

אוגדן פעילויות לתלמידים עתודה מדעית-טכנולוגית פיזיקה כיתה ח'

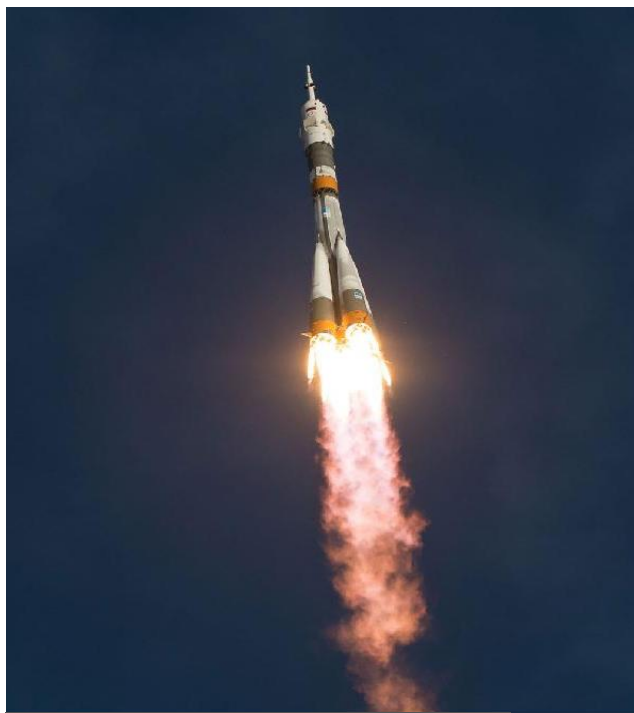


Photo credit: NASA/Bill Ingalls

מבוסס על יחידות ההוראה שפותחו ביוזמת משרד החינוך, המזכירות הפדגוגית, אגף מדעים, הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה בשיתוף עם המכון למצוינות בהוראה, המרכז הישראלי למצוינות בחינוך

עבור תלמידי העתודה
המדעית-טכנולוגית
בשנת הלימודים תשע"ו

האוגדן אינו תחליף לספר לימוד

אב, תשע"ו
אוגוסט, 2015

ללא עריכת לשון

משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה

תלמידים יקרים,

באוגדן שלפניכם פעילויות אשר פותחו ביוזמת מנהל המינהל למדע וטכנולוגיה ד"ר עופר רימון והפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה בשיתוף עם "המכון למצוינות בהוראה - המרכז הישראלי למצוינות בחינוך" וע"י מורי מורים ומדריכים לפיזיקה עבורכם, תלמידי העתודה המדעית-טכנולוגית, בכיתה ח' בתחום הפיזיקה.

התכנית נועדה להקנות לכם הלומדים ידע מדעי טכנולוגי של עובדות, מושגים ועקרונות הקשורים לתחום הפיזיקה, החיוניים לכל אזרח בעולם המודרני ומהווים בסיס ללימודי המשך בחטיבה העליונה.

בנוסף, התכנית נועדה לטפח את דרכי החשיבה, הלמידה בדרך החקר המדעי, ולמידה באמצעות פתרון בעיות, כל זאת תוך פיתוח המצוינות האישית והחברתית, טיפוח הסקרנות, ההתלהבות ואהבת הלמידה.

האוגדן הותאם לתכנית הלימודים למצוינות מדעית לשנת הלימודים תשע"ו

אנו תקווה כי הפעילויות באוגדן יפתחו בפניכם צוהר לעולם העשייה והחשיבה המדעית והטכנולוגית, יסייעו לכם בפיתוח היכולות האישיות ויקדמו את הישגיכם הלימודיים.

בברכה,

שושי כהן
מנהלת תחום מדעים
ומפמ"ר מדע וטכנולוגיה

משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה

תוכן העניינים

עמוד	שם היחידה	תתי נושאים	הנושא
כניסה דרך הקישור	הצעה להוראת הנושא מבנה היקום	א. מבנה והיווצרות היקום	1. כוחות ותנועה על הארץ ובחלל
4	פרטי הערכה מתוך: ערכת ה.ל.ה כדור הארץ במערכת השמש והחלל		
7	מרחקים וזמנים בחלל	ב. גדלים פיזיקליים בחלל: מרחק וזמן	
15	1. אינטראקציה	ג. כוחות ותנועה, כוחות ושינוי	
15	2. כבידה		
17	3. כוח ומדידתו		
25	4. כוח בפעולה		
28	5. החוק השני של ניוטון		
35	6. מאינטראקציה לרקטה		
39	כוח, אנרגיה ומכונה	ד. כוח ואנרגיה	
45	אלקטרוסטטיקה	ה. אלקטרוסטטיקה (הרחבה)	
56	תופעות מגנטיות	ו. תופעות מגנטיות (הרחבה)	
69	1. לחץ בנוזל	ז. הידרוסטטיקה	
73	2. לחץ בגז		
86	3. כוח העילוי הסטטי		

פיתוח היחידות:

1. תנועה ואינטראקציה בחלל: המכון למצוינות בהוראה, המרכז הישראלי למצוינות בחינוך – זאב קרקובר
2. אנרגיה חשמלית: משרד החינוך, צוות מדריכים ומורי מורים – ד"ר סימון גפן, ד"ר שלמה פישר, מרינה זיו, גניה חייקין, אתי טל

קראו והעירו:

משרד החינוך: מיכאל סבין, גניה חייקין, אתי טל

עריכת האוגדן (לפי סדר הא-ב): אתי טל, גניה חייקין, יעקוב קיבה, רימונדא בבאר מדריכים ארציים

לכולם התודה והברכה

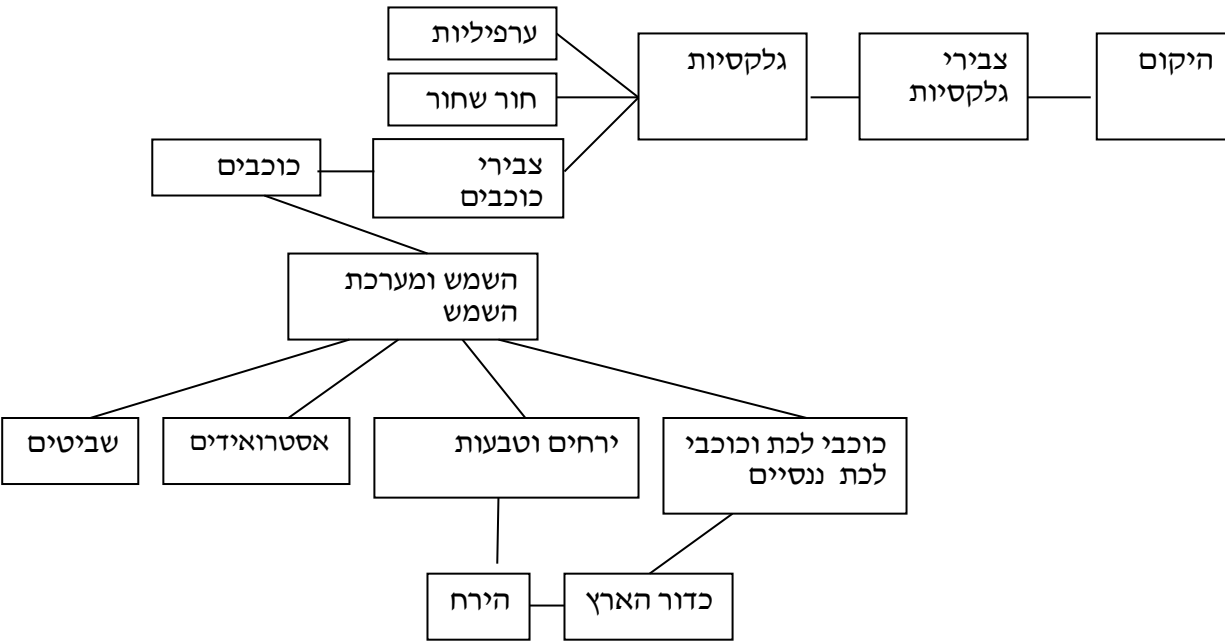
1. כוחות ותנועה על הארץ ובחלל

א. מבנה והיווצרות היקום¹

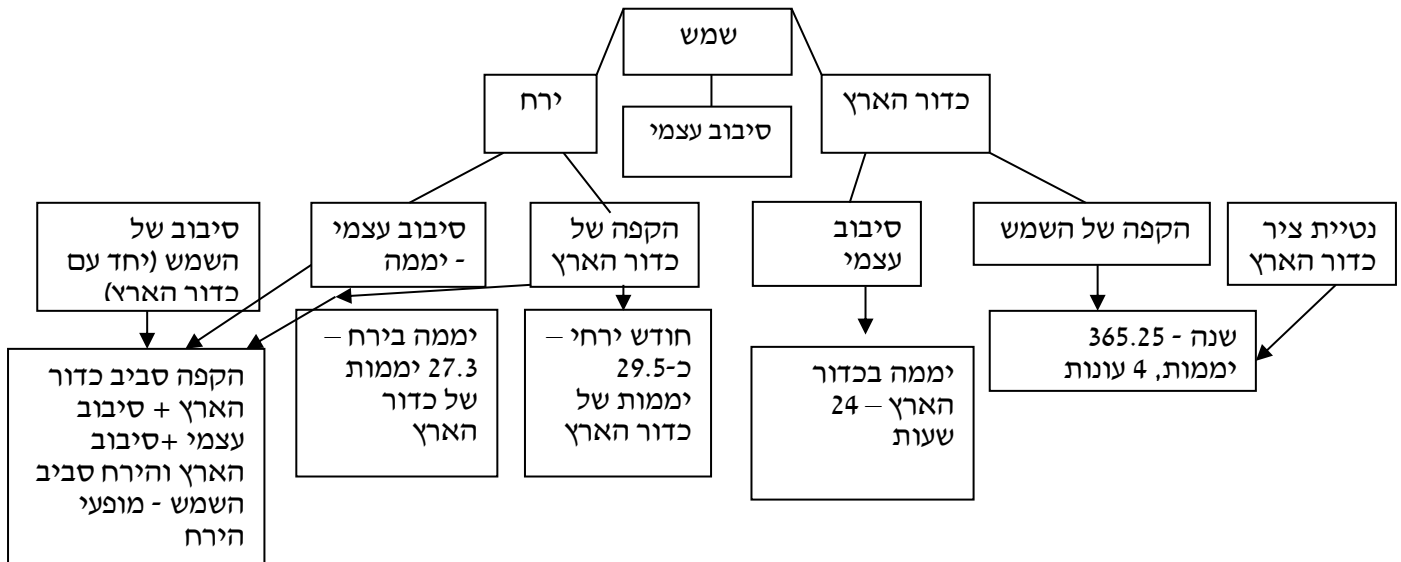
תרשימים מסכמים

של מושגים בנושא "כדור הארץ במערכת השמש והיקום"

תרשים מספר 1 – הארגון המבני



תרשים מספר 2 - מערכת התנועות – שמש, כדור הארץ והירח



¹ לקחו מתוך [ערכה לתכנון הוראה – למידה – הערכה \(ה.ל.ה\)](#) בנושא: כדור הארץ במערכת השמש והחלל לכיתות ז-ח.

פריטי הערכה²

1. א. צפו בסרטון על [המפץ הגדול](#). שאלו 3 שאלות שיש עליהן תשובה בסרטון וענו עליהן.
ב. שאלו 3 שאלות שמסקרנות אתכם בנושא זה ואין עליהן תשובה בסרטון.
2. קראו את המאמר על [הגלקסיות](#) הנמצא בספריה הווירטואלית של מטח.
על פי המאמר בצעו את המשימות הבאות:
 3. כתבו מה הקשר:
 - א. בין המפץ הגדול לבין התרחקות הגלקסיות
 - ב. בין "החבורה המקומית" לבין "שביל החלב"
 - ג. בין גלקסיה לבין כוכב שבת
 - ד. בין ערפילית לבין כוכב שבת
 - ה. בין מערכת השמש לבין גלקסיית שביל החלב
 4. סמנו מהו הסדר הנכון על פי היחס בין המושגים (כלומר, מה מכיל את מה).
 - א. היקום, גלקסיית שביל החלב, מערכת השמש, כדור הארץ
 - ב. גלקסיית שביל החלב, היקום, כדור הארץ, מערכת השמש
 - ג. כדור הארץ, גלקסיית שביל החלב, היקום, מערכת השמש
 - ד. היקום, גלקסיית שביל החלב, כדור הארץ, מערכת השמש
 5. א. ערכו השוואה בין כוכבי הלכת הגזיים לכוכבי הלכת הסלעיים בטבלה כדוגמת הטבלה שלפניכם.

הענקים הגזיים	כוכבי הלכת הארציים	
		מידת הקרבה לשמש (קרובים יותר/רחוקים יותר)
		מצב צבירה של פני השטח (מוצק/נוזל/גז)
		גודל ביחס לגודלם של כוכבי הלכת מקבוצת כוכבי הלכת השנייה (גדולים יחסית/קטנים יחסית)
		גודל המסה שלהם יחסית למסות כוכבי הלכת מקבוצת כוכבי הלכת השנייה (גדולה יחסית/קטנה יחסית)
		גודל עוצמת הכבידה על פניהם (גדולה יחסית/קטנה יחסית)

² פריטי הערכה בנושא "סדרי גודל והיווצרות היקום" נלקחו מתוך [ערכה לתכנון הוראה – למידה – הערכה \(ה.ל.ה\)](#) בנושא: כדור הארץ במערכת השמש והחלל לכיתות ז-ח.

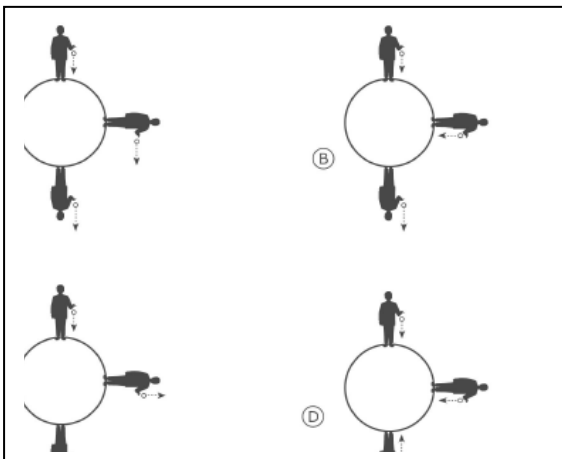
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה

ב. בחרו כוכב לכת אחד וסכמו את המידע עליו מתוך הטקסט ומתוך טבלת הנתונים של כוכבי הלכת.

6. מהו הכוח הגורם לכוכבי הלכת להישאר במסלולם סביב השמש?
 7. מה ההבדל בין אסטרואידיים לשביטים?
 8. אור השמש מגיע אל פני כדור ארץ במשך 8 דקות (לערך), אך רק 1.28 שניות נדרשות לאור, הנע באותה המהירות, להגיע אל פני כדור ארץ מן הירח. מדוע?
 9. קראו את קטע המידע.

גילוי של 32 כוכבי לכת חדשים מחוץ למערכת השמש שלנו מגדיל את מספר כוכבי הלכת שנמצאו עד עתה מחוץ למערכת השמש ליותר מ-400. "אני די בטוח כי יש כוכבים דמויי כדור הארץ בכל מקום ביקום", אמר האסטרונום סטפן אודרי מאוניברסיטת ז'נבה. האסטרונומים התרגשו במיוחד מן הגילוי כי ל-40% מהכוכבים דמויי השמש יש כוכבי לכת הקרובים בגודלם לכדור הארץ. הגילוי מעיד על כך שקיומם של כוכבי לכת הדומים לכדור הארץ אפשרי ואפילו רווח הרבה יותר ממה שהם ציפו. (נדלה מתוך [News1](#), התפרסם בתאריך 19.10.2009 מאת מאיה שני)

- א. מה אפשר ללמוד מהגילוי של מאות כוכבי הלכת?
 ב. כיצד, לדעתכם, נוצרו כוכבי הלכת?
 ג. שערו אילו תנאים סביבתיים צריכים להתקיים בכוכב לכת על מנת שיהיו בו חיים כמו אלה המתקיימים על פני כדור הארץ?
 10. אם היינו עומדים על פני הירח מה היה קורה למסה של גופנו ולמשקל של גופנו ביחס לאלה על פני כדור הארץ?
 א. המשקל והמסה לא היו משתנים
 ב. המשקל והמסה היו קטנים
 ג. המסה לא הייתה משתנה והמשקל קטן
 ד. המסה הייתה קטנה והמשקל לא משתנה
 11. א. מדוע הירח מאיר?



- א. כי הוא מייצר קרינה משלו
 ב. כי הוא מחזיר את אור השמש
 ג. כי הוא מחזיר את האור מכדור הארץ
 ד. כי הוא מואר מכוכבים אחרים בשמים
 12. שלושה אנשים העומדים על פני כדור הארץ בשלושה מקומות שונים ואוחזים בכדור. אם הם ישמטו את הכדור הוא ייפול בהשפעת הכבידה.
 א. איזה מן האיורים הבאים מתאר את כיוון הנפילה של הכדורים בצורה הכי מדויקת?
 ב. הסבירו מדוע.

ב. גדלים פיזיקליים בחלל: מרחק וזמן

דף חקר – פרלקסה

פרלקסה – פעילות כיתה (או מחוץ לכיתה).

הפרלקסה היא שיטה מקובלת למדידות מרחקים אסטרונומיים. נבחן את יעילותה בכיתה.

התבוננו במערך המדידה. מטרתנו היא למדוד את המרחקים AC ו-BC מבלי להתקרב אל הנקודה C. לשם כך נמדוד את המרחק AB ואת הזוויות α ו- β . נצייר על נייר מילימטרי, בקנה מידה נוח, את המשולש ABC על סמך מה שמדדנו. מכאן נוכל לדעת מה הם AB ו-AC.

כדי לדייק בכיוונים נתבונן בנקודה C מבעד לצינורות דקים שיוצבו על כנים. אלה הם שלבי המדידה.

א. הציבו גוף מטרה (לדוגמה: כדור קטן). מקומו של הגוף יסומן ב-C.

ב. הציבו שני כנים במרחק של כשלושה מטרים מן הנקודה C. עשו זאת לפי הערכה. **אין למדוד את המרחקים אל הנקודה C** בשלב זה. המרחק בין שני הכנים יהיה כשני מטרים.

ג. הצמידו לכנים את שני הצינורות וכוונו אותם כך שתראו את הגוף C דרך כל אחד מן הצינורות. מן הרגע הזה אל תזיזו את הכנים והצינורות. כל הזזה תשבש את תוצאות המדידה.

ד. מדדו את המרחק AB ואת הזוויות α ו- β בדיוק, בעזרת סרט מידה נגלל ומד זווית. השתדלו לדייק ככל האפשר מבלי להזיז דבר. רשמו את תוצאות המדידה.

$$AB = \underline{\hspace{2cm}}. \quad \alpha = \underline{\hspace{2cm}}. \quad \beta = \underline{\hspace{2cm}}.$$

ה. ציירו על נייר מילימטרי (או נייר משובץ אחר) את המשולש בקנה מידה נוח, תוך כדי ניצול מרבי של הנייר. חשבו את המרחקים AC ו-BC על סמך המשולש. רשמו את התוצאות.

$$AC = \underline{\hspace{2cm}}. \quad BC = \underline{\hspace{2cm}}.$$

ו. עתה מותר לכם למדוד ישירות את המרחקים AC ו-BC. מדדו אותם, תוך כדי שאתם נוהרים לא להזיז דבר. רשמו את התוצאות:

$$AC = \underline{\hspace{2cm}}. \quad BC = \underline{\hspace{2cm}}.$$

ז. ערכו השוואה בין המדידות שלכם בשתי הדרכים (באמצעות פרלקסה ובמדידה ישירה). רשמו בכמה אחוזים סטו שתי המדידות זו מזו:

- ההפרש במדידות של AC הוא _____ ס"מ, שהם _____ אחוזים.
- ההפרש במדידות של BC הוא _____ ס"מ, שהם _____ אחוזים.

ח. חזרו על כל שלבי המדידה כאשר הפעם המרחק AB קטן בהרבה (פחות מחצי מטר), בעוד המרחקים לנקודה C אינם משתנים בהרבה. האם הסטייה באחוזים בין שתי דרכי המדידה קטנה או גדלה? רשמו את תשובתכם:

ט. האם לדעתכם אפשר יהיה להגיע לדיוק דומה באחוזים, אם המרחק AB יהיה סנטימטרים בודדים? הסבירו:

י. מה הן ההשלכות של המסקנה האחרונה על תצפיות אסטרונומיות?

יא. בדקו אם צוותים אחרים הגיעו למסקנות דומות לאלה שלכם. רשמו מה העליתם:

שאלות לסיכום ותרגול

1. בין ארץ למאדים

הרדיוס הממוצע של המסלול של כוכב הלכת מאדים הוא 1.52 AU. לצורך החישוב נניח שהמסלולים של הארץ ושל מאדים הם מעגליים ממש ומצויים בדיוק באותו מישור. המרחק בין הארץ למאדים משתנה במהלך הזמן, מפני שהם מקיפים את השמש בזמנים שונים.

א. חשבו את המרחק הגדול ביותר בין ארץ למאדים.

ב. חשבו את המרחק הקטן ביותר בין ארץ למאדים.

משגרים קרן אור מן הארץ לעבר מאדים. חשבו לאחר כמה זמן יגיע האור למאדים במצב שבו המרחק ביניהם הוא הקטן ביותר. רשמו את התשובה בדקות.

2. אל הירח וחזרה

כדי למדוד בדיוק את המרחק אל הירח משגרים אות לייזר, שפוגע במראה ומוחזר ארצה. המרחק אל הירח הוא 384,000 ק"מ. חשבו כמה זמן נמשכת תנועת האות הלך וחזור.

3. יחידה אסטרונומית ושנת אור

כמה יחידות אסטרונומיות יש בשנת אור אחת?

4. מדידה באמצעות פרלקסה

שני תלמידים בודקים מרחק לעצם שנראה להם קרוב לארץ. המרחק ביניהם הוא 10 ק"מ. האחד רואה את העצם בזווית 30° מערבה מן האנך. השני רואה את העצם בזווית 30° מזרחה מן האנך. ציירו את המערכת ואת המשולש שיוצר את הפרלקסה בקנה מידה. השתמשו בציור כדי לקבוע מה מרחק העצם מכל אחד מן האסטרונומים.

5. מה רואים משם

תושבי כוכב שמרוחק מאתנו 2000 שנות אור צופים לעברנו.

מה הם רואים?

מתי הם יראו אותנו כפי שאנחנו עכשיו?

6. היחידה המתאימה

מהי יחידת האורך המתאימה ביותר למרחקים במערכת השמש – מטר? ק"מ? יחידה אסטרונומית? שנת אור? פרסק?

7. הארץ והירח



Credit: NASA



Photo Credit: MSSS, JPL, NASA.

הצילום שלפנינו נעשה מן החללית גלילאו, בעת שהייתה בדרכה למאדים. בזמן הצילום מרחק החללית מן הארץ היה גדול פי אלף מרדיוס הארץ.

http://www.nasa.gov/mission_pages/LRO/multimedia/moonimg_05.html

חפשו במקורות פי כמה גדול המרחק של הירח מן הארץ מרדיוס הארץ. בחנו את התמונה לאור נתון זה. האם כך זה נראה בתמונה?

האם אפשר להסביר מדוע הירח נראה כל כך קרוב לארץ? תלמיד לקח סרגל ומדד את הקטרים, של הארץ ושל הירח. הוא חילק את שני המספרים שקיבל וטען שזהו היחס שבין רדיוס הארץ לרדיוס הירח. האם זה מוצדק? בתמונה נוספת רואים את הארץ והירח כפי שצולמו מלוויין שסבב את מאדים.

http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_56.html

האם המסקנות מתמונה זו דומה למסקנות שנמצאו קודם?

ג. כוחות ותנועה, כוחות ושינוי

1. אינטראקציה

שרשרת הטיעונים

א. הדדיות בהפעלת כוחות מגע – אינטראקציה
כאשר גוף מפעיל כוח מגע על גוף שני, גם הגוף השני מפעיל כוח על הגוף הראשון. זוהי פעולת גומלין – אינטראקציה.
האם זה מתרחש גם כאשר כוחות פועלים ממרחק?

ב. הדדיות בהפעלת כוחות ממרחק בין מגנטים
אם מגנט אחד מושך מגנט אחר, יש גם משיכה בכיוון ההפוך. כך גם כאשר יש דחייה. מדובר בפעולת גומלין – אינטראקציה.
האם זה מתרחש גם כאשר מגנט מושך ברזל שאינו ממוגנט?

ג. הדדיות בהפעלת כוחות ממרחק בין מגנט לבין ברזל לא ממוגנט
כאשר מגנט מושך גוף שאינו ממוגנט, המשיכה פועלת על שני הגופים.
האם ההדדיות מתקיימת גם כאשר מדובר בכוח אחר (שאינו מגנטי) שפועל ממרחק?

ד. הדדיות בהפעלת כוחות ממרחק בין בלונים משופשפים ("חשמל סטטי")
שני בלונים משופשפים דוחים זה את זה באופן הדדי.
האם ההדדיות מתקיימת גם כאשר אחד הגופים אינו משופשף?

ה. הדדיות בהפעלת כוחות בין בלון משופשף לבין גופים ניטרליים ("חשמל סטטי")
בלון משופשף מסוגל למשוך גופים ניטרליים רבים, ובאותו זמן הוא נמשך על ידם.
מה באשר לנטיית גופים ליפול מטה – האם גם כאן מדובר בהפעלת כוח על ידי גוף אחר?

ו. כבידה סמוך לפני הארץ
כל הגופים שסמוכים לפני הארץ נמשכים לכיוון מרכז הארץ. מכאן מתבקש לקבוע כי הארץ מושכת גופים שסמוכים אליה.
האם גם כאן יש אינטראקציה? האם הגוף הנופל מושך את הארץ?

ז. הארץ מושכת ונמשכת באמצעות כבידה
הירח אינו מתמיד, אלא נע סביב הארץ, כפי שהארץ אינה נעה בקו ישר, אלא נמשכת על ידי השמש. מכאן שהארץ מושכת ונמשכת כאחד. כבידה היא, אפוא, תופעה הדדית.
האם לטענת ההדדיות הזו הסכימו בימי ניוטון גם אלה שחשבו אז כי הארץ אינה נעה?

ח. כוכב הלכת צדק מושך ונמשך באמצעות כבידה
גלילאו גילה באמצעות הטלסקופ כי לצדק יש ירחים. מכאן שצדק נמשך על ידי השמש ומושך את ירחיו. מכאן שכבידה היא תופעה הדדית. גם כוכבים נמשכים ואינם מושכים בלבד.
כל הכוחות שאנו מכירים הם חלק מתופעה הדדית – אינטראקציה.

דף חקר – אינטראקציה מגנטית

מגנטים מפעילים כוחות זה על זה וגם על גופים שעשויים מחומרים מיוחדים (ברזל, ניקל, קובלט וסגסוגות שלהם). בחקירה שלפנינו נבחן אם מדובר בתופעה הדדית. אתם מוזמנים לתעד את כל אחד משלבי החקירה באמצעות צילום (כולל בווידיאו). לשם כך כדאי להפיק את הניסוי המשכנע ביותר.



א. הניחו על שולחן חלק שני מגנטי-מוט זהים זה מול זה כמתואר באיור.

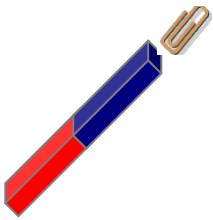
ב. קרבו אותם עד למקום שיאפשר לראות אותם מתחילים לנוע ברגע שמשחררים אותם (את שניהם בעת ובעונה אחת). האם יש משיכה או דחייה? האם יש הדדיות?

ג. הפכו את אחד המגנטים, כמתואר באיור שלפנינו.

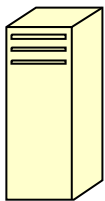


מה השתנה? מה לא השתנה?

ד. הניחו את המגנט על השולחן. הניחו סמוך אליו אָטָב משרדי (או סיכת ברזל). האם המגנט מצליח להניע את החומר הקל הלא ממוגנט? האם אתם רואים תופעה הדדית?



