

מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים

מטמון!

אינטראקציה  
כוחות ותנועה  
חלק א

מרדכי בן צוק



המחלקה להוראת המדעים  
מכון ויצמן למדע



# מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים



## אינטראקציה כוחות ותנועה חלק א

מרדכי בן צוק

תיכון אזורי עמק חפר

22971 - 248



המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

יוצא לאור במסגרת  
המרכז הישראלי להוראת המדעים ע"ש עמוס דה-שליט  
מיסודם של  
משרד החינוך, האוניברסיטה העברית בירושלים ומכון ויצמן למדע, רחובות



**פיתוח וכתובה:**

מרדכי בן צוק

**ייעוץ מדעי:**

פרופ' בת שבע אלון

פרופ' אורי גניאל

**עריכה לשונית:**

עדי שמיר-איל

**הדפסה ועימוד ממוחשב:**

איתי שקולניק

**גרפיקה ממוחשבת:**

אסף מסעוד

**עיצוב העטיפה:**

עמרם פרת

**עיצוב והפקה:**

אגי בוקשפן

**צילומים:**

שלום נידם

**תיאום הפקה:**

ורדה שילה

**לוחות: גרפאור**

**הדפסה: דפוס מאירי בע"מ**

ספר זה הוא אחד מסדרת ספרי **תכנית מטמו"ן** - מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים. התכנית מפותחת בראשותה של **פרופ' בת שבע אלון** במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבחוברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.

©

כל הזכויות שמורות

מכון ויצמן למדע ומשרד החינוך.

נדפס בישראל, חשון תשס"ב, אוקטובר 2001

קדם דפוס ולוחות: גרפאור בע"מ. הדפסה: דפוס מאירי בע"מ

מהדורות קודמות: מהדורת עיצוב תשנ"ה ומהדורות ניסוי תשנ"ז, תשנ"ח, תש"ס

## תוכן עניינים

7	פרק א - אינטראקציה
7	דוגמאות לאינטראקציה בין גופים
15	מאפייני האינטראקציה
19	עוצמת אינטראקציה וכוח
21	האם יתכן שגוף ישתתף במספר אינטראקציות?
23	אינטראקציה (פעולה הדדית) מרחוק
23	מגנטים
28	אינטראקציה בין מטענים חשמליים
36	כוחות משיכה בין גופים
40	עבודת בית
43	פרק ב - השוואה בין כוחות
43	גופים אלסטיים
45	כוחות על קפיצים
50	מד כוח, יחידות הכוח
53	כוחות באינטראקציה
62	עבודת בית
65	פרק ג - כוחות ותכונותיהם
65	מאפייני כוח
68	כוח החיכוך
71	כוח שקול
71	כוחות על ישר אחד
72	העשרה: כוחות שאינם על ישר
75	לחץ
79	עבודת בית

83 ..... פרק ד - כוח - גורם לשינוי מהירות

83 ..... כוחות פועלים על גופים חופשיים לנוע

91 ..... עבודת בית

93 ..... פרק ה - תיאור תנועה

93 ..... המושג מהירות

96 ..... כיצד מחשבים מהירות של גוף?

97 ..... יחידות המהירות

100 ..... מדידת מהירות

102 ..... שינוי מהירות

104 ..... העשרה: תאוצה

106 ..... עבודת בית

107 ..... נספח

107 ..... שימוש במושג הלחץ

107 ..... הפעלת לחץ על מוצק

107 ..... לחץ בנוזלים

110 ..... לחץ בגזים

114 ..... עבודת בית

## אל המורים:

חומרי הלמידה של **מטמו"ן** (מדע וטכנולוגיה מכון ויצמן) הם יחידות לימוד חדשניות לפי תוכנית הלימודים החדשה לחטיבת הביניים. היחידות מקנות מושגי יסוד במדע וטכנולוגיה. גישות ההוראה שמות דגש על פיתוח יכולות של לומד עצמאי ומקנות מיומנויות חשיבה, למידה ופתרון בעיות במסגרת תכני הלימוד המדעיים-טכנולוגיים.

הנושאים בעלי הגוון הפיסיקלי שובצו בשלוש יחידות:

- אינטראקציה כוחות ותנועה - חלק א'
- אינטראקציה כוחות ותנועה - חלק ב'
- אנרגיה ושימורה

ביחידות אלה מודגשת העובדה ש"שפת הכוחות" ו"שפת האנרגיה" עוזרות להבנה והסבר של תופעות רבות ובעלות ערך בתכנון מערכות טכנולוגיות. בניית המושגים מתבססת על תצפית בתופעות, שאלת שאלות לגביהן, ניסוח השערות ובדיקתן באמצעות ביצוע ניסויים.

הוראת היחידות נעשית בשילוב הקניית מיומנויות לפי רוח הסילבוס החדש של מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים. התלמידים משתמשים במאגרי מידע, בלומדות מחשב, ניתוח ממוחשב של תנועה המתועדת בסרטים ומגוון רב של ניסויים.

ספר זה פותח בהיכרות איכותית עם מושג האינטראקציה בתחומים שונים. המושג נבנה באופן אינטואיטיבי וממנו נגזר מושג הכוח.

זיהוי אינטראקציה נעשה באמצעות השינויים שחלים בגופים המשתתפים בה. ייתכנו שינויים בצורת הגוף, שינויים במהירותו או שינויים בצורתו ובמהירותו גם יחד. יתרה מכך אם יודעים מהם הכוחות שפועלים על גוף אפשר לנבא מהם השינויים שיחולו בצורתו ו/או במהירותו. היחידה מטפלת, בעיקר, בגופים שנמצאים במנוחה לפני, תוך כדי ואחרי האינטראקציה, ומסתיימת בדיון קצר באינטראקציה בין גופים חופשיים לנוע.

היחידה מתאפיינת בדוגמאות רבות מחיי יום יום כך שהתלמיד יחוש שהמדע מאפשר להבין טוב יותר את העולם שבו אנו חיים.

**הערה:** אם תחזיקו בידכם קבוצה של דפים בקצה השמאלי התחתון ותדפדפו במהירות, תבחינו באינטראקציות מעניינות.

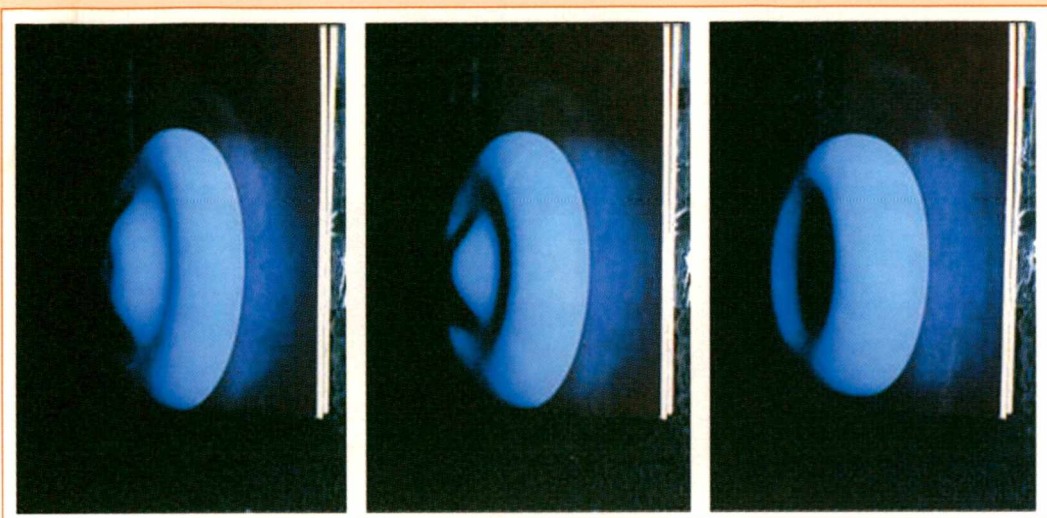
## תודות:

בפיתוח יחידת הלימוד אינטראקציה כוחות ותנועה ובהפעלתה בבתי הספר היו מעורבים אנשים רבים. ראשית חברי מצוות מטמו"ן:

פרופ' בת שבע אלון ופרופ' אורי גניאל, קראו ביסודיות את טיוטות הספר והקדישו זמן לדיונים משותפים. הערותיהם והצעותיהם היו לעזר רב בניסוחים הפיסיקליים שדרשו דיוק ובהירות. ד"ר עובד קדם היה לעזר רב בנושא המיחשוב ומקור שופע לפתרונות טכניים, לאיורים ורעיונות דידיקטיים. הכל נעשה בהומור ומתוך רצון כן לעזור בהצלחת הספר.

עדי רוזן קרא את הטיוטות ותרם מנסיונו ומומחיותו להבהרת נושאים שונים שמופיעים ביחידה. תודה לקורא פולינגר אשר הקדישה מזמנה לקרא את הספר בקפידה. הערותיה בתחום התוכן והניסוח היו מקצועיות וענייניות.

