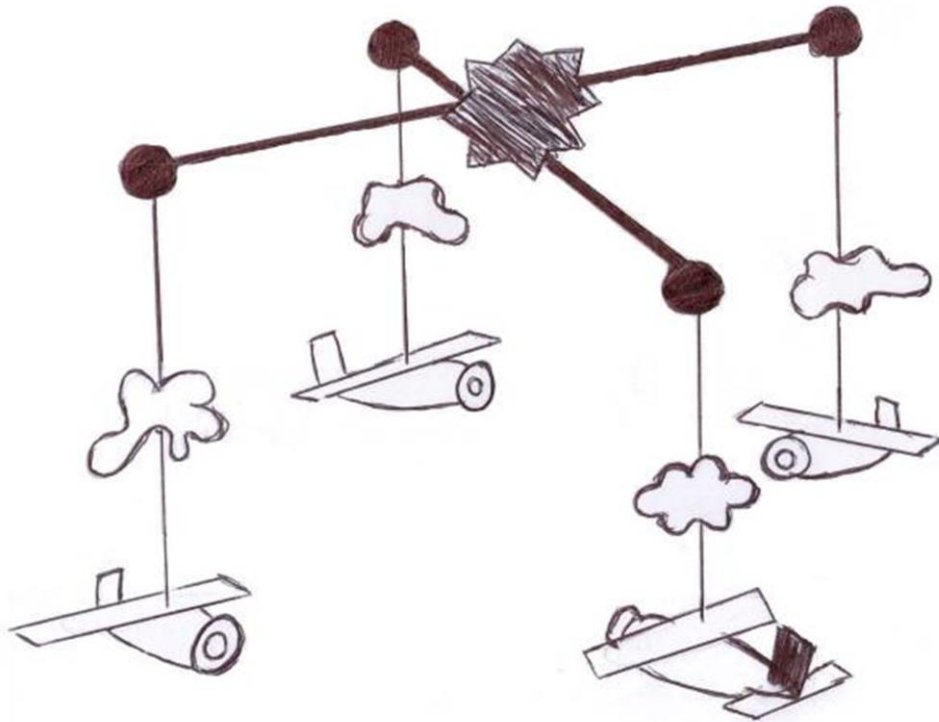
מקור:

<http://www.hangingmobilegallery.com/flowing-rhythm-red-large-mobile>

דף עבודה 2 פרק 1 – תמונה של פסל קינטי (מובייל)



דף עבודה 3 פרק 1 – תמונה של מובייל



דף עבודה 4 פרק 2 – נדנדה מסרגל

שם:

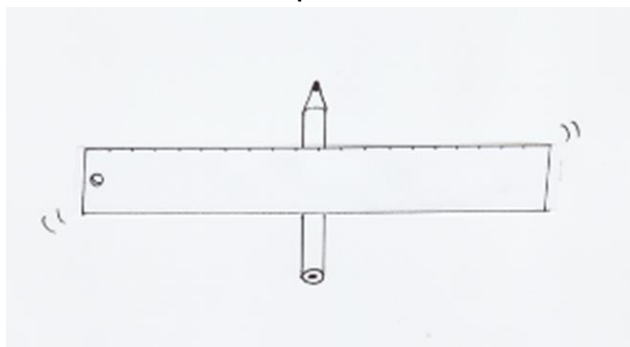
תאריך:

מה אנחנו צריכים?

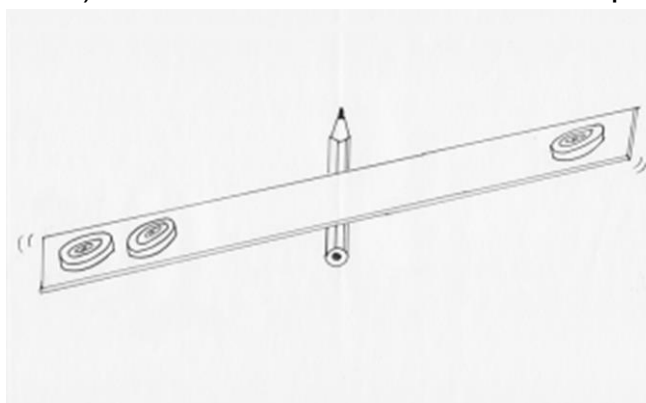
- סרגל
- עיפרון לא-עגול
- 10X אסימוני עץ או מטבעות

לעבודה!

1. קיראו את ההוראות ואחר כך רישמו את ההשערות שלכם.
2. הניחו את הסרגל על העיפרון. אזנו את הסרגל



3. הניחו אסימון עץ (או מטבע) משני צדי הסרגל. הזיזו את האסימונים עד שהנדנדה תהיה מאוזנת.
4. האם אתם יכולים לאזן את הנדנדה עם מספר שונה של אסימונים (מטבעות) מכל צד?



5. רישמו את התוצאות בדף התיעוד.

דף עבודה 5 פרק 2 – מתלה

שם:

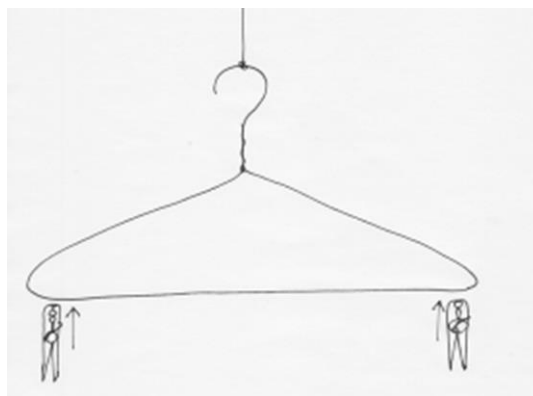
תאריך:

מה אנחנו צריכים?