ה. קרבו את המגנט לתיבת מחשב גדולה (שעשויה מברזל, או לעבר גוש ברזל כבד כלשהו). איזה גוף נע לעבר הגוף האחר – המגנט לעבר המחשב או להפך?



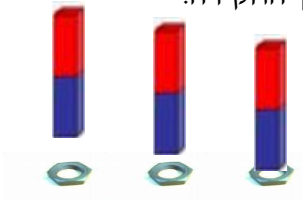
ו. בשני הסעיפים הקודמים ראיתם כי לעתים המגנט נע, והגוף הלא ממוגנט אינו נע ולעתים להפך. כיצד אפשר ליישב את הדברים? רשמו השערה:

ז. הציעו ניסוי שיבחן את השערתכם:

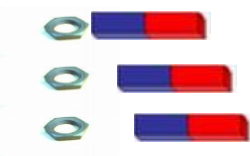


ח. נסו למשוך פיסת ברזל קלה כלפי מעלה באמצעות מגנט. אם המגנט רחוק מדי, פיסת הברזל אינה מתחילה לנוע. מצאו את המרחק המרבי שנדרש כדי שפיסת הברזל תתחיל להתרומם.

כדאי להשתמש בפחית קלה שמשמשת להשחלת פתילות לנר חנוכה. זה יסייע להמשך החקירה.



ט. חזרו על הניסוי, כאשר הפעם אתם מנסים למשוך אופקית על גבי השולחן. האם בשני הניסויים התקבל מרחק זהה? מדוע? רשמו הסבר משוער.



י. כדי להכריע בשאלה שעלתה בסעיף הקודם נחזור על ניסוי שבו פיסת הברזל חופשית כמעט מגורמים מעכבים. לרשותכם כוס לשימוש חד פעמי ומדבקה. בנו מערך ניסוי שבו החיכוך יהיה מזערי. חזרו על ניסוי המשיכה באמצעות מגנט (בכיוון אופקי) ומצאו את המרחק המרבי שבו הפחית נעקרת ממקומה. האם ההשערה שרשמתם בסעיף הקודם אוששה?

יא. נסחו הכללה הקשורה לאינטראקציה בין שני מגנטים שעליה למדתם מפעילות זו:

דף חקר – אינטראקציה חשמלית

בלון מנופח ששופשף בצמר (או בשיער) מחולל תופעה שידועה בכינוי "חשמל סטטי". נבחן האם מדובר בכוחות הדדיים – במילים אחרות: האם מדובר באינטראקציה?

א. שפשפו בלון בצמר. די מהר יתברר כי הבלון נוטה לחזר כמעט אחרי כל דבר. הוא נצמד לגופנו, לבגדינו, לקירות ועוד. אפשר ממש להוביל אותו באצבענו (ללא מגע של ממש). זה עשוי לייצר מצבים מעניינים ומשעשעים. נסו לייצר מצבים כאלה. תעדו בצילום ודיאו.

ב. נסו להניע קרש באורך מטר באמצעות הכוח שמפעיל עליו בלון משופשף. לרשותכם בלון משופשף, קרש בניין (או סרגל, אולי מקל של מטאטא) באורך מטר וזכוכית שעון בקוטר 100 מ"מ. תכננו ניסוי וציירו כאן את מערך הניסוי.

ג. בצעו את הניסוי וצלמו סרט ודיאו.

ד. תכננו ניסוי שבו הבלון מושך גופים אחרים (שאינם משופשפים). רשמו כאן את תכנית הניסוי שלכם.

ה. האם יש אינטראקציה בין שני בלונים משופשפים? תכננו ניסוי שיבהיר את הדברים בצורה מיטבית. רשמו את תכנית הניסוי וציירו את מערך הניסוי

ו. ערכו את הניסוי. תעדו בצילום. רשמו את התוצאה:

ז. נסחו מסקנה מכלילה מניסויי האינטראקציה החשמלית.

ח. זה הזמן להעלות רעיונות משלכם למחקר נוסף. רשמו רעיונות כאלה על דף נפרד. הציעו דרכי פעולה ובצעו ניסויים בזמנכם החופשי.

שאלות לסיכום וחזרה

1. איש דוחף את רעהו

אדם דוחף אדם אחר, בעל מסה זהה. בעקבות הדחיפה הנדחף מתחיל לנוע, אך הדוחף נותר במקומו (אין רואים שינוי במהירותו).

א. האם הדבר סותר את עקרון ההדדיות?

ב. מה יקרה על משטח קרח?

2. שינוי צורה

אנו יודעים כי כוח חיצוני מסוגל לשנות צורה של גוף. האם גם ההפך נכון – האם שינוי צורה מעיד על כך שפעל כוח חיצוני?

3. שינוי במהירות או בכיוון התנועה

אנו יודעים כי כוח חיצוני מסוגל לשנות את מהירותו של הגוף או את כיוון תנועתו. האם גם ההפך נכון – האם שינוי במהירות או בכיוון התנועה מעיד על פעולתו של כוח חיצוני?

4. מחט המצפן והארץ

תלמידה שמתבוננת במחט המצפן שמסתובבת לכיוון צפון, טוענת כי המחט מפעילה כוח על כדור הארץ. האין היא מגזימה?

5. אינטראקציה חשמלית ואינטראקציה מגנטית

נערוך השוואה בין שתי האינטראקציות.

א. במה הן דומות?

ב. במה הן שונות?

ג. האם ייתכן שמגנטיות היא סוג של "חשמל סטטי" (או להפך – החשמל הסטטי הוא סוג של מגנטיות)? נמקו את תשובתכם.

6. כוח חשמלי על קילוח מים

א. נסו למשוך קילוח מים דק שיוצא מן הברז באמצעות בלון (או מסרק) משופשף (ללא מגע, אך בקרבה גדולה).

ב. תכננו ניסוי שיבדוק אם גם הבלון נמשך אל המים.

ג. תעדו את התופעה בצילום.

7. כוכב לכת וירח

בדרך כלל, כאשר ירח סובב כוכב לכת, נראה כי כוכב הלכת אינו מושפע מכך בתנועתו. האם אין אינטראקציה? האם אין הדדיות?

דף חקר – נפילה חופשית

א. את הניסוי הבא תעשו בכיור. לשם כך עליכם להצטייד בכוס לשימוש חד פעמי (גדולה יחסית) או בעציץ בלתי שביר. מה יקרה אם תנקבו בתחתית הכלי חור ותמלאו את הכלי במים, כאשר אתם מחזיקים את הכלי בידים מעל לכיור? רשמו את השערתכם:

ב. עד כאן הדברים פשוטים. עתה אתם מתבקשים להעלות השערה באשר לניסוי הבא. נניח שאתם ממלאים את הכלי במים, כאשר אתם סוגרים על החור שבתחתית (מלמטה) באמצעות האצבע שלכם. בשלב מסוים אתם מניחים לכלי ליפול ובאותו רגע מסירים את האצבע מן החור. הכלי יתחיל ליפול. מה יקרה לקילוח המים שיוצא מן החור בשלב שבו העציץ נופל? רשמו את השערתכם **המנומקת**:

ג. עתה ערכו את הניסוי. רשמו מה התרחש. האם התוצאה זהה או שונה משחשבתם? בכל מקרה, כיצד אתם מסבירים את המתרחש?

ד. את הניסוי הבא תערכו בחצר בית הספר. קחו בקבוק ריק של משקה קל. נקבו אותו בצדו. מלאו את הבקבוק במים, תוך כדי שאתם מכסים את החור באצבעכם. עתה השליכו את הבקבוק באלכסון כלפי מעלה. מה יקרה לקילוח המים שיוצא מן החור במהלך תנועת הבקבוק באוויר? רשמו תחילה את השערתכם **המנומקת**, ואחר כך ערכו את הניסוי. מהי השערתכם? האם היא התממשה? בכל מקרה, הסבירו את מה שהתרחש.

שאלות לסיכום וחזרה

1. מעקב אחרי טיפות נופלות

פתחו בבית ברז כך שהמים מטפטפים ממנו בטיפות בודדות. צלמו את הטיפות בנפילתן (צילום "וידאו" - סדרת תמונות) והעתיקו את מיקומיהן לדף נייר. מה התקבל? (תרשים עקבות) לפי התרשים שקיבלתם, הסיקו מסקנות:

- א. האם מהירות הטיפות קבועה, הולכת וגדלה או הולכת וקטנה? נמקו.
- ב. מהי לדעתכם הסיבה להגדלת המהירות?
- ג. מהי האינטראקציה שאחראית להתנהגות הזאת של הטיפה? אילו גופים שותפים לאינטראקציה? האם זוהי אינטראקציה במגע או ממרחק?

2. תחנת החלל הבין-לאומית

חפשו מידע באינטרנט על תחנות חלל ובפרט על "תחנת החלל הבין-לאומית". באיזה גובה מעל פני הארץ התחנה נעה? כמה זמן נמשכת הקפה אחת של הארץ? מי שותף לתחנה? לשם מה נבנתה התחנה? אילו פעילויות מתרחשות בה? פי כמה קטנה עוצמת הכבידה שפועלת על התחנה ועל נוסעיה מזו שפועלת על פני הארץ (על אותם גופים)? רשמו את תשובתכם בחיבור קצר.

3. תחנת החלל הבין-לאומית

מספרים על החוקר הגדול גלילאו גלילאי (יש שכותבים גליליני) כי שחרר שני גופים, כבד וקל, מראש מגדל פיזה ומצא שהם מגיעים לפני הקרקע כמעט באותו זמן. האם זה היה מתרחש אם היה משחרר באותו זמן גם עלה זית? הסבירו את הדברים.

קחו דף נייר ומחקו והפילו אותם בו-זמנית מגובה זהה. האם הדף והמחק יגיעו בו-זמנית לקרקע? הסבירו את המתרחש. מה ניתן לעשות לדף נייר כדי שאכן ייפול יחד עם המחק?
מה קורה אם נעשה ניסוי כזה על הירח?
התבוננו בסרטון שנמצא באחת מן הכתובות הבאות והסבירו מה קורה שם:

http://www.youtube.com/watch?v=5C5_dOEyAfk

4. אירועים חביבים מתחנת החלל

התבוננו בסרטון שנמצא בכתובת הבאה:

<http://www.youtube.com/watch?v=2gAedmwz6Qk>

רשמו תופעות של מיקרו-כבידה (רבות ככל האפשר) שהסרטון מציג בפנינו.
מהי התופעה שנראית לכם המפתיעה ביותר? מהי התופעה החביבה ביותר לטעמכם?

5. האם יש או אין כבידה בתחנת החלל?

הסבירו כיצד משפיעה הכבידה על התחנה ועל נוסעיה.
מה היה משתנה בהיעדר כבידה?
הסבירו מדוע השפעת הכבידה אינה ניכרת למי שנמצא בתוך החללית.
האם הדבר יישאר בתוקף גם כאשר משתמשים במנוע רקטי כדי לשנות את המהירות של התחנה? נמקו.

6. ניסוי בתחנת החלל

הציעו ניסוי משלכם, שיש בו עניין, אשר אי אפשר לעורכו במעבדה על פני הארץ, אך אפשר לעורכו בתחנת חלל.

דף מחקר – אתגר המסה

האירוע המכריע התרחש באולם ההרצאות של האוניברסיטה המובילה במדינה. מאה מבוגרי בתי הספר, הטובים שבהם, התכנסו לשמוע מי מהם יזכה במלגה החשובה ביותר שתאפשר לו ללמוד, ללא תשלום, עד סוף הלימודים האקדמיים, במסלול המאתגר ביותר. תחושה של התרגשות ודריכות שררה בקבוצת הבוגרים המבריקים. בשעה 10:00 בדיוק נכנס מזכיר הפקולטה לאולם. שקט השתרר. המזכיר כחכח בגרונו ופתח בדבריו.

"הבחירה הייתה קשה ביותר. עשרה מכם הצטיינו במיוחד, ואיננו רוצים לוותר על אף אחד מהם. החלטנו, אפוא, לתת עשר מלגות", אמר המזכיר ומיד קרא ברשימת התלמידים שנבחרו והזמינם לחזית האולם. הוא פנה אל הזוכים בדברים שעוררו בהם התרגשות רבה.

"עם זאת, אנו מעוניינים לתת לאחד מכם זכות מיוחדת. המועמד שייבחר יזכה לליווי אישי מתמיד של חתן פרס נובל לפיזיקה, פרופסור הרוש³, במשך כל לימודיו האקדמיים", אמר המזכיר לזוכים הנרגשים. "כדי לבחור במועמד המתאים ביותר אנו מצביעים לפני כל אחד מכם אתגר מדעי, שיבחן יכולת מחשבה מדעית, תושייה מדעית, תכנון של שיטת פעולה ניסויית, ביצוע מדויק שלה, הסקת מסקנות נכונה ודיוק בהפקת התוצאה. בקיצור, האתגר הזה כולל את כל מה שנדרש מפיזיקאי יוצא מן הכלל."

המועמדים נדרכו והחלו לצייר בעיני רוחם משימה מתקדמת, שמצריכה ידע מתקדם בפיזיקה מודרנית והכרה עמוקה של ציוד חדשני. המזכיר עצר את המהלך המהיר של דמיונם המבריק בהכרזה שריגשה את כולם.

"כדי להציג בפניכם את המחקר שתתבקשו לעשות, אני מזמין את פרופסור הרוש אל האולם." עוד המזכיר אומר את דבריו, ופרופסור הרוש נכנס אל האולם ובצעדים מאוששים ניגש אל שולחן מכוסה רחב ידיים שעמד בקדמת האולם.

"אתם ודאי מעוניינים לראות את הציוד שתשתמשו בו היום. אם כן, אציג לכם אותו מיד", אמר ומשך את יריעת הבד שכיסתה את השולחן בתנועה מהירה. הפתעה גדולה פשטה ברחבי האולם. השולחן היה העתק מדויק של שולחן מבית הספר היסודי, ועליו היו פריטים שהגיעו מן המכולת ומחנות לממכר משחקי יצירה.

"אתם ודאי תוהים מדוע איננו מעמידים ציוד מתוחכם ומודרני שיתאים לאנשים מתוחכמים ומודרניים שכמותכם", אמר פרופסור הרוש, "זה מפני שאנו מבקשים להכיר אתכם ולא את הציוד שלכם. בהיעדר ציוד מעבדה רגיל, יהיה עליכם להפגין תושייה מדעית, יהיה עליכם לחזור אל העקרונות הראשוניים ולהציע שיטת עבודה משלכם. אנו מאמינים שכך נכיר אתכם במיטבכם".

"האתגר שמוצב לפניכם הוא פשוט לכאורה. עליכם לעצב כדור מפלסטלינה שהמסה שלו תהיה _____ גרם בדיוק. זוהי "מסת המטרה" שעליכם לחתור אליה. הקושי נעוץ בכך שעליכם להשתמש בציוד שמונח על השולחן בלבד, ואין שם מאזניים, אפילו הפשוטים ביותר. עליכם להשתמש רק בציוד הפשוט שעל השולחן, שכולל בין היתר כמה חרוזים (גולות) שהמסות שלהם זהות. המסה של כל חרוז נתונה והיא _____ גרם."

"כל אחד מכם מוזמן לתכנן מדידה ולהוציא אותה לפועל. בסיום המדידה תציגו בפנינו את הכדור, כך שנוכל למדוד את המסה שלו באמצעות ציוד משוכלל. מי שימצא כי מסת הכדור שלו היא הקרובה ביותר למסת המטרה, יוכתר כזוכה."

"שימו לב! המדידה המכריעה תיעשה רק בסיום העבודה. כל אחד מכם יוכל לגשת למדידה הזאת פעם אחת בלבד. לא תהיה אפשרות שיפור. אם כך, עשו מאמץ לעצב את כדור הפלסטלינה הטוב ביותר, באמצעות הציוד הצנוע שעומד לרשותכם."

התמודדות עם האתגר הזה עומדת עתה בפניכם, תלמידי העתודה המדעית-טכנולוגית בחטיבת הביניים. פעלו לפי סדר הדברים שלפניכם:

א. התחלקו לצוותים. כל צוות יערוך דיון מקדים שבו יתכנן את דרכי הפעולה שלו. יש להביא בחשבון שמותר להשתמש רק בציוד העומד לרשותכם. אין הכרח להשתמש בכל הציוד. חלק ממנו אפילו מיותר בעליל.

ב. כל צוות יכין "תכנית עבודה" שתועד במסמך כתוב.

ג. המסמך יכול את האסטרטגיה הכללית של דרך העבודה במעבדה, את העקרונות שעליהם היא מבוססת, את שלבי העבודה המתוכננים, שלד של טבלאות או גרפים (אם תחשבו שאתם נזקקים להם) וסרטוט של המערכת הניסויית.

ד. תכנית העבודה תוגש לאישור המורה. אין להתחיל בעבודה ללא אישור של המסמך על ידי המורה.

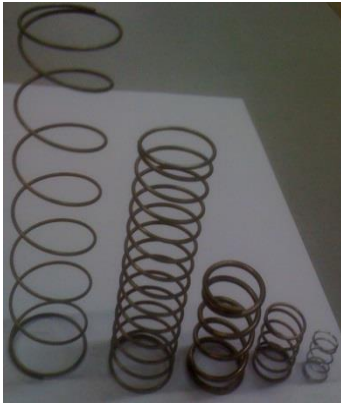
ה. תכנית העבודה תוצא לפועל. אם יתברר לכם במהלך העבודה שאתם מעוניינים להכניס בתכנית שינויים, יהיה עליכם להכניס תיקונים בתכנית העבודה ולהגישה למורה לאישור מחדש.

ו. עליכם לסיים את העבודה במשך זמן קצוב, שיוכרז על ידי המורה בתחילת העבודה בצוותים.

ז. עם סיום העבודה יש להגיש את הכדור למורה למדידה של המסה באמצעות מאזניים משוכללים. זכרו: יש הזדמנות אחת בלבד למדידה הזאת. אין מקצה שיפורים. עשו כמיטב יכולתכם בסיבוב הראשון והיחיד.

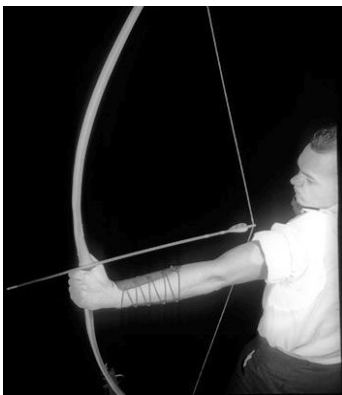
שאלות לסיכום וחזרה

1. קפיצים במכונית



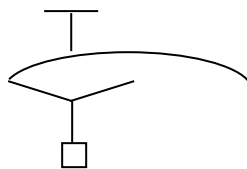
כאשר מכניסים משא כבד לתא המטען של מכונית, אפשר לראות כי השלדה של המכונית יורדת בכמה סנטימטרים. גם כאשר נוסע נכנס למכונית ויושב על המושב הוא גורם לירידת המושב. זה מתרחש מפני שהשלדה והמושב נתמכים בקפיצים. בתמונה שלפנינו יש קפיצים שאפשר ללחוץ אותם. אם נניח עליהם משקולת, הם יתקצרו. זה נכון גם לקפיצים במכונית (שהם חזקים הרבה יותר, כלומר: קבוע הקפיץ שלהם גדול הרבה יותר).
אם קבוע הקפיץ במכונית הוא 30,000 ניוטון למטר (30,000 N/m), בכמה תשקע המכונית אם נעמיס עליה 200 ק"ג (200 kg)?

2. חץ וקשת



© 2010 MIT. Courtesy of MIT Museum.

בתמונה שלפנינו אנו רואים אדם מחזיק בחץ וקשת. הקשת מתוחה, ממש לפני שחרור החץ. במצב זה הקשת מפעיל כוח על החץ (באמצעות המיתר). גודלו של הכוח הזה תלוי במידת המתיחה של המיתר. תלמיד בנה קשת קטנה וחקר את המערכת בדרך הבאה. הוא חיבר את הקשת לתקרה באמצעות מוט ותלה משקולת על הקשת, כפי שמתואר בתרשים. ככל שהמשקולת גדולה יותר, הקשת מתארכת כלפי מטה יותר. התלמיד ערך מדידות ומצא כי אם אין מותחים את המיתר יותר מדי, הקשת מתנהגת כמו קפיץ ומקיימת את חוק הוק, כלומר: ההתארכות נמצאת ביחס ישר לכוח שהמיתר מפעיל.



התלמיד מצא כי כאשר הכוח הוא 10 ניוטון (10N), ההתארכות היא 5 ס"מ (5 cm).

- מהי ההתארכות כאשר הכוח הוא 15 ניוטון?
- מהו קבוע הקפיץ?
- מהו הכוח כאשר ההתארכות היא 6 ניוטון?

3. קפיץ מתיחה



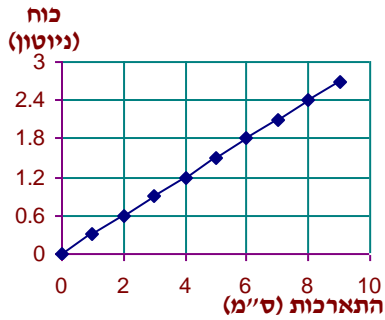
קפיץ מתיחה משמש לאימוני כושר. תלמיד מדד את הכוח ואת ההתארכות (בשיטה דומה לזו שבה ערך מדידות בקשת בשאלה הקודמת). הנה התוצאות שהתלמיד רשם:

30	20	10	0	התארכות (ס"מ)
120	80	40	0	כוח (ניוטון)

- האם המדידות תואמות את חוק הוק?
- מהו קבוע הקפיץ?
- מהי ההתארכות כאשר הכוח הוא 60 ניוטון (60N)?
- מהו הכוח כאשר ההתארכות היא 35 ס"מ (35 cm)?

שאלות חישוב קצרות על קפיצים

- א. כאשר תולים על קפיץ משקולת מסוימת, הוא מתארך ב-3 ס"מ (3 cm). בכמה יתארך הקפיץ אם יתלו עליו משקולת בעלת מסה כפולה (פי 2)?
- ב. תולים על קפיץ משקולת שהמסה שלה היא 100 גרם (100 gr). כאשר מחליפים את המשקולת במשקולת אחרת, ההתארכות גדלה פי 3. מהי המסה של המשקולת האחרת?
- כאשר תולים על קפיץ משקולת של 3 ניוטון (3N), הוא מתארך ב-5 ס"מ (5 cm). מהו קבוע הקפיץ? רשמו את התוצאה כאשר היחידות הן:
1. ניוטון לס"מ (N/cm) .2. ניוטון למטר (N/m)
- ג. כאשר תולים על קפיץ משקולת של 300 גרם (300 gr), הוא מתארך ב-5 ס"מ (5 cm). מהו קבוע הקפיץ? רשמו את התוצאה כאשר היחידות הן:
1. ניוטון לס"מ (N/cm)
 2. ניוטון למטר (N/m)
- (הניחו כי g הוא 9.8 ניוטון לק"ג [$g=9.8 \text{ N/kg}$]).
- ד. תולים משקולת על קפיץ שהקבוע שלו הוא 30 ניוטון למטר (30 N/m). הקפיץ מתארך ב-5 ס"מ (5 cm).
- ה. מהי המסה של המשקולת? (הניחו כי g הוא 9.8 ניוטון לק"ג [$g=9.8 \text{ N/kg}$]).
- ו. תולים משקולת על קפיץ ומודדים את ההתארכות. מעבירים את הקפיץ והמשקולת לירח. האם התארכות הקפיץ שם תהיה גדולה או קטנה יותר? פי כמה? (אפשר להניח כי g על פני הארץ הוא 9.8 ניוטון לק"ג [9.8 N/kg], ועל הירח הוא 1.62 ניוטון לק"ג [1.62 N/kg]).



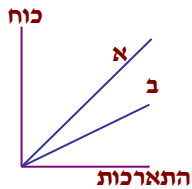
שאלות קצרות על קפיצים וגרפים

א. התיאור הגרפי שלפנינו מציג את הכוח כנגד ההתארכות של קפיץ מסוים. קבעו מתוך הגרף, ללא חישוב, מהי ההתארכות כאשר הכוח הוא 1.5 ניוטון (1.5N).

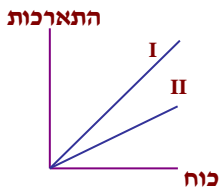
ב. השתמשו בגרף מן השאלה הקודמת כדי לחשב את קבוע הקפיץ. רשמו אותו הן ביחידות ניוטון לס"מ (N/cm) והן ביחידות ניוטון למטר (N/m).

ג. עבור הקפיץ משתי השאלות הקודמות, מהו הכוח כאשר ההתארכות היא 11 ס"מ (11 cm)?

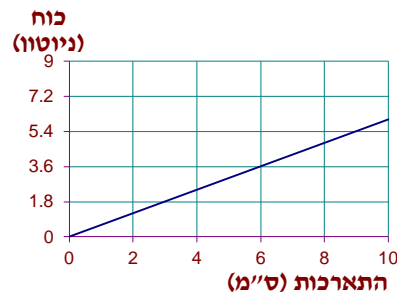
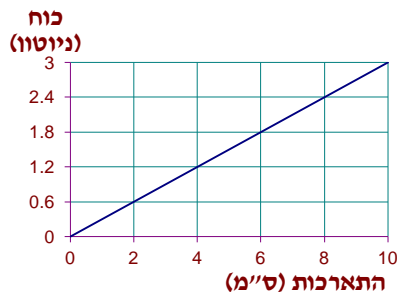
ד. התבוננו בתיאור הגרפי שבו מיוצגים גרפים לשני קפיצים שונים (א ו-ב). לאיזה גרף יש "קבוע קפיץ" גדול יותר? הסבירו כיצד הגעתם למסקנה.



ה. התבוננו בתיאור הגרפי שבו מיוצגים גרפים לשני קפיצים שונים (I ו-II). לאיזה גרף יש "קבוע קפיץ" גדול יותר? הסבירו כיצד הגעתם למסקנה.



ו. התבוננו בשני התיאורים הגרפיים שלמטה. מי מהם מתאר קפיץ בעל קבוע גדול יותר?

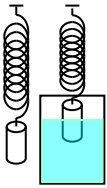


על חשיבות הכיול

נעמה היא מנהלת מחלקת הכיול במפעל מעולה לייצור מדי כוח. בזמן האחרון עוסקת המחלקה שלה בכיול מכשירי מדידה רבים שנכללים בעסקה חשובה מאוד, שאמורה להבטיח את עתיד המפעל כמקום עבודה יציב, ואת שמו הטוב כמפעל הטוב בעולם לייצור מדי כוח. מנהלת המפעל לוחצת על נעמה להאיץ את תהליכי הכיול כדי להבטיח את קבלת התשלום במועד. נעמה מתעקשת וטוענת שאין מקום לקיצור תהליכים בשלב הכיול. על מה מבססת נעמה את טענתה?

מדידת כוחות במים – דיון איכותי⁴

משקולת תלויה על קפיץ שמשמש כמד כוח. מכניסים את המשקולת שתלויה על הקפיץ למים. מתברר כי כתוצאה מכך התארכות הקפיץ קטנה.



- כמה כוחות פועלים על המשקולת לפני שהוכנסה למים?
- איזה גוף מפעיל את כל אחד מן הכוחות?
- מה כיוונו של כל אחד מן הכוחות?
- כמה כוחות פועלים על המשקולת אחרי שהוכנסה אל המים?
- איזה גוף מפעיל את כל אחד מן הכוחות? כיצד אנו יודעים זאת?
- מה כיוונו של כל אחד מן הכוחות (במצב שיווי המשקל)?
- האם גודלו של כל אחד מן הכוחות השתנה כתוצאה מהכנסת המשקולת למים? אם כן – האם הוא גדל או קטן?

מדידת כוחות במים – דיון כמותי

נמשיך לדון במערכת מן השאלה הקודמת. לפני הכנסת המשקולת הורה מד הכוח 9 ניוטון. לאחר מכן ההוריה הייתה 7 ניוטון (7N).