תודה מיוחדת נתונה לתלמידים ולמורים אשר למדו ולמדו ספר זה בשלבי הפיתוח השונים שלו.



פרק א

# אינטראקציה

דוגמאות לאינטראקציה בין גופים

אינטראקציה  
בין עופות מים



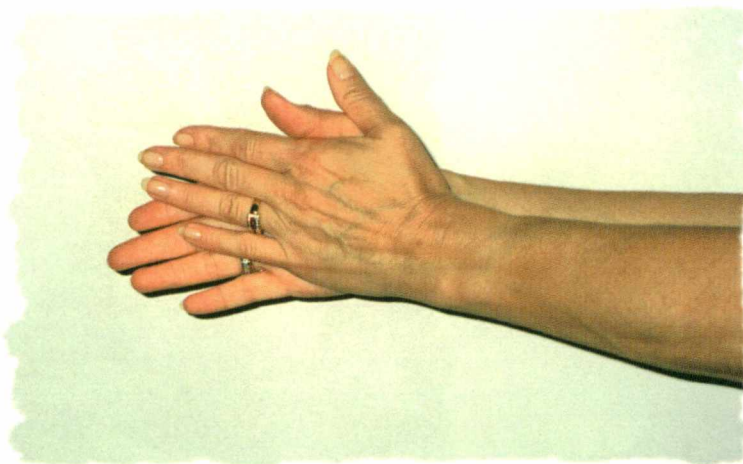
האיור בכותרת מתאר שלבים באינטראקציה בין כדור לבין קיר.



אינכם יכולים לגעת במישהו  
מבלי שיגעו בכם -  
לא תוכלו לנגוע מבלי להיות  
במגע.

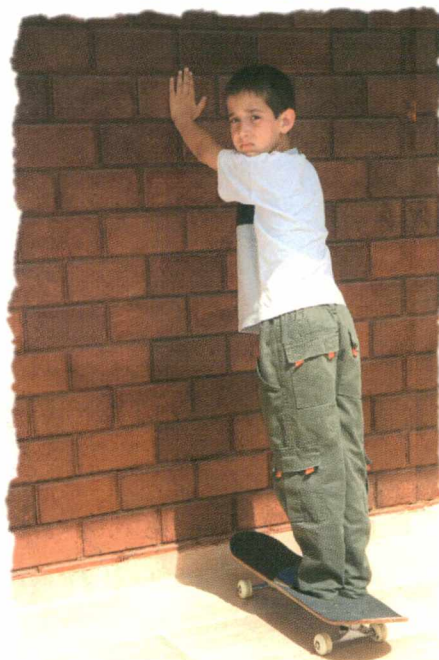


פעולה הדדית בין שתי ידיים -  
אי אפשר למחוא כף ביד אחת.





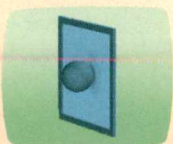
פעולה הדדית בין ילד לבין קיר -  
מי דוחף את מי?



פעולה הדדית בין ספורטאי לבין מוט -  
מי מושך ומי נמשך?



בונצ'לומים מופיעים שני גופים שרועלים זה ועל זה.



## מהי אינטראקציה?

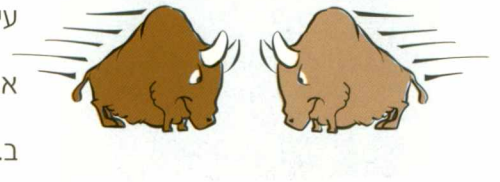
אינטראקציה פירושה פעולה הדדית בין שני גופים.  
אינטראקציה: אינטר = בין, אקציה = פעולה.

עיינו באיורים הבאים וכתבו בעבור כל אחד מהם:

א. כמה גופים משתתפים באינטראקציה?

ב. כיצד כל אחד מן הגופים פועל על האחר?

ג. מה הן תוצאות הפעולה על כל אחד מן הגופים?



מי נוגח ומי ניגח?

## באינטראקציה גופים עשויים להתעוות

נגן בס פורט על מיתרים -  
אינטראקציה בין אצבעות לבין  
המיתרים.

תארו מה קורה למיתרים  
ולאצבעות באינטראקציה.



בעיטה -  
אינטראקציה בין רגל לבין כדור.

תארו מה קורה לכדור ולרגל  
באינטראקציה ביניהם.



## האם החכה באינטראקציה?

נתבונן ברצף האיורים א, ב, ג שבהם חכה בידי דייג.

א. התבוננו באיור א, כאשר איורים ב ו-ג מוסתרים.



**איור א**  
החכה בידי הדייג (בתחילת הדייג).



**איור ב**  
החכה מתעוותת.



**איור ג**  
זיהוי האינטראקציה בין החכה לבין הדג.

ב. עתה גלו את איור ב.

רואים **שינוי** בצורת המוט של החכה. עיוות של גוף אפשרי רק מאינטראקציה עם גוף אחר. לכן מצפים שבאיור ב יופיע **גוף נוסף** אשר גורם לעיוות מוט החכה.

ג. אחת האפשרויות לאינטראקציה מתוארת בתרשים ג.

חוט החכה מושך את הדג, והדג מושך את חוט החכה. זה מושך את המוט, והוא משנה צורה.

אם מבחינים בשינוי בצורתו של גוף יודעים שהגוף באינטראקציה עם גוף אחר.

## באינטראקציה גופים עשויים לשנות מהירות

אינטראקציה בין מפרשים לבין  
האוויר –  
מהירות המפרשית משתנה לפי  
מהירות הרוח.



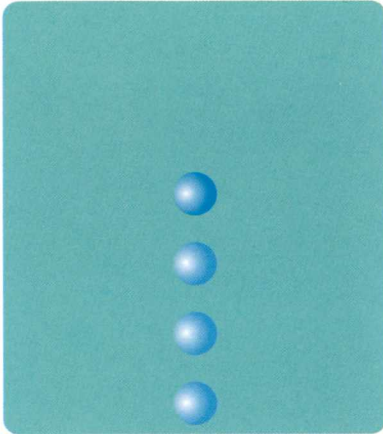
אינטראקציה בין מחבט לבין כדור  
בייסבול –  
כתוצאה מהחבטה מהירות הכדור  
משתנה.



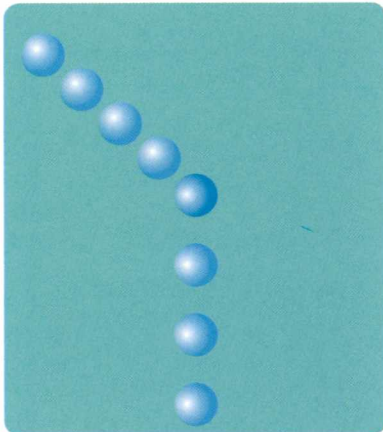
## האם הכדור באינטראקציה?

נתבונן ברצף האיורים א, ב, ג של כדור נע.

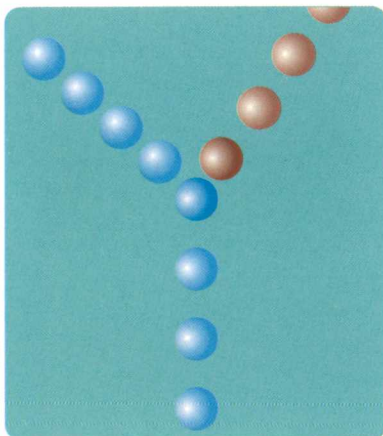
א. התבוננו באיור א, כאשר האיורים ב ו-ג מוסתרים.



איור א  
כדור מתגלגל ישר.



איור ב  
הכדור שינה מהירות.



איור ג  
זיהוי האינטראקציה בין הכדורים.

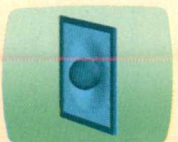
ב. עתה גלו את איור ב.

ראים שינוי בתנועתו של הכדור. שינוי כזה אפשרי רק מאינטראקציה עם גוף אחר. לכן מצפים שבאיור ב יופיע **גוף נוסף** אשר גורם לשינוי התנועה.

ג. אחת האפשרויות לאינטראקציה מתוארת באיור הבא.

האיור מתאר אינטראקציה בין הכדור הנע שראינו באיור א לבין כדור אחר שהיה במנוחה. מן האינטראקציה בין שני הכדורים, המהירויות של שני הכדורים השתנו.

אם מבחינים שינוי בתנועתו של גוף יודעים שהגוף באינטראקציה עם גוף אחר.





1. הציעו כותרות לאיורים הבאים.
2. האם האיורים הבאים מתארים אינטראקציות? מדוע?