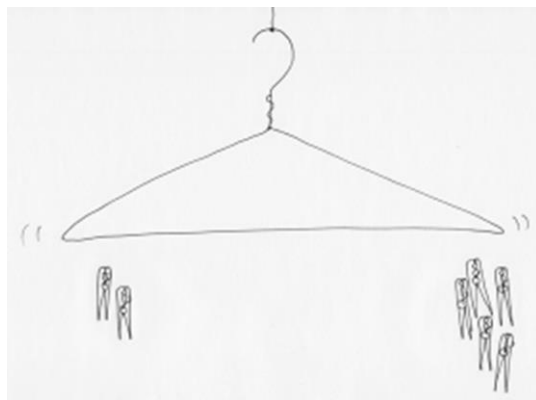
- מתלה מתיל
- חוט או חבל
- וו, מתלה בגדים, או כל מתקן אחר לתלייה
- 10X אטבים

לעבודה!

1. קיראו את ההוראות ואחר כך רישמו את ההשערה שלכם.
2. תלו את המתלה הבגדים בעזרת חבל על הוו.
3. אזנו את המתלה בעזרת שני אטבים.



4. האם ניתן לאזן את המתלה בעזרת מספר שונה של אטבים מכל צד?



5. רישמו את התוצאות בדף התיעוד.

דף עבודה 6 פרק 2 – מטאטא

שם:

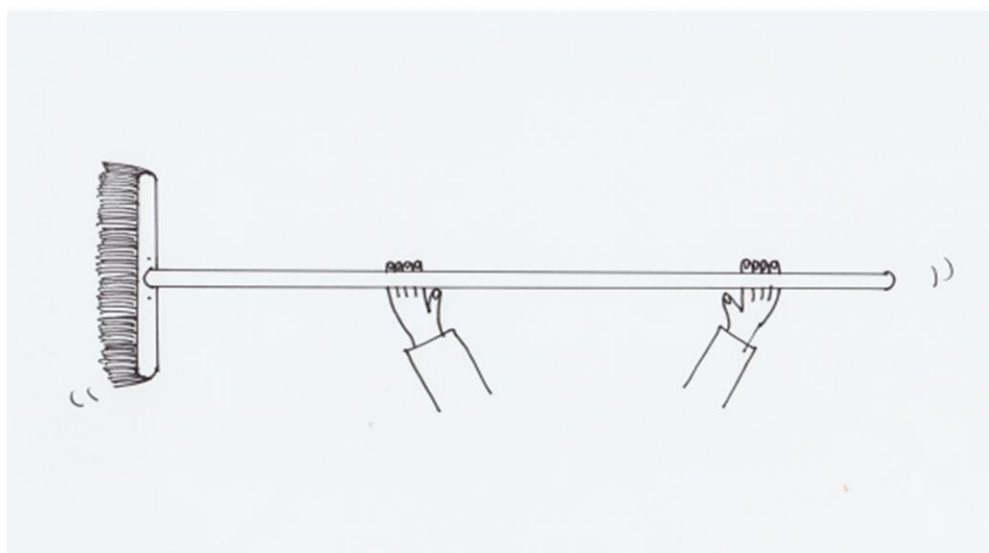
תאריך:

מה אנחנו צריכים?

- מטאטא

לעבודה!

1. קיראו את ההוראות, ואחר כך רישמו את ההשערה שלכם.
2. הניחו את המטאטא על הידיים. חשוב לוודא שהמטאטא יכול לנוע בחופשיות (כמו מטולטלת). פירשו את הזרועות רחב ככל האפשר.



3. עכשיו הזיזו את הידיים באיטיות לעבר מרכז הגוף.
4. נסו לשער: לאיזה צד יינטה המטאטא, לצד המברשת או לצד השני?
5. רישמו את התוצאות בדף התיעוד.

דף עבודה 7 פרק 2 – נדנדה במתקן שעשועים

שם:

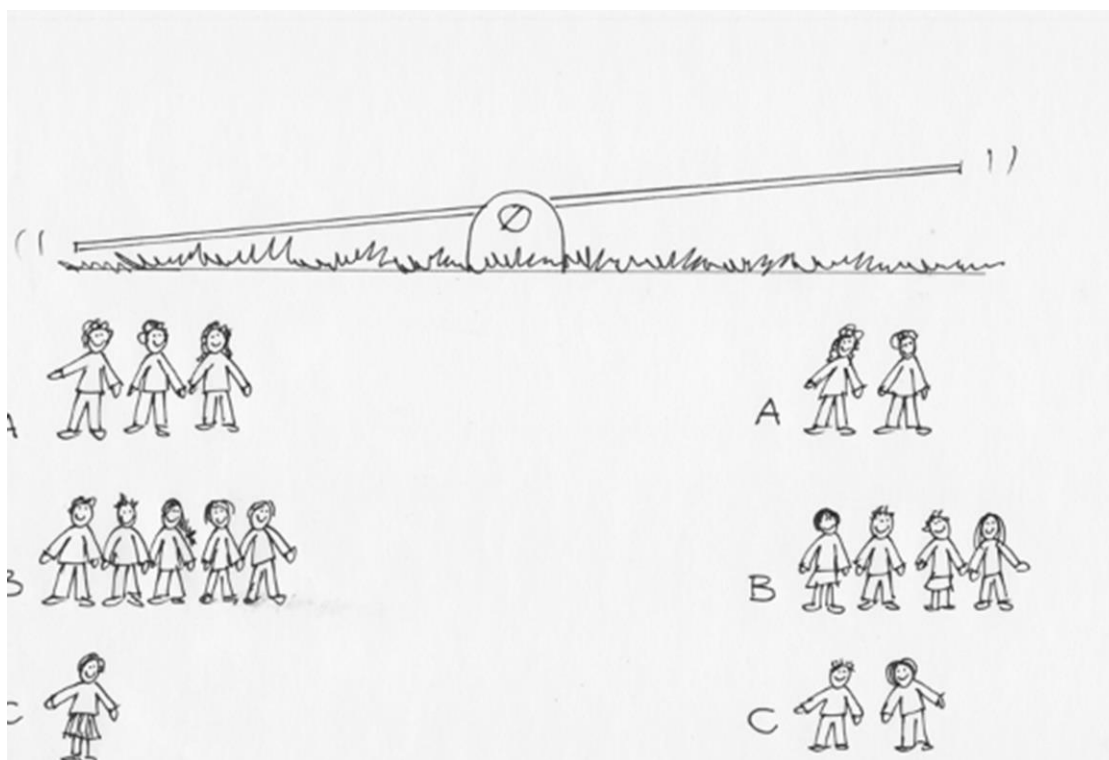
תאריך:

מה אנחנו צריכים?

- נדנדה בגודל אמיתי (מסוג המתקנים המשמשים בגני ילדים ובבתי ספר יסודיים)
- כמה ילדים

לעבודה!

1. קיראו את ההוראות ואחר כך רישמו את ההשערות שלכם.
2. אזנו תחילה את הנדנדה בעזרת שני ילדים.
3. פעלו על פי ההוראות ב-A, B ו-C באיור.



4. רישמו את התוצאות בדף התיעוד.

דף תיעוד 8 פרק 2 – נדנדה מסרגל

שם:

תאריך:

האם תוכלו לשער היכן כדאי להניח את האסימונים/המטבעות על הסרגל ("הנדנדה") כדי שיהיה מאוזן?

.....

.....

.....

.....

לעבודה!

ציירו את ההצעה שלכם:

איך כדאי לאזן את הנדנדה? איפה צריך לשים את האסימונים/המטבעות?

רישום:

איך מאזנים את הנדנדה? איפה צריך לשים את אסימוני העץ?

.....

.....

הסבירו:

איך תאזנו את הנדנדה, היכן צריך לשים את האסימונים/המטבעות?

.....

.....

דף תיעוד 9 פרק 2 – מטאטא

שם:

תאריך:

ההשערה שלי היא:

.....

.....

.....

.....

לעבודה!

ערכו את הניסוי. רישמו את התוצאות.

.....

.....

.....

.....

האם אתם יכולים להסביר את התוצאות?

.....

.....

.....

.....

דף תיעוד 10 פרק 2 – מתלה

שם:

תאריך:

האם אתם יכולים לשער איפה צריך לתלות את האטבים כדי שהמתלה יהיה מאוזן?

.....

.....

.....

לעבודה

ציירו את ההצעה שלכם:

איך אפשר לאזן את המתלה? איפה צריך לתלות את האטבים?

רישמו:

איך אפשר לאזן את המתלה? איפה צריך לתלות את האטבים?

.....

.....

.....

הסבירו:

.....

.....

.....

דף תיעוד 10 פרק 2 – נדנדה במתקן שעשועים

שם:

תאריך:

האם אתם יכולים לשער איפה הילדים צריכים לשבת כדי שהנדנדה תהיה מאוזנת?

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

לעבודה

ציירו את ההצעה שלכם:

איך אפשר לאזן את הנדנדה? איפה הילדים צריכים לשבת?

רישמו:

איך אפשר לאזן את הנדנדה? איפה הילדים צריכים לשבת?

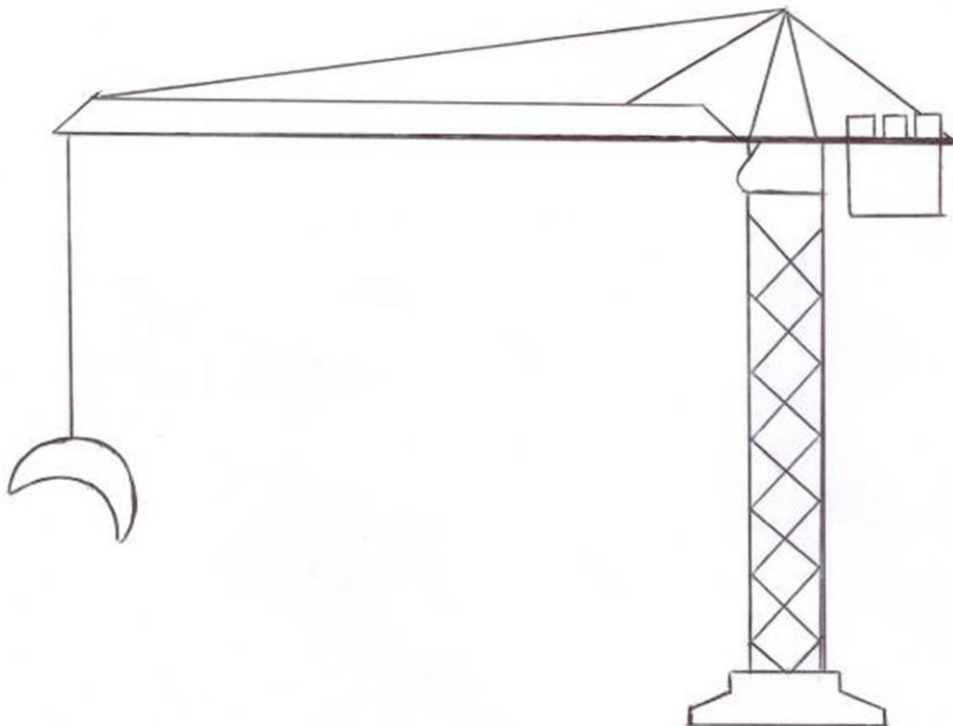
.....
.....
.....