- מה גודלו של כל אחד מן הכוחות?
- התברר כי הכנסת המשקולת למים גרמה להתקצרות הקפיץ ב-6 ס"מ (6 cm). חשבו את קבוע הקפיץ. רשמו את תשובתכם בניוטון למטר (N/m).

בין ארץ לירח ולמאדים

נמשיך לדון במערכת משתי השאלות הקודמות. נגלה לכם עתה כי הניסוי נערך על הירח, שם g הוא 1.62 ניוטון לק"ג (1.62 N/kg).

- חשבו את מסת המשקולת.
- חשבו מה יורה מד הכוח במדידה מקבילה על הארץ (9.8 N/kg).
- מה יורה מד הכוח על פני מאדים, שם g הוא 3.68 ניוטון לק"ג (3.68 N/kg)?

מדידת מסה בדרכים שונות

יש שתי דרכים מקובלות למדידת מסה – מד מסה קפיצי ומאזני כפות. נערוך מדידות על הארץ בשני המכשירים ואחר כך ניקח אותם אל הירח.

- האם יהיה צורך לכייל מחדש את מד המסה הקפיצי? מדוע?
- האם יהיה צורך לכייל את מאזני הכפות? מדוע?

⁴ שאלת הרחבה – למעוניינים (וכך גם שאלת ההמשך).

כוח הכובד על כוכבי לכת

השלימו את הטבלה:

כוכב לכת	עוצמת שדה הכבידה (בניוטון לק"ג – N/kg)	כוח הכובד (ניוטון) שיפעל על אדם שמסתו היא 50 ק"ג (50 kg)
כוכב חמה	3.70	
נוגה	8.87	
ארץ	9.80	
מאדים	3.73	
צדק	25.93	
שבתאי	11.19	
אורנוס	9.01	
נפטון	11.28	

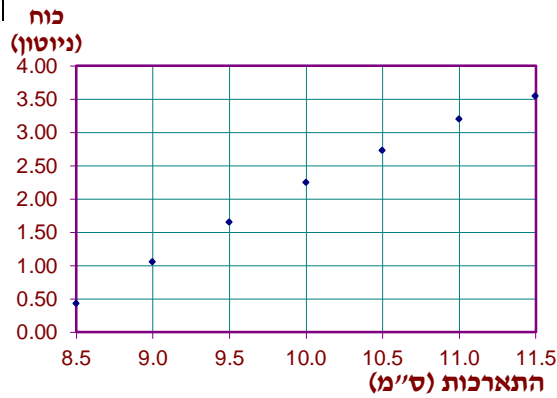
מדידת מסה במקומות שונים על פני כדור הארץ

עוצמתו של שדה הכבידה על פני הארץ היא כ-9.8 ניוטון לק"ג (9.8 N/kg), אך היא שונה במקצת ממקום למקום (לפי קו הרוחב והגובה). האם יש לכך השלכה על מידת הדיוק של מדידת מסה באמצעות מאזני קפיץ? באמצעות מאזני כפות?

כיול גומייה כמד כוח

תלמידים בדקו את האפשרות להשתמש בגומייה כמד כוח. הם תלו על הגומייה משקולות ומדדו את ההתארכות בנקודות שיווי המשקל. הם

התארכות (ס"מ - cm)	כוח (ניוטון - N)
8.5	0.43
9.0	1.05
9.5	1.65
10.0	2.25
10.5	2.73
11.0	3.20
11.5	3.55



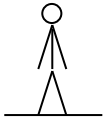
סיכמו את התוצאות בטבלה ובגרף.

- יעל חישה את "קבוע הקפיץ" של הגומייה לפי מידת ההתארכות בעקבות הגדלת הכוח
- מ-0.43 ניוטון (0.43N) ל-1.05 ניוטון (1.05N). מה התוצאה שקיבלה?
- יואב חישה את "קבוע הקפיץ" של הגומייה לפי ההתארכות בעקבות הגדלת הכוח
- מ-3.2 ניוטון (3.2N) ל-3.55 ניוטון (3.55N). מה התוצאה שקיבל?
- האם שני החישובים מניבים תוצאה זהה?
- במה נבדלת התנהגות הגומייה מהתנהגותו של קפיץ?
- כיצד משתקף הדבר בתיאור הגרפי?

4. כוח בפעולה

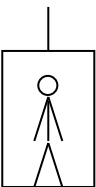
שאלות לסיכום וחזרה

1. תלמיד עומד על רצפת המעבדה



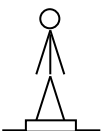
- יובל עומד על הרצפה. מסתו של יובל היא 50 ק"ג.
- חשבו מה גודלו וציינו מה כיוונו של כוח הכובד שהארץ מפעילה על יובל.
 - מהו גודלו ומה כיוונו של כוח הגומלין שבאינטראקציה בין יובל לבין הארץ?
 - מדוע יובל אינו נופל מטה בהשפעת כוח הכובד? איזה גוף מפעיל עליו כוח נגדי?
 - מה גודלו של כוח זה? מדוע?
 - איזה גוף מפעיל את כוח הגומלין ("התגובה") לכוח מן; הסעיף הקודם?
 - מה גודלו של הכוח הזה?

2. תלמיד עומד על רצפת מעלית



- נמשיך לדון בכוחות שפועלים על יובל. הפעם יובל נכנס למעלית. הוא מפעיל את המעלית. בחלק מן התנועה המעלית עולה במהירות שמשתנה כל הזמן.
- האם תשובותיכם לסעיפים א ו-ב מן השאלה הקודמת ישתנו? הסבירו.
 - מהו גודלו ומה כיוונו של כוח הגומלין באינטראקציה בין יובל לבין הארץ?
 - האם תשובתכם לסעיף ד בשאלה הקודמת תשתנה? הסבירו.
- בשלב מסוים של התנועה המעלית נעה במהירות קבועה.
- הסבירו מדוע כל התשובות מן השאלה הקודמת (על רצפת המעבדה) נותרות בתוקף.

3. א. מאזני רצפה



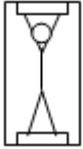
- עמדו על מאזני רצפה. הן מכילות להורות את תוצאות מדידת המסה שלכם בק"ג.
- רשמו את המסה שלכם, כפי שהיא נמדדה על ידי המכשיר.
 - נניח כי המכשיר כולל בתוכו קפיץ, והוא מודד כוח. מה גודלו של הכוח שהקפיץ מודד?

יובל טוען כי הכוח הנמדד הוא כוח הכובד שהארץ מפעילה עליכם. אסנת טוענת כי הכוח הנמדד הוא הכוח שהרצפה (או המאזניים) מפעילה עליכם. יובל משיב לה כי שני הכוחות הם שווים גודל. אסנת משיבה לו כי לא בכל המקרים הכוחות הם שווים גודל.

- מדוע יובל חושב ששני הכוחות שווים בגודלם?
- מדוע אסנת טוענת שיש מקרים שבהם הכוחות אינם שווים בגודלם?
- מהו אכן הכוח הנמדד – כוח הכובד או "הכוח הנורמלי"?

שאלת הניתור בעמוד הבא מתייחסת לתופעה דומה.

ב. שני מאזני רצפה



אם יש ברשותכם שני מאזני רצפה, תוכלו לעשות את הניסוי הבא. עמדו על אחד מהם והחזיקו את השני, כשהוא הפוך, כאשר כפות ידיכם דוחפות אותו כלפי מעלה אל המשקוף של אחד הפתחים בבית או בכיתה (ייתכן שתצטרכו הדום יציב). ככל שתלחצו חזק יותר, שני המכשירים יראו תוצאות גבוהות יותר, אך ההפרש יישאר קבוע.

- א. תארו בתרשים כוחות את שלושת הכוחות שפועלים עליכם וציינו מי מפעיל אותם.
- ב. מה מודד ההפרש הקבוע בין שני הכוחות הנורמליים?

4. ניתור

ספורטאית מנתרת כלפי מעלה (ממצב מנוחה).

- א. מה הם שני הכוחות שפועלים עליה ברגע הניתור (ממש לפני שהיא מנתקת מגע מן הקרקע)?
- ב. איזה מן הכוחות גדול יותר?
- ג. האם מערך הכוחות משתנה בעקבות הניתוק?

5. גודלו של הכוח חיכוך

שרירן מתאמן בגרירת משאות כבדים על פני הקרקע. הוא מפעיל על תיבה כבדה כוח של 100 ניוטון, והתיבה אינה נעקרת ממקומה. בניסוי השני שני הוא מפעיל כוח של 500 ניוטון ואינו מצליח להיזז את התיבה. בניסוי שלישי הוא מפעיל כוח של 1000 ניוטון, והתיבה נותרת עדיין במקומה. בניסוי רביעי הוא מפעיל כוח של 1200 ניוטון, והתיבה נעקרת ממקומה.

האם אפשר לקבוע מה גודלו של כוח החיכוך בכל אחד מארבעת המקרים? נמקו.

6. א. מסוע

מסוע הוא רצועה נעה שאפשר להסיע עליה משאות במרכול, בשדה התעופה, בפס הייצור ועוד.

- א. איזה סוג חיכוך פועל על העצמים המוסעים – סטטי או קינטי?
- ב. כאשר הגוף נע במהירות קבועה על גבי המסוע, האם פועל עליו כוח קדימה או אחורה?
- ג. חפשו באינטרנט מידע על מסועים מיוחדים. מהו המסוע הארוך ביותר שמצאתם?

ב. הליכה על הקרח

מדוע אי אפשר ללכת על הקרח? מה יקרה אם ננסה ללכת כפי שאנו רגילים?

בהקשר זה התבוננו בסרטון שחוקר את ההחלקה על קליפת בננה:

<http://www.games365.co.il/index.php?action=playgame&gameid=5055>

7. א. החיכוך בכביש

מה הם היתרונות ומה הם החסרונות של החיכוך בכביש?

ב. בייסבול

בכתובת שלפנינו תמצאו סרטון שבו מודדים בקצב מהיר את ההתנגשות של כדור בייסבול במחבט:

<https://www.youtube.com/watch?v=ModpYJD1gUI>

התבוננו בסרט והשיבו על השאלות הבאות:

- א. מהי מהירות השיגור של הכדור בקילומטר לשעה? שימו לב, יתכן שיהיה עליכם להמיר יחידות.
- ב. איזה גוף קשיח יותר – הכדור או המחבט? איך רואים זאת מן הסרטון?
- ג. האם הגוף הקשיח מבין השניים קשיח לחלוטין? כיצד רואים זאת מן הסרטון?
- ד. האם הכוח שמחבט מפעיל על הכדור גדול מהכוח שהכדור מפעיל על המחבט, קטן ממנו או שווה לו? נמקו.

8. כדור גולף

בכתובת שלפנינו תמצאו סרטון שבו מודדים בקצב מהיר את ההתנגשות של כדור גולף במחבט:

<https://www.youtube.com/watch?NR=1&v=AkB81u5IM3I&feature=endscreen>

- א. באיזה קצב נעשה הצילום המהיר?
- ב. מהי מהירות הפגיעה של הכדור?
- ג. האם הכדור מתנהג כקפיץ בעת ההתנגשות?

5. החוק השני של ניוטון

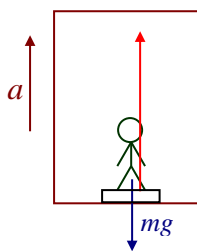
דף מחקר – מדידות במעלית

במחקר זה תגלו כיצד משפיעה נסיעה במעלית על מדידת המסה וכיצד לומדים מכך מהי התאוצה של המעלית. קחו עמכם "מאזני אמבטיה", כאלה שעומדים עליהם וקוראים את המסה, ולכו אל המעלית. שם תחוו מגופכם את החוק השני של ניוטון.

מדידת מסה

- א. היכנסו למעלית. עלו על המאזניים ורשמו את המסה הנמדדת: kg .
- ב. הפעילו את המעלית במגמת עלייה והתבוננו בהוריית המאזניים בשלב ההאצה. זהו פרק זמן שבו המדידה אינה משתנה הרבה. רשמו את קריאת המאזניים: kg .
- ג. חזרו על המדידה כמה פעמים וראו אם התוצאות חוזרות על עצמן. אם יש צורך לתקן את התוצאה הקודמת, תקנו אותה.
- ד. חזרו על התהליך כאשר על כתפכם יש ילקוט עמוס. רשמו את המסה הנמדדת ללא ילקוט kg , ועם ילקוט kg .
- ה. עתה התרכזו בשלב ההאטה לקראת עצירה. רשמו את קריאת המאזניים בשלב ההאטה, ללא ילקוט kg , ועם ילקוט kg .
- ו. הסבירו מילולית מדוע המאזניים אינם מתארים נאמנה את המסה כאשר המעלית בתאוצה:

הערכת התאוצה



שלב זה מחייב אתכם להבין את ההסבר שלפנינו כמיטב יכולתכם. המאזנים מודדים את N/g , כאשר N הוא הכוח שהמאזניים מפעילים על רגלינו. במילים אחרות: אם המאזניים מורים 40kg , אזי הכוח הנורמלי הוא $40 \times 9.8 = 392\text{N}$. נסמן את קריאת המאזניים ב- \tilde{m} (ולכן $N = \tilde{m}g$).

$$N - mg = ma \quad \text{לפי החוק השני של ניוטון:}$$

$$\tilde{m}g - mg = ma \quad \text{או:}$$

הנוסחה הזאת מאפשרת לנו להעריך את התאוצה במעלית, על סמך קריאות של m ו- \tilde{m} .

- ז. על סמך מדידות המסה שרשמתם למעלה, העריכו את התאוצה בשלב ההאצה (ב- m/s^2). רשמו חישוב ותוצאה:

_____ בלי ילקוט

_____ עם ילקוט

- ח. האם בשלב ההאטה לקראת עצירה התקבלה תאוצה זהה? בסימן? בגודל התאוצה?

דף מחקר – מדידה דינמית של מסה

במחקר זה תבדקו אם הגדלת המסה שתלויה על קפיץ, משפיעה על זמן המחזור וכיצד לנצל זאת למדידת מסה.

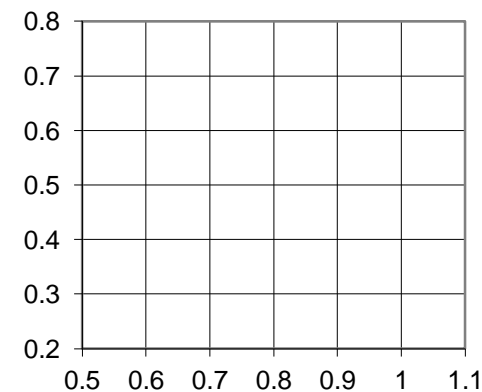
- א. כאשר תולים משקולת על קפיץ, היא מתנודדת. תכננו ניסוי שבו תבדקו אם
- ב. הגדלת המסה של המשקולת מביאה להגדלה או להקטנה של "זמן המחזור" (משך הזמן של מחזור אחד). בצעו את הניסוי.
- ג. רשמו את תוצאות הניסוי:

- ד. כאשר תולים משקולת על קפיץ, היא מתנודדת. בדקו בניסוי אם הגדלת המסה של המשקולת מביאה להגדלה או להקטנה של "זמן המחזור" (משך הזמן של מחזור אחד). זכרו כי כדאי למדוד עשרה מחזורים ולחלק בעשר (האם אתם זוכרים מדוע?). רשמו את מסקנתכם מן הניסוי:

- ה. הסבירו את תוצאות הניסוי באמצעות החוק השני של ניוטון:

- ו. קחו קפיץ שהקבוע שלו הוא 30N/m (תוספת של 100 גרם למשקולת מאריכה את הקפיץ בקצת יותר מ-3 ס"מ). תלו עליו משקולות כפי שכתוב בטבלה ורשמו את זמני המחזור (נסמן אותו ב-T). זכרו כי כדאי למדוד עשרה מחזורים ולחלק בעשר (האם אתם זוכרים מדוע?).

	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	מסת המשקולת (ק"ג)
m (kg)								זמן המחזור (שניות)



- ז. סמנו נקודות מתאימות בתיאור הגרפי והעבירו ביניהן קו:

- ח. עתה תלו גוש פלסטלינה על הקפיץ והשתמשו בגרף כדי לקבוע מהי המסה שלו. לאחר מכן תוכלו לערוך מדידה של המסה בדרך רגילה, לצורך השוואה.

דף מחקר – מכונית עם מאוורר

במחקר זה תגלו כיצד אפשר להניע מכונית באמצעות מאוורר שצמוד אליה.

א. נתבונן במקרה מעניין של הנעת מכונית צעצוע. לשם כך צפו בסרטון שנמצא בכתובת הבאה:
<https://www.youtube.com/watch?v=TXY-gRwYYA0>

ב. כדי להניע את המכונית יש להפעיל את המאוורר, שהוא חלק ממנה. הסבירו מדוע בכל זאת המאוורר אינו מפעיל את הכוח החיצוני על המכונית.

ג. אם כך, רשמו איזה גוף מפעיל את הכוח החיצוני שפועל על המכונית (כולל המאוורר).

ד. בנו בעצמכם מכונית כזאת. אינכם חייבים להשתמש בדיוק באותם חומרים. חלקם אפשר להחליף בפוליאגל, בשיפודי עץ, בקשיות שתייה ובקרטון ביצוע. אפשר גם להשתמש במכונית צעצוע מן החנות (עם ויתור על חוויית הבנייה). החשוב ביותר הוא למצוא בחנות צעצועים מאוורר זעיר שמופעל על ידי סוללות.

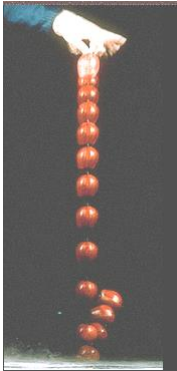
ה. כאשר יש בידכם דגם שעובד היטב, נסו אותו בתנאים שונים. יש באפשרותכם לשנות את מסת המכונית מבלי לשנות שום דבר אחר (העלו הצעות). העלו השערה במה תיבדל התנועה של מכונית בעלת מסה גדולה מזו שיש לה מסה קטנה:

ו. כיצד תבדקו בניסוי את ההשערה שלכם?

ז. בדקו את ההשערה באמצעות השיטה שהצעתם. מה המסקנה?

ח. עתה אתם מוזמנים לעשות חקירה מתוחכמת יותר, שתשדרג את החקירה שלכם. הסריטו בווידיאו את התנועה ובדקו כיצד המהירות משתנה (בקצב קבוע? אחרת?). חשבו היטב כיצד לעשות זאת. הפעילות הזאת פתוחה לחלוטין. עשו את הטוב ביותר.

דף מחקר – נפילת תפוח



© 2010 MIT.
Courtesy of
MIT Museum

במחקר זה נברר אם תפוח נופל בתאוצה קבועה או בתאוצה משתנה.

הצילום שלפנינו הוא צילום הבזק של תפוח נופל (במרווחי זמן קבועים). כידוע, הפולקלור המדעי מספר לנו כי ניוטון התעורר לגילויים מדעיים גדולים בעקבות נפילת תפוח. ננסה גם אנו ללכת בעקבותיו ולגלות את חוקיות הנפילה. התמונה מתארת את מקומו של התפוח מן הרגע שנעזב ועד לפגיעתו ברצפה, וקצת אחרי כן.

בעמוד הבא יש גרסה מוגדלת של התמונה, שתקל עלינו למדוד. זוהי תמונת תשליל, שעברה היפוך צבעים כדי לחסוך בצבע שחור בהדפסה וכדי לחדד פרטים.

א. **האם המהירות קבועה:** התבוננו בתמונה וקבעו אם המהירות קבועה. רשמו תשובה מנומקת.

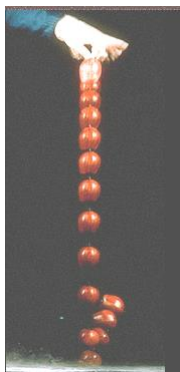
ב. **האם יש האצה:** התבוננו בתמונה וקבעו אם יש האצה כל הזמן או שיש גם קטעים של האטה. רשמו תשובה מנומקת.

ג. **כיצד מודדים העתק:** ההעתק הוא המרחק שהגוף התקדם בין צילום לצילום. התפוח אינו נקודתי, ויש לו גודל. בין אילו שתי נקודות כדאי לנו למדוד את המרחק כדי לקבל תוצאה מיטבית? הציגו אפשרויות שונות ורשמו יתרונות וחסרונות. הערה חשובה: אנו מודדים את ההעתקים שבתמונה, ולא את אלה שבמציאות.

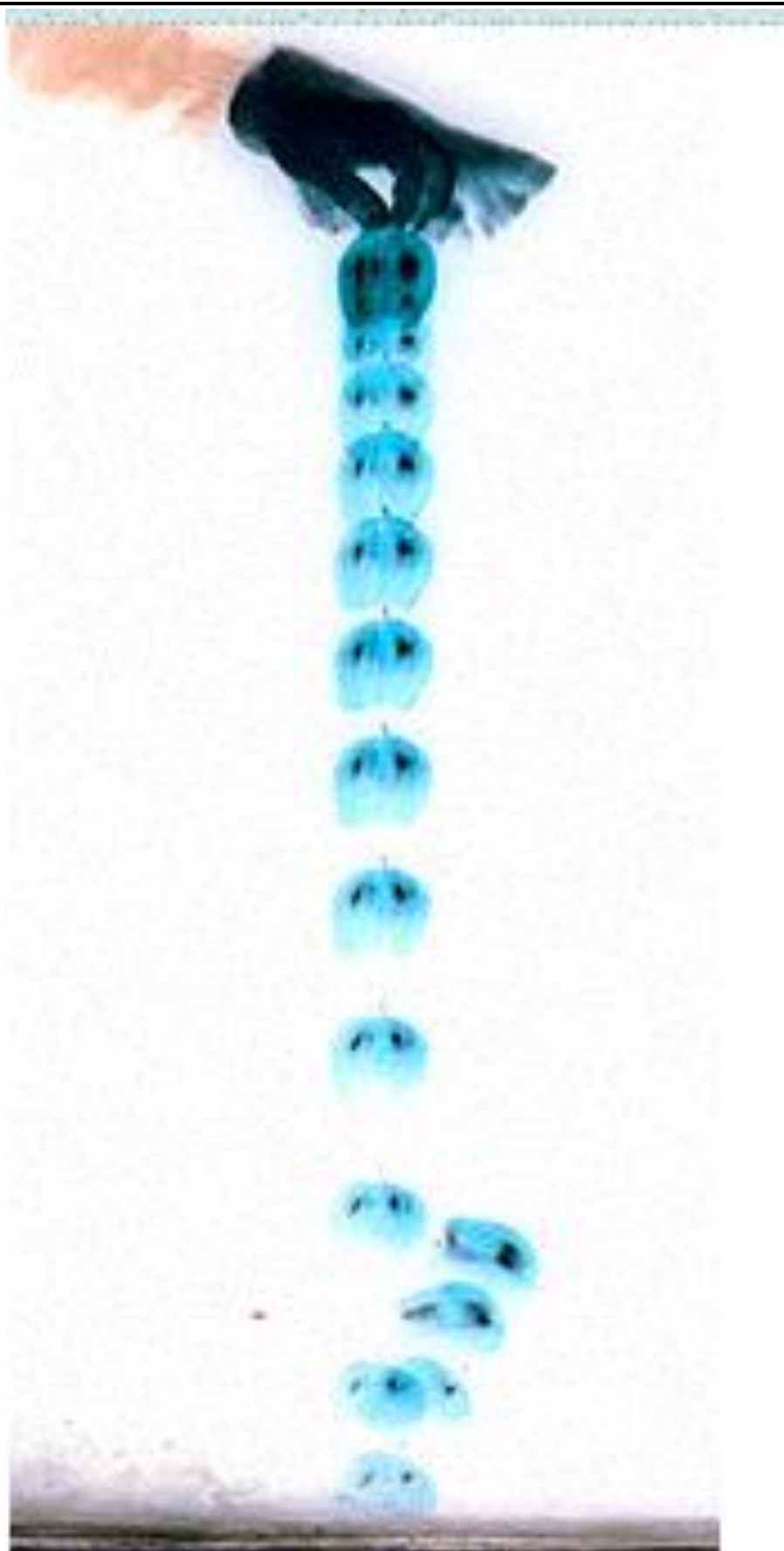
ד. **מדידת סדרת ההעתקים:** רשמו בטבלה את סדרת ההעתקים (בין שני צילומים עוקבים) שהצלחתם למדוד באמצעות הסרגל (אל תכללו תוצאות שאינן ודאיות).

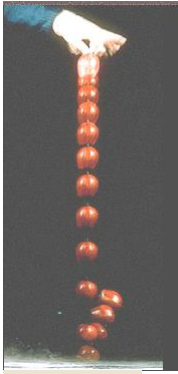
--	--	--	--	--	--	--	--

ה. **בדיקת מגמה בתוצאות:** האם סדרת ההעתקים היא סדרה עולה כל הזמן? האם יש חריגים מן הכלל הזו? האם קצב הגידול הוא קבוע? האם הוא בערך קבוע?



© 2010 MIT.
Courtesy of
MIT Museum





© 2010 MIT.
Courtesy of
MIT Museum

ו. **תצוגה גרפית של ההעתקים:** הציגו את התוצאות מן הטבלה באופן גרפי (העתק כנגד מספר הקטע). כל מדידה תוצג על ידי נקודה. בציר האופקי יימצא מספר המדידה (1 - להעתק הראשון, 2 - להעתק השני וכן הלאה). בציר האנכי יימצא ההעתק. רצוי להיעזר בגיליון ממוחשב.

ז. **בניית גרף:** האם אפשר להעביר קו ישר דרך כל הנקודות? האם אפשר להעביר קו ישר שכל הנקודות סמוכות אליו? אם כן העבירו את הקו.

ח. **האם התאוצה קבועה:** האם המהירות משתנה בקצב קבוע – בדיוק או בקירוב? נמקו את תשובתכם.

ט. **סיכום ביניים:** סכמו מה למדנו מן הצילום.

שאלות חזרה וסיכום

1. האצה של מכונית ספורט

- מכונית ספורט מהירה מאיצה ממנוחה ועד למהירות 100 ק"מ לשעה (27.78m/s) במשך 2.7 שניות. מסת המכונית היא 1600kg .
- חשבו את תאוצת המכונית (הניחו שהיא קבועה במשך ההאצה).
 - השוו את התאוצה של המכונית לתאוצת הנפילה החופשית.
 - חשבו את מהירות הגוף כעבור שנייה אחת מרגע היציאה לדרך.
 - חשבו את גודלו של הכוח שמופעל על המכונית.
 - איזה גוף מפעיל את הכוח על המכונית?

2. נסיעה במעלית

- פיזיקאית נכנסת למעלית. היא עומדת על "מאזני אמבטיה" שמורות 70kg . היא מפעילה את המעלית ומבחינה שבמשך 5 השניות הראשונות של התנועה המאזניים מורים 80kg .
- האם המעלית עולה או יורדת?
 - מהי המסה של הפיזיקאית?
 - חשבו את הכוח הנורמלי.
 - חשבו את התאוצה ב-5 השניות הראשונות.
 - חשבו את המהירות בתום 5 השניות הראשונות.
- ו. האם ייתכן שבהמשך הנסיעה, לפני עצירת המעלית בקומה גבוהה, המאזניים הורו פחות מ- 70kg ?

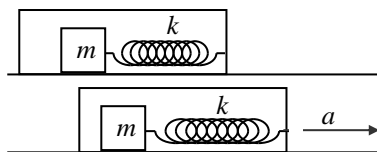
3. תנודות על קפיץ

- משקולת שתלויה על קפיץ מתנודדות עם זמן מחזור קבוע. מחליפים את המשקולת באחרת, שהמסה שלה גדולה יותר. מותחים את הקפיץ שוב באותו שיעור ומשחררים. האם זמן המחזור יגדל או יקטן? הסבר מדוע.

4. גרירה

- אדם גורר חבילה. המסה של החבילה היא 100kg . האדם מפעיל כוח אופקי בגודל 50N . התאוצה היא 0.4m/s^2 .
- מן הנתונים האלה אנו לומדים שפועל גם כוח חיכוך. כיצד?
 - מה גודלו של כוח החיכוך?
 - חשבו את מהירות החבילה אחרי 3 שניות.