איור א



איור ב

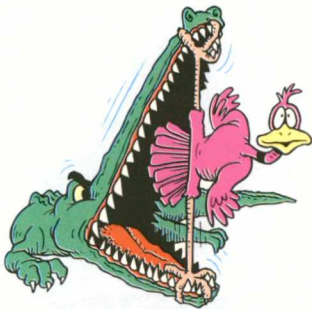
בשלושת הפרקים הראשונים נעסוק באינטראקציות המתרחשות בין גופים במנוחה לפני האינטראקציה, תוך כדי האינטראקציה, ואחריה. בהמשך נתמקד באינטראקציות המתרחשת בין גופים חופשיים לנוע.

## מאפייני האינטראקציה



1. ההצגה הסתיימה. המסך ירד והקהל מחא כפיים.
  - א. נסו גם אתם למחוא כף.
  - ב. כמה ידיים משתתפות בפעולה?
  - ג. האם תוכלו למחוא כף ביד אחת?
  - ד. באיזו יד אתם חשים את מחיאת הכף?  
(כאב קל, תחושה של מכה).

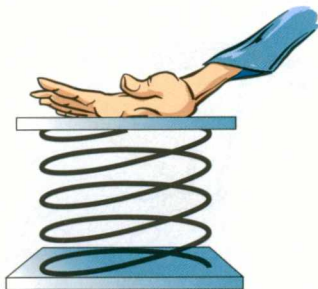
מחיאת כף היא פעולה הדדית של שתי הידיים, בשעה שמוחאים כף כל יד מרגישה את המגע של היד האחרת. אנו אומרים כי במחיאת כפיים מתרחשת אינטראקציה בין שתי ידיים.



2. תנין (קרוקודיל) לועס את טרפו.
  - א. כמה לסתות משתתפות בלעיסה?
  - ב. האם אפשר ללעוס באמצעות לסת אחת?  
בלעיסה מתרחשת אינטראקציה בין שתי הלסתות.

3. באיור השלישי רואים יד לוחצת קפיץ. כמה גופים משתתפים בפעולה? אילו גופים? תארו את תוצאות הפעולה על כל אחד מן הגופים.

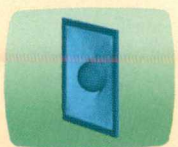
היד והקפיץ פועלים זה על זה. היד לוחצת על הקפיץ וזה מתבטא בהתכווצות הקפיץ. בו בזמן הקפיץ לוחץ על היד וזה מתבטא בעיוות של היד המלווה בתחושת הכאב. אנו למדים כי בין היד לבין הקפיץ מתרחשת אינטראקציה.



### השלבים בזהוי ואפיון אינטראקציה:

- א. זיהוי שני הגופים המשתתפים באינטראקציה.
- ב. תיאור כיצד כל אחד מן הגופים פועל על האחר.
- ג. תיאור תוצאות פעולה זו על כל אחד מן הגופים.

מעתה תוכלו לזהות אינטראקציה באמצעות שלושה מאפיינים אלו.



בדוגמאות הבאות ננסה לאתר את המאפיינים שמנינו קודם:

דלמה

**ילד נתלה על ענף של עץ.**



- א. הגופים שביניהם קיימת פעולה הדדית הם: **הילד והעץ** והעץ.
- ב. תיאור הפעולה של כל גוף: **הילד נגחף על העץ ומושך אולי למטה והעץ מושך אגף הילד למעלה.**
- ג. תוצאות הפעולה על כל גוף: **הפעולה של הילד על העץ גורמת לשינוי צורה של העץ, עיוות והתקממות העץ.**
- פ. **הפעולה של העץ על הילד גורמת לעיוות, הכאה של הילד.**
- מ. **האמור לעיל אנו למדים כי בין הילד לענף קיימת אינטראקציה.**

דלמה

**ילדה עומדת על טרמפולינה.**

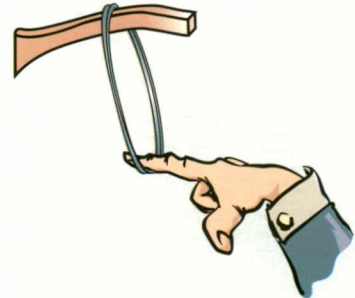


תוצאות פעולה זו על כל אחד מן הגופים	תארו כיצד כל אחד מן הגופים פועל על האחר	הגופים המשתתפים באינטראקציה
על הטרמפולינה - הטרמפולינה מגולגלת ומשנה צורה	הילדה מטיקה על הטרמפולינה	ילדה
על הילדה - הילדה נשאת על הטרמפולינה ולא נופלת ארצה	הטרמפולינה דוחפת אגף הילדה מעלה	טרמפולינה

נסו את כוחכם בזיהוי המאפיינים של האינטראקציה בתרגיל הבא:

גיליון

**ילד מושך גומייה באמצעות האצבע.**



מלאו טבלה דומה במחברותיכם.

תוצאות פעולה זו על כל אחד מן הגופים	תארו כיצד כל אחד מן הגופים פועל על האחר	הגופים המשתתפים באינטראקציה
		אצבע
		גומייה

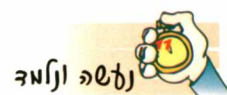


## אינטראקציה בין גופים חופשיים לנוע

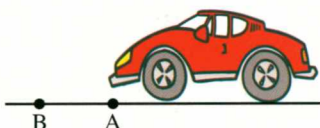


מי דוחף את מי?

שני תלמידים יושבים על כסאות משרדיים זהים. תלמיד א מניח את כפות רגליו על ברכיו של תלמיד ב ולפתע מיישר את רגליו.  
 א. תארו במילים שלכם מה קורה.  
 ב. השתמשו במונח אינטראקציה לתיאור המתרחש.



**עגלה או מכונית צעצוע נוסעת על משטח אופקי.**



עליכם לגרום למכונית באיור לנוע לפי התיאורים הבאים:  
 א. בנקודה B מהירות העגלה גדלה.  
 ב. בנקודה B מהירות העגלה קטנה.  
 ג. בנקודה B העגלה משנה את כיוון התנועה.  
 ד. תארו כיצד גרמתם לעגלה לנוע לפי הדרישות הנ"ל.  
 ה. נסחו את מסקנותיכם תוך שימוש במונח אינטראקציה.



**זיהוי אינטראקציה.**

נוכחנו כי גופים באינטראקציה מתעוותים ו/או משנים תנועה. נוכל לזהות אם גוף משתתף באינטראקציה כאשר נבחין בעיוות בגוף ו/או בשינוי בתנועתו.

היעזרו בטבלה הבאה כדי לתאר את האינטראקציה.

תוצאות פעולה זו על כל אחד מן הגופים	תארו כיצד כל אחד מן הגופים פועל על האחר	הגופים המשתתפים באינטראקציה
גוף ב: משנה צורה ו/או גודל	גוף א פועל על גוף ב	גוף א
גוף א: משנה צורה ו/או גודל	גוף ב פועל על גוף א	גוף ב

## עוצמת אינטראקציה וכוח

בפעילויות הבאות נכיר את המונח **עוצמת אינטראקציה**.

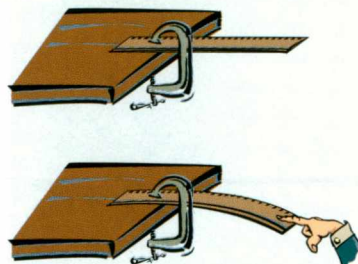


ניסוי

### אינטראקציה בין סרגל לבין אצבע

לפניכם סרגל מחוזק בקצה אחד.

- הניחו אצבע על הקצה החופשי של הסרגל, מה קורה?
- תארו את הפעולה ההדדית (האינטראקציה) בין האצבע לבין הסרגל.
- לחצו על הסרגל חזק יותר, תארו מה קורה.
- מה קורה לסרגל כאשר מסירים ממנו את האצבע?



בזמן האינטראקציה בין האצבע לבין הסרגל מתעוות, אך כאשר מסירים את האצבע הסרגל חוזר למצבו המקורי. גופים אשר מתעוותים באינטראקציה וחוזרים לצורתם המקורית כאשר נפסקת האינטראקציה, נקראים **גופים אלסטיים**.



דין

דונו בקבוצה ומיינו את הגופים הבאים לאלסטיים וללא אלסטיים והוסיפו דוגמאות משלכם: קפיץ, ענף עץ, פלסטלינה, חוט תפירה, גומייה, כדורגל, מדף בארון.

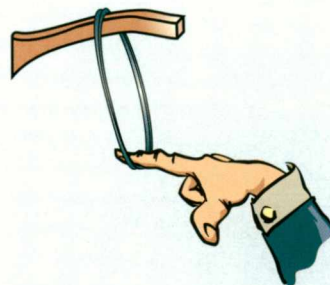


ניסוי

### אינטראקציה בין גומייה ובין אצבע

תלו גומייה על וו.