הסבירו:

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

...

דף עבודה 12 פרק 2 – עגורן



דף עבודה 13 פרק 2 – עגורן

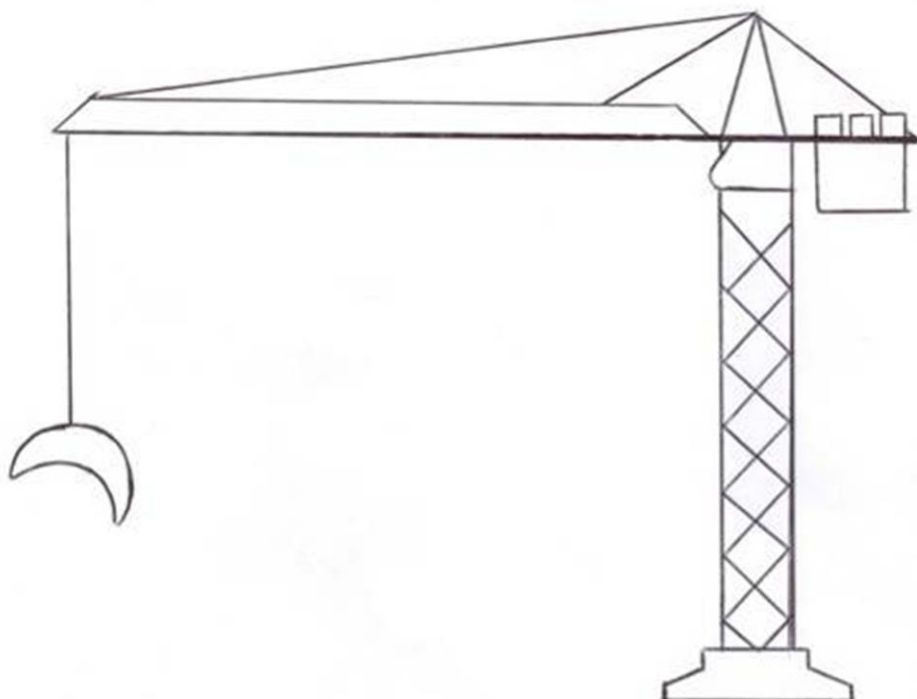
.....: *שם*

.....: *תאריך*

ערכנו ניסויים בנוגע לכוחות פיזיקליים, כוח נגדי, שיווי משקל ומרכז כובד. אנחנו נתקלים במושגים האלו באופן קבוע בחיי היומיום. לדוגמה, בעגורן.

לעבודה!

1. בחנו בזוגות את הציור של העגורן ונסו לענות על השאלות הבאות:
 - האם אתם יכולים למצוא את מרכז הכובד של העגורן?
 - היכן פועל הכוח? היכן נמצא הכוח הנגדי? איזה צורך ממלא הכוח הנגדי?
 - האם העגורן מאוזן?
2. רישמו בתרשים את המושגים הבאים: **כוח/כוח נגדי/מרכז כובד**



תשובות – דף עבודה 13 פרק 2 – עגורן

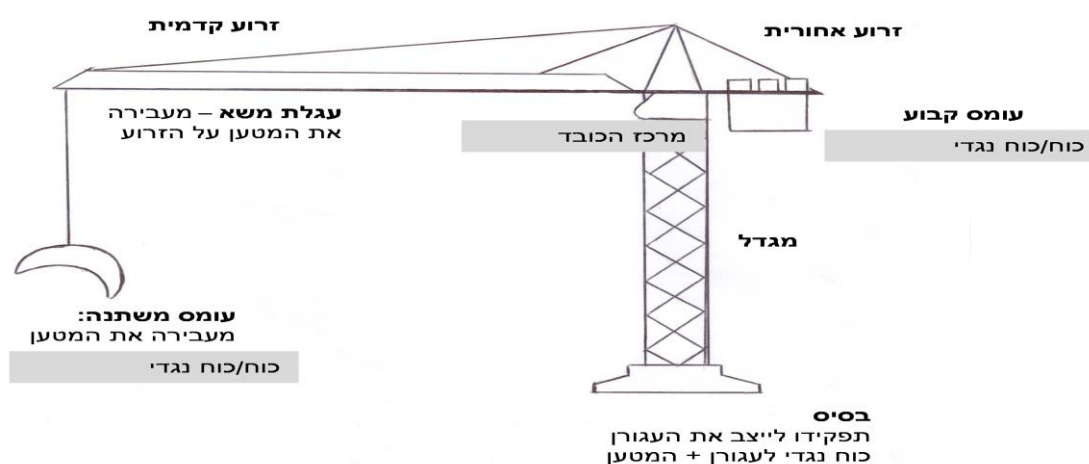
שם:

תאריך:

ערכנו ניסויים בנוגע לכוחות פיזיקליים, כוח נגדי, שיווי משקל ומרכז כובד. אנחנו נתקלים במושגים האלו באופן קבוע בחיי היומיום שלכם. לדוגמה, בעגורן.