5. קרון נגרר



- קפיץ בעל קבוע 25N/m ותיבה בעלת מסה 0.8kg , נמצאים בתוך קרון שנמצא במנוחה. רצפת הקרון חלקה. מאיצים את הקרון בתאוצה 2m/s^2 . כעבור זמן נראה כי לקפיץ יש אורך קבוע, גדול מזה שהיה לו במצב מנוחה.
- חשבו את התארכות הקפיץ (ביחס לאורכו כאשר הקרון היה במנוחה).

6. מאינטראקציה לרקטה

מאינטראקציה לרקטה - עקרונות, יישומים, מסעות בחלל

בתמונה שלפנינו נראה השיגור של רקטת סויוז ב-23 באוקטובר 2012, מנמל החלל בייקונור שבקזחסטן. הרקטה הזו נשאה עמה צוות בין-לאומי לעבר תחנת החלל הבין-לאומית.

רקטות הן תנאי הכרחי כדי להוציא אותנו מן הסביבה הקרובה של הארץ אל מה שמכונה "חלל". רקטות מאפשרות לנו להתגבר על כוח הכובד ועל הכוח המעכב שהאוויר מפעיל עלינו בתנועתנו המהירה. רקטות מסוגלות לסייע לנו לתמרון בחלל, כאשר אין בסביבה מי שיפעיל עלינו כוח חיצוני (פרט לכבידה שפועלת ממרחק). ללא רקטות אנו מרותקים לכדור הארץ. רקטות נותנות לנו תחושה של חופש למקרה של קטסטרופה. כיצד אפשר להניע רקטה בריק? בכך עוסקת יחידת לימוד זו, שתרחיב גם לעניין כיבוש החלל באמצעים רקטיים.

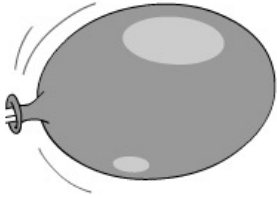


Photo credit: NASA/Bill Ingalls

הדגמת תלמידים – הבלון המעופף

כאשר משחררים את הפייה של בלון מנופח, האוויר יוצא החוצה.

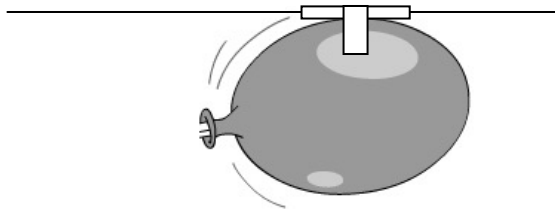
א. באיזה כיוון נע האוויר, ובאיזה כיוון נע הבלון? מדוע? רשמו את תשובתכם:



ב. בדקו את השערתכם במציאות.

ג. הבלון נע כאחוז תזזית. כדי להסדיר את תנועתו, אפשר להצמיד לו (בעזרת

מדבקה) קשית, להשחיל דרכה חוט ולקבוע את שני קצותיו. הבלון ינוע לאורך החוט כפי שמתואר באיור שלפנינו:



הכינו את ההדגמה בצורה המשכנעת ביותר.

תוכלו להיעזר בסרטונים שבכתובות הבאות:

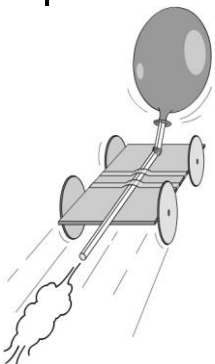
<https://www.youtube.com/watch?v=5i5nuWRcUv8>

<https://www.youtube.com/watch?v=zz5ENQqtJfi>

הדגמת תלמידים – המכונית הרקטית

באיור שלפנינו אנו רואים רכב שמונע באופן רקטי באמצעות בלון מנופח.

א. הסבירו את עקרון הפעולה של המכונית הרקטית:



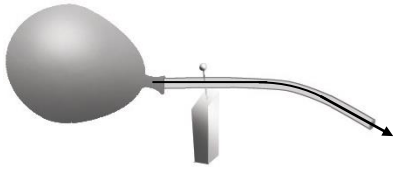
ב. בנו מכונית כזאת. תוכלו להיעזר בסרטונים הבאים כדי לתכנן את המכונית שלכם:

<https://www.youtube.com/watch?v=q76KBy8rMu8>

<https://www.youtube.com/watch?v=zcHLdCI3Ygw&list=PL6F47839C2D1A1738>

https://www.youtube.com/watch?v=3Dw6N0Tn_sU&list=PL6F47839C2D1A1738

הדגמת תלמידים – הבלון המסתובב



באיור שלפנינו מתואר בלון מנופח שמחוברת אליו קשית שתייה. בתוך הקשית נעוצה סיכה.
א. כיצד ינוע הבלון? מדוע? רשמו את תשובתכם:

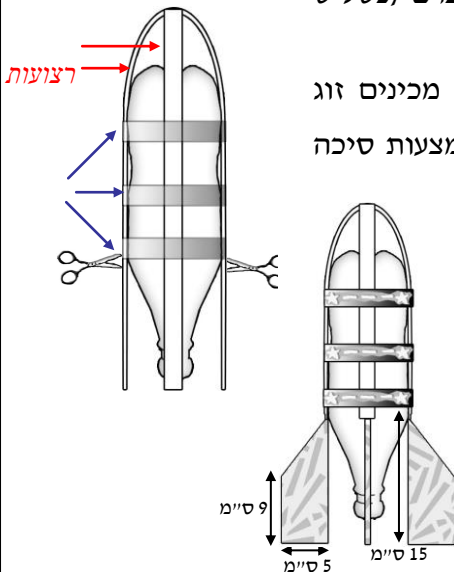
ב. בנו התקן כזה. תוכלו להיעזר בסרטון שבכתובת הבאה:

<https://www.youtube.com/watch?v=JkSIWpR4Ymk>

דף מחקר – בניית רקטה

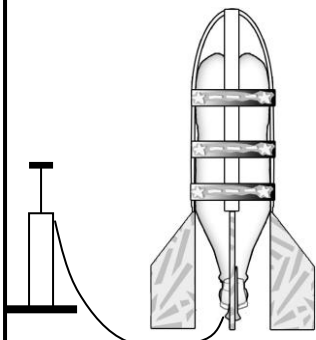
כאשר דוחסים אוויר לבקבוק פקוק, הלחץ בבקבוק גדל עד שהפקק משתחרר. האוויר יוצא בעוצמה רבה דרך הפייה תוך כדי שהוא דוחף את הבקבוק בכיוון ההפוך. אם יש בבקבוק מים (כשליש הבקבוק), נקבל תופעה מרשימה. הנה הוראות בניית רקטה כזאת.

הנחיות בנייה: הרקטה עשויה מבקבוק פלסטי לשתייה קלה (1.5 ליטר). מכינים זוג רצועות פוליגל (1.2 מטר \times 2-3 ס"מ). מצמידים אותן זו לזו במרכזן באמצעות סיכה מתפצלת (ראו סרטוט למעלה), מקיפים את הרקטה ברצועות פוליגל, שאותן מצמידים לבקבוק בסרט בידוד (יש לגזור את עודפי הפוליגל במקומות המסומנים).



מצרפים ארבע כנפיים מייצבות (ראו מידות מומלצות בשתי כנפיים לדוגמה בסרטוט). הכנפיים ייחתכו מפוליגל באופן שהחללים בפוליגל ניצבים לצלע שאורכה 5 ס"מ. משחילים שיפוד דק דרך החלל שסמוך לצלע שאורכה 15 ס"מ. חלקו העליון של השיפוד יוחדר בין הבקבוק לבין סרט הפוליגל (ראו דוגמה בסרטוט). בדרך זו יחוברו המייצבים לבקבוק. צורת החיבור הזאת מאפשרת להגביה או להנמיך את כל אחד מן המייצבים, כך שהרקטה תעמוד אנכית לפני השיגור.

מכניסים לבקבוק מים כדי רבע עד שליש מן הבקבוק. סוגרים את הבקבוק עם פקק גומי (בעל גודל מתאים!) שהוחדרה לתוכו סיכת ניפוח (שלב זה מחייב הפעלת כוח רב והוא מסוכן, ולכן ייעשה מראש על ידי המורה). מחברים את הסיכה למשאבה (יש לוודא מראש התאמה בין סיכת הניפוח למשאבה). מפעילים את המשאבה עד לרגע שבו לחץ האוויר מפריד בין הבקבוק לבין הפקק. הרקטה יוצאת לדרך!



שאלות סיכום וחזרה

1. כדורי ביליארד

כדור ביליארד נע ופוגע בכדור שני, זהה לו, שנמצא במנוחה. בעקבות הפגיעה הכדור הפוגע נעצר. מדוע ינוע הכדור השני, בעקבות ההתנגשות, באותו כיוון שבו נע הכדור הראשון ובאותה מהירות?

2. בקבוק משקה מוגז כרקטה

נכניס משקה מוגז לבקבוק, נפקוק אותו בפקק וננער אותו, כך שהפקק ישתחרר מן הבקבוק ויעוף למרחק.

- מה דוחף את הפקק?
- הבקבוק שהיה על השולחן נותר במקומו ולא זז. מדוע הבקבוק לא נרתע?
- הציעו ניסוי שבו אפשר יהיה להבחין ברטע של הבקבוק.
- האם הבקבוק יירתע באותה המהירות שבה הפקק עף?

3. מיכל גז

תיבה אטומה ומלאה גז דחוס מונחת על משטח אופקי חלק. ברגע מסוים פותחים חריר בדופן הימנית של התיבה.

- האם התיבה תנוע? אם כן, באיזה כיוון? מדוע? אם לא, מדוע?
- עתה חוזרים על הניסוי כאשר פותחים בעת ובעונה אחת שני חרירים, האחד בדופן הימנית והשני בדופן השמאלית. החריר השמאלי רחב יותר. האם התיבה תנוע? אם כן, באיזה כיוון? מדוע?
- בניסוי נוסף מניחים את התיבה במנוחה. תחילה פותחים את הפתח הימני. לאחר זמן קצר משתחררת החסימה מן הפתח השמאלי. תארו את תנועת התיבה מרגע יציאתה לדרך.

4. תחנת החלל הבין-לאומית

תחנת החלל נעה במסלול כמעט מעגלי סביב הארץ. לצורך השאלה נניח כי המסלול הוא מעגלי וכי אין שום כוח מעכב על התחנה.

- איזה כוח פועל על התחנה? מה כיוון פעולתו של הכוח?
- האם הכוח פועל עם כיוון התנועה? האם הוא פועל כנגד כיוון התנועה? נוסעי התחנה מפעילים מנוע רקטי כך שהגז יוצא בכיוון התנועה.
- האם מהירות התחנה תגדל, תקטן או לא תשתנה?
- האם התחנה תישאר במסלול מעגלי? מדוע?

5. לווין תקשורת

- האם לווין ריגול שמקיף את הארץ בתשעים דקות, יכול להיות לווין תקשורת? מדוע?
- האם עלינו לספק ללווין אנרגיה כדי שתנועתו סביב הארץ תימשך לאורך זמן?

6. לווין צילום

- לווייני צילום נעים במסלולים נמוכים מעל פני הארץ? מדוע?
- האם כדאי לשגר לווין צילום שינוע בגובה של ק"מ אחד (בהנחה שלא ייתקל בהרים)? אורט ישראל המרכז הישראלי למצוינות בחינוך

ד. כוח ואנרגיה

כוח, אנרגיה ומכונה

כוח, אנרגיה ומכונה - מושגים בסיסיים, חקירה,

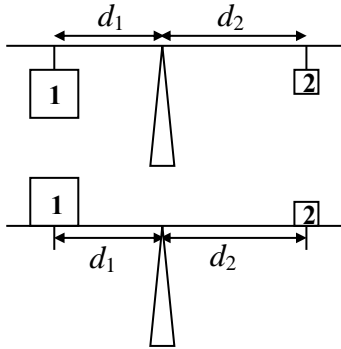
גילוי, חישוב, יישום



האטב שלפנינו מלא בפיזיקה. אצורה בו אנרגיה אלסטית. מדובר כאן במנוף. כאשר האטב אוחז בכביסה, זהו מנוף "מן הסוג השלישי" (דיון בסוגי המנופים מופיע בהמשך). כאשר אנו מבקשים לשחרר

את הכביסה, אנו מפעילים כוח בקצה האטב, עושים עבודה, וזהו מנוף "מן הסוג הראשון". מושגי העבודה, האנרגיה, הכוח והמומנט קשורים באטב הזה שמשמש לאחיזה במצב סטטי, אך יש גם משהו מן המכונה. מכונות פשוטות הן הזדמנות טובה להבין את המבנה ואת אופן הפעולה שלהתקנים, להכיר מושגים פיזיקליים, לדון בקשר בין כוח ואנרגיה ולערוך חישובים.

דף מחקר – גילוי חוק המנוף



התבוננו באיורים שלפנינו, שמציגים שני גופים (1 ו-2) שתלויים (או מונחים) על פס ישר (מוט, מקל, סרגל...). הפס נשען על "נקודת משען". המלומד היווני הגדול ארכימדס חקר את התנאים שבהם מערכת כזאת תהיה בשיווי משקל וגילה "חוק טבע". במחקר זה תנסו את כוחכם בפענוח המערכת ובגילוי חוק הכוח. תוכלו לבנות מערכת משלכם, שאתם תכנתם אותה. תוכלו להיעזר בדוגמאות שמוצגות לפניכם בכיתה כדי לבנות מערכות דומות או טובות מהן, באמצעות שימוש בציוד שהועמד לרשותכם. נכנה את כל אחד מן הגופים במונח "משא". במערכת שלפנינו יש שני משאות.

חלק א: כאשר המשאות הם שווי מסה

א. כאשר לשני המשאות יש מסה זהה ($m_1=m_2$), הם נמשכים מטה במידה שווה. תולים על המוט (או מניחים עליו) גוף אחד במרחק d_1 משמאל לנקודת המשען. באיזה מרחק d_2 יש לתלות (או להניח) את הגוף השני מימין לנקודת המשען, כדי שהמערכת תהיה מאוזנת, ללא תנועה?

רשמו את השערתכם: _____

נמקו את השערתכם: _____

ב. בדקו את השערתכם בחמישה מרחקים (d_1) שונים, בשני ערכי m_1 שונים:

$m_1=m_2=$ _____	
d_2	d_1

$m_1=m_2=$ _____	
d_2	d_1

חלק ב: כאשר מסה אחת כפולה מן השנייה ($m_1=2m_2$)

א. כאשר לשני המשאות יש מסות שונות ($m_1 \neq m_2$), הם נמשכים מטה במידה שונה. תולים על המוט (או מניחים עליו) גוף אחד במרחק d_1 משמאל לנקודת המשען. האם המרחק d_2 , שבו נמצא גוף שמסתו היא $m_2=m_1/2$, אמור להיות גדול מ- d_1 , קטן ממנו או שווה לו, כדי שהמערכת תהיה מאוזנת?

רשמו את השערתכם: _____

ב. ערכו מדידות בשלושה מרחקים (d_1) שונים, ובכל מרחק בשני ערכי m_1 שונים:

$m_2 d_2$	$m_1 d_1$	m_1/m_2	d_2/d_1	d_2	d_1	$m_2=m_1/2$	m_1

ג. האם מתוך עיון בטבלה אתם מזהים חוקיות ברורה (בדיוק או בקירוב טוב)? אם כן, רשמו את מסקנותיכם:

חלק ג: מקרה כללי – מסות כלשהן

א. נעבור למקרה כללי כאשר לשני המשאות יש מסות כלשהן. אם m_1, m_2 ו- d_1 ידועים, רשמו נוסחה שבאמצעותה תוכלו לחשב את d_2 .

ב. על מה מבוססת התשובה שרשמתם?

ג. בדקו את תשובתכם בסדרת ניסויים נוספים עבור מסות שונות. תעדו בטבלה שבהמשך. בטבלה זה רשמו גם את כוח הכובד $F=mg$. אל תשכחו את היחידות של הגדלים הנמדדים (מרחקים במטרים, מסות בגרמים, כוחות בניוטונים).

$F_2 d_2$	$F_1 d_1$	F_1/F_2	d_2/d_1	d_2	d_1	F_2	m_2	F_1	m_1

ד. נסחו חוקיות כללית על סמך התוצאות שהתקבלו עד כה :

חלק ד: כאשר יש יותר משתי מסות

עד כה בדקנו מה קורה כאשר תולים שני גופים משני צדי נקודת המשען. אפשר לתלות שלושה גופים או יותר. נבחן עתה מה יקרה במערכת שבה יש שלושה גופים תלויים. המחקר שעשיתם עד כה הביא אתכם למסקנה כי שיווי משקל מתקבל כאשר המכפלה mgd של המשקל (mg) במרחק מנקודת שיווי המשקל (d), בשני הצדדים של נקודת המשען זהה. מתברר כי המכפלה mgd קובעת את היכולת לסובב את המוט. מכפלה זו מכונה "המומנט של הכוח". אם שני המומנטים מסובבים את המוט בכיוונים מנוגדים במידה שווה, מתקבל שיווי משקל. האם ייתכן מצב של שיווי משקל כאשר נתלה שלושה גופים על המוט?
א. העלו השערה באשר לתנאי שיווי המשקל. רשמו אותה :

ב. תכננו ניסוי לבחינת ההשערה שלכם. ערכו אותו. רשמו את מסקנתכם.

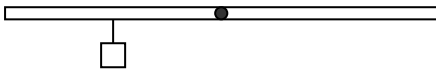
שאלות סיכום וחזרה

1. ידית ודלת

- א. באיזה צד של הדלת מרכיבים את הידית – בצד הקרוב לציר או בצד הרחוק מן הציר? מדוע?
- ב. בהעדר ידית, היכן כדאי לדחוף את הדלת כדי לפתוח אותה? מדוע?

2. כיצד מאזנים?

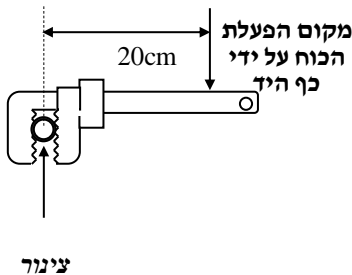
מוט אחיד חופשי להסתובב על ציר אופקי שעובר דרך אמצע המוט. אורך המוט הוא 2m. במרחק 0.5m מן הציר (משמאל לציר) תלויה משקולת של 2kg.



- א. היכן יש לתלות משקולת של 4kg כדי לאזן את המערכת?
- ב. מהי המסה של המשקולת הקטנה ביותר שתאזן את המערכת?
- ג. בהנחה שאנו מוסיפים למערכת שתי משקולות של 0.5kg, ואחת מהן תלויה בקצה הימני של המוט, היכן יש לתלות את המשקולת השנייה כדי לאזן את המערכת?
- ד. בתנאי חלק ג, על איזה צד של המוט פועל כוח גדול יותר (כלפי מטה)?
- ה. אם הכוח שפועל כלפי מטה על אחד הצדדים גדול יותר, מדוע האיזון אינו מופר?

3. מפתח צינורות

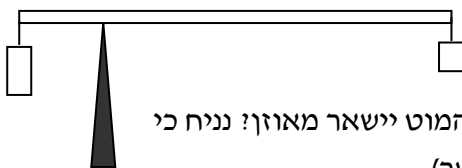
כדי לסובב הברגה עקשנית של צינור, חובקים את הצינור באמצעות מפתח צינורות ומסובבים את המפתח.



- א. מדוע מסייע לנו המפתח לסובב את הצינור?
- ב. אם רדיוס הצינור הוא 1.25cm, והמרחק ממרכז הצינור למקום שבו אנו אווזים במפתח הוא 20cm (ראו איור), פי כמה מוגבר הכוח שמופעל על האום כאשר אנו משתמשים במפתח הצינורות? בהקשר לשאלה זו, אתם מוזמנים להתבונן בסרטון שבכתובת הבאה:

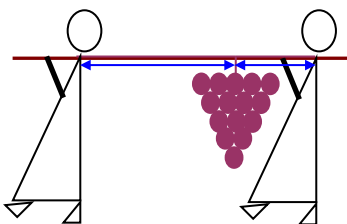
<http://www.youtube.com/watch?v=-UJofmp2IK4>

4. היכן יש לתמוך?



- בשני קצות המוט שבאיור תלו משקולות. משקלה של האחת הוא 3 ניוטון. משקלה של האחרת הוא 12 ניוטון. היכן אמורה להימצא נקודת המשען כדי שהמוט יישאר מאוזן? נניח כי המשקל של המוט קטן מאוד (זניח) ביחס למשקלי המשקולות (אך הוא נותר ישר).

5. לאחוז במוט בשתיים (על פי במדבר, יג, כג)



שתי המטיילות שלפנינו אווזות במוט שעליו תלוי אשכול ענבים שהמסה שלו היא 6 ק"ג. נניח כי כל התמיכה במוט נעשית על ידי הכתפיים (ולא כפות הידיים). נתון כי המרחק בין הכתף של אחת המטיילות לבין נקודת התלייה של האשכול הוא 1m, וכי המרחק בין הכתף של המטיילת השנייה לבין נקודת התלייה של האשכול הוא 0.5m. באיזה כוח תומכת כל אחת מן המטיילות במשא?

6. עבודה בנפילה חופשית

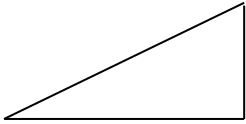
- כאשר גוף נע בהשפעת כוח הכובד בלבד, אנו אומרים כי הוא נע ב"נפילה חופשית".
- האם כוח הכובד עושה עבודה על גוף שנע כלפי מטה בנפילה חופשית? אם כן, מה סימנה?
 - ילד זורק כדור כלפי מעלה. הכדור ממשיך לנוע כלפי מעלה בהשפעת כוח הכובד בלבד. האם כוח הכובד עושה עליו עבודה? אם כן, מה סימנה?

7. עבודה על מסוק

- מסוק נע באוויר אופקית.
- האם כוח הכובד פועל עליו?
 - האם פועל על המסוק כוח נוסף?
 - האם כוח הכובד עושה עליו עבודה?

8. על המישור המשופע

- כדי להעלות משא לגובה 3m , הניחו מישור משופע שאורכו 5m . משקל המשא הוא 600N .
- כמה עבודה נעשית כאשר מעלים את הגוף לגובה הרצוי?
מה גודלו של הכוח שנדרש כדי להעלות את הגוף לאורך המישור המשופע



ה. אלקטרוסטטיקה (הרחבה).

רקע היסטורי

כבר בעת העתיקה ידעו כי חומרים מסוימים מושכים גופים קלים לאחר שמשפשפים אותם. חקר רציני של תופעת המשיכה בין גופים ששופשפו וגופים קלים, התחיל רק בסוף המאה ה-16 עם עבודותיו של ויליאם גילברט (William Gilbert), מדען אנגלי ורופאה הפרטי של המלכה אליזבת הראשונה. אחד החומרים שבו השתמש גילברט לחקר תופעות המשיכה הללו, היה ענבר, ביוונית - אלקטרון. גילברט הציע לקרוא לתופעות הללו בשם הלטיני "ELECTRIGUS", מכאן מקור השם "electricity". המילה "electricity" תורגמה בעברית של ימינו ל"חשמל" על פי תרגום השבעים של התנ"ך, ובו הביטוי "כעין החשמל" המופיע בספר יחזקאל, תורגם למילה electron. גילברט גם המציא את מכשיר המדידה הראשון לחקר התופעה "VERSORIUM", אב טיפוס האלקטרוסקופ של ימינו. הוא מצא שהתכונה המסתורית הזאת מסוגלת לעבור דרך חומרים מסוימים. עד סוף המאה ה-18 נחקרו בעיקר תופעות המשיכה והדחייה בין גופים ששופשפו, תחום הנקרא כיום "אלקטרוסטטיקה", חשמל סטטי. מחקרים אלו נתפסו על ידי הציבור כחקר תופעות משעשעות ללא שימוש פרקטי. אחד היישומים הפרקטיים הראשונים למחקרים אלו הוא המצאת כליא הברק על ידי בנג'מין פרנקלין. ברק הוא תופעת הטבע החשמלית העוצמתית ביותר, והוא נגרם מפריקת חשמל סטטי הנמצא בעננים. לאחר שבנג'מין פרנקלין הראה את אופייה החשמלי של תופעת הברק ב-1752 על ידי פריקתו דרך עפיפון, ניסוי שעלה לו כמעט בחייו, הוא הגה את רעיון כליא הברק, חוד מתכתי המחובר לאדמה והבולט מעל המבנה שעליו הוא אמור להגן. כוחות מסתוריים אלו שנצפו נובעים מתכונת יסוד של החומר: המטען החשמלי. המטען החשמלי הוא גודל בסיסי, ולא נוכל להגדירו אלא בצורה אופרטיבית. כבר במאה ה-18 ניסויים הראו שקיימים שני סוגי מטענים. בין גופים הטעונים באותו סוג מטען קיימים כוחות דחייה, ואילו בין גופים הטעונים במטענים מסוגים שונים קיימים כוחות משיכה. כיום מוסברת תכונה זו באמצעות מודל האטום. החומר בנוי מחלקיקים קטנים הנקראים אטומים. האטום מורכב בעצמו מחלקיקי יסוד: האלקטרון בעל מטען שלילי, הפרוטון בעל מטען חיובי, והנויטרון חסר מטען. בזמן שפשוף גוף בגוף עוברים אלקטרונים מגוף אחד לאחר. הגוף בעל עודף האלקטרונים נטען במטען שלילי. הגוף החסר אלקטרונים הפך להיות טעון במטען חיובי. המונחים "שלילי" ו"חיובי" לאפיון סוג המטען של חומר נקבעו באופן שרירותי על ידי בנג'מין פרנקלין, אשר סבר כי החשמל הוא סוג של נוזל אשר נמצא בכל החומרים הקיימים. הוא הניח ששפשוף משטחים זה בזה גרם לנוזל זה לשנות מקום, ושזרם הנוזל הוא אשר יוצר את הזרם החשמלי. הוא הניח גם שכאשר חומר מכיל מעט מדי מה"נוזל" הזה הוא היה טעון "שלילית", וכאשר היה לו עודף, הוא היה טעון "חיובית". הוא קבע שרירותית (או מסיבה שלא ידועה) שהמטען המתקבל על ידי שפשוף מקל זכוכית עם משי, הוא מטען "חיובי", ואילו מטען המתקבל משפשוף מקל ענבר עם פרווה, הוא מטען "שלילי".

יחידת המטען החשמלי התקנית היא קולון (שסמלה C) על שם המדען הצרפתי שרל קולון (1736-1806).

שרל קולון היה המדען הראשון שחקר כמותית את הכוח הפועל בין גופים טעונים במטען חשמלי. יחידה של קולון אחד שווה למטען של 625 מיליארד מיליארדים של פרוטונים (או 10^{-18} שווה למטען של 625 מיליארד מיליארדים של אלקטרונים). זאת אומרת שעל מנת לטעון גוף ב-1 קולון, עלינו לתלוש ממנו 625 מיליארד מיליארדים של אלקטרונים.

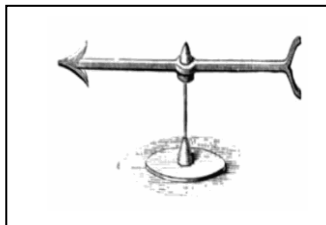
מכאן ניתן להבין שהקולון הוא יחידה מאוד גדולה, ועל ידי שפשוף אנחנו בדרך כלל מקבלים גופים שמטענם חלק קטן מאוד של קולון שלם, למשל מיליארדית הקולון.
את המטען של גוף טעון ניתן למדוד באמצעות מכשיר מדידה הנקרא "קולונמטר" (ראה תמונה).



רוב הכוחות המוכרים לנו ברמה המקרוסקופית הם כוחות חשמליים: הכוח הנורמלי, כוח החיכוך, הכוח האלסטי וסוגים שונים של קשרים כימיים, כולם נגרמים מכוחות חשמליים מיקרוסקופיים.
אלקטרוסטטיות נגרמות בשל הכוחות שמפעילים מטענים חשמליים זה על זה. כוחות אלו מתוארים על ידי חוק קולון.