- מתחו את הגומייה באצבע. הסירו את האצבע מן הגומייה.
- האם לדעתכם הגומייה אלסטית? הסבירו.
- מתחו שוב את הגומייה באצבע מעט יותר מאשר קודם. האם יש תחושה שונה באצבע המותחת את הגומייה לעומת א?



שימו לב כי ככל שהסרגל מתעוות יותר אתם מרגישים באצבע התנגדות חזקה יותר מצד הסרגל – אנו אומרים כי **עוצמת האינטראקציה** בין האצבע לבין הסרגל גדולה יותר. בדומה לכך ככל שהגומייה נמתחת יותר אתם חשים באצבע פעולה חזקה יותר מצד הגומייה – עוצמת האינטראקציה בין האצבע לבין הגומייה גדלה.

### עוצמת אינטראקציה וכוח

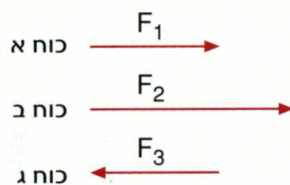
למדנו כי באינטראקציה בין גופים א ו-ב, הגופים פועלים זה על זה, גוף א פועל על ב וגוף ב פועל על גוף א.

במקום לתאר אינטראקציה בין גופים באמצעות הביטוי "פעולה" שאיננו ברור ואיננו בר מדידה נוהגים לתארה באמצעות המונח **כוח**.

באינטראקציה בין שני גופים מפעיל כל גוף כוח על הגוף האחר. ככל שעוצמת האינטראקציה חזקה יותר הכוחות שמפעילים הגופים זה על זה גדולים יותר.

נהוג לתאר כוח בחץ: כיוון החץ הוא בכיוון פעולת הכוח, וגודל החץ מתאים לגודל הכוח. בתיאור נתון, כוח גדול יותר יתואר על ידי חץ ארוך יותר. מקובל לסמן כוח באות  $F$  (Force).

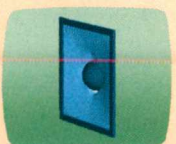
תארו במחברת את השווה ואת השונה בין הכוחות בתרשים משמאל.



**באינטראקציה משתתפים שני גופים וכל אחד מפעיל כוח על האחר, כלומר בכל אינטראקציה בין שני גופים מופיעים שני כוחות אשר כל אחד מהם פועל על גוף אחר.**

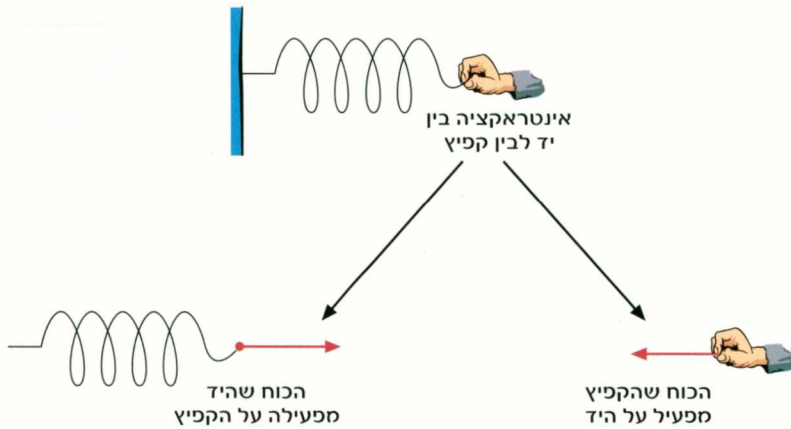


1. באינטראקציה בין המתעמל שבאיור לבין כדור הארץ פועלים שני כוחות. המתעמל מפעיל כוח על כדור הארץ (הרצפה) בכיוון מטה, וכדור הארץ מפעיל כוח על הספורטאי בכיוון מעלה.



2. באינטראקציה בין היד לבין הקפיץ פועלים שני כוחות (באיור שלהלן). היד מפעילה כוח על הקפיץ (מותחת אותו ימינה) והקפיץ מפעיל כוח על היד שמאלה. אפשר לתאר את הכוחות הפועלים בין היד לבין הקפיץ באמצעות חצים. ליד כל אחד מן החצים נרשום איזה גוף מפעיל את הכוח ועל איזה גוף הכוח פועל.

- א. כוח שהקפיץ מפעיל על היד.  
 ב. כוח שהיד מפעילה על הקפיץ.



איור: הכוחות הפועלים באינטראקציה בין יד לבין קפיץ



אדם עומד על סירה סמוך למזח וקופץ מן הסירה למזח.  
 א. תארו בשפת הכוחות, את האינטראקציה בין האדם לבין הסירה בשעה שהאדם קופץ מן הסירה למזח.  
 ב. תארו את שני הכוחות הפועלים באינטראקציה בין הסירה לבין האדם באמצעות חצים. כתבו ליד כל אחד מן החצים איזה גוף מפעיל את הכוח ועל איזה גוף הכוח פועל, בדומה לדוגמה הקודמת.



# האם ייתכן שגוף ישתתף במספר אינטראקציות?

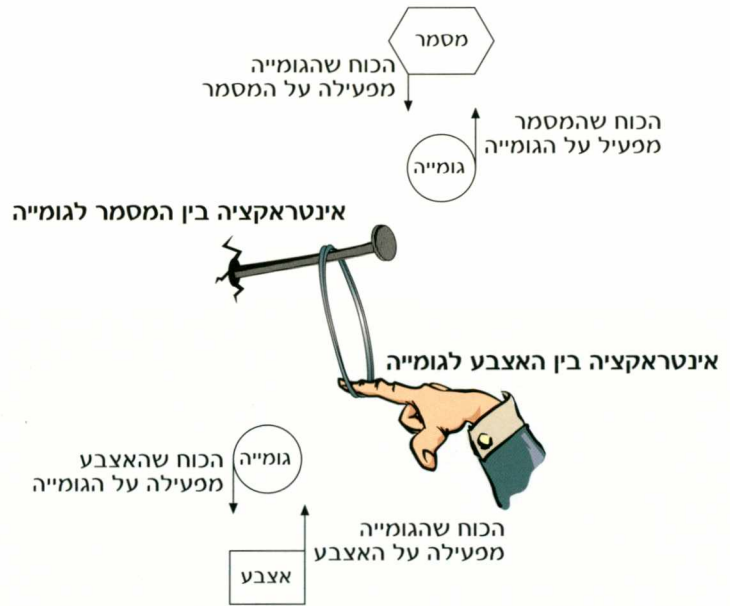
ד"ר אופ



## תיאור האינטראקציות בהן משתתפת גומייה



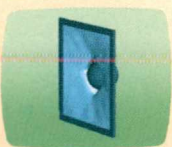
גומייה תלויה על מסמר, בקצה השני היא נמשכת על ידי האצבע. הגומייה משתתפת באינטראקציות עם המסמר ועם האצבע. האצבע מושכת את הגומייה למטה והמסמר מושך את הגומייה למעלה. מצבה של הגומייה נקבע על ידי שני הכוחות שפועלים עליה.



כוחות שפועלים על גומייה

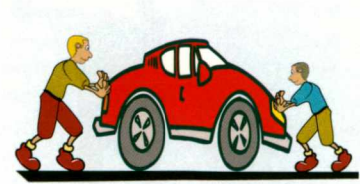
הגומייה משתתפת בשתי אינטראקציות, לכן פועלים עליה שני כוחות. אפשר לתאר את שני הכוחות באמצעות תרשים כוחות.

בתרשים הכוחות יופיעו חצים המתארים את הכוחות הפועלים על הגוף. גודל החץ מתאים לגודל הכוח וכיוונו מתאים לכיוון הכוח. ליד כל חץ נרשום איזה גוף מפעיל את הכוח ועל מי הכוח פועל.





- א. כתבו במחברת את האינטראקציות בין המכונית לבין כל אחד מהאנשים שדוחפים אותה.
- ב. סרטטו תרשים של הכוחות הפועלים בכיוון אופקי על המכונית.
- ג. האם אפשר לדעת מה יקרה למכונית?



ראינו שגוף יכול להשתתף במספר אינטראקציות בו-בזמן. את מה שקורה לגוף קובעות הפעולות של כל האינטראקציות גם יחד. כלומר על גוף יכולים לפעול מספר כוחות. מצבו של הגוף נקבע על ידי כל הכוחות שפועלים עליו.

בהמשך נלמד להעריך את תוצאות הפעולה של מספר כוחות שפועלים על גוף.

# אינטראקציה (פעולה הדדית) מרחוק

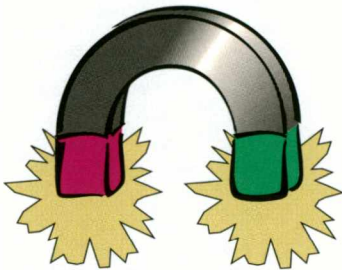
למדנו על פעולה הדדית בין שני גופים שיש מגע ביניהם. האם תיתכן אינטראקציה בין שני גופים אשר אין מגע ביניהם, כלומר מרחוק?