לעבודה!

1. בחנו בזוגות את הציור של העגורן ונסו לענות על השאלות הבאות:
 - האם אתם יכולים למצוא את מרכז הכובד של העגורן?
 - היכן פועל הכוח? היכן נמצא הכוח הנגדי? איזה צורך ממלא הכוח הנגדי?
 - האם העגורן מאוזן?
2. רישמו בתרשים את המושגים הטכניים: **כוח/כוח נגדי / מרכז כובד**



דף עבודה 14 פרק 3 – קלפי הצעות 1

הוסיפו מפלס

דף עבודה 15 פרק 3 – קלפי הצעות 2

הוסיפו שני מפלסים

דף עבודה 16 פרק 3 – קלפי הצעות 3

הוסיפו 2,3,4... תליונים

דף עבודה 17 פרק 3 – קלפי הצעות 4

קבצו את החפצים התלויים יחד
למקבץ אחד.
וודאו שכל אחד מהם עדיין יכול
לנוע באופן עצמאי.

דף עבודה 18 פרק 3 – קלפי הצעות 5

שנו את מרכז הכובד במפלים

דף עבודה 19 פרק 3 – קלפי הצעות 6

קשטו את החבל שעליו תלוי המובייל

דף עבודה 20 פרק 3 – קלפי הצעות 7

הסירו מפלס

דף עבודה 21 פרק 3 – קלפי הצעות 8

נסו לתלות חפצים כבדים וחפצים קלים באותו מפלס

חומר רקע מדעי למורים על שיווי משקל, כוחות פיזיקליים והנדסת מכונות

פרק 2 - מושגים מרכזיים

- כוחות פיזיקליים פועלים על גופים
- הכוחות מגיעים לעתים קרובות בזוגות
- כאשר הכוחות הפועלים על גופים מאוזנים (שקולים), הגופים יתמידו במצבם. לדוגמה, אם הם נעים בקצב קבוע לאותו כיוון, הם ימשיכו לנוע באותו קצב ובאותו כיוון. אם הם נייחים, הם יישארו נייחים.
- מומנט הוא כוח הפועל במגמה לסובב את הגוף. מומנט מוגדר תמיד ביחס לנקודת סיבוב (ציר). המומנט גדול יותר ככל שהכוח ו/או מרחקו מהציר גדולים יותר.
- משקל הוא כוח
- מרכז כובד

תהליך התיכון ההנדסי המוצג ביחידה נועד לתת לתלמידים הזדמנות למצוא פתרונות יצירתיים למשימות אתגר הנדסיות. היחידה מעודדת את התלמידים לנהל דיון ולהיות קשובים לפתרונות, להצעות ולרעיונות של חבריהם לכיתה.

כוחות שקולים

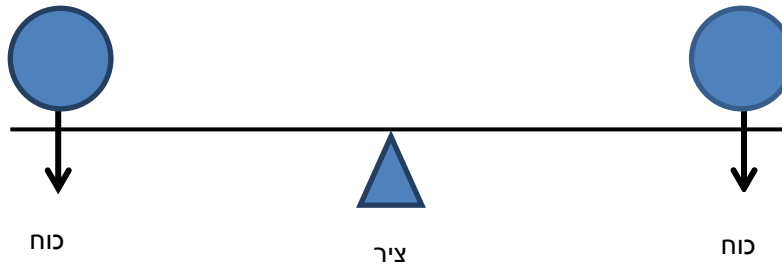
שיווי משקל (איזון) בין כוחות פיזיקליים הוא לב לבו של הפרק השני ביחידה. כוחות שקולים יכולים לפעול גם על גופים נייחים וגם על גופים נייחים, ובשני המקרים מושג שיווי המשקל מהווה אתגר חשיבתי לא פשוט עבור התלמידים.

ילדים לעתים קרובות מתקשים להסביר מהם כוחות פיזיקליים, אך מזהים יחסית בקלות מה הם **עושים** וכיצד הם משפיעים על גופים. הם יודעים מניסיונם שכוחות יכולים לגרום לגופים לנוע, להאיץ או להאט. בנוסף, הם גם מודעים לכך שכוחות יכולים לגרום לגוף לשנות את כיוון תנועתו או את צורתו. כדי לבנות מוביילים, התלמידים צריכים להבין היכן הכוחות פועלים במערכת (במקרה הזה המערכת היא המובייל). איזון של סרגל על האצבע יעזור להם להבין זאת מתוך התנסות ישירה. המשקל של הסרגל מחולק באופן שווה לכל אורכו. אף על פי שכוח המשיכה פועל באופן שווה לכל אורכו של הסרגל, התחושה שלנו, כאשר הוא מאוזן על האצבע, היא שכוח הכובד מרוכז רק באותה נקודה (כלומר באצבע). הדבר מאפשר לכוח הפועל כלפי מטה על המקל (המשקל) להיות מאוזן על ידי הכוח הפועל כלפי מעלה של האצבע באותה נקודה. הנקודה שבה כוח הכובד מרוכז היא **מרכז הכובד**. הנקודה הזאת נמצאת במקומות שונים בגופים שונים, כפי שניתן לראות גם בניסוי עם המטאטא בפרק 2. כדי שהמובייל יהיה מאוזן, סך כל הכוחות הפועלים עליו בחלקיו השונים צריך להיות מאוזן.