מתקן זה דומה ל-"versorium" שנבנה על ידי גילברט לניסוייו לחקר מטענים. מוצע לבנות אותו ולהדגים את פעולתו בכיתה. עלה אלומיניום (מהסוג העבה בשימוש במטבח) מחליף את המחט של גילברט.



פעילות 1: דף חקר - היכרות ראשונה עם מטענים חשמליים וגופים טעונים

מבוסס על [הפעילות סדרת הדגמות פשוטות בחשמל](#), אתר מורי הפיזיקה, מכון ויצמן

ציוד



יש לבדוק כי יש סוללות בטסטר

- מסקינטייפ
- גלאי חשמל (טסטר) עם סוללה (ראה תמונה)
- בד צמר
- בלון
- מוט PVC, סרגל פלסטיק או מסרק

לטסטר החשמלי יש יכולת לזהות נוכחות של מטענים חשמליים בסביבה (אך לא סוג המטענים); אם אוחזים בטסטר בצד המברג ומנענעים אותו ליד חומר טעון, הנורה נדלקת.

הנחיות לתלמידים

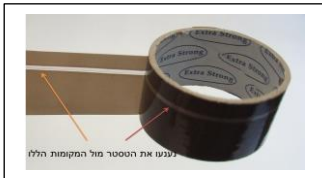
חלק א

1. נענעו את הטסטר (החזיקו במברג) בקרבת גופים שונים בחדר: שולחן, ספר, קלמר... האם הנורה נדלקת?

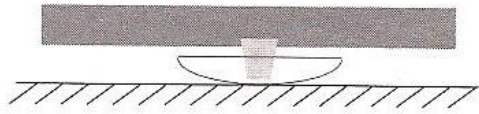
2. הכרתם כבר את תכונתו של בלון משופשף להידבק לכל דבר ולהיות "טעון בחשמל סטטי". נענעו את הטסטר (החזיקו במברג) בקרבת בלון משופשף. האם הנורה נדלקת? _____
3. הציעו דרך שבה תוכלו להשתמש בטסטר לחקור תכונות חשמליות של גופים שונים מסביבנו? _____
4. נענעו את הטסטר בקרבת מוט PVC. האם הנורה נדלקת? _____
5. מה ניתן ללמוד מכך על המוט? _____
6. נענעו את המברג בקרבת בד צמר. האם הנורה נדלקת? _____
7. מה ניתן להסיק מכך לגבי הבד? _____
8. שפשו מוט PVC או סרגל פלסטיק בבד צמר. חזרו על סעיפים 4 ו-6. האם הנורה נדלקת? _____
9. מה ניתן ללמוד מכך על המוט? על הבד? _____
10. נסו ליישב את תוצאות הבדיקה האחרונה עם תוצאות הבדיקות בסעיפים 4 ו-6. _____

חלק ב

11. קחו גליל מסקינטייפ ונענעו את המברג בקרבתו. האם הנורה נדלקת? מה ניתן ללמוד מכך לגבי המסקינטייפ? _____?
12. משכו במהירות את סרט המסקינטייפ ונענעו את הטסטר מול המסקינטייפ הפתוח בשני מקומות כמתואר בתרשים. האם הנורה נדלקת? _____?
13. האם חלקי המסקינטייפ טעונים? מה לדעתכם מקור המטענים הצטברו על המסקינטייפ? _____?
14. הציעו ניסוי לבדוק את השערתכם: _____.
15. בצעו את הניסוי. מה הן התוצאות? _____.
16. מה ניתן להסיק מניסוי זה? _____.
17. הסבירו מדוע החליטו לקרוא למטענים (+) ו-(-) ולא בשמות סתמיים?



פעילות 2: טעינה על ידי שפשוף



תרשים 1

(תמונה מתוך: פרקי חשמל ומגנטיות - פעילויות, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן)

ציוד

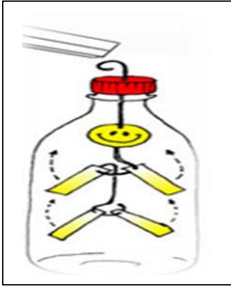
שתי לוחיות PVC, זכוכית שעון, בד צמר מהודק לסרגל פלסטיק, פלסטלינה מעמידים לוחית אחת של PVC על זכוכית השעון בעזרת פלסטלינה (ראו תרשים 1).

הנחיות לתלמידים

1. קרבו ללוחית ה-PVC את הלוחית השנייה. האם יש אינטראקציה בין הלוחיות?
2. חזרו על פעולה לאחר שפשוף שתי הלוחיות בבד הצמר. מה קורה עכשיו?
3. האם הלוחיות נטענו באותו סוג מטען? נמקו.
4. מה יקרה לדעתכם אם נקרב את הסרגל עם בד הצמר שהשתמשנו בו לשפשוף, ללוחית המשופשת המוצמדת לזכוכית השעון? בדקו את השערתכם תוך כדי ביצוע ניסוי.
5. האם המטען שהצטבר על הבד והמטען שהצטבר על הלוחית, הם מאותו סוג? נמקו.
6. סכמו:
 - בין מטענים מאותו סוג קיימים כוחות דחייה / משיכה.
 - בין מטענים מסוגים שונים קיימים כוחות דחייה / משיכה.

פעילות 3: בניית מכשיר לחקר כוחות חשמליים - "האלקטרוסקופ"

ברוב בתי הספר ישנם אלקטרוסקופים. יחד עם זאת, לשימוש באלקטרוסקופ שבנה התלמיד בעצמו ערך ייחודי משלו. זה גם יזמן פעילויות חקר קטנות עצמאיות של התלמידים. מוצע לבקש מהתלמידים לבנות את האלקטרוסקופ בבית ולבקשם להביאו לכיתה בשיעור הבא. במהלך ההתנסות יש להקפיד שהצנצנת/הבקבוק יהיו יבשים והמכסה מבודד.



אלקטרוסקופ מבקבוק קולה

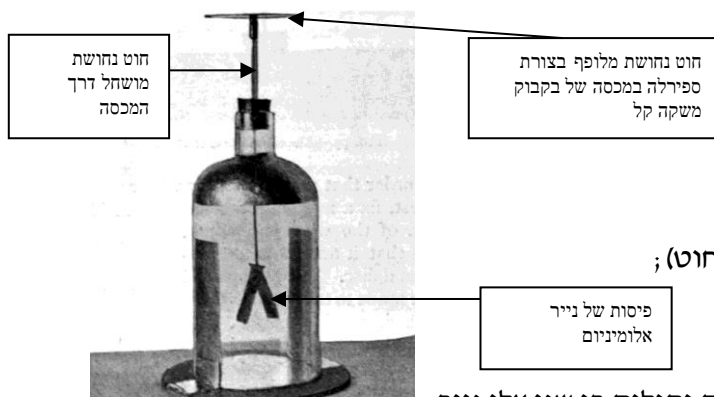
(התמונה נלקחה מתוך אתר מוזיאון המדע על שם בלומפילד)

ציוד

- בקבוק משקה קל עשוי פלסטיק שקוף, רחוף ומיובש היטב ופקק פלסטי תואם או לחלופין צנצנת זכוכית נקייה ושקופה ומכסה קרטון או פלסטיק מותאם (שיודבק לצנצנת בגמר הבנייה). אין להשתמש במכסה מתכת.
- חוט ברזל דק (בעובי חצי מ"מ עד מ"מ, ניתן להשתמש בסיכת משרד) או חוט נחושת של חשמלאי שהורדה ממנו מעטפת הפלסטיק.
- נייר אלומיניום דק מהסוג שבשימוש במטבח.

הכנה

- השחילו את החוט דרך המכסה.
- בחלקו העליון (מחוץ לצנצנת) לפפו את החוט בספירלה מקבילה למישור המכסה.
- בחלקו התחתון (בתוך הצנצנת) כופפו את החוט בקצהו בצורה של לולאה והשחילו בו שתי פיסות נייר אלומיניום.
- הציבו את המכסה במקום והדביקו אם יש צורך.



תמונה להמחשה

חלק חיצוני של האלקטרוסקופ:

הספירלה מקבילה למכסה ;

חוט הנחושת מושחל במכסה

(עדיף להשאיר את עטיפת הפלסטיק בחלק זה של החוט);

רואים את החוט מושחל דרך המכסה.

מכופפים את הקצה התחתון החשוף של חוט הנחושת ותולים בו שני עלי נייר

והנה: האלקטרוסקופ מוכן (המכסה השקוף מודבק לצנצנת).

פעילות 4: חקירת הגורמים המשפיעים על גודל הכוח בין מטענים

חלק א: פעילות באלקטרוסקופ

ציוד

- אלקטרוסקופ שבנה התלמיד
- קשים או לוחיות ה-PVC של הפעילות הקודמת
- פיסת צמר
- סרגל מתכת
- דיבל (מיתד) מעץ
- סרגל פלסטיק

הנחיות לתלמידים

1. שפשפו לוחית PVC בבד צמר וגעו בו בראש האלקטרוסקופ. הרחיקו את הלוחית. תארו מה ראיתם. הסבירו את שהתרחש. _____
2. האם המטען על העלים זהה או שונה מהמטען על הלוחית? נמקו את תשובתכם. _____
3. מה יקרה לדעתכם אם נחזור על הפעולה פעם נוספת בלי לפרוק את האלקטרוסקופ? בדקו את השערתכם. חזרו על הפעולה כמה פעמים ברצף. תארו מה אתם רואים. _____
4. שערו, מה קרה לגודל המטען על העלים לאחר כל נגיעה?
5. מה ניתן ללמוד מהתנסות זו על עוצמת הכוח הקיים בין העלים? שערו על פי מה שראיתם מהו הגורם המשפיע על גודל הכוח החשמלי בין מטענים.
6. נסחו את השערתכם: ככל ש _____ גדלים, הכוח החשמלי גדל/ קטן.
7. מה יקרה לדעתכם אם ניגע בגולת האלקטרוסקופ בבד ששימש לשפשוף הלוחית? בדקו את השערתכם. האם תוצאות הניסוי מחזקות את השערתכם בסעיף 6? הסבירו.
8. מה יקרה לדעתכם אם ניגע באצבע בראש האלקטרוסקופ? _____ בצעו את הניסוי.
9. בתום ניסוי זה דונו בשאלה לאן נעלמו המטענים שהצטברו על העלים. לפעולה זאת קוראים הארקה. הסבירו מה זו הארקה.
- הארקה (מקור המילה "הארקה" מארמית – אַרְקָא, שפירושה ארץ) היא חיבור גוף לכדור הארץ על ידי מוליך. מה ניתן להגיד אם כך על גופנו?
10. צרפו שתי קבוצות תלמידים. קבוצה ראשונה תטען את האלקטרוסקופ שלה (A) כך שהעלים יתרחקו במידה ניכרת זה מזה. הקבוצה השנייה (B) לא תטען אותו. כעת הניחו סרגל מתכת בין שתי גולות האלקטרוסקופים (החזיקו אותו בעזרת בד או אטב פלסטיק). תארו מה קרה לעלים של האלקטרוסקופ (A) _____ לעלים של האלקטרוסקופ B _____. הסבירו את התופעה: _____

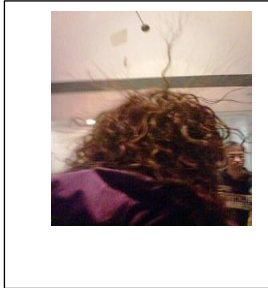
11. האם תוצאות הניסוי לגבי האלקטרוסקופ (A) מאששות את השערתכם בסעיף 4? הסבירו.
12. חזרו על הניסוי אך הפעם הניחו דיבל מעץ בין המכשירים. הסבירו מדוע תוצאות הניסוי שונות.

חלק ב: פעילות באלקטרוסקופ

1. אם האלקטרוסקופ טעון, פרקו אותו ממטען חשמלי (על ידי הארקה כפי שלמדנו בפעילות הקודמת - נגיעה באצבע). תארו מה קורה לעלים כתוצאה מהפריקה החשמלית.
2. שפשו שוב את לוחית PVC, אך הפעם קרבו אותה ללא מגע. תארו מה קורה.
3. האם המטען על העלים הוא כמו בפעילות 1? בדקו את השערתכם.
4. תארו מה קרה כשהרחקתם את הלוחית. _____ האם האלקטרוסקופ היה טעון? _____ לתופעה הזאת קורים השראה אלקטרוסטטית. עליה למדנו לפני פעילות 3.
5. חזרו על הפעולה שבסעיף 2 והפעם שחקו עם המרחק בין הלוחית לגולת האלקטרוסקופ. מה ניתן לראות?
6. מה ניתן להסיק מכך על השפעת המרחק על חוזק הכוח החשמלי? _____
7. נסחו את השערתכם: ככל ש _____ בין המטענים גדל, הכוח החשמלי ביניהם גדל / קטן.

תופעות הקשורות בחשמל סטטי בחיי היום-יום

מבקשים מהתלמידים לתת דוגמאות משלהם לתופעות הקשורות בחשמל חשמל סטטי בחיי היום-יום:



- גרגירי קוסקוס הנדבקים לשקית.
- שכבות בגדים הנדבקות זו לזו.
- מכת חשמל מדלת המכונית.
- השיער של הילדה סומר. הסבירו מדוע.

יישומים טכנולוגיים

1. כליא ברק

כבר הוזכר ברקע ההיסטורי.

2. צביעה אלקטרוסטטית

צביעה אלקטרוסטטית מבוססת על העיקרון של "משיכה נגדית" כדי ליצור גימור אחיד ועמיד על גבי אביזרים/משטחים העשויים ממתכת. בשיטה זו נעשה שימוש בצבע אבקתי המכיל שרפים וחומרי צבע (פיגמנטים). הצבע מוזן ממכל האספקה לתוך אקדח הריסוס. האביזר/משטח הנצבע נטען במטען חיובי. הצבע אבקתי וחלקיקי הצבע נטענים במטען שלילי ומופרדים לחלקיקים על ידי ריסוס אל מחוץ לאקדח בעזרת אוויר דחוס.

חלקיקי הצבע הטעונים במטען שלילי נמשכים באופן חזק לאביזר/משטח הטעון במטען חיובי. חלקיקי האבקה מוחזקים שם עד להתכתם והתאחדותם ליצירת שכבת ציפוי דקה לאחר טיפול בתנורי ייבוש.

3. משקעים אלקטרוסטטיים

מדי שנה מייצרות תחנות הכוח מאות אלפי טונות של אפר פחם. אפר זה מהווה מפגע אקולוגי ובזבז משאבים. משקעים אלקטרוסטטיים מאפשרים מצד אחד למנוע את פליטת האפר לאוויר מארובות תחנות הכוח והמפעלים ומצד שני לאסוף אותו ולמחזר אותו. כיום משמש אפר זה כמרכיב חשוב בתעשיות המלט והבטון ובתשתיות הכבישים.

4. מכונות צילום מודרניות

מכונות אלו משתמשות כולן בעקרון המשיכה האלקטרוסטטית בין מטענים מנוגדי סימן.

ניתן לסכם את אופן פעולתן באופן סכמטי בצורה הבאה:

א. מניחים את הדף המיועד לצילום על לוח הזכוכית כשפניו כלפי מטה.

ב. פני התוף נטענים בצורה אחידה במטען חיובי.

ג. הנורה עוברת לאורך הדף שאותו אמורה המכונה לצלם, ובאופן מקביל מסתובב התוף. במקומות

שבהם חדר האור מבעד לדף, הוא מגיע לפני התוף וגורם לשינוי במטען החשמלי.

משרד החינוך
המינהל למדע וטכנולוגיה
הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה

בשאר המקומות, כלומר - המקומות שבהם היה כתוב או מצויר משהו על הדף, המטען נשאר חיובי.

ד. אבקת טונר מתפזרת על התוף ונצמדת לאזורים שבהם המטען נשאר חיובי, כלומר - האזורים שבדף המיועד לצילום היו כתובים.

ה. דף שנטען גם כן במטען חיובי, עובר בין התוף המכוסה בטונר לגלגלת נוספת. כשעובר הדף מתחת לתוף, הוא מושך ממנו את הטונר (הטונר - שלילי, הדף - חיובי, מה שיוצר משיכה חזקה ביניהם), וכך נוצרת עליו התמונה הסופית.

ו. הטונר מוצמד לדף באמצעות חום ולחץ תוך כדי המעבר בתנור, והדף המצולם נפלט החוצה.

ז. התוף מנוקה מטונר על ידי מברשות מיוחדות, והמטען החשמלי שעל פניו נפרק.

דוגמאות לשאלות סיכום

1. אם משפשפים בלון מנופח בשיער ומצמידים אותו לדלת, הוא נשאר דבוק. הסבירו את המנגנון הגורם לו להישאר דבוק.
2. חשבו את מטענו של גוף שעל ידי שפשוף הועברו אליו מיליון אלקטרונים עודפים.
3. גוף טעון במטען השווה ל- $2 \cdot 10^{-6}$ קולון. האם יש בו עודף או חוסר אלקטרונים?
חשבו כמה אלקטרונים עודפים/חסרים יש בו.
4. צמיגיהם של מטוסים מכילים מרכיב מסוים של חומר מוליך. הסבירו מדוע.
5. מאחורי משאיות המובילות חומרים דליקים, משתלשלת שרשרת מתכתית המגיעה לרצפה. הסבירו מה תפקידה.
6. רוני קירבה מוט PVC משופשף לבועת סבון וצפתה במתרחש. בשלב ראשון היא ראתה כי הבועה "התקרבה ונגעה" במוט ואז נסוגה ו"בורחת ממנו". הסבירו את התופעה.
7. יוסי טוען אלקטרוסקופ A ואז מחבר אותו לאלקטרוסקופ B לא טעון בעזרת סרגל מתכת. תארו מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ A; מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ B. נמקו.
8. תלמידה טענה אלקטרוסקופ A ואז חיברה אותו לאלקטרוסקופ B לא טעון בעזרת סרגל פלסטיק. תארו מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ A; מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ B. נמקו.
9. ביום יבש, אם מנסים לפתוח דלת מכונית לאחר נסיעה, כשמקרבים יד לדלת, מקבלים "מכת חשמל". הסבירו מדוע. מדוע תופעה זו לא מורגשת ביום לח?
10. אורן וזיווה צפו בהדגמות המורה בנושא אלקטרוסטטיקה. אורן שם לב שהמורה השתמשה לצורך ההדגמה במוט עשוי חומר פלסטי, ולא בסרגל מתכת. אורן טוען שלא ניתן לעשות את ההדגמות בעזרת סרגל מתכת כי לא ניתן לטעון אותו. זיווה טוענת שזה לא הגיוני כי בחומר מוליך יש אלקטרונים ניידיים, ודווקא קל לתלוש אותם.
מי צודק? נמקו את תשובתכם. הסבירו מדוע המורה לא השתמשה בסרגל מתכת.
11. נעמה הקוסמת רצתה להרשים את הילדים במסיבת יום הולדת. היא הניחה פחית קולה ריקה על הדופן הצדית שלה על פני השולחן, והצליחה לגלגל אותה לאורך השולחן על ידי קירוב (ללא מגע) של בלון משופשף. האם אפשר היה להניע את הפחית על ידי קירוב של גוף אחר? כיצד ניתן לגרום לדחייה של הפחית? האם ניתן לבצע את "הקסם" גם בעזרת בקבוק קטן ריק של מיץ תפוזים? הסבירו.
12. שני כדורים קטנים העשויים מחומר מוליך, תלויים על חוטים מקבילים כך שהם נוגעים זה בזה. נוגעים באחד הכדורים בעזרת סרגל פלסטיק משופשף. הכדורים מתרחקים זה מזה. הסבירו מדוע.

ו. חשמל ומגנטיות (הרחבה)

תופעות מגנטיות

גילויים הקשורים לתופעת המגנטיות - רקע היסטורי

תופעת המגנטיות קרויה על שם עיר קדומה מאגנוזיה הנמצאת על יד איידין, טורקיה, שם מצוי מחצב בשם "אבן שואבת" (מגנטיט) שהוא מגנט טבעי. רוב המגנטים בשימוש בחי היום יום אינם טבעיים, אלא מוגנטו בתהליך מסוים שיתברר בהמשך. אצל היוונים הקדומים קיימת אגדה על רועה צאן בשם מגנוס שגילה שמגפיו נדבקים לאדמה בגלל המסמרים מברזל שנמשכו לאבן השואבת. מלבד יכולתה של "האבן השואבת" למשוך גופים אחרים העשויים מברזל, גילו עליה תכונות נוספות:

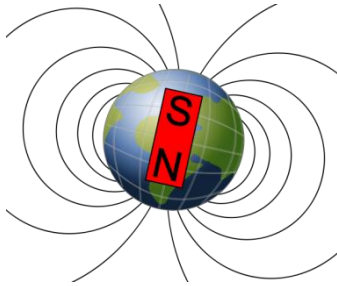
- א. היא מתיישרת בערך בכיוון צפון-דרום (הסטייה מכיוון צפון-דרום האמיתי תלויה מקום).
- ב. כאשר האבנים הממוגנטות מכוונות בצורה מיוחדת זו כלפי זו, קיימת משיכה ביניהן, ואם מסובבים אחת מהן, הן דוחות זו את זו.
- ג. הפעילות המגנטית של האבנים אינה מושפעת מחפצים שאינם מגנטיים כגון עץ או מים, וחודרת דרכם כאילו הם לא שם.

גם רמב"ם התייחס לתופעה זו "ויהיה הפועל הקרוב לחימום הגוף ההוא גוף האוויר החם, עד שהאבן השואבת אמנם תמשוך הברזל מרחוק בכוח שתתפזר ממנו באוויר הפוגש הברזל" (מורה הנבוכים, חלק שני, פרק י"ב). ניצול התופעה המגנטית לצורך בניית המצפן החל לראשונה בסין עוד בימי קדם. האזכור המתועד הראשון המצוי לשימוש במצפן, הוא מטקסט סיני מהמאה הרביעית. המסורת הסינית מייחסת את המצאתו לקיסר הצהוב. בתרבות המערב המצפן נעשה מוכר בשלהי ימי הביניים, כנראה לאחר שהגיע מסין בדרך המשי, אם כי ייתכן גם שהוא התגלה במערב באופן נפרד ובלתי-תלוי.

בעולם המערבי המצפן המגנטי שימש בעיקר ליורדי ים, והוא נזכר לראשונה בשנת 1187 בכתביו של הנזיר האוגוסטיני האנגלי אלכסנדר נְקָאם. ספרו של נקאם על הטבע מכיל את התיאור הבא: "הספנים ברדתם הימה תחת שמים מעוננים, אינם יכולים עוד ליהנות מאור השמש, וכל שכן בעת שהעולם עטוף בצלליה של חשכת הלילה, ואינם יודעים לאיזו רוח מרוחות השמים נוטה ספינתם. לכן הם מצמידים מחט למגנט. אז תחוג המחט ותסתובב במעגל, עד אשר תחדל מתנועתה, וחודה יורה הישר אל הצפון".

עד המאה ה-17 לא ניתן היה להסביר את תופעת המגנטיות. כך התפתחו אמונות המתייחסות לתכונות המצפן, כמו למשל: שלמצפן יש יכולת חסינות מפני כישוף, מרפא שיגעון, מקל נדודי שינה, מבטל רעלים, ומריחת שום על המצפן גורמת לנטרולו.

שימוש במצפן באניות אפשר לשייט מחוץ לקרבת החופים וגרם למהפכה אמיתית בגילוי עולמות חדשים. כדי להפיק תועלת מרבית ממצפן נדרש לא רק דיוק מכני, אלא גם ידע על הסטייה המגנטית במקום שבו נעשתה המדידה.



המודל שמציע ויליאם גילברט
כדור הארץ פועל כמו מגנט ענק



ויליאם גילברט
William Gilbert

גילברט האמין כי "הנשמה של כדור הארץ היא המגנטיות שלה".

במאה ה-17 המדען האנגלי אדמונד היילי (1656-1742) הציע להשתמש בסטייה של המצפן מהצפון כדי לזהות את קווי האורך במקום מסוים. אולם, מהר מאוד הבינו שסטייה זו משתנה עם הזמן, ונדרש מיפוי תדיר שאינו ניתן לביצוע באמצעים שהיו קיימים אז.

המדען האנגלי והרופא האישי של מלכת אנגליה ויליאם גילברט (1544-1603) הציע בתחילת המאה ה-17 תיאוריה כי כדור הארץ מתנהג כאילו נמצא בתוכו מגנט ענק שפונה בקירוב לציר הגיאוגרפי. גילברט האמין כי "הנשמה של כדור הארץ היא המגנטיות שלה".

המתמטיקאי והאסטרונום הגרמני יוהנס קפלר (1571-1630), טען (עוד לפני ניוטון) שהשמש מפעילה כוח מגנטי על כדור הארץ, ובכך מתאפשרת התנועה האליפטית של כדור הארץ סביבה. ידוע כי כל כמה מאות אלפי שנים הקוטביות המגנטית של כדור הארץ מתהפכת. התהליך משאיר את אותותיו על ליבת ברזל המותכת של כדור הארץ, שבתהליך הקירור שומרת על הקוטביות שלו באותה התקופה. בישראל קיימת התופעה של היפוך מגנטי באזור הגולן, למשל בהר יוסיפון. הדמיון בין אלקטרוסטטיקה ומגנטיות פתח דרך למחקר מעמיק בשני הנושאים הללו, שגולת הכותרת היא, ללא ספק, תגליתו של המדען הדני הַנְס כריסטיאן אורסטד (1777-1851). אורסטד גילה בתחילת המאה ה-19 כי קיים קשר בין זרם חשמלי לבין מגנטיות. ההתנהגות של אלקטרומגנט דומה מאוד לזו של מגנט רגיל, ולכן כדי להבין את תכונותיו של אלקטרומגנט, דרושה הבנה של תכונות המגנט הרגיל. ההתחלה של המאה ה-20 הביאה אתה את עבודתו של פֵייר קירי (1859-1906) ועמיתו שהובילה לגילוי "טמפרטורת קירי" (טמפרטורה שבה מגנט מאבד את תכונותיו המגנטיים) ואת מודל התחומים המגנטיים (magnetic domains) הנותנים הסבר תיאורטי לכל התכונות המיוחדות של המגנט.

כיבוש החלל שהתחיל באמצע המאה ה-20, הביא לגילויים נוספים הקשורים לקשר בין תופעת המגנטיות וגופים בחלל. מסתבר כי גם כוכבים בכלל וכוכב השמש בפרט הם גופים מגנטיים, והתנהגותם ניתנת להסבר על פי תכונות המגנט הפשוט שהוא הנושא של יחידה זו.

במשך המאה הזו נעשו שימושים טכנולוגיים רבים המנצלים את תכונות המגנט. דוגמה אחת נפוצה ובוולטת היא שימוש בזיכרון מגנטי לאחסון מידע במחשב ובכרטיסי האשראי. כיום, אי אפשר לדמיין את חיינו ללא האמצעים הטכנולוגיים אשר פעולתם מבוססת על קיום המגנט: רמקולים ומיקרופונים, מנועים חשמליים ונגרטרורים, מקלטי טלוויזיה ומסכי מחשבים, ועוד.

פעילות 1 לתלמיד (הרחבה) כיצד ניתן לייצר מגנט בהשפעת המגנטיות של כדור הארץ?

בפעילות זו נייצר מגנט באמצעות אטב משרדי ונחקור את תכונותיו בעזרת מצפן.

ציוד וחומרים

- אטב משרדי גדול
- מצפן

חלק א: מייצרים מגנט

הערה: הרחיקו מסביבת המצפן מכשירים חשמליים או חפצים עשויים ברזל, זאת במטרה שהמצפן לא יושפע מהם ויראה בצורה נכונה את הכיוון צפון-דרום המגנטי של כדור הארץ.