## מגנטים



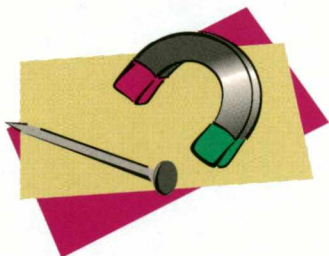
### אינטראקציה בין מגנט לחומרים שונים

לרשותכם מגנט וחפצים שונים (תוכלו להוסיף חפצים כרצונכם).

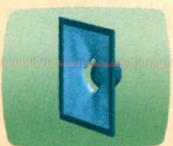


א. קרבו את המגנט לחפצים השונים ובדקו בעבור אילו חפצים מתקיימת אינטראקציה עם המגנט ובעבור אילו חפצים אינה מתקיימת. סרטטו טבלה מתאימה במחברת וכתבו את התוצאות בטבלה. סמנו x במקום המתאים.

החפץ	יש אינטראקציה עם מגנט	אין אינטראקציה עם מגנט
כפית מפלסטיק		
מחיק משרד		
גפרור		
מפתח		
חתיכת קרטון		
חתיכת בד		
מטבע		
טבעת		
מסמר		



- ב. מיינו את החפצים לפי סוג החומר שממנו הם עשויים. מה משותף לגופים המקיימים אינטראקציה עם מגנט?
- ג. אילו חומרים יוצרים אינטראקציה עם מגנט?





### מה קורה אם התווך בין המגנט לברזל איננו אוויר?

קחו דף נייר והניחו את קצותיו על ערימות ספרים ומעליו הוסיפו ספרים כך שישמש כעין גשר (ראו איור). הניחו מספר מהדקי משרד על דף הנייר, הכניסו את המגנט מתחת לדף הנייר.

א. האם קיימת אינטראקציה בין המגנט לבין מהדקי המשרד? תוכלו להחליף את דף הנייר בחומר אחר ולחזור על הניסוי.

ב. תנו שתי דוגמאות לשימושים בחיי יום-יום המבוססים על תכונות המגנט שהכרתם עד עתה.

ג. הציעו דרך נוחה להצמיד דף נייר לדלת המקרר (מבלי להשתמש בחומר דביק).



### פעולה הדדית בין מגנט לבין ברזל

על השולחן מונחים מגנטים ומוטות ברזל (דומים בצורתם למוטות המגנט).

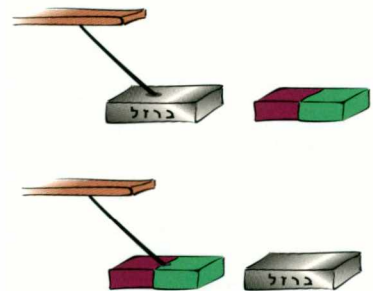
א. קחו את המגנט וקרבו אותו לאט למוט הברזל. מה קורה? הסבירו.

ב. האם גם הברזל משך את המגנט? הציעו דרך לבדוק את השערותיכם והשתמשו בהצעה הלכה למעשה.

ג. מה יקרה אם נתלה מוט ברזל על חוט ונקרב אליו מגנט? בדקו זאת.

ד. האם גם המגנט נמשך אל מוט הברזל?

ה. עתה תלו את המגנט על חוט וקרבו אליו מוט ברזל. תארו והסבירו מה קורה. האם מוט הברזל נמשך אל המגנט?



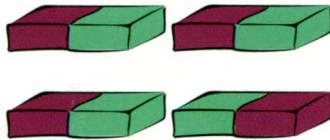




מניסויים בחומרים שונים מסתבר כי קיימת **אינטראקציה (פעולה הדדית)** בין מגנט לבין ברזל וניקל. כפי שנזכרו בניסוי המשיכה ההדדית מורגשת מרחוק. יותר מכך, הפעולה ההדדית מורגשת גם אם התווך בין המגנט לברזל איננו אוויר אלא חומר אחר.



### אינטראקציה בין מגנטים



- לרשותכם שני מגנטים בצורת מוט. קרבו את הקצה של מגנט אחד אל קצהו של המגנט האחר. מה אתם חשים?
- נסו לקרב יותר את שני המגנטים, כיצד משתנה האינטראקציה ביניהם?
- הפכו מגנט אחד וקרבו את קצהו (השני) אל עבר המגנט השני. מה אתם חשים?
- כיצד משפיע המרחק בין המגנטים על הכוחות שהם מפעילים זה על זה?



מגנטים מפעילים כוחות זה על זה. הכוחות פועלים גם אם המגנטים רחוקים זה מזה. הכוחות בין המגנטים מורגשים גם אם התווך ביניהם איננו אוויר. הפעולה בין שני מגנטים היא הדדית: כל אחד מן המגנטים מפעיל כוח (משיכה או דחייה) על המגנט האחר. בשעה שמגנט א מושך את מגנט ב, מגנט ב מושך את מגנט א, ובשעה שמגנט א דוחה את מגנט ב, מגנט ב דוחה את מגנט א. כלומר, גם באינטראקציה מרחוק בין שני גופים פועלים שני כוחות בכיוונים מנוגדים, כל אחד מן הגופים מפעיל כוח על הגוף האחר בכיוון נגדי.



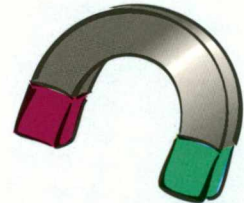


## על מגנטים ומצפנים

כבר בימי קדם, שטו אנשים במרחבי הים בספינות עץ גדולות שהיו מונעות באמצעות הרוח או באמצעות משוטים. הספינות העבירו סחורות, צבאות ונוסעים בין ערים חשובות לאורך החופים. מכיוון שבעבר לא היו מכשירי ניווט, חששו הספנים להתרחק מהיבשה מעבר לטווח ראייה ולכן היו ההפלגות נעשות לאורך החופים, דבר שהאריך מאוד את הדרך ואת זמן ההפלגה. ספנים נועזים במיוחד העזו להפליג אל מרחבי הים בנווטם את ספינתם על פי השמש ביום ועל פי הכוכבים בלילה. מכיוון ששיטות ניווט אלו אינן מדויקות והן חסרות תועלת במזג אוויר מעונן, אבדו ספינות רבות בים ולא הגיעו ליעדן.



סלעים עם תכונות מגנטיות התגלו באזור מגנזיה שבמזרח תורכיה שנים רבות לפני ספירת הנוצרים. הסינים גילו סלעים דומים עשירים בברזל ועמדו על תכונותיהם המעניינות: הסלעים משכו אליהם מתכות מסוימות. הם גילו שאם מניחים פיסת סלע קטנה על עץ הצף על פני המים, אחד מקצות הסלע פונה לצפון – מכאן קצרה היתה הדרך לפיתוח המצפן. כנראה שהמצפן הובא לאירופה עוד במאה ה-12 והפך לכלי הניווט העיקרי בספינות. המצפן בנוי ממחט מגנטית, המונחת על ציר שמאפשר לה לנוע בחופשיות לכל כיוון. מחט המצפן מתייצבת לכיוון צפון-דרום (במצב שקוטב מסוים פונה לצפון).

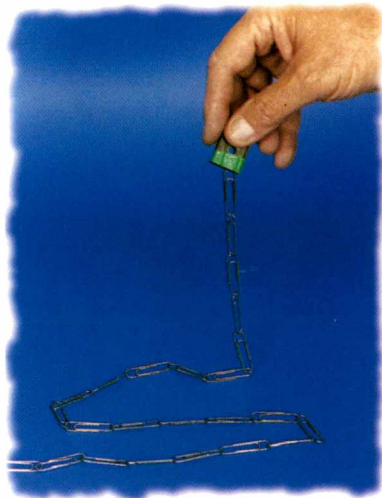


### "חוזק" המגנט

מגנטים נבדלים זה מזה בצורתם, בממדים שלהם ובדרך כלל גם בחוזק הכוח שהם יכולים להפעיל (בתנאים שווים). בניסוי הבא תוכלו לדרג את המגנטים שבכיתתכם על פי מידת "החוזק" שלהם.



מהלך הניסוי:



לרשותכם שלושה מגנטים בצורת מוטות ועשרים מהדקים. חִברו שרשרת ארוכה של מהדקים זה לזה והניחו את שרשרת המהדקים כשהיא ישרה על השולחן.

אחזו באחד המגנטים וקרבו אותו אל אחד מקצות השרשרת. המגנט ימשוך אליו את המהדק. עכשיו, הרימו את המגנט בזהירות מעל השולחן בהדרגה, תוך הרמת המהדקים אחריו באופן שחלקה התלוי באוויר ילך ויתארך. המשיכו להגביה את המגנט עד התנתקות השרשרת מהמגנט.