שינוי מאזן המומנטים

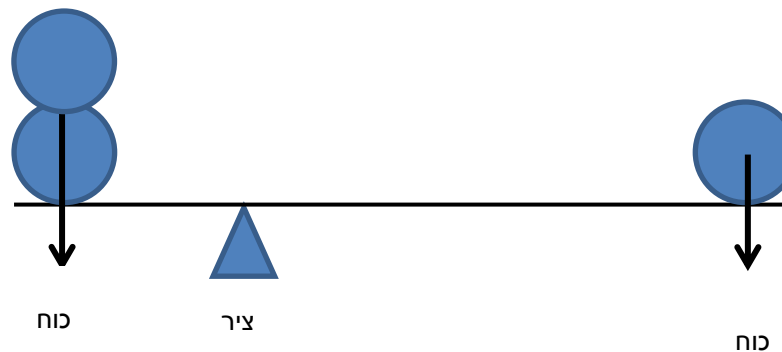
משימת האתגר ההנדסית ביחידה זו מצריכה שהילדים יישמו את הידע שלהם בנוגע לשינוי מאזן הכוחות. ניתן לשנות את האיזון (שיווי המשקל) של כל גוף שעליו פועלים כוחות. ילדים מודעים מניסיונם לכך שילד קטן יכול לאזן את משקלו של אדם בוגר כבד ממנו על נדנדה, אם הילד יישב במרחק גדול יותר מהציר (ר' איורים). המשקל של כל אחד מהם על הנדנדה מפעיל מומנט סביב הציר. כשהמשקל של כל אחד מהאנשים היושבים משני צדי הציר זהה, המומנט סביב הציר יהיה זהה אם הם נמצאים באותו מרחק מהמרכז (ר' איור 1). אם חושבים על הכוחות סביב נקודת הציר, הרי שהכוחות פועלים בכיוונים מנוגדים; הצד השמאלי פועל נגד כיוון השעון, בעוד הצד הימני פועל עם כיוון השעון. כדי שהמערכת תהיה מאוזנת, שני הכוחות צריכים להיות שווים. הכוח המופעל על כל צד אינו תוצאה של משקל בלבד. סך כל הכוחות בכל צד הם תוצאה של כוח הכובד (המשקל) והמרחק מהציר (ר' איור 2). שינוי במשקל או במרחק מהציר ייצרו שינוי בשיווי המשקל.

איור 1: כוחות שווים פועלים סביב מרכז הציר (המשקל של כל אחד מהגופים והמרחק שלהם מהציר שווים)



רוב התלמידים מתקשים להעביר את רעיון הכוחות השקולים מהקשר אחד לאחר. הדבר החשוב הוא לזכור שניתן ליצור נקודות איזון חדשות (שיווי משקל) בתנאי שסך כל הכוחות אינו משתנה.

איור 2: נקודת איזון חדשה: תוספת המשקל של הגוף משמאל צריכה להיות מאוזנת באמצעות התרחקות מהציר של הגוף מימין.



תוספת המשקל מצד אחד מצריכה הגדלה של המומנט בצד השני. ניתן להשיג זאת באמצעות התרחקות נוספת מהציר. באיור הבא מושגת נקודת איזון חדשה. כאשר התלמידים יוצרים את המוביילים שלהם, הם יכולים לבחון את היחס בין המשקל למרחק באמצעות ניסוי וטעייה. רעיון זה מובע ב'עקרון שוויון המומנטים', שעל פיו על כל גוף הנמצא בשיווי משקל, סכום המומנטים בכיוון השעון (ביחס לציר) צריך להיות שווה לסכום המומנטים בניגוד לכיוון השעון (ביחס לציר). בדיקת יחסים אלו על סמך ניסוי וטעייה יאפשרו לתלמידים להתחיל להבין את העיקרון, ולהכניס שינויים במובייל שלהם בהתאם, תוך פיזור המשקל בנקודות שונות.

איור 3: תוספת משקל נוספת מצריכה שינוי נוסף במרחק מהציר



הכוחות בכל תוצר הנדסי, בין אם מדובר במכשיר, מכונה, בניין או חפץ, צריכים להיות שקולים. עגורן, לדוגמה, יטה לצד אחד אם לא יהיה כוח נגדי שיאזן את המשקל שהוא מרים.

תפישות שגויות של תלמידים לגבי כוחות פיזיקליים ושיווי משקל

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.

הנקודות הבאות מהוות הזדמנות למורים לדון באופן מעמיק יותר בנושא:

משקל הוא כוח פיזיקלי

משקל במובן המדעי מתייחס לכוח פיזיקלי (כוח המשיכה בין כל שני גופים בעלי מסה, ובאופן מוגדר יותר, הכוונה היא למשיכה ההדדית בין מסה של כל גוף שהוא ובין המסה של כדור הארץ). המשקל נמדד ביחידות ניוטון. בשימוש היומיומי, לעומת זאת, אנשים נוהגים להשתמש במילה משקל כאשר הם מתכוונים למעשה למסה.