1. קחו אטב משרדי גדול ובדקו בעזרת המצפן שהוא לא ממוגנט.
2. האטב הוא תיל מכופף. ישרו את האטב כך שתקבלו תיל באורך כ-16 ס"מ. (על התיל ייווצרו בליטות קטנות שנוצרו במהלך הכיפוף של האטב, התעלמו מהם.)
3. החזיקו בקצה אחד של התיל (נסתר על ידי האוחזת) והקישו בו על שולחן כך שכיוונו בכיוון של צפון-דרום מגנטי שהמצפן מורה.
4. קרבו את הקצה הגלוי של התיל למחט הצפונית של המצפן. (בדרך כלל צבועה בצבע אדום)
 - א. בדקו - האם יש תזווה של מחט המצפן לאחר שקירבתם אליו את התיל שהקשתם בו?
 - ב. קרבו את הקצה השני לקצה המחט הצפונית של המצפן. תארו כיצד המצפן מגיב.
 - ג. לאור התוצאות, כיצד הייתם מסמנים את הקטבים של חוט התיל?
 - ד. בדקו מה קורה לגודל הסטייה של מחט המצפן אם ממשיכים להקיש בתיל בכיוון צפון-דרום.
 - ה. מה ניתן להסיק מפעילות זו?
5. רועי טוען שהקשה **בכל כיוון** תמגנט את התיל. שירה טוענת שחייבים להקיש בכיוון צפון-דרום מגנטי. מה דעתכם? כיצד תבדקו זאת?

- קחו אטב גדול לא ממוגנט, ישרו אותו לצורת תיל והקישו בו כמה שיותר בכיוון ניצב לכיוון המצפן (כיוון מזרח-מערב בערך). קרבו את קצה התיל לקצה המחט הצפונית של המצפן. תארו מה קרה.
- מי צודק: רועי או שירה? נמקו את תשובתכם תוך כדי התייחסות לממצאי הניסוי שערכתם.

אילו תכונות של המגנט למדתם בפעילות זו?

חלק ב: האם אפשר להפוך את קוטביות המגנט?

1. אחזו את התיל הממוגנט בקצה שהיה חופשי בפעילות הקודמת (הוא הופך להיות קצה מוסתר) ובדקו כיצד משפיע הקצה השני של התיל על גודל הסטייה של מחט המצפן.
2. כעת הקישו בו על השולחן בכיוון צפון-דרום מגנטי.
3. קרבו את הקצה החופשי למחט של המצפן באותו מרחק כמו קודם.
 - א. תארו כיצד השפיעו ההקשות על סטיית מחט המצפן.
 - ב. המשיכו עם ההקשות (אפשר בכוח ובזמן ממושך), הגיעו לשלב שבו הקצה דוחה את מחט המצפן במקום למשוך אותו. הסבירו את התהליך.

אילו תכונות של המגנט למדתם בפעילות זו?

פעילות 2 לתלמיד(הרחבה) בונים מצפן ומכירים את תכונותיו

חלק א: מצפן רטוב

1. קחו אטב קטן, אחזו בקצה אחד ו"לטפו" אותו בעזרת מגנט קבוע במגע באחד הקטבים שלו, לאורך ולכיוון הקצה החופשי בלבד. חשוב להדגיש "הליטוף" נעשה בכיוון אחד בלבד: כלומר יש לעשותו בצורה מעגלית כאשר המגע בין המגנט לתיל נעשה בכיוון אחד בלבד. (מתברר שנקישה קלה עם הקוטב של המגנט הקבוע על הקצה החופשי, מספיקה למגנט את האטב, אבל "הליטוף" "דרמטי" יותר).
 2. קרבו את הקוטב "המלוטף" אל המחט של המצפן וזהו את קוטבו של המגנט הקבוע.
 3. קרבו את הקצה החופשי של האטב לקצה הצפוני של מחט המצפן וזהו את סוג הקוטב המגנטי שלו.
 4. מה הקשר בין הקוטב של הקצה החופשי לבין קוטב המגנט הקבוע המלוטף?
 5. סמנו בעזרת טוש את הקוטב של האטב שזיהיתם.
 6. הניחו בעדינות נייר טישו על פני המים שבמכל והניחו עליו את האטב בלי לכוון אותו לכיוון מסוים. במשך הזמן ישקע נייר הטישו לתחתית המכל וישאיר את האטב צף על פני המים (אפשר לזרז את שקיעת הטישו על ידי דחיפה עם עיפרון). אם חסר לכם נייר טישו, אפשר גם להניח את האטב בצורה אופקית, אבל בזהירות רבה, אחרת האטב ישקע.
- א. לאיזה כוון מסתדר האטב? השוו עם כיווני המצפן.
- ב. האם התוצאה מסתדרת עם הזיהוי הקודם?
- ג. תנו את דעתכם לשמות שניתנו לקטבים של המגנט.
- הערה: העובדה שהאטב צף על פני המים (אף על פי שצפיפותו גדולה בערך פי שמונה מצפיפותם של המים), מראה שעל האטב פועלים כוחות המאזנים את השפעתו של כוח הכבידה. הכוחות האלו הם תוצאה של מתח הפנים בין המים לבין האטב.
- ד. לאור הכיוונים של המצפן – היכן לדעתכם, נמצא הקוטב המגנטי הצפוני של כדור הארץ: בקוטב הצפוני הגיאוגרפי או אולי בקוטב הדרומי הגיאוגרפי שלו? נמקו את בחירתכם.



איור 1: (צילום: ד"ר שלמה פישר)
אטב ממוגנט תלוי ולידו מצפן רגיל
(שימו לב לדמיון עם הוורסריום
המקורי שביחידת
האלקטרוסטטיקה, מתקן זה
בהחלט יכול לשמש בתפקיד זה)

חלק ב: מצפן יבש

1. קחו אטב גדול וסמנו את אמצעו בטוש.
2. חתכו חוט כותנה, ספגו קצה אחד עם דבק פלסטי לבן (לא רעיל) ולפפו את החוט באמצע אחת הדפנות של האטב (ראו איור 1). תנו לדבק להתייבש. האטב עכשיו יכול להסתובב חופשי סביב ציר אנכי, כך ששני הקצוות העגולים מהווים ציר אופקי.
3. מגנטו קצה עגול אחד על ידי נקישה עם מגנט קבוע ותלו את הקצה השני של החוט על מעמד. (ראו איור 1)
4. זהו את הקטבים על ידי קירוב של מחט המצפן לקצה העגול של האטב התלוי.

ענו על השאלות:

- א. מהו הכיוון שלפיו מסתדר האטב בסופו של דבר? השוו עם כיוונים שעליהם מצביע המצפן.
- ב. האם התוצאה מתיישבת עם הזיהוי הקודם?
- ג. נקשו על הקוטב הצפוני של האטב בעזרת הקוטב הצפוני של מגנט קבוע:
- כיצד האטב המגנטי הגיב: (תנו זמן למצפן להירגע)
 - הסבירו את התופעה.
 -

אילו תכונות של המגנט למדתם בפעילות זו?

פעילות 3 לתלמיד(הרחבה) מה מיוחד בקטבים של מגנט?

חלק א: ניסוי עם מצפן

1. ישרו אטב לצורה של תיל ארוך. מגנטו אותו על ידי "ליטוף" חד כיווני במגנט קבוע (ראו פעילות קודמת).
2. העבירו את החוט במקביל למחט המצפן בתנועה איטית. שימו לב מה קורה לסטייה של המצפן.
 - א. ציינו מתי קיבלתם סטייה מרבית של המצפן ומתי מזערית.
 - ב. מה ניתן להסיק מהפעילות על הקטבים של המגנט? ועל אמצע המגנט?

איור 2 (איורים 2-4 צילם: ד"ר שלמה פישר)

משיכת אטבים (לאחר הפרדה)
על ידי הקטבים המגנטיים



חלק ב: לאיזה חלק של המגנט נמשכים אטבי נייר?

מלאו קערה באטבי נייר, הניחו את המגנט בתוכה ומשכו את המגנט החוצה.
ציינו לאיזה חלק של המגנט נמשכו רוב האטבים.
הערה: יש לאפשר הפרדה בין האטבים שנמשכים זה לזה (ראו איור 2).

חלק ג: ניסוי עם קפיץ סלינקי

משכו כלפי מעלה, במהירות קבועה ככל הניתן, קפיץ "סלינקי" מברזל. (אם המשיכה תיעשה בהאצה, המגנט יתנתק מהקפיץ מוקדם מדי.) פעם אחת עשו זאת על ידי אחד מהקטבים של המגנט הקבוע (איור 3) ופעם אחרת - על ידי האמצע של המגנט (איור 4).

תארו מה קרה?



איור 4

סלינקי מורם על ידי
אמצע המגנט רגע לפני
שהסלינקי מתנתק



איור 3

סלינקי מורם על ידי
קוטב (הקוטב השני
ימשוך באותו עוצמה)

אילו תכונות של המגנט למדתם בפעילות זו?

פעילות 4 לתלמיד (הרחבה) האם אפשר להחליש את עוצמתו של מגנט?

1. קחו את המגנט הקבוע, קרבו את אחד מהקטבים של המגנט למחט הצפונית של מצפן עד שתקבלו סטייה ניכרת.

ב. השפעת סיכוך האטבים – הסטייה של המצפן ירדה בחצי

איור 5 (א. ו-ב.)
א. קוטב צפוני גורם לסטייה מהצפון של כ-90 מעלות.



2. הוסיפו על קוטב המגנט אטבים לא ממוגנטים (ראו איור 5).
א. תארו מה קורה לסטיית המצפן.

ב. לאור הקשר בין קוטב המגנט לבין קוטב האטבים, כיצד תסבירו את התופעה?

3. הוסיפו חומר כלשהוא שלא מתמגנט במקום להוסיף חומר מברזל. תארו את השפעת הוספת החומר על הסטייה של מחט המצפן.

4. נסו לשים חומרים שונים (ספר לימוד גם בא בחשבון) על המגנט ובין המגנט והמצפן. תארו מה מתרחש. מה ניתן להסיק?
איורים 5 (א. ו-ב.) צילם: ד"ר שלמה פישר

אילו תכונות של המגנט למדתם בפעילות זו?

פעילות 5 לתלמיד (הרחבה) האם אפשר להפריד קטבים מגנטיים?

הקדמה: לפי תיאוריה פיזיקלית שנקראת "תורת הקוונטים" חייב להתקיים חלקיק עם קוטב בודד הנקרא "מונופול".

הפעילות הבאה תאפשר לכם לצוד אחרי המונופול - עושר ופרסום רב מחכה לאלו שיצליחו.

1. ישרו אטב גדול ומגנטו אותו כמו בפעילויות הקודמות (על ידי ליטוף או נגיעה).
2. זהו את הקוטב המגנטי הצפוני והדרומי בעזרת המצפן.
3. חתכו את החוט המגנטי באמצע לשניים בעזרת קטר.
4. בדקו שוב את הקטבים, הפעם של כל אחד מהחלקים.

הערה: יש להיזהר בזמן החיתוך לא להעיף את התיל למקום שמסכן את התלמידים.

- א. תארו מה קרה למגנטיות של הקצה שמקודם היה באמצע של כל אחד משני התילים.
 - ב. חתכו שוב את החוט ובדקו את הקטבים של הקצוות החתוכים.
 - ג. מה גיליתם על התכונה המיוחדת של המגנט?
 - ד. האם אפשר לבודד קטבים?
- אם אתם מתעקשים, אתם מוזמנים להמשיך את פעילות החילוק של המגנט. אולי בכל זאת תגלו את המונופול?

אילו תכונות של המגנט למדתם בפעילות זו?

פעילות 6 לתלמיד(הרחבה) איך הופכים מגנט לברזל?

חלק א: נטרול על ידי הלם מכני

1. קחו אטב גדול ומגנטו אותו על ידי נקישה עם הקוטב של מגנט קבוע. תוכלו למדוד את עוצמתו על ידי קירוב אחד מקטביו למחט המצפן ומדידת סטייתה מהצפון.
2. זרקו את האטב הממוגנט בחוזקה, לכיוון אקראי, על השולחן.
3. מדדו שוב את עוצמתו המגנטית של האטב לפי סטיית מחט המצפן.
מה קרה לעוצמתו? הסבירו.
4. המשיכו להפיל את האטב הממוגנט עד שהמצפן בקושי מגיב. האם הצלחתם?

חלק ב: נטרול על ידי חימום

1. מגנטו אטב קטן על ידי נקישה עם הקוטב של מגנט קבוע ובדקו את עוצמתו בשיטה שתוארה למעלה.
2. החזיקו את האטב עם חומר מבודד חום (למשל, אטב עץ גדול), תנו למורה להדליק נר וחממו את האטב הממוגנט מעל להבת הנר.
3. בדקו את עוצמתה של ההשפעה המגנטית של האטב שוב (לאחר שהתקרר).
א. מה קרה לעוצמתו המגנטית של האטב?
ב. המשיכו לחמם את האטב עד המצפן יפסיק להגיב עליו.
האם הצלחתם להסיר את המגנטיות מהאטב?

איזו תכונות של האטב מאפשרות הפעילות זו?

יישום טכנולוגי

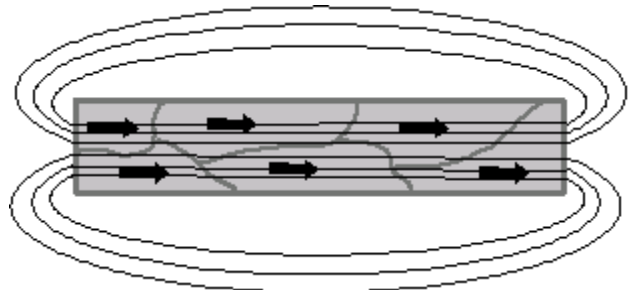
אחסון מידע בדיסק קשיח של מחשב ושיטות אחסון מידע נוספות מבוססות על יכולת השליטה במגנט ברזל בשני הכוונים, כלומר - קיימת אפשרות ליצור תנאים שבהם ייקבע כיוון מסוים של קטבים מגנטיים וגם אפשרות למחוק מידע. המחיקה והמגנט מתבצעים בטכנולוגיה מתקדמת יותר מזו שהוצגה כאן. היכולת לאחסן כמויות אדירות של מידע נובעת ממזעור האזור שאפשר למגנט ולמחוק. לפי הדיווחים האחרונים, גודל האזור המגנטי מגיע לגודל של מולקולה בודדת. לאזורים המגנטיים קוראים **תחומים מגנטיים**, ועל כך נלמד בהמשך.

פעילות 7 לתלמיד (הרחבה) תחומים מגנטיים

1. היכנסו לקישור הבא בנושא תחומים מגנטיים. (שימו לב להפעלת ההדמיה נדרשת תוכנת java)
2. לפניכם מודל של המבנה הפנימי של ברזל שעשוי ממגנטים זעירים שלא ניתן לראות בעין, אלא רק בעזרת מיקרוסקופ. כל חץ מראה את הקוטב הצפוני של התחום.
3. בצעו הדמיה קצרה בנושא.



א. ברזל לא ממוגנט



ב. ברזל לאחר המגנט (גודל התחומים לא בקנה מידה לצורך הדגמה)

איור 6 (א ו-ב) מקור התמונה: MAGNET LAB

4. לאחר ביצוע הפעילות ענו על השאלות הבאות:
 - א. מה מאפיין ברזל לא ממוגנט?
 - ב. מדוע למרות הקיום של תחומים מגנטיים, הברזל לא מתנהג בדרך כלל כמגנט?
 - ג. כשמעבירים את המגנט על הברזל, מה קורה לתחומים המגנטיים של הברזל? הסבירו כיצד זה קורה.
 - ד. התייחסו אל הפעילויות שהכרנו בפרק המרוכזות בטבלה הבאה, והסבירו את התופעה לפי מודל התחומים המגנטיים.
 - ה. הסבירו את התופעות שביצעתם בפעילות קודמת באמצעות מודל התחומים המגנטיים.

פעילות מסכמת לתלמיד

תכונות המגנט והסברן על פי מודל התחומים המגנטיים

מספר הפעילות	שם הפעילות	התופעה	הסבר התופעה לפי מודל התחומים המגנטיים
1. כיצד ניתן לייצר מגנט בהשפעת המגנטיות של כדור הארץ?	חלק א: מייצרים מגנט		
	חלק ב: האם אפשר להפוך את קוטביות המגנט?		
2. בונים מצפן ומכירים את תכונותיו	חלק א: מצפן רטוב		
	חלק ב: מצפן יבש		
3. מה מיוחד בקטבים של מגנט?	חלק א: ניסוי עם מצפן		
	חלק ב: לאיזה חלק של המגנט נמשכים אטבי נייר?		
	חלק ג: ניסוי עם סליל קפיץ סלינקי		
4. האם אפשר להחליש עוצמתו של מגנט?			
5. האם אפשר להפריד קטבים מגנטיים?			
6. איך הופכים מגנט לברזל?	חלק א: נטרול על ידי הלם מכני		
	חלק ב: נטרול על ידי חימום		
7. תחומים מגנטיים			

שאלות לתלמיד

- 1) ציינו לפחות שתי תכונות **זהות** של פעולה הדדית בין קטבים מגנטיים ושל פעולה הדדית בין מטענים חשמליים.
- 2) ציינו לפחות שתי תכונות **שונות** של פעולה הדדית בין קטבים מגנטיים ושל פעולה הדדית בין מטענים חשמליים.
- 3) התופעה שבה גוף טעון חשמלית מושך אליו גוף ניטרלי, נקראת בשם "השראה אלקטרוסטטית". האם לדעתכם "השראה מגנטית" הוא שם מתאים לתופעה של משיכת ברזל על ידי מגנט?
- 4) ציינו שתי סיבות לכך שליבת הברזל הנוזלי של כדור הארץ אינה יכולה להיות מגנט קבוע.
- 5) האם אפשר להפוך את הקטבים של מצפן, ובכך לגרום לטעות בניווט דרך? הסבירו מדוע.
- 6) השוו בין כוח המשיכה הכבידתית לבין כוח המשיכה של מגנט. ציינו לפחות דמיון אחד והבדל אחד.
- 7) האם הרעיון שהשמש וכדור הארץ מושכים זה את זה על ידי כוח מגנטי, הוא רעיון מופרך מיסודו? הסבירו את תשובתכם.
- 8) בימי הביניים שימש המצפן כמכשיר לניווט בעיקר בקרב יורדי ים. כיום משתמשים לניווט ב-GPS. השוו בין שני המכשירים. התייחסו בהשוואה לעקרון הפעולה.
- 9) **שאלת אתגר**: היום אפשר להתבונן בתחומים מגנטיים באמצעות מיקרוסקופים מיוחדים. אולם, בזמן שהציעו את המודל הסתמכו על התכונות של המגנט בלבד. האם ידוע לכם על מקרים נוספים שבהם מודל נבנה על תכונות הגוף בלבד ללא ידיעה על המבנה המיקרוסקופי?

ז. הידרוסטטיקה

1. לחץ בנוזל

מהיגו של פסקל

הגיבור של יחידת הלימוד הזאת הוא המלומד הצרפתי בלז פסקל (1623-1662). פסקל הרבה לרשום הגיגים. נביא כמה דוגמאות. נפתח באמירה על היחס שבין דת לבין מדע. בשלב מסוים בחייו פסקל הפך להיות אדם בעל תפיסה רליגיוזית עמוקה. לאור זה, האמירה שלפנינו עשויה להפתיע:

אכן דבר נפלא הוא כי אף אחד מסופרי המקרא לא ביקש להוכיח את מציאות הבורא על-ידי הטבע. כולם מבקשים לעורר בנו את האמונה בו. דוד, שלמה וכו', לא אמרו מעולם: "אין חלל ריק, משמע כי יש אלוהים". אין זאת כי אם היו חכמים יותר מן החכמים שבחכמים אשר באו אחריהם ואשר השתמשו כולם בהוכחה זו. דבר זה ראוי לתשומת לבנו ביותר.

נביא כאן חלק קטן מהגיגי פסקל, שאינם קשורים דווקא ישירות למדע.⁵

לא היה לי די זמן לכתוב לך מכתב קצר יותר.

אילו כל האנשים היו יודעים מה שהם אומרים זה על זה, לא היו נשארים בעולם כולו אפילו ארבעה חברים.

מעשים טובים הנעשים בסתר הם הראויים ביותר להערכה.

שתי הגזמות: להוציא מכלל שימוש את ההיגיון. לקבל אך ורק את ההיגיון.

האדם אינו אלא קנה, החלש ביותר בטבע; אבל זהו קנה חושב.

ההגות עושה את גדולת האדם.

ללגלג על הפילוסופיה זה לעסוק בה.

אנשים בזים לדת, שונאים אותה ויראים פן היא אמתית.

הבושה היחידה היא להיות חסר בושה.

יהיו מה שיהיו רכושו של אדם על האדמה, בריאותו ונוחות חייו, אין הוא מרוצה כל עוד אינו זוכה בהערצתו של הזולת.

העובדה שהדבר שנוי במחלוקת אין בה כדי לפסול את אמתותו. הרבה דברים ודאיים שנויים במחלוקת, הרבה כזבים מתקבלים ללא מחלוקת. אין המחלוקת סימן לשקר ואין העדר מחלוקת סימן לאמת.

⁵ נעזרנו כאן בוויקיציטוט.

הדרכים המפתיעות שבהן הנוזל לוחץ

האיור שלפנינו לקוח מעבודתו המכוננת של בלו פסקל בתחום הלחץ בנוזלים. פסקל הבחין שמושג המפתח בהבנת נוזלים הוא הלחץ, וכי הלחץ על קרקעיתו של מכל מלא בנוזל אינו תלוי בכמות המים שבמכל, אלא בגובה פני המים מעל הקרקעית.

הלחץ שמפעילה חבילת קוטג'



בתצלום שלפנינו נראית חבילת קוטג' הפוכה (מונחת על המכסה שלה) שמונחת על מאזניים, שמורים מהי המסה בגרמים. עומד לרשותנו גם סרגל.

א. אם נהפוך את החבילה, האם הוריית המאזניים תגדל, תקטן או לא תשתנה? הסבירו.

ב. אם נהפוך את החבילה, האם המאזניים יפעילו לחץ גדול יותר, קטן יותר או זהה? הסבירו.

ג. על סמך המדידות, חשבו את הלחץ שתפעיל חבילת הקוטג' על המאזניים, כאשר היא תונח עליהם בכיוון המקובל (מכסה למעלה).

מתברר כי הבסיס של הקופסה אינו שטוח, וכי הקופסה נשענת רק על טבעת בשוליה, שאפשר לזהותה בתצלום.

ד. חשבו את הלחץ הממוצע שמופעל בשטח המגע הזה.

מתברר שחבילת הקוטג' נוגעת במאזניים רק ממש בשוליים החיצוניים של הטבעת.

ה. מה זה מלמד אותנו על הלחץ?

ללכת על ביצים

לעתים עורכים בבתי הספר את ההתנסות הבאה. תלמידים צעירים מהלכים יחפים על ביצים שמונחות בתבנית ביצים. דוגמה לכך תמצאו בכתובות הבאות:

http://www.playdoughtoplato.com/wp-content/uploads/2014/03/DSC_26011-680x1024.jpg

http://www.playdoughtoplato.com/wp-content/uploads/2014/03/DSC_2755-2-680x1024.jpg

דונו בסיבות האפשריות לכך שהביצים אינן נשברות.

הקטנה והגדלה של הלחץ

א. הביאו דוגמה מחיי יום-יום למצב שבו אנו משנים את שטח המגע בין הגופים כדי להקטין את הלחץ.

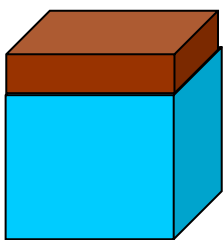
ב. הביאו דוגמה מחיי יום-יום למצב שבו אנו משנים את שטח המגע בין הגופים כדי להגדילו.

ג. מדוע איננו חשים כאב כאשר אנו שוכבים בערסל הקלוע מחוטים נוקשים?

התפשטות הלחץ בנוזלים

הסיכוי שבקבוק פלסטיק המלא בחול ייסדק בעת נפילתו נמוך בהרבה מהסיכוי שזה יקרה לבקבוק זהה, מלא במים. מדוע?

הלחץ שמפעיל ליטר מים



ליטר מים נמצא בתוך מכל שצורתו הפנימית היא קובייה שאורך המקצוע שלה הוא 10 cm. המים נלחצים מלמעלה על ידי בוכנה שמפעילה עליהם כוח שגודלו 50 N.

א. חשבו את הלחץ שהבוכנה מפעילה על המים.

ב. חשבו את הכוח שהמים מפעילים על תחתית המכל.

ג. חשבו את הלחץ שהמים מפעילים על תחתית המכל.

ד. חשבו את הלחץ שהמים מפעילים על אחת מן הדפנות הצדדיות של המכל:

1. בתחתית הדופן.

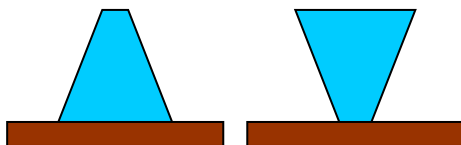
2. באמצע הדופן.

3. בראש הדופן.

ה. תארו בגרף את הלחץ על הדופן הצדדית כפונקציה של הגובה מעל תחתית המכל.

ו. העריכו את הכוח שהמים מפעילים על הדופן הצדדית.

שני משפכים



שני "משפכים" זהים מונחים על משטח אופקי, כאשר האחד מונח על פתחו הרחב, והאחר מונח על פתחו הצר. שני המשפכים מלאים במים. באתר המגע שלהם עם המשטח האופקי אין דליפה של מים.

א. איזה משפך מפעיל על המאזניים כוח גדול יותר (או אולי שני הכוחות שווים)? נמקו. הביאו בחשבון את הכוח הכולל שמפעילים המשפך והמים כאחד.

ב. באיזה משפך המים מפעילים על המשטח כוח גדול יותר (או אולי הכוחות שווים)? נמקו.

ג. באיזה משפך המים מפעילים על המשטח לחץ גדול יותר (או אולי הלחצים שווים)? נמקו.

ד. האם המים מפעילים על המשפך כוח כלפי מעלה? כלפי מטה? ענו לכל משפך באופן נפרד ונמקו.

שני נוזלים בצינור

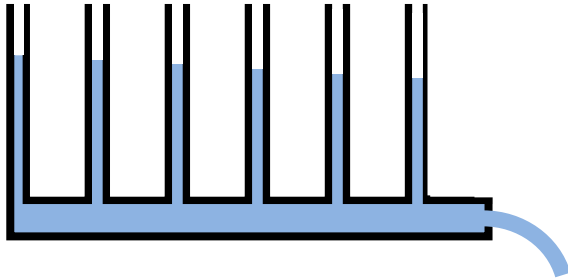
לתוך צינור בצורת U מוזגים שני נוזלים שונים, שאינם מתערבבים זה בזה. את הנוזל האחד מוזגים מן הצד הימני של הצינור, ואת הנוזל האחר מוזגים מן הצד השמאלי של הצינור. האורך של החלק המעוקל של הצינור (בתחתיתו) זניח לעומת האורך הכולל שלו. המסה של הנוזלים שנמזגו היא זהה, אך צפיפותם שונה.

א. היכן יימצא הגבול בין שני הנוזלים? מדוע?

ב. אם צפיפות של אחד הנוזלים גדולה כפליים מזו של האחר – איזה עמוד נוזל יהיה גבוה יותר? פי

כמה?

ג. האם התשובות לסעיפים הקודמים תואמות את חוק הכלים השלובים?



כלים שלובים?

במערך הכלים השלובים שלפנינו גובה פני המים אינו זהה.

האם הדבר מנוגד לחוק הכלים השלובים?

2. לחץ בגז

חומר, ריק ואמת מדעית

הדיון בלחץ האוויר, שבו עוסקת יחידת לימוד זו, מביא אותנו לעיסוק ביסודות העמוקים ביותר של הפיזיקה. אנו מוצאים עצמנו עוסקים במהות המרחב והחומר ובשאלת התוקף של תיאוריה מדעית. הפיזיקה עוסקת בהיבט החומרי של המציאות. היא עוסקת בחומר. היחס בין גופים חומריים שונים מאופיין, בין היתר, על ידי מקומם. העובדה שאנו נזקקים לדיבור על מקום מביאה אותנו לדיבור על המרחב, שאיננו חומרי. האם הוא חלק מן הטבע? אריסטו העדיף לראות אותו בהקשר מינימליסטי. המרחב הוא דרך לתאר מצב יחסי של גופים. אין משמעות למרחב ריק. פיזיקה עוסקת בחומר ולא בהעדרו. אריסטו הביא עדויות שונות שמטרתן לשכנע אותנו שריק הוא מן הנמנע. לא הכול חשבו כמוהו, גם ביוון העתיקה, אך עד לאמצע המאה השבע עשרה זו הייתה התפיסה הגוברת. אפילו גלילאו, שחלק על אריסטו בעניינים מהותיים, סבר שהטבע "סולד" מן הריק (אך נכנע לו תחת לחצים כבדים).