א. ספרו את מספר המהדקים המרבי שהיו תלויים ברגע הניתוק ורשמו את התוצאה במחברת בטבלה דומה לזו שבתרשים. כדי להגדיל את הדיוק כדאי לחזור על כל מדידה מספר פעמים (בטבלה יש מקום לכתיבה של שתי מדידות) ולחשב את הממוצע.

חזרו על הניסוי עם שני המגנטים האחרים ומלאו את הטבלה.

ממוצע	מספר המהדקים המרבי שהורמוז	מגנט מספר
		1
		2
		3

ב. ערכו גרף (היסטוגרמה) של התוצאות שקיבלתם.

ג. איזה מגנט הפעיל את הכוח המגנטי החזק ביותר על המהדקים? הסבירו את תשובותיכם.

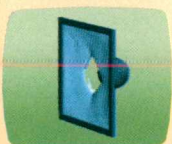
ד. באילו אינטראקציות השתתפה שרשרת המהדקים?

ה. באילו אינטראקציות השתתף המגנט?

ו. יוסי טוען כי מגנט אחד יכול לפעול על מגנט אחר ולכן אם מחט המצפן היא מגנט, הרי היא מושפעת ממגנט אחר, ולכן היא מצביעה לצפון. האם אתם מסכימים לדבריו של יוסי? אם כן, היכן ממוקם המגנט הנוסף?

בניסויים הבאים עבדו עם המגנט החזק ביותר ועם המגנט החלש מבין השלושה.

ז. הניחו את המגנטים על קיסמי עץ עגולים או על קשיות כשקצותיהם הדוחים מופנים זה אל זה ומצויים במרחק קטן זה מזה. הרפו מהמגנטים, מה קורה? הסבירו.

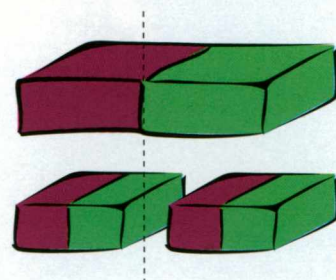


ח. עליכם ליצור מגנט אחד משני מגנטים על ידי חיבורם בטור. הדביקו אותם עם נייר דבק. קיבלתם מגנט חדש, מגנט המכונה "מגנט טורי".

ברצונכם לבדוק אם "המגנט הטורי" שקיבלתם חזק מן המגנטים הבודדים המצורפים. הציעו שיטה לעשות זאת. בדקו וכתבו מהן מסקנותיכם ביחס לחוזק המגנט הטורי.

ט. בית ספר קנה מספר מגנטי מוט ארוכים. הוחלט לחתוך אותם באמצע כדי לקצרם וגם כדי להגדיל את כמות המגנטים לעבודות של התלמידים.

השוו בין חוזק המגנט המקורי לבין חוזקו של מגנט בודד חתוך.

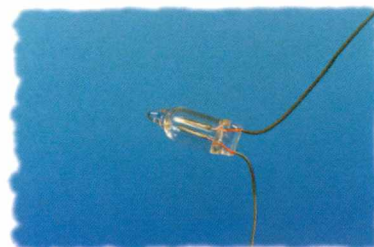


## אינטראקציה בין מטענים חשמליים

### נורה מאירה ללא מקור חשמל

נילי ידועה כתלמידה מצטיינת, חרוצה וסקרנית. יום אחד היא הגיעה לכיתה בהתרגשות ושלפה נורת נאון קטנה מילקוטה. נילי סיפרה למורה שלטענת אביה הוא יכול להדליק את הנורה באמצעות סרגל מפלסטיק (בלי להזדקק למקור חשמל כמו סוללות, מצבר, ספק או רשת החשמל בבית).

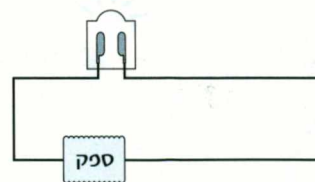
המורה לקחה את הנורה והציעה לבצע מספר ניסויים.



#### נורת נאון דולקת באמצעות זרם חשמלי

המורה חברה נורת נאון קטנה אל הדקי מקור חשמל, הנורה האירה. (נורה דומה נמצאת בתוך המפסקים בחדרי המדרגות).

אנו רואים, אמרה המורה, שהנורה שנילי הביאה דולקת באמצעות מקור חשמל. בניסוי הבא ננסה להדליקה באמצעות סרגל עשוי מחומר פלסטי.



איור א

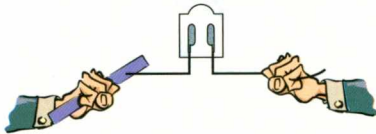


## נורה דולקת באמצעות סרגל או פס P.V.C

ניסוי זה יש לעשות במקום חשוך.

### חלק א

החזיקו בקצה אחד של הנורה, בקצה האחר העבירו את הסרגל או פס ה-P.V.C כשהוא נוגע קלות בקצה החופשי של הנורה (ראו איור ב), שימו לב לנורה. מסתבר שלא קרה דבר – הנורה לא האירה.

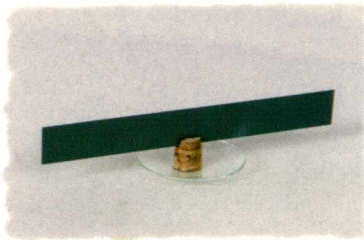


איור ב

### חלק ב

קחו את הסרגל או פס ה-P.V.C ושפשפו את קצהו במטלית צמר. עתה קחו את נורת הנאון, געו בקצה האחד שלה בגוף מתכת או החזיקו קצה אחד היטב ביד, ובקצה האחר העבירו את מוט ה-P.V.C המשופשף כשהוא נוגע קלות בקצה החופשי של הנורה (ראו איור ב). שימו לב לנורה. תארו מה ראיתם.

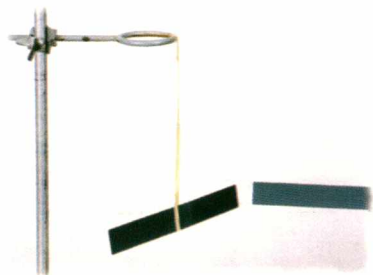
אם עשיתם את הניסוי לפי ההוראות ראיתם הבזק אור רגעי בנורה.



איור ג

## טעינה באמצעות חיכוך

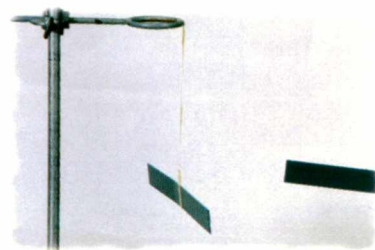
כדי שנוכל להסביר כיצד סרגל פלסטי משופשף גרם לנורה להאיר, נבצע סדרה של ניסויים שמהם נלמד בדבר האינטראקציה שמתרחשת בין גופים טעונים חשמלית.



איור ד

הניחו על זכוכית שעון פקק שעם שבו חריץ שלתוכו אפשר להכניס פס P.V.C) P.V.C – פולי ויניל כלוריד – חומר סינתטי בעל מולקולות גדולות, משמש לייצור צינורות ולבידוד חוטי חשמל) כמתואר באיור ג. במקום פקק שעם אפשר להשתמש במעט פלסטלינה, אפשרות נוספת לביצוע הניסוי מתוארת באיור ד.

- א. הכניסו פס P.V.C. לתוך פקק השעם וקרבו אליו פס P.V.C. אחר. האם אתם מבחינים במתרחש?
- ב. הפעם שפשו במטלית צמר את שני פסי ה-P.V.C. קרבו את הצדדים המשופשפים של שני הפסים. מה קורה?
- ג. אילו כוחות פועלים בין שני פסי ה-P.V.C. המשופשפים, כוחות דחייה או משיכה?



הציעו ניסוי או ניסויים שמהם תוכלו להיווכח כי הפעולה בין שני הפסים הטעונים היא הדדית.



חזרו על הניסוי הקודם, אך הפעם השתמשו בשני פסי צלולואיד (צלולואיד – חומר קרני גמיש ומבריק המעובד מתאית (צלולזה). התאית משמשת לייצור לוחות צילום, סרטי קולנוע). שפשוף הצלולואיד יעשה בנייר.

- א. מה קרה לפני שפשוף הפסים בנייר?
- ב. מה קרה לאחר השפשוף?
- ג. אילו כוחות פועלים הפעם בין הצדדים המשופשפים, כוחות דחייה או משיכה?



קחו פס P.V.C. שפשו במטלית צמר והניחו בתוך החריץ בפקק השעם. בו-בזמן שפשו פס צלולואיד בנייר. קרבו את הצדדים המשופשפים של שני הפסים זה לזה.