מסה היא גודל פיזיקלי שמודד את כמות 'החומר' בגוף מסוים, והיא נמדדת בקילוגרמים. כשהאסטרונומים הגיעו לירח, לדוגמה, המסה שלהם נותרה זהה, מאחר וכמות החומר בגופם לא השתנתה, אבל המשקל שלהם פחת. הדבר קרה מפני שכוח המשיכה של הירח קטן מזה של כדור הארץ. זאת גם הסיבה להליכת הירח המפורסמת, המתנהלת בנייתורים.

אין להקל ראש בקושי הבנת מושגים אלו ויש להיות מוכנים לכך שחלק ניכר מהתלמידים יהיו מסוגלים להפנים מושגים אלו רק בשלב מאוחר יותר של חייהם. על המורה להשתמש בשיקול דעתה המקצועי כדי להחליט עד כמה להעמיק בהסברים. מחקרים הורו שילדים מתייחסים לעתים קרובות 'למשיכה' כסיבה שבגללה גופים ששוהים באוויר נופלים, אך המושגים שלהם על אותה משיכה שונים מאוד זה מזה. לעתים קרובות הם חושבים על כוח המשיכה כעל כוח ש'מושך למטה'. ילדים אחרים חושבים על משיכה כעל כוח הדוחף את הגופים מלמעלה כלפי מטה. הם עשויים לקשר בין כוח המשיכה והאוויר, אך לא בין כוח המשיכה והמשקל של הגוף (הכובד שלו). מחקר שנערך בבתי ספר יסודיים (1) גילה כמה דוגמאות מעניינות לגבי האופן שבו ילדים תופסים את הכוחות הפועלים על דאון. לתלמידים קיימות תפיסות מורכבות לגבי 'הכוח המושך כלפי מטה' של כוח המשיכה (המונע ממנו לעלות), שפועל בניגוד לכוח הפועל כלפי מעלה ('הדוחף') של האוויר תחת הכנפיים (המונע ממנו לרדת). עם זאת, אותם תלמידים עשויים גם לטעון שהכוח 'הדוחף' למעלה נגמר, מה שמעיד על כך שהם חושבים שהכוח הראשוני, שמתחיל את התנועה באוויר, 'מתעייף' (כלומר, התנועה של החפץ 'נחלשת' כתוצאה מהשפעת החפץ על הכוח ולא להיפך). אם כי הרעיון הזה אינטואיטיבי, הוא אינו נכון מבחינה מדעית.

גופים נייחים ונייחים מהווים אתגר נוסף בהבנה של כוחות פיזיקליים.

כוחות שקולים: גופים נייחים

לעתים קרובות ילדים מאמינים שכוחות פיזיקליים אינם פועלים על גופים נייחים, ומתקשים להבין שגם כדי שגוף יישאר נייח דרושים כוחות. לפיכך חשוב לאפשר לתלמידים לערוך ניסויים שבהם הם יכולים לחוש בפעילות כוחות אלו כדי לערער תפיסה אינטואיטיבית אך שגויה זו. בחינה של שיווי משקל על טווח רחב של גופים, ושיווי שיווי המשקל כדי לחוש את הכוחות הפועלים עליהם, מסייעים במובן זה, מאחר והם מאפשרים לתלמידים לחוש זאת בעצמם. הנקודה החשובה היא ההבנה שהסיבה לכך שגוף יישאר נייח היא לא שאינם פועלים עליו כוחות אלא שהכוחות הפועלים עליו שקולים. אפשר להתנסות בכך בצורה ישירה באמצעות משחק 'משיכת חבל'. כאשר הכוחות של שני האנשים או שתי הקבוצות משני קצוות החבל שקולים (= שווים בגודלם), לא תיווצר תנועה אף על פי ששתי הקבוצות מפעילות את כל כוחן. קשה להבחין ולהפנים את העברת הכוחות בתוך מבנים נייחים, ולכן גם במקרה זה חשוב, במידה והדבר אפשרי, לסייע לתלמידים לראות ולחוש בהעברה באמצעות התנסות ישירה, כמו ניסויים של העברת משקל בתוך מבנים (על גשרים למשל) תוך התבוננות בהפרת שיווי המשקל שבהם.