מרכז הכובד של יחידת לימוד זו הוא בתהליכים שהביאו מלומדים באמצע המאה השבע עשרה להכיר באפשרות קיומו של אזור ריק במרחב. זה היה כרוך גם בהכרה שהאוויר מפעיל לחץ משמעותי. המלומדים עברו מהלך של שינוי תפיסתי. אנו מעוניינים שגם תלמידינו יעברו את המהלך הזה. איננו עושים זאת רק כדי שהם יכירו מודלים עדכניים (לאמצע המאה השבע עשרה), אלא בעיקר כדי שיבינו כיצד חוקרים פועלים במצבים של שינוי פרדיגמה.

שינויים כאלה מערערים על תחושת האמת שדומה כי המדע אמור לתת לנו. גילוי האמת הוא מן העניינים שמושכים תלמידים ללימוד מדע. ההיסטוריה של המדע מלמדת אותנו ש"אמיתות" מתחלפות, ובמובן זה אין בהן אמת מוחלטת. אמת מדעית היא סוג של אשליה. איננו רוצים שהדבר יגרום לתלמידינו לצמצם את העניין שלהם במדע. אנו מעוניינים לתת להם תמונה שמדע הוא עניין דינמי, וכי ייתכן שגם הם יחזו בחייהם בשינוי פרדיגמות, ואולי אפילו יהיו שותפים לו, וזה מסעיר יותר מאשר ללמוד מהי האמת מכלי שני ושלישי.

ו"האמת המדעית", מה יהיה עליה? זהו כנראה צירוף מילים יפה שאין לו כיסוי מספיק. אנו מסוגלים לתת הסברים ומודלים מדעיים, ולייצר עולמות מנטליים שדומה כי יש להם התאמה חד חד ערכית עם המציאות, אך עלינו להיות מודעים לחוסר היכולת שלנו לוודא שהם נכונים. די לנו בכך שהם סבירים (ולעתים מסעירים את הנפש), ושהם מובילים לתוצאות מעשיות שמאפשרות לנו חידושים טכנולוגיים (ואולי גם עיסוק לחיים). ברקע הדברים אנו יודעים כל הזמן כי ההתאמה העכשווית אין בה די וכי נייצר בעתיד הסברים ומודלים חלופיים, אשר ייתכן שיהיו שונים עקרונית. במידה רבה אנו מעוניינים בכך, שהרי גם אנו רוצים להיות שותפים לגילויים חדשים.

במובן זה, תקוותם של חלק מן המלומדים החשובים במאה השבע עשרה, להיות אלה שיפענחו **סופית** את הדברים, הייתה מוגזמת, והם השאירו לנו אפשרות לעבור חוויה דומה בעתיד.⁶



על ריק ועל אוויר

⁶ סדרת הסרטים "סופי לעת עתה" עוסקת בפרשיות מדעיות כאלה. הסכתובת הבאה: <https://www.youtube.com/watch?v=sr3laaGhIvs>

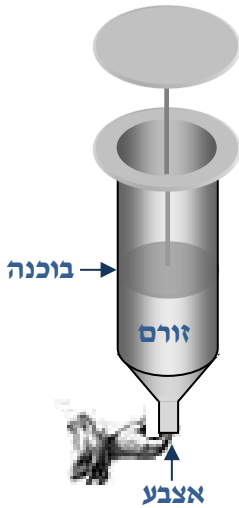
הסרטוט שלפנינו לקוח מספר (1672) של אוטו פון גריקה (Otto von Guericke, 1602-1686), ראש עיריית מגדבורג שבגרמניה, שהפליא להדגים את הריק ואת הכוחות הכרוכים בקיומו של האין הזה על פני הארץ. שני חצאי כדור, הוצמדו היטב, אך לא הולחמו זה לזה. האוויר נשאב מן הכדור. כדי להפריד בין חצאי הכדור נתלו עליהם משקולות כבדות, וגם זה לא הועיל. האם הטבע אכן מפחד מן הריק, כגרסת אריסטו, או שיש לתופעה מנגנון פשוט אחר? בשאלה החשובה הזאת, שיש בה היבטים חשובים של מדע הפיזיקה, נעסוק ביחידת הלימוד שלפנינו.

דפי מחקר – כוחות ולחצים 1

התנסויות פשוטות עם מזרקים

מזרק פשוט (ללא מחט) יאפשר לנו לחקור מאפיינים של מים ושל אוויר. נמלא את המזרק בזורם (נוזל או גז) כמתואר בציור ונאטום באצבע את הפתח של המזרק.

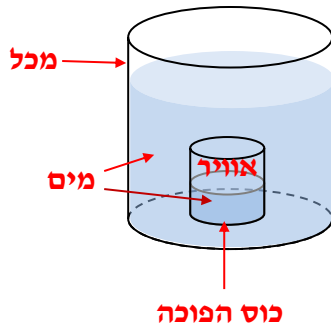
לפני שאתם עורכים את הניסוי, רשמו את תחזיתכם (שמבוססת על התנסות קודמת או על ידע מדעי) באשר להתנהגות הזורם כאשר מנסים לדחוף את הבוכנה פנימה. האם המים דחיסים (האם אתם מצליחים לדחוס אותם)? האם האוויר דחיס? אם המים ו/או האוויר דחיסים, האם הכוח שנדרש לדחיסה גדל ככל שמנסים לדחוס יותר?



רשמו את תחזיתכם למה שיקרה כאשר מנסים למשוך את הבוכנה החוצה.

ערכו את הניסוי, במים ובאוויר. רשמו את הממצאים ונסו להסביר אותם.

דפי מחקר – כוחות ולחצים 2

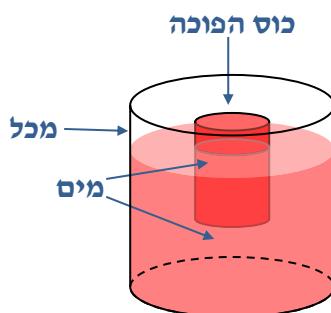


כוס מים הפוכה בתוך מכל מים – האוויר דחיס

הכינו מכל מים (קערה, גיגית...) וכוס שקופה. מה לדעתכם יקרה אם נכניס כוס הפוכה לתוך המים, כך שיש בכוס גם אוויר? שעררו ורשמו כיצד יתנהגו פני המים בתוך הכוס ההפוכה ככל שנלך ונשקיע את הכוס במכל המים, עד הגיעה לקרקעית המכל.

ערכו את הניסוי. רשמו מה מתרחש בפועל:

רשמו הסבר משוער לתופעה שאתם צופים בה:



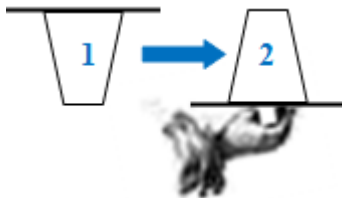
עורכים עתה את הניסוי ההפוך. מכניסים את הכוס כאשר היא ישרה. משקיעים אותה כך שהיא מתמלאת במים. הופכים את הכוס בתוך המים, כך שהיא מלאה במים כאשר היא הפוכה, ואין בה אוויר כלל. עתה מתחילים למשוך את הכוס כלפי מעלה, עד לשלב שחלקה העליון מגיח מן המים כלפי מעלה. ממשיכים למשוך את הכוס כלפי מעלה, כאשר חלקה התחתון עדיין שקוע. כיצד ישתנה מפלס פני המים בתוך הכוס ככל שנמשוך את הכוס כלפי מעלה? רשמו השערה בטרם תבצעו את הניסוי:

דפי מחקר – כוחות ולחצים 3

ערכו את הניסוי. רשמו כיצד פני המים שבכוס משתנים כאשר אתם מושכים את הכוס החוצה:

רשמו הסבר משוער לתופעה:

המים שאינם נשפכים מכוס הפוכה ומרתקים את המכסה



ניגש עתה לאחד הניסויים הדרמטיים. ממלאים כוס מים עד גדותיה. מניחים עליה פיסת קרטון כך שהכוס אטומה לגמרי (מצב 1). הופכים את הכוס כאשר הקרטון מוחזק כשהוא צמוד אליה כל הזמן ומונע יציאת מים. בשלב זה מסירים את היד שתומכת בקרטון (מצב 2). מה יקרה? רשמו את השערתכם:

ערכו את הניסוי. רשמו מה התרחש:

דפי מחקר – כוחות ולחצים 4

רשמו הסבר משוער:

קילוח מים שפורץ מבעד לנקב בבקבוק

ממלאים לחלוטין בקבוק פלסטי במים וסוגרים היטב את המכסה. עתה מנקבים את דופן הבקבוק. כיצד ייראה קילוח המים שיוצא מן הנקב? האם הדבר משתנה כאשר פותחים את המכסה? כאשר סוגרים אותו? רשמו את השערתכם:

ערכו את הניסוי ורשמו את הממצאים:

רשמו הסבר משוער לתופעה:



דפי מחקר – כוחות ולחצים 5



"מתלה ריק"

לאחר סדרה של התנסויות "רטובות", נעבור להתנסויות "יבשות". ההתקן שלפנינו מאפשר תליית חפצים על מתלה, שמוצמד לקיר בלחיצה. בעת הלחיצה יוצא אוויר מן האזור שבין המתלה לבין המשטח שאליו הוא נצמד. אפשר למשוך את המתלה באמצעות מד כוח ולהגדיל את הכוח עד לניתוק.

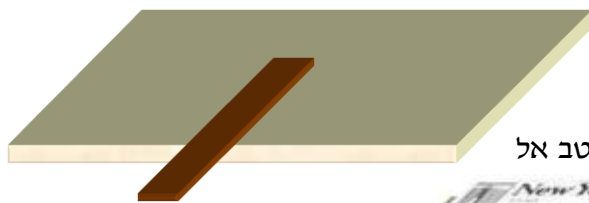
הצמידו את המתלה למשטח מתאים. משכו באמצעות מד הכוח. רשמו את הכוח שנדרש כדי לנתק את המתלה מן הקיר. חזרו על הניסוי כמה פעמים. האם הכוח שנדרש לניתוק זהה בכל ניסוי? רשמו את תוצאות המדידות:

נערוך מאזן כוחות (בכיוון אופקי) על המתלה. כל זמן שהמתלה נותר במקומו, סכום הכוחות הוא אפס. כוח אחד מופעל על ידי מד הכוח. מהו הכוח הנגדי? איזו גוף מפעיל אותו? רשמו את השערתכם:

חבטה בסרגל

זוהי אחת התנסויות שעושות רושם גדול. באיור מימין רואים סרגל דק, מעץ או מפלסטיק (ללא חלקי מתכת) מונח על שולחן, כאשר חלק ממנו בולט מן השולחן.

על השולחן והסרגל מניחים גיליון של עיתון ומהדקים אותו היטב אל



ענה חובטים בסרגל

השערתכם



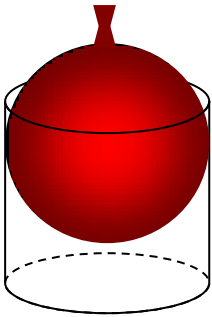
השולחן, ללא הדבקה (איור משמאל). בחדות ובעוצמה.

מה יקרה לעיתון? מה יקרה לסרגל? רשמו את (בטרם ערכתם את הניסוי):

דפי מחקר – כוחות ולחצים 6

ערכו את הניסויים. רשמו מה קורה:

רשמו הסבר משוער לתופעה:



הכוח שמפעיל האוויר שבתוך הבלון

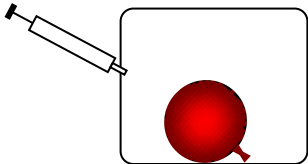
הכול יודעים שכאשר אנו נושפים לתוך בלון, האוויר שבתוך הבלון מפעיל כוח על מעטפת הבלון מבפנים ומותח אותה. מנפחים בלון מעט ומכניסים אותו לתוך כוס פלסטיק (חד פעמית) כך שהוא נוגע בדופןות הכוס. מוסיפים לנפח את הבלון. עתה מנסים לנער את הכוס במטרה שהבלון ייחלץ מן הכוס.

ערכו את הניסוי. רשמו מה התקבל:

איזה כוח מונע את היפרדות הבלון מן הכוס? מה תפקיד החיכוך בתופעה? מה תפקיד הכוח הלוחץ שמפעיל האוויר שבתוך הבלון על מעטפת הבלון? ערכו דיון בשאלה זו, והציגו הסבר:

דפי מחקר – כוחות ולחצים 7

בלון בריק



מנפחים בלון חלקית, ומכניסים אותו לתא ריק. מתחילים בשאיבת האוויר מן התא. מה יקרה ככל שנלך ונשאב אוויר מן התא? את ההתנסות הבאה אפשר לעשות בכיתה רק אם יש לנו תא ריק – תא אטום עם משאבת ריק. אם אין (זה המצב השכיח) אפשר להתבונן באחד מן הסרטונים הרבים שברשת ולדון במה שרואים.

בכתובת הבאה תמצאו סרטון קצר שמציג את הדברים:

https://www.youtube.com/watch?v=4VhD0_aXEe4

בכתובות הבאות תמצאו סרטונים שבהם את תפקיד הבלון ממלאת כפפה לשימוש חד פעמי:

<https://www.youtube.com/watch?v=jOmqsnsHn34>;

<https://www.youtube.com/watch?v=XcRwRYgXRro>

דונו בתופעה והסבירו את התופעה שראיתם בניסוי (במצייאות או בסרטון). רשמו הסבר משוער. תוכלו להשתמש במושגים כמו כוח או לחץ. בכל מקרה רשמו מי (איזה גוף) מפעיל את הכוח או את הלחץ.

התפקיד של לחץ האוויר החיצוני

בניסוי הקודם (בלון בריק) ראינו כי מידת המתחה של יריעת הבלון תלויה הן בלחץ שמפעיל עליה האוויר שבתוך הבלון, והן בלחץ שמפעיל עליה האוויר שמחוץ לבלון. אם כך, הלחץ שהאוויר החיצוני מפעיל (ל"לחץ האוויר") חשוב לא פחות מאשר הלחץ הפנימי (בתוך הבלון או בתוך המזרק). כיוון שאנו חיים בתוך סביבה מלאה באוויר, יש להביא בחשבון את הלחץ שהאוויר מפעיל בכל מצב. אם כך, עלינו לבחון אם השפעת לחץ האוויר (החיצוני) הייתה רלוונטית בכל אחת מן המערכות שחקרנו בסדרת הניסויים שלנו, ייתכן שיהיה עלינו לעדכן את ההסברים שלנו.

דפי מחקר – כוחות ולחצים 8

הדברים האלה עמדו במרכז ויכוח גדול שהתנהל במאה ה-17. היו כאלה שטענו כי הרבה מן התופעות שראינו מוסברות על ידי כוח שמבטא את ההימנעות של הטבע מהיווצרות ריק (ואקום). מצד שני, היו אלה שטענו שלטבע אין התנגדות לריק, והתופעות מוסברות על ידי הלחץ שמפעיל האוויר מן החוץ.

חזרו, אפוא, על הדיון בכל אחת מן המערכות שעסקתם בהן ובדקו בכל אחת מהן אם אפשר להסביר את התנהגותה בכל אחת משתי הדרכים (ההימנעות מן הריק או לחץ האוויר מן החוץ). האם יש מקרים שבהן יש עדיפות לאחד ההסברים? בררו את העניינים היטב לקראת הדיון המשותף בכיתה. רשמו את מסקנותיכם:

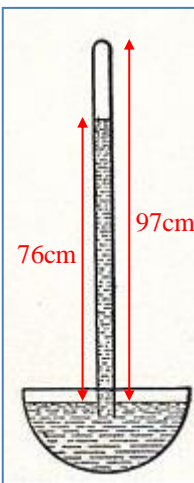
שאלות וחקירות



הכוחות בברומטר של טוריצי'לי

- בציור שלפנינו מוצג הברומטר של טוריצי'לי. הופכים צינור מלא בכספית לתוך קערת כספית. מתברר כי חלק מן הכספית שבקערה עובר לצינור ובראש הצינור נותר אזור ריק.
- כספית אינה טובה לבריאות. מדוע משתמשים דווקא בה?
 - אלה כוחות אנכיים פועלים על המים במקטע העליון AB? אלה גופים מפעילים אותם? סרטוטו תרשים כוחות בכיוון האנכי.
 - אלה כוחות אנכיים פועלים על המים במקטע CD? אלה גופים מפעילים אותם? סרטוטו תרשים כוחות בכיוון האנכי.

הברומטר של טוריצי'לי בלחצים שונים



- נמשיך לדון בברומטר מן השאלה הקודמת. גובה הכספית בצינור (מעל לגובה פני הכספית שבקערה) הוא 76cm. גובה הצינור (מעל לגובה פני הכספית בקערה) הוא 97cm. מכניסים את הברומטר למכל סגור ומתחילים להקטין את לחץ האוויר.
- נניח כי הקערה גדולה, ולכן שינוי בגובה המים שבצינור כמעט אינו משפיע על גובה פני המים שבקערה.
- מה יקרה לעמוד הכספית שבצינור עם הקטנת הלחץ? חוזרים למצב ההתחלתי ועתה מגדילים את הלחץ במכל.
 - מה יקרה עתה לעמוד הכספית שבמכל?
 - חשבו את הלחץ הקטן ביותר שבו עמוד הכספית ימלא את כל הצינור. רשמו את התוצאה במ"מ כספית ובאטמוספרות.
 - עתה מקטינים את הלחץ לחצי מזה שחושב בסעיף ג.
 - מה יהיה גובה עמוד הכספית במצב החדש? הסבירו.

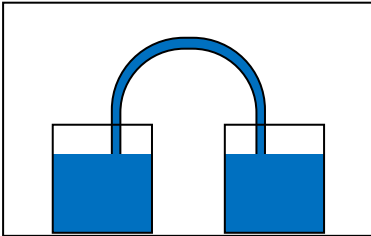
הברומטר של טוריצי'לי עם נוזלים שונים

- נתבונן בסרטוט מן השאלה הקודמת ונניח עתה כי הנוזל הוא מים, וכי הצינור מתנשא לגובה 10m מעל פני המים שבקערה. האם הצינור יהיה מלא במים? הסבירו.
- כעת מחליפים את המים בנוזל שצפיפותו גדולה מזו של המים פי 1.5.
- האם הצינור יהיה מלא במים? אם כן – הסבירו מדוע. אם לא – חשבו מה יהיה גבוה עמוד המים (מעל לפני המים שבקערה).
 - מכניסים את הברומטר למכל ומשנים את הצפיפות בהדרגה עד לרגע שבו הצינור כולו מלא במים.
 - חשבו באיזה לחץ הדבר יתרחש.
 - מורידים את הלחץ למחצית מזה שחושב בסעיף הקודם.
 - מה גובה עמוד המים (מעל לפני המים שבקערה)? נמקו.

תפקיד הכובד והאוויר בהידרוסטטיקה

- נתבונן בברומטר של טוריצי'לי, מן השאלות הקודמות.
- כיצד הדברים ישתנו על כוכב שאין על פניו אוויר?
 - כיצד הדברים ישתנו במקום שאין בו כוח כובד? בתחנת החלל?

צינור וסיפון



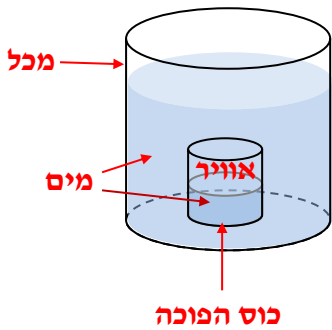
נתבונן במערכת הסימטרית שבה יש שני מכלים זהים, עם כמות מים זהה, וביניהם יש צינור ששני צדדיו טבולים בתוך שני המכלים. הצינור מלא במים.

א. האם אין המצב הזה נמצא בניגוד לחוק הכלים השלובים? הסבירו.

מכניסים את המערכת לחדר אטום ומתחילים לשאוב ממנו אוויר. בתחילה אין השפעה לשאיבת האוויר על מצב המים.

ב. האם בשלב מסוים של השאיבה יהיה שינוי במצב המים? אם כן – מהו השינוי? אם לא – מדוע?

ג. מה יקרה בשלב שבו כמות האוויר שתישארו תהיה זניחה ביחס לזו שהייתה במצב ההתחלתי?



נתבונן בסרטוט שמתאר כוס מים הפוכה שמוכנסת למכל מים, כאשר בחלק ממנה יש אוויר. מורידים את הכוס בהדרגה לתוך המים.

מערכת זו מדמה שיטה שבה היו משתמשים בעבר כאשר הורידו למים "פעמון צלילה" ובתוכו אנשים. האויר מימין מציג את פעמון הצלילה של אדמונד האלי.

א. האם לחץ האוויר בתוך הכוס (או הפעמון) גדל, קטן או שאינו משתנה, ככל שמורידים אותה לעבר קרקעית המכל?

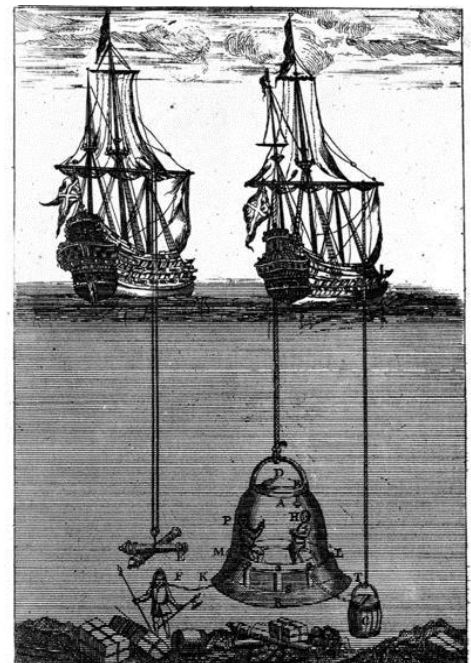
ב. האם נפח האוויר בתוך הכוס (או הפעמון) גדל, קטן או שאינו משתנה, ככל שמורידים אותה לעבר קרקעית המכל?

ג. אם ציינתם בסעיפים הקודמים שיש שינויים בלחץ ו/או בנפח, כיצד הם משפיעים על תחושת הצוללים שנמצאים בתוך פעמון הצלילה?

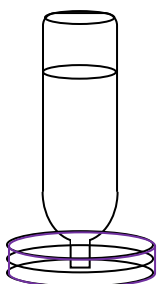
ד. לטובתם של הצוללים בפעמון משנים את עומק הצלילה באטיות. מדוע?

ה. בצד הפעמון (באיור) יש מכל עם אוויר דחוס. מה תפקידו?

צלילה בתוך מכל פתוח



For J. Hutton at the King's Arms in Newgate Street.
National Maritime Museum, London



מגוון תופעות

הסבירו את התופעות הבאות:

1. **קערת שתייה לציפורים:** ממלאים בקבוק במים, מכסים אותו בגיגית קטנה והופכים. חלק מהמים יישפך לתוך הגיגית, אך שאר המים יישארו בבקבוק. אין להוציא את פיית הבקבוק מהגיגית. ככל שיורד מפלס המים בגיגית, כך עוד חלק מהמים נשפך אל תוך הגיגית.
2. **קשית שתייה:** אי אפשר לשאוף מים ישירות מתוך צוואר הבקבוק, אבל אפשר בקלות להוציא מים מהבקבוק היישר לפה באמצעות הקשית. מדוע? (דבר דומה נכון גם לאכילת מרקים, למשל.)
3. **להטוט (הוקוס-פוקוס):** כיצד אפשר להוציא מטבע שנמצא בקרקעית של צלחת מלאה במים, בלי להרטיב ידיים. אפשר להיעזר בפקק שעם שתקועים בו שתקועים בו כמה גפרורים.

הידרוסטטיקה – כוח העילוי הסטטי

דפי מחקר – ציפה ושקיעה

ציפה ושקיעה – מיפוי חומרים

ידוע לנו כי יש גופים ששוקעים במים, ויש גופים שצפים בהם. ננסה לבחון מה הן התכונות שקובעות אם גוף ישקע או יצוף. לשם כך נכין כלי שמסוגל להכיל מים וגופים שונים שאותם נכניס למים כדי לראות אם הם ישקעו או יצופו. הגופים האלה יהיו עשויים מחומרים שונים (זכוכית, פלסטיק, עץ, שעם, פלסטלינה), ויהיו להם צורות שונות (כדורים, גלילים, קוביות, תיבות) וגדלים שונים. **בכל ההתנסויות שלפנינו נכניס את הגופים למים ונשחרר אותם בתוך המים, כאשר הם טבולים לגמרי במים שמקיפים אותם מכל העברים.** בחלק מן המקרים הגופים ישקעו עד לקרקעית. במקרים אחרים הם יעלו עד לפני המים ויצופו שם.

א. בדקו בניסוי אם גופים שעשויים מחומר זהה והם בעלי צורה זהה, מתנהגים באופן זהה (צפים כולם, או שוקעים כולם), **בלי קשר לגודל שלהם.** רשמו את תשובתכם:

ב. בדקו בניסוי אם גופים שעשויים מחומר זהה, אך יש להם צורה שונה, מתנהגים באופן

זהה (לדוגמה: אם קוביית פלסטלינה שוקעת, אזי גם כדור פלסטלינה שוקע), **בלי קשר לגודל שלהם.** רשמו את תשובתכם:

ג. בדקו בניסוי אם גופים שיש להם גודל זהה וגם צורה זהה, אך עשויים מחומרים שונים, מתנהגים באופן זהה, בלי קשר לחומרים שמהם הם עשויים. רשמו את תשובתכם:

ד. לאור הניסויים הקודמים (ואם יש צורך, ערכו נוספים), האם לדעתכם השאלה אם גוף יצוף

במים או ישקע בהם תלויה רק באחת משלוש התכונות שזכרו (גודל הגוף, צורתו והחומר שממנו הוא עשוי)? אם כן, מהי אותה תכונה? רשמו את תשובתכם ונמקו אותה.

דפי מחקר – ציפה ושקיעה (2)

ציפה ושקיעה – כובד וקלות

ראינו כי סוג החומר קובע אם הגוף יהיה מסוגל לצוף, או שהוא נידון לשקוע. יש חומרים שנוטים לשקוע. אחרים נוטים לצוף. מקובל לומר, מתוך התנסות, כי גופים "קלים" נוטים לצוף, בעוד גופים "כבדים" נוטים לשקוע. לדוגמה: השעם קל מן הברזל, ולכן הוא שוקע. ננסה לברר אם האמירה הזאת מדויקת מספיק מן הבחינה המדעית.

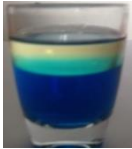
א. גולות ברזל נוטות לשקוע. זה נכון לגולות כבדות (בעלות רדיוס גדול) כפי שזה נכון לגולות קטנות (שהרדיוס שלהן קטן, אפילו מאוד). האם התנסיתם בגולת ברזל קטנה (רדיוס קטן, ולכן גם משקל קטן) שלא שקעה? מה מסקנתכם?

ב. קשה לשנות את הגודל של גולת ברזל, אך קל לעשות זאת עם פלסטלינה. הכינו כדורי פלסטלינה גדולים וקטנים (אפילו זעירים). האם הכדורים הקטנים (הקלים) צפים? מה הן תוצאות הניסוי?

ג. לאור המסקנות האחרונות, האם האמירה המקובלת שגופים קלים (שמשקלם קטן) נוטים לצוף, היא מדויקת?

ד. התחושה היא שהשעם (שמסוגל לצוף) "קל" יותר מן הברזל (ששוקע). באיזה מובן הוא קל יותר? איזו תכונה פיזיקלית קטנה יותר אצל השעם מאשר אצל הברזל?