- א. מה קרה?
- ב. אילו כוחות פועלים בין פס ה-P.V.C. המשופשף בצמר לבין פס הצלולואיד ששופשף בנייר?

הציעו ניסוי או ניסויים שמהם תיווכחו שהפעולה בין שני פסים טעונים היא פעולה הדדית.



מסדרת הניסויים אפשר להסיק כי עקב השפשוף מתגלות תכונות חדשות של הגוף. נוהגים לומר כי הגוף המשופשף **נטען במטען חשמלי**.

עצמים העשויים מאותו חומר ו"מחושמלים" באותו תהליך – כמו שני פסי ה-P.V.C. או שני פסי הצלולואיד – דוחים זה את זה. לעומת זאת פס ה-P.V.C. ופס הצלולואיד מושכים זה את זה לאחר תהליך ה"חשמול".

ניסויים דומים מורים כי עצמים "מחושמלים" מפולגים לשתי קבוצות, באחת עצמים שמצבם דומה לזה של פס ה-P.V.C. ובאחרת עצמים שמצבם דומה למצבו של פס הצלולואיד. כיצד נבדוק טענה זו?

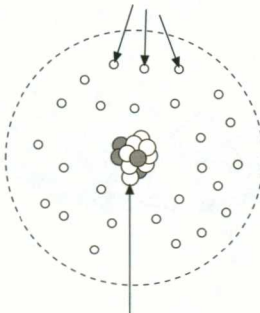
נניח כי קיימים שני סוגי מטענים, אחד מהסוג שבו נטען פס ה-P.V.C. ששופשף במטלית צמר, והאחר מהסוג שבו נטען פס הצלולואיד ששופשף בנייר. מאחר שקיימים שני סוגי מטענים נוהגים לסמן מטען מסוג אחד בפלוס (חיובי) ומטען מסוג אחר במינוס (שלילי). אפשר לסכם את הניסויים שעשיתם בטענה:

בין שני גופים טעונים קיימת אינטראקציה. גופים הטעונים במטענים מאותו סוג דוחים זה את זה, גופים הטעונים במטענים מסוגים שונים נמשכים זה לזה.

### טעינה של גוף על פי המודל החלקיקי

כיום, לאור הידוע לנו על מבנה החומר, אנו מסוגלים להסביר באופן כללי את התהליך של טעינת חומרים על ידי שפשוף. חומרים בנויים מחלקיקים (אטומים) ניטרליים מבחינה חשמלית. זאת אומרת שקיים בהם "מאזן" של מטענים: כמות המטען החיובי שווה בדיוק לכמות המטען השלילי. האטומים מורכבים מגרעין שמטענו חיובי ומאלקטרונים בעלי מטען שלילי הסובבים באזור סביב הגרעין. כאשר משפשפים שני חומרים שונים זה בזה, נעקרים אלקטרונים מאחד החומרים ומועברים לחומר האחר. החומר שנתלשו ממנו אלקטרונים נותר עם עודף של מטענים חיוביים, ואילו בחומר שאליו הועברו אלקטרונים נוצר עודף של מטענים שליליים. שני גופים עשויים מחומרים שונים המשופשפים זה בזה נטענים אפוא במטענים מסוגים שונים, ולכן הם מושכים זה את זה.

באטום ברזל 26 אלקטרונים הנעים סביב הגרעין



בגרעין של אטום ברזל 26 פרוטונים ו-30 נייטרונים.

תיאור סכמטי של אטום ברזל. קוטר האטום  $10^{-10}$  מ' בקירוב. קוטר גרעין האטום  $10^{-14}$  מ' בקירוב.

אפשר לבדוק טענה זו בניסוי:



- שפשפו במטלית צמר פס P.V.C. המונח בתוך החרוץ בפקק השעם. קרבו את מטלית הצמר (הצד המשופשף שלה) אל פס ה-P.V.C. (המשופשף).
- א. מה קרה?
- ב. אילו כוחות קיימים בין המטלית לבין פס ה-P.V.C.?
- ג. מה תוכלו לומר על סוג המטענים שבהם נטענו המטלית ופס ה-P.V.C.?

בניסוי ראיתם כי בין המטלית ופס ה-P.V.C. פעלו כוחות משיכה, לכן ברור שהמטלית ופס ה-P.V.C. נטענו במטענים מסוגים שונים. שפשוף מוט ה-P.V.C. במטלית הצמר גרם ליצירת עודף של מטען חשמלי מסוים על המוט, ואילו המטלית עצמה נטענה במטען נגדי. בעת השפשוף עוברים מטענים מן המטלית למוט המשופשף, ולהפך. מאזן המטענים מופר הן במוט והן במטלית הצמר.



### כוחות בין גופים טעונים חשמלית

- לרשותכם שתי רצועות מחומר פלסטי (אפשר לחתוך רצועות משקף). ביד אחת החזיקו בשתי הרצועות (ראו איור). נקרא לחלק האחד רצועה א ולאחר רצועה ב.
- עתה שפשפו במטלית צמר את שתי הרצועות בעת ובעונה אחת.
- א. תארו מה קרה.
- ב. ציינו מי משתי הרצועות א או ב הפעילה כוח על רעותה?
- ג. איזו רצועה הפעילה כוח גדול יותר? הסבירו.



בניסוי זה צפיתם בפעולה הדדית, ושוב יכולתם להיווכח כי כוחות מופיעים בזוגות. שתי הרצועות הזהות הפעילו כוח זו על זו ומידת הסטייה השווה של הרצועות מרמזת כי רצועה א הפעילה על ב כוח שווה לכוח שהפעילה רצועה ב על א.



## קיטוב חשמלי והשראה אלקטרוסטטית



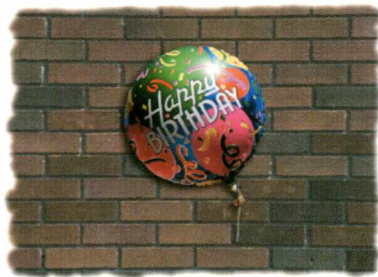
### משיכה בין גוף טעון לבין גוף בלתי טעון



קחו מסרק או סרגל עשויים מחומר פלסטי. שפשפו את המסרק במטלית צמר. קרבו את המסרק הטעון אל פיסות ניר קטנות (שהוכנו מראש). תארו מה קורה.



קחו בלון מנופח, שפשפו צד אחד במטלית צמר. קרבו את הבלון אל קיר, כאשר צידו המשופף פונה אל הקיר. תארו מה קורה.



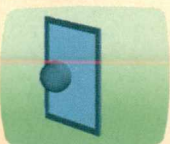
בשני הניסויים האחרונים נוכחתם **שקיימת משיכה הדדית בין גוף טעון לגוף בלתי טעון.**

הסברנו את הטעינה החשמלית של גופים העשויים מחומרים שונים בשפשופם זה בזה, ותיארנו את הכוחות החשמליים המתגלים בתהליך. אך כיצד נסביר את העובדה שגופים אשר שופשפו, ועל ידי כך נטענו במטען חשמלי, מושכים גם גופים קלים שאינם טעונים, כמו את פיסות הנייר שהזכרנו? באופן דומה, בלון קל שנטען במטען חשמלי נמשך אל קיר שלא נטען.

בשני המקרים יש אינטראקציה בין גוף טעון לבין גוף בלתי טעון. מה מקורה של אינטראקציה זו?

כדי לענות על שאלה זו עלינו לחזור ולהתייחס לעובדה הידועה, שבכל גוף, גם אם אינו טעון כלפי חוץ, מצויים מטענים חיוביים ומטענים שליליים בכמויות שוות, ואלה מתאזנים כך שהמטען הכולל של הגוף הוא אפס.

נניח עתה, שאל גוף לא טעון מקרבים גוף טעון, שמטענו חיובי, למשל. המטען החיובי של הגוף הטעון יפעיל כוחות משיכה על המטענים השליליים שבגוף הלא טעון וכוחות דחייה על המטענים החיוביים שבו. התוצאה תהיה שהמטענים יזוזו ותיווצר הפרדה מסוימת בין שני סוגי המטען שבגוף הלא טעון – ייווצר "קיטוב חשמלי".



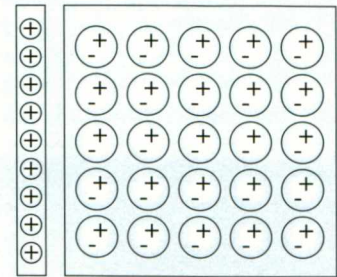
התופעה של יצירת קיטוב חשמלי בגוף ניטרלי על ידי גוף טעון המצוי בקרבתו נקראת **השראה אלקטרוסטטית**, מכיוון שהגוף הטעון **משרה** תזוזת מטענים בגוף הניטרלי (איור).