כוחות שקולים: גופים ניידים

כאמור, ילדים רבים נוטים לחשוב שכאשר מפעילים כוח על גוף כדי להניע אותו, הגוף ימשיך לנוע עד שהכוח 'יוגמר'. אם זורקים כדור למעלה, לדוגמה, הם יכולים להגיע למסקנה שהכוח שהם הפעילו על הכדור נשאר בו עד שהוא 'נגמר' (כלומר, התנועה של החפץ 'מתישה/מחלישה' אותו, מה שמעיד על כך שאותם תלמידים חושבים שהחפץ פועל על הכוח ולא להיפך). אם כי הרעיון אינטואיטיבי, הוא כמובן אינו נכון מבחינה מדעית. הכוחות הפועלים על גוף שנע בקו ישר, בלי להאיץ או להאט, הם שקולים. קשה להבין זאת, מכיוון שלעתים קרובות קשה להבחין אילו כוחות פועלים על גוף נע, ואם הגוף אכן נע בקצב קבוע. כאשר הכוחות הפועלים על גוף נע אינם שקולים, הגוף יאיץ, יאט, או ישנה כיוון. למורה יהיה קל יותר להסביר זאת אם היא תסתמך על הניסיון היומיומי של התלמידים. לדוגמה, ילדים יודעים שכאשר הם רוכבים על אופניים במישור, הם צריכים כל הזמן להפעיל כוח (לדווש) אם הם רוצים להאיץ. לעומת זאת, כאשר הם יורדים בגבעה תלולה, הם צריכים להשתמש בבלמים כדי להפעיל כוח החיכוך שיאט את מהירות האופניים. דוגמה נוספת היא צניחה חופשית. בשלב הצניחה החופשית או למעשה בשלב הנפילה החופשית פועל על הצנחן כוח המשיכה וגורם לו להאיץ ככל שהוא מתקרב לעבר כדור הארץ, בשעה שנפתח המצנח מתחיל לפעול כוח נוסף - כוח העילוי, שמאזן את כוח המשיכה. במילים אחרות, זרם האוויר מתחת למצנח הפרוש הנמצא בתנועה מפעיל כוח המתנגד לכוח המשיכה של כדור הארץ וכך מאט את מהירות הנפילה, באופן דומה מאוד לבלמים באופניים (אם כי הכוחות המעורבים בשני המקרים שונים).

היחידה מציעה לתלמידים טווח רחב של ניסויים כדי לבחון מושגים אלו בהקשרים שונים. ניתן להשתמש בהם כדי להרחיב את מודעות התלמידים לגבי האופן שבו מהנדסים ומהנדסות משתמשים בידע שלהם על כוחות פיזיקליים כדי לתכנן ולבנות מכונות. משימת האתגר ההנדסית ביחידה מסייעת לתלמידים להבין כיצד ניתן להעביר כוחות, כיצד מכונות פשוטות יכולות להעביר תנועה לשם ביצוע מטלה מסוימת, וכיצד מנגנונים שונים יכולים להאיץ או להאט תנועה. ברוב המקרים, באמצעות בניית המוביילים, התלמידים ירכשו ניסיון מעשי ומוחשי לגבי אופן הפעולה של כוחות פיזיקליים.

לקריאה נוספת:

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

מילון מושגים

שיווי משקל

שיווי משקל או איזון הוא המצב שבו המבנה או המערכת נשארים במצבם הנייח או ממשיכים לנוע ללא שינוי במהירות או בכיוון הודות לכוחות השקולים שפועלים עליהם.

מרכז כובד

הנקודה בגוף עליה למעשה פועל כוח המשיכה.

כוח נגדי

כוח בעצמה זהה לכוח המקורי אך פועל על הגוף בכיוון הפוך. הכוח הנגדי מבטל את השפעתו של הכוח המקורי והגוף נשאר בשיווי משקל. לדוגמה כוח המשיכה הפועל על חפץ תלוי על חוט מתאזן על ידי הכוח בו מושך החוט את החפץ למעלה. או כח המשיכה הפועל על גוף המונח על הרצפה מתאזן על ידי הכוח שהרצפה דוחפת את החפץ כלפי מעלה. חשוב לא להתבלבל בין זוג הכוחות (המקורי והנגדי) הפועלים על אותו החפץ לחוק השלישי של ניוטון (המדבר על שוויון כוחות שזוג חפצים מפעיל זה על זה).

מהנדס/ת

אדם המשתמש בידע, בניסיון ובכישוריו במתמטיקה, במדעים ובטכנולוגיה כדי לתכנן ולבנות דברים שנועדו לתת מענה לצרכים ממשיים (לפתור בעיות או לשפר את איכות חיינו).

תהליך התיכון ההנדסי

תהליך התיכון ההנדסי הוא תהליך שבו משתמשים מהנדסים בבואם לפתור בעיות. הוא מורכב מחמישה שלבים (שאינם בהכרח עוקבים. כלומר, ניתן לבצע שלב מסוים, ואחר כך לחזור לשלב קודם, ולהיפך): איסוף מידע; העלאת רעיונות; פיתוח ותכנון; בנייה; הערכה ושיפור.

הנדסת מכונות

הנדסת מכונות היא ענף בהנדסה העוסק בתהליכי מחקר, תכנון, פיתוח, ייצור ותחזוקה של מכונות.

יציבות

היכולת של מבנה או מערכת לשמור על מצבם, כאשר מופעלים עליהם כוחות, או לחזור למצבם ההתחלתי מבלי לעבור תנודות גדולות.

שׁוּתָפִים

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 www.engineer-project.eu till 2015 and on
www.scientix.eu



**MUSEO
NAZIONALE
DELLA SCIENZA
E DELLA
TECNOLOGIA
LEONARDO
DA VINCI**



Teknikens Hus

Techmania
Science Center

Experimentarium®
Centre for Science and Technology Communication



**musée
des arts et métiers
le cnam**

SCIENCE OXFORD

**Deutsches Museum
BONN**



Museum of Science.

ecs site
EUROPEAN NETWORK
SCIENCE CENTRES & MUSEUMS

ICASE

ARTTIC



**Manchester
Metropolitan
University**

**UWE
BRISTOL** University of the
West of England



NEPTUNUS



MAGLEGÅR
Gentofte Kommunes skolevæ

**ΣΧΟΛΗ
ΜΩΡΑΪΤ**