דפי מחקר – שכבות של נוזל



א. שמן ומים

בתצלום שלפנינו יש כוסית שמכילה מים (עם צבע מאכל כחול) ושמן. אנו רואים כי שני הנוזלים אינם מתערבבים זה בזה. שמן ומים הם מקרה ידוע של נוזלים שאינם מתערבבים זה בזה.

1.א. במקרה שלפנינו הוספנו את השמן לאחר שכבר היו מים בכוס. מה יקרה אם נוסיף את המים לשמן שכבר נמצא בכוס? ערכו את הניסוי. מה התרחש? האם סדר הנוזלים השתנה? נסו לעקוב אחרי שלב המעבר למצב החדש. האם נוצרו בשלבי המעבר "כיסים" של שמן בתוך המים? האם נוצרו "כיסים" של מים בתוך השמן? רשמו מה התרחש:

2.א. מזגו את הנוזל לכוס אחרת. רשמו מה מתרחש:

3.א. נסו להסביר את תנועת כיסי החומר האלה כתוצאה של פעולת כוח הכובד וכוח העילוי:

ב. מערך של כמה שכבות של נוזלים

נסו עתה ליצור מערכת שמורכבת מסדרה של נוזלים שמונחים זה מעל זה. עליכם להשתמש בחומרים שאינם מסוכנים ממעבדת בית הספר (באישור המורה) או בחומרים שנמצאים בשימוש יומיומי, אם אתם עושים זאת בבית. אם אתם מתקשים, תוכלו לראות הצעות רבות ברשת (בפרט בסרטונים).

תוכלו לפתוח במערכת נוזלים שנוסחה כבר בבתי ספר רבים בארץ, ולאחר מכן לנסות לשנות. הנה הפעילות:

1.א. הכינו 30 מיליליטר מכל אחד מארבעת הנוזלים הבאים:

1. גליצרין (גליצרול); 2. תרכיז פטל; 3. שמן (כלשהו); 4. מי ברז (עם צבע מאכל).



דפי מחקר – שכבות של נוזל (2)

ב.2. מזגו לתוך מבחנה חד פעמית 2-3 מיליליטר מכל אחד מן הנוזלים, לפי הסדר (מ-1 עד 4). האם סדר השכבות נשאר או השתנה? רשמו את סדר השכבות בסיום התהליך:

ב.3. חזרו על הניסוי כאשר אתם מכניסים את ארבעת הנוזלים למבחנה (אחרת) בסדר אחר.

הפעם צלמו את התהליך בסרטון קצר. האם סדר השכבות הסופי זהה לסדר הקודם? האם התהליך של סידור השכבות דומה? רשמו את תשובתכם:

ב.4. אם תרצו, תוכלו לחזור על התהליך פעמים נוספות, בסדרים שונים. רשמו מה מצאתם:

ב.5. האם אכן סדר השכבות קשור לכוח העילוי הסטטי? לשם כך מדדו את הצפיפויות של ארבעת הנוזלים. רשמו אותן כאן:

ב.6. מה המסקנה מן הפעולות שעשיתם? רשמו את תשובתכם:

ב.7. נסו ליצור מבנים רב שכבתיים אחרים, על פי דמיונכם. תוכלו להיעזר ברעיונות ברשת. הציגו בתצלומים או בסרטונים את מה שהפקתם.

דפי מחקר – מדידת כוח העילוי הסטטי

רקע

כוח העילוי הסטטי שפועל על גוף שטבול בנוזל (חלקית או באופן מלא) שווה בגודלו למשקל הנוזל שהגוף תופס את מקומו.

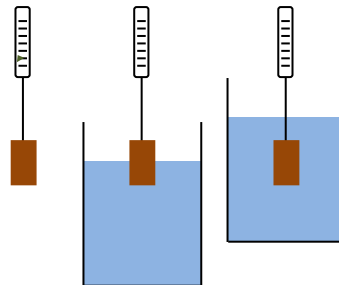
$$F = \rho'V'g$$

כאשר ρ' היא צפיפות הנוזל ו- V' היא נפח הנוזל שהגוף תופס את מקומו. האתגר הוא למדוד את כוח העילוי ולבחון אם התוצאה תואמת את הכוח המחושב על פי הנוסחה במצבים שונים.

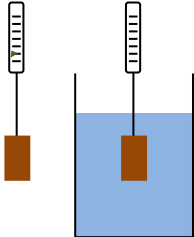
תכנון מדידת הכוח

הציוד שעומד לרשותכם כולל מכל מים שקוף, מד כוח קפיצי (דינמומטר) שמסוגל למדוד כמה ניוטון, גופים שונים (מחומרים שונים שצפופים מן המים, שהמסה שלהם היא כמה מאות גרמים כל אחד). אחד הגופים הוא בעל צורה גלילית.

תכננו ניסוי שבאמצעותו תמדדו את כוח העילוי (ללא שימוש בנוסחת הכוח, אלא מתוך מדידות במד הכוח). תוכלו להשתמש בסרטוט שלפניכם כהשראה לרעיונות שלכם.



דפי מחקר – מדידת כוח העילוי הסטטי (2)



מדידה ראשונית של כוח העילוי הסטטי

ערכו מדידה של כוח העילוי לאחד הגופים כאשר הוא שקוע לגמרי במים (מכל עבריו).
רשמו את תוצאת המדידה:

אישוש ראשוני של נוסחת הכוח

כדי לאשש את נוסחת הכוח עלינו לדעת מה נפח הגוף. מדדו את נפח הגוף על ידי טבילתו
המלאה בתוך כלי מסומן (כוס כימית, משורה) שמכיל מים. רשמו את תוצאת המדידה:

הציבו את תוצאות המדידות בחוק הכוח $F = \rho'V'g$. האם מתקיים שוויון בין שני האגפים?
רשמו בכמה אחוזים נבדלות התוצאות בשני האגפים (שימו לב ליחידות!):

בדקו היטב אם יש סטיות מדידה שאפשר לשפרן. נסו לשפר וערכו מדידות מחדש. האם הפער
(באחוזים) בין שני האגפים הצטמצם? רשמו את מסקנתכם:

הקשר בין כוח העילוי הסטטי לבין הנפח השקוע של הגוף

נוסחת הכוח מבטאת יחס ישר בין הגדלים האלה. חזרו על המדידה הקודמת בעבור כמה
גופים (שקועים לגמרי במים) ובדקו אם אכן יש יחס ישר. רשמו תוצאות בטבלה:

גוף ד	גוף ג	גוף ב	גוף א	
				נפח (cm)
				כוח עילוי סטטי (N)

האם התוצאות מצביעות על יחס ישר? נמקו:

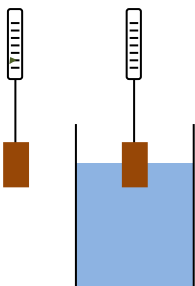
דפי מחקר – מדידת כוח העילוי הסטטי (3)

האם צפיפות הגוף משפיעה על כוח העילוי הסטטי?

על פי הנוסחה, כוח העילוי הסטטי שפועל על גוף ששקוע לגמרי במים אינו תלוי בצפיפות הגוף. נבחן את הדברים בניסוי. לשם כך עלינו למדוד את כוח העילוי שפועל על שני גופים שנבדלים בצפיפות בלבד. אם יש לכם שני גופים כאלה, השתמשו בהם. אם לא, השתמשו בפלסטלינה כדי ליצור גוף שהנפח שלו שווה לנפח של אחד הגופים וערכו את ההשוואה. רשמו מה התקבל במדידה ומהי מסקנתכם:

האם צפיפות הנוזל משפיעה על כוח העילוי הסטטי?

חזרו על מדידת כוח העילוי שערכתם עם אחד הגופים, כאשר הפעם יש שמן במקום מים, ובדקו אם כוח העילוי משתנה, ואם הוא נמצא ביחס ישר לצפיפות הנוזל כפי שהנוסחה מנבאת. לשם כך יהיה עליכם למדוד גם את צפיפות השמן. רשמו את תוצאות הניסוי ואת מסקנתכם:



מה קורה כאשר הגוף טבול חלקית במים?

חזרו על הניסוי עם הגוף הגלילי ומדדו את כוח העילוי הסטטי. הנוסחה מנבאת שהכוח יימצא ביחס ישר לנפח הטבול, שנמצא ביחס ישר לעומק שבו הגוף טבול. ערכו את המדידות בשתי דרגות של עומק טבילה – האחת כפולה (פי 2) מן השנייה, ובעומקים נוספים.

רשמו את תוצאות המדידה ואת מסקנתכם:

רשמו מסקנה כוללת מסדרת הניסויים:

פתרון בעיה הנדסית – "ניסוי הכתר" של ארכימדס

ארכימדס – אאורקה!

ארכימדס היה איש מיוחד במינו. הוא היה המתמטיקאי הגדול ביותר החי ביוון בעת העתיקה. הוא עסק גם בפיזיקה – ניסח את חוק המנוף ואת חוק הציפה (חוק ארכימדס). הקדמונים הרבו לספר על הישגיו הטכנולוגיים הכבירים – כיצד גבר לבדו על הצבא הרומאי העצום ואילן מכונות בנה. סיפור חביב במיוחד קשור בכתר שמלך סירקוזה הזמין מצורף, ובחשד שהצורף רימה את המלך והמיר חלק מן הזהב בכסף. ארכימדס התבקש למצוא שיטה לברר אם אכן נעשתה המרמה הזאת. מספרים כי בעת היותו באמבט שבבית המרחץ (באותה תקופה עדיין לא היו אמבטיות בבתים הפרטיים) עלה בדעתו הרעיון כיצד להתמודד עם הבעיה. ארכימדס מיהר לרוץ לביתו כדי לערוך מדידות כאשר בדרך הוא צועק שוב ושוב **אאורקה, אאורקה** (מצאתי, מצאתי). כיוון שהיה שקוע לגמרי במחשבותיו ומיהר מאוד לממש את הדברים, לא שם לב שלא לבש את בגדיו, וכי הוא רץ עירום ברחובות סירקוזה (עיר בסיציליה). מה גילה ארכימדס באמבטיה? כיצד ערך את המדידה שלו? אין בידינו עדויות מאותה תקופה, אלא רק השערות מאוחרות. אם כך, גם אתם יכולים להעלות השערות, להציע שיטות מדידה ולבדוק אפשרויות. המשימה שלכם היא למצוא את הדרך המיטבית לבדיקה אם הכתר מזויף.

מדידת נפח וצפיפות

אם נצליח למדוד את הצפיפות של הכתר ונזהה שהיא שונה מן הצפיפות של זהב, נדע שנעשה זיוף. המטרה שלנו היא למצוא דרך יעילה למדידת צפיפות. לכאורה זה פשוט. הצפיפות מתקבלת מחלוקת המסה בנפח. קל למדוד מסה. הבעיה היא למדוד נפח של גוף שאין לו צורה פשוטה, כמו כדור או קובייה. לכתר יש צורה של סבכה, מרובת חללים. איך אפשר למדוד נפח של גוף כזה?
אתם מוזמנים לחשוב על ניסוי למדידת הצפיפות של הכתר. ברוח הסיפור על ארכימדס, נסו למצוא שיטות למדידת נפח וצפיפות של גוף מורכב, כאשר טבילתו במים היא חלק משיטת המדידה.
מתברר שיש שתי דרכים שונות, שמבוססות על עקרונות שונים, למימוש המדידה הזאת. חשבו היטב והציעו דרך אחת למדידה. נסחו את עקרון המדידה ואת דרך הביצוע המוצעת היטב, בדף נפרד.
אתם מוזמנים לאתגר נוסף. נסו למצוא דרך מדידה אחרת, שמבוססת על עיקרון פיזיקלי אחר. אם מצאתם דרך כזאת, נסחו את עקרון המדידה ודרך הביצוע, בדף נפרד. רשמו אם לדעתכם אחת מן הדרכים עדיפה על השנייה מבחינת הדיוק במדידה.

פתרון בעיה הנדסית – "הכתר" של ארכימדס (2)

דרכי מדידה אפשריות

לאחר שרשמתם את הרעיונות ואת ההצעות שלכם, נציג בקצרה את עקרונות הפעולה האפשריים, כפי שהועלו על ידי מלומדים וחוקרים במהלך הדורות.

הטבלה במים

כאשר מטבילים את הכתר במים, פני המים עולים (ייתכן שהמים גולשים מן המכל שבו הם נתונים). מתוך עליית פני המים (או מידת גלישתם) אפשר לדעת מהו הנפח של הכתר. רשמו כיצד תממשו ניסוי כזה (איזה כלי, באיזה גודל, כיצד תמדדו את נפח המים...):

מדידת כוח העילוי

כוח העילוי מתכונתי לנפח הטבול. מתוך מדידת כוח העילוי נוכל למצוא את הנפח. רשמו כיצד תממשו ניסוי כזה (מהו מערך הניסוי, כיצד תמדדו את הכוח...):

הכנת "הכתר"

למרבה הצער, לא נוכל לערוך מדידות על כתר מזהב בבית הספר. אנו נצטרך לבנות את הכתר ממתכות זולות יותר, ולחבר בין החלקים שלו באמצעות חוט ברזל. אפשר יהיה להוסיף פלסטלינה למטרות עיצוב (אך חשוב להיזהר לא לשנות את צורת הכתר במהלך הניסויים). הכינו כתר כזה שהקוטר שלו הוא כ-20 ס"מ, והמסה שלו היא כ-0.7 ק"ג. הכתר אינו גוש חומר רציף, ויש לו צורה מורכבת (עם חללים).

פתרון בעיה הנדסית – "הכתר" של ארכימדס (3)

האתגר שלנו יהיה פחות קשה מזה של ארכימדס. ככל שהצפיפות גדולה יותר, הנפח קטן יותר, וקשה יותר לדייק במדידתו. הצפיפות של זהב גדולה כמעט פי 2.5 מן הצפיפות של ברזל ובערך פי ארבעה מצפיפות הפלסטלינה. ננסה להתמודד עם האתגר "הפשוט" של מדידת נפח שעשוי מברזל ומפלסטלינה.

תכנון המדידות – שיטה ראשונה

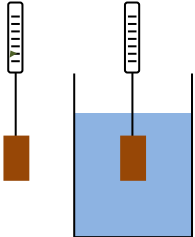
הכינו מכל בגודל מספיק כדי שאפשר יהיה להכניס את הכתר שלכם (שנבנה לפי המפרט שהוצג קודם). זכרו כי הקוטר של הכתר הוא כ-20 ס"מ והניחו שהמסה שלו היא כ-0.7 ק"ג (אך אין מדובר בחומר רציף ומלא, יש בו "חורים"). הציעו דרך מעשית למדוד את הנפח של הכתר במדויק. העריכו בכמה יעלו פני המים במכל (או כמה מים יגלשו מן המכל המלא). רשמו את פרטי החישובים שלכם ואת ההערכה המתקבלת:

האם ההערכה שקיבלתם מאפשרת לדעתכם מדידה בדיוק שמתקבל על הדעת? רשמו את תשובתכם ואת הנימוקים שלכם:

תכננו את מערכת המדידה, בשיטה זו, כך שתיתן את התוצאות המיטביות. הביאו בחשבון את כל הפרטים שיאפשרו מדידה כזאת. תארו בפרוט את המערכת ואת דרך המדידה.

פתרון בעיה הנדסית – "הכתר" של ארכימדס (4)

תכנון המדידות – שיטה שנייה



נערוך עתה חישוב מכין לקראת הפעלת שיטת המדידה השנייה, שבה נתלה את הכתר על מד כוח ונמדוד מה מורה מד הכוח כאשר הכתר תלוי עליו, מחוץ למכל ובתוכו. רשמו את הוריית מד הכוח (בניוטונים) כאשר הכתר נמצא מחוץ למים וכאשר הוא נמצא בתוכם. חשבו את גודלו של כוח העילוי הסטטי וחשבו את נפח הכתר. רשמו את החישובים ואת התוצאות:

האם הפעם רמת הדיוק של המדידה נראית בעיניכם סבירה? מדוע? רשמו את תשובתכם:

עריכת מדידה והערכתה

הכינו כתר שני, דומה לראשון, והחליפו חלק מן המתכת שבו בעץ. הוסיפו פלסטלינה כך שהמסה של שני הכתרים תהיה זהה. ערכו מדידה של הצפיפות של כל אחד מן הכתרים, בשיטה שתבחרו. האם המדידה מאפשרת להבחין שהיה זיוף? רשמו את תוצאות המדידה ואת תשובתכם המנומקת לשאלה:

טבלת צפיפויות	
מוצקים	
צפיפות (kg/m ³)	חומר
30	פוליאוריתן מוקצף
130	עץ בלזה
550	פקק שעם
720	אלון
860	חמאה
920	קרח
1390	PVC
2210	זכוכית
7120	אבץ
7870	ברזל
8790	נחושת
10500	כסף
19290	זהב
נוזלים	
צפיפות (kg/m ³)	חומר
465	מתן (-164°C)
785	אתנול (-25°C)
800	פרפין
874	בנזן (25°C)
860	שמן סיכה (20°C)
920	שמן חמניות (20°C)
1000	מים (4°C)
1025	מי ים (25°C)
13500	כספית
גזים (אטמוספירה אחת, 20°C)	
צפיפות (kg/m ³)	חומר
0.164	הליום
0.717	אמוניה
1.165	חנקן
1.205	אוויר
1.331	חמצן
1.842	פחמן דו חמצני
2.994	כלור

שאלות וחקירות

לרשותכם עומדת טבלת צפיפויות שעשויה לתת מושג ולסייע בפתרונות.

כמה שאלות על ציפה ושקיעה

לפנינו סדרה של שאלות קצרות שעוסקות במה שנלמד ביחידת לימוד זו. נסו לענות עליהן לפני שלמדתם את יחידת הלימוד הזאת. ייתכן מאוד שלא תדעו להשיב נכון בשלב זה. חזרו אל סדרת השאלות בתום הלמידה של יחידת הלימוד והשיבו בצורה מיטבית.

א. הסבירו מדוע מסמר ברזל שוקע במים, ואילו אנייה כבדה מאוד עשויה ברזל אינה טובעת.

ב. מדוע כוח עילוי שפועל על גופים באוויר קטן הרבה יותר מכוח העילוי שפועל על אותם גופים בנוזלים?

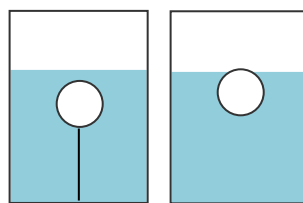
ג. הנה שיטה מקובלת שמאפשרת לבדוק את הטריות של ביצה. מכניסים ביצה לכלי עם מי ברזל רגילים. אם הביצה צפה – היא טרייה. אם הביצה שוקעת – היא איבדה מטריותה עד כדי סיכון. כיצד אפשר להסביר את הדברים?

ד. בזמן השחייה מי הים "תומכים" בנו הרבה יותר טוב מאשר מי הבריכה העירונית. הסבירו מדוע.

ה. לבנה טובעת במים ואילו בול עץ צף. האם מכאן נובע כי כוח העילוי הפועל על בול העץ גדול יותר מזה שפועל על הלבנה? נמקו.

ו. בכלי מים צף כדור אחיד השקוע עד אמצעו. האם ישתנה חלק של הכדור שבתוך המים, אם נעביר את הכלי לכוכב לכת שבו עוצמת הכבידה גדולה פי שניים מזו של כדור הארץ? הסבירו.

ז. שלושה נוזלים (מים, שמן וכספית) הוכנסו לכלי זכוכית. מהו הסדר שלפיו יסתדרו הנוזלים בכלי מלמעלה-למטה?



מצבים סטטיים של כדור בתוך נוזל

בסרטוטים שלפנינו מוצג כדור שנמצא בתוך נוזל (טבול בו מכל עבריו) ומוחזק באמצעות חוט שמחובר לתחתית הכלי (סרטוט שמאל). חותכים את החוט וממתינים עד שהגוף יתייצב במצב סטטי (סרטוט ימני). במצב זה הכדור צמוד לפני המים כאשר רק חלק זעיר ("זניח") ממנו נמצא מעל לפני המים.

א. מה אפשר ללמוד מן התיאור הזה על צפיפות הכדור? הסבירו.

חוזרים על הניסוי כאשר המים מוחלפים בנוזל שצפיפותו גדולה מצפיפות המים, אך קטנה מצפיפות הכדור.

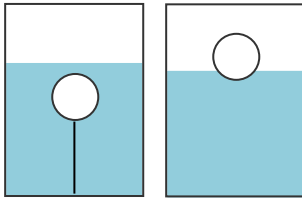
ב. סרטוטו (איכותית) את מצב שיווי המשקל. נמקו.

ג. סרטוטו תרשים כוחות מתאים. הקפידו על אורך מתאים של החצים.

חוזרים על הניסוי כאשר הנוזל מוחלף בשמן שצפיפותו קטנה מצפיפות הכדור וממתינים שהמערכת תתייצב.

ד. סרטוטו את מצב שיווי המשקל. נמקו.

ה. סרטוטו תרשים כוחות מתאים.



חישובי כוחות במצבים סטטיים

בסרטוטים שלפנינו מוצג כדור שנמצא בתוך נוזל (טבול בו מכל עבריו) ומוחזק באמצעות חוט דקיק שמחובר לתחתית הכלי (סרטוט שמאל). מנתקים את החוט וממתנינים עד שהגוף יתייצב במצב סטטי על פני הנוזל (סרטוט ימני).

נתון כי צפיפות הכדור היא 0.2 gr/cm^3 , צפיפות הנוזל היא 0.9 gr/cm^3 , ונפח הכדור הוא 4 cm^3 .
א. חשבו את גודלו של:

1. כוח הכובד שפועל על הכדור;
2. כוח העילוי לפני שמנתקים את החוט;
3. כוח העילוי לאחר שהגוף התייצב במצב הציפה שלו;
4. הכוח שהחוט מפעיל על הכדור לפני שמנתקים אותו;
5. הכוח שהחוט מפעיל על הכלי לפני שמנתקים אותו.

ב. חשבו את היחס בין הגודל של כוח העילוי לבין הגודל של כוח הכובד, ואת היחס שבין צפיפות הנוזל לצפיפות הכדור. האם יש קשר בין התוצאות? האם הדבר מקרי?

חוזרים על הניסוי עם כדור אחר, גדול יותר, שעשוי מאותו חומר.

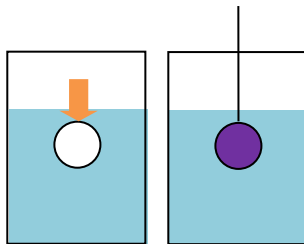
ג. התייחסו לשני הסעיפים הקודמים וקבעו לגבי כל חישוב אם התוצאה שלו משתנה או שאינה משתנה בעקבות החלפת הכדור.

ד. במקרה או במקרים שבהם התוצאה משתנה – האם היא גדלה או קטנה? פי כמה?

נוסיף סעיף הרחבה מאתגר מעט יותר לאלה שמעוניינים בהרחבה למצב שאינו סטטי.

ה. האם התוצאה של הגוף מיד בעקבות ניתוק החוט תלויה בגודל הכדור? הסבירו.

בין שני כדורים



בסרטוט שלפנינו מונחות שתי כוסות כימיות זהות על כפות המאזניים. בשתי הכוסות יש כמות זהה של מים.

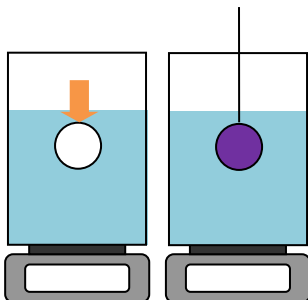
בכוס השמאלית נמצא כדור פינג פונג מוקף במים מכל עבריו. כדי למנוע את ציפתו דוחפים את הכדור לתוך הכוס באמצעות אצבע (שמיוצגת בסרטוט על ידי חץ עבה) שנוגעת בכדור בנקודה העליונה שלו.

בכוס הימנית יש כדור מחומר אחר. כדי למנוע את שקיעתו של הכדור מחברים אותו בחוט דקיק לנקודה קבועה מעל לכוס.

לשני הכדורים יש רדיוס זהה.

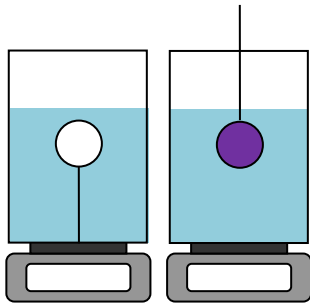
א. האם כוח העילוי שפועל על הכדור בכוס הימנית גדול מזה שפועל על כדור הפינג-פונג? קטן ממנו? שווה לו? נמקו.

ב. האם הצפיפות של הכדור השני גדולה מזו של כדור הפינג-פונג? קטנה ממנה? שווה לה? נמקו.



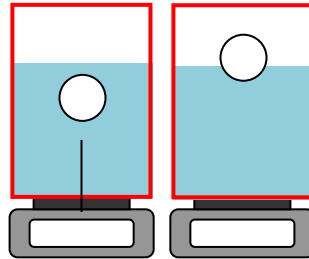
עתה מניחים כל אחת מן הכוסות על מאזניים.

ג. האם המאזניים השמאליים ימדדו משקל גדול יותר מאלה שימדדו המאזניים הימניים? קטן יותר? שווה? נמקו.



(רובו) יימצא מעל לפני

גבוהים יותר ממה
יותר? אינם משתנים?
יותר מאשר במצב שבו
בהוריית המאזניים?



בין שני כדורים – עיון נוסף

נערוך עתה שינוי קל במערכת מן השאלה הקודמת. במקום להשתמש באצבע כמעצור מפני עליית כדור הפינג-פונג, מחברים בינו לבין תחתית הכוס בחוט דקיק.

בתנאים אלה, ענו על כל אחד מן הסעיפים א-ג בשאלה הקודמת.

בין שני כדורים – עיון שלישי

נמשיך להתבונן במכל השמאלי. ננתק את החוט. הכדור יעלה מעלה. במצב שיווי המשקל שלו חלקו המים (מכל ימני).

- האם במצב שיווי המשקל החדש פני המים שמתקבל במצב שבו החוט היה מחובר? נמוכים
- האם במצב שיווי המשקל המאזניים מורים החוט היה מחובר? מורים פחות? אין שינוי

הפקק הצף

פקק צף על פני המים, כך שחצי מן הנפח שלו נמצא מעל לפני המים. א. חשבו את צפיפות הפקק.

- לפקק יש צורת גליל שקוטרו 2 ס"מ ואורכו 5 ס"מ.
- חשבו את מסת הפקק.

הפקק הצף – הערכות על סמך מידע בלתי מדויק

לפנינו תצלום של פקק שצף על פני מים שנעשה במטבח.

- העריכו איזה חלק מן הנפח של הפקק נמצא מעל לפני המים. נמקו את הערכתכם.
- רשמו מה לדעתכם עלול לשבש את ההערכה.
- הסתמכו על ההערכה שלכם כדי להעריך את צפיפות הפקק. במטבח יש גם סרגל ומאזני מטבח. לפקק יש צורת גליל. קוטר הגליל הוא 2.5 ס"מ וגובהו 4.5 ס"מ. על פי מאזני המטבח המסה של הפקק היא בין 5 ל-6 גרם.
- העריכו את צפיפות הפקק על סמך הנתונים האחרונים.
- האם יש התאמה בין ההערכות שקיבלתם? אם יש הבדל משמעותי, מה עשוי להיות מקורו?



הצולל הקרטזי – למידה עצמית, מימוש והוראה

"הצולל הקרטזי" הוא הדגמה מסקרנת של השפעת הלחץ בנוזלים ובגזים שנקראת על שמו של המלומד הצרפתי רנה דקרט. אתם מוזמנים להכיר אותה מן האתר של "מכון דוידסון" בכתובת הבאה:

<http://davidson.weizmann.ac.il/online/scienceathome/physics/%D7%A6%D7%95%D7%9C%D7%9C%D7%9F-%D7%91%D7%91%D7%A7%D7%91%D7%95%D7%A7>

- בנו צולל קרטזי לפי ההוראות שבאתר. הפעילו אותו כמוצג בסרטון המצורף.
- קראו את ההסבר המצורף כדי שתוכלו להסביר את התופעה לעמיתים.
- הדגימו את התופעה המתקבלת לעמיתכם והסבירו אותה.