ענה קל להבין מדוע גופים טעונים במטען חשמלי מושכים גופים לא טעונים, ניטרליים. בדומה לכוחות בין מגנטים גם כוחות המשיכה או הדחייה בין גופים טעונים תלויים במרחק בין המטענים. הכוחות הפועלים ביניהם קטנים ככל שהמרחק בין המטענים גדל.

נניח שמקרבים גוף טעון במטען חיובי לגוף ניטרלי. המטען החיובי בגוף הטעון יגרום להפרדה מסוימת בין שני סוגי המטענים של הגוף הלא טעון, באופן שחלק מהמטענים השליליים בגוף הניטרלי יתקרבו אליו ואילו חלק מהמטענים החיוביים יתרחקו ממנו (ראו איור). לפיכך, הגוף הטעון חיובית יפעיל על המטענים השליליים שבגוף הניטרלי כוחות משיכה חזקים מכוחות הדחייה שהוא יפעיל על המטענים החיוביים בגוף זה.

מכאן שגוף טעון (חיובי או שלילי) יפעיל כוח משיכה חשמלי על גוף לא טעון הנמצא בקרבתו.

לבסוף נציין, כי מידת הקיטוב של גוף ניטרלי בתהליך ההשראה האלקטרוסטטית תלויה לא רק בגודלו ובקרבתו של מטען הגוף הגורם לקיטוב, אלא גם בחומר שממנו עשוי הגוף הניטרלי. כאמור, תופעת ההשראה האלקטרוסטטית מתבססת על תנועה של מטענים בחומר, וטווח התנועה של המטענים שונה בחומרים שונים.



משיכה חשמלית בין גוף טעון לגוף לא טעון, כתוצאה מהשראה חשמלית.

## סיכום כאזי

1. יש שני סוגים של מטענים חשמליים, מכנים אותם "מטענים חיוביים" ו"מטענים שליליים".
2. גופים טעונים מטענים שווי-שם דוחים זה את זה, וגופים טעונים מטענים שוני-שם מושכים זה את זה.
3. האטומים מורכבים מגרעין שמטענו חיובי ומאלקטרונים בעלי מטען שלילי הנעים באיזור סביב הגרעין. האטומים ניטרליים מבחינה חשמלית.

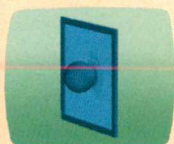
4. שפשוף זה בזה של שני גופים לא טעונים העשויים מחומרים שונים גורם לטעינתם במטענים מסוגים שונים. הטעינה נובעת מתלישת חלקיקים טעונים (אלקטרונים) מגוף אחד והעברתם לגוף האחר.

5. השראה אלקטרוסטטית היא קיטוב (הפרדת מטענים) הנוצר בגוף ניטרלי עקב קרבתו של גוף טעון. התוצאה היא שכוחות משיכה פועלים בין הגוף הטעון ובין הגוף הלא טעון.

6. מידת הקיטוב של גוף ניטרלי בתהליך ההשראה האלקטרוסטטית תלויה לא רק בגודלו ובקרבתו של מטען הגוף הגורם לקיטוב, אלא גם בחומר שממנו עשוי הגוף הניטרלי.



1. העתיקו למחברת את המשפטים הבאים והשלימו אותם:  
(א) בין שני גופים טעונים במטען חיובי פועלים \_\_\_\_  
(ב) בין שני גופים טעונים במטען שלילי פועלים \_\_\_\_  
(ג) בין גוף טעון במטען חיובי לבין גוף טעון במטען שלילי פועלים \_\_\_\_
2. כאשר מסרקים שיער יבש, השערות "נדבקות" לעתים אל המסרק. מדוע?
3. כאשר מרססים שמן מבקבוק פלסטי בעל פיה צרה, מוצאים שהטיפות הנוצרות הן בעלות מטען (שלילי). כיצד תסבירו זאת?
- 4.\* במכליות הדלק הנוסעות בכבישי הארץ רואים שרשרת מתכת התלויה על המִּכָּל ונוגעת בכביש. התוכלו להסביר לשם מה זה נחוץ?
- 5.\* כאשר יוצאים ממכונת ביום חמסין ונוגעים בידית הדלת, מרגישים לפעמים ב"ניצוץ חשמלי". מדוע? מדוע אין זה קורה ביום לח?
- 6.\* האם אפשר לטעון מוט מתכת בשפשוף בשעה שאוחזים בו ביד? אם לא, מה הייתם עושים כדי לאפשר את טעינת המוט בשפשוף?



## כוחות משיכה בין גופים

במסגרת הדיון בכוחות ללא מגע, הכרנו כוחות הפועלים בין מגנטים וכוחות הפועלים בין גופים טעונים חשמלית. עתה נתוודע לכוחות משיכה הפועלים בין כל שני גופים.

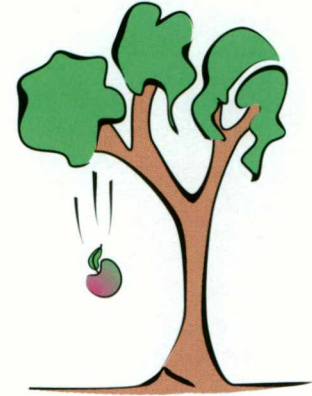
אחד הכוחות המוכרים מחיי היום-יום, והמשפיע עלינו הוא **כוח הכבידה (הגרביטציה)**. אם אנו מחזיקים אבן (או חפץ אחר) ועוזבים אותה, האבן נופלת אל כדור הארץ. אנו אומרים שכדור הארץ מושך את האבן. האם גם האבן מושכת את כדור הארץ? מלימודינו על אינטראקציה עולה שהמשיכה בין האבן לבין כדור הארץ צריכה להיות הדדית. אמרנו שכוחות מופיעים בזוגות, לכן כאשר כדור הארץ מפעיל כוח על האבן מטה, האבן מפעילה על כדור הארץ כוח מעלה. כדור הארץ מושך את האבן והאבן מושכת את כדור הארץ. אנו רואים את האבן נופלת ואיננו רואים את התוצאות של משיכת האבן את כדור הארץ. ייתכן כי השינוי שחל בכדור הארץ מזערי ואנחנו לא מבחינים בו. בהמשך נלמד על הגורמים שמשפיעים על תוצאות פעולתו של כוח על גוף ונבין זאת טוב יותר.

האינטראקציה בין כדור הארץ לבין הגופים שנמצאים עליו הוא מקרה פרטי של חוק כללי שניסח המדען הבריטי סר אייזיק ניוטון (1642-1727), החוק ידוע במדע בשם **חוק הגרביטציה**. ניוטון טען שכל שני גופים מושכים זה את זה (בין כל שני גופים קיימת אינטראקציה).

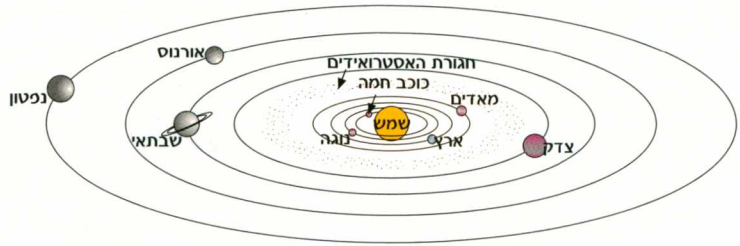
חוק הגרביטציה נכון לכל שני גופים שנמצאים על כדור הארץ, וגם לכל שני גופים ביקום. כדור הארץ מושך תפוח שנמצא על עץ וגורם לנפילתו, כלומר לשינוי תנועתו.

דוגמה לאינטראקציה ביקום היא תנועת הירח סביב כדור הארץ. הירח משנה את כיוון תנועתו כל הזמן בהקיפו את כדור הארץ, וזאת כתוצאה מהאינטראקציה בינו לבין כדור הארץ. בו-בזמן גם הירח משפיע על תנועתו של כדור הארץ (ההשפעה היא הדדית).

דוגמה נוספת לאינטראקציה ביקום היא המשיכה בין השמש לבין כדור הארץ. כתוצאה מכך כדור הארץ נע במסלול סביב השמש. הלוווינים המקיפים את כדור הארץ אינם "בורחים" ממנו בגלל המשיכה ההדדית ביניהם לבין כדור הארץ.



איור: כוחות הפועלים באינטראקציה בין התפוח לבין כדור הארץ.



## משקל

מחוק הגרביטציה אנו למדים שקיימת אינטראקציה בין גוף כלשהו לבין גרם השמים שעליו הוא נמצא. הכוח שגרם השמים מפעיל על הגוף מכונה **כוח הכובד**. לדוגמה: כדור הארץ ואדם שנמצא על פניו מפעילים זה על זה כוחות משיכה. נהוג לומר שעל האדם פועל כוח הכובד (על כדור הארץ פועל כוח בכיוון הפוך).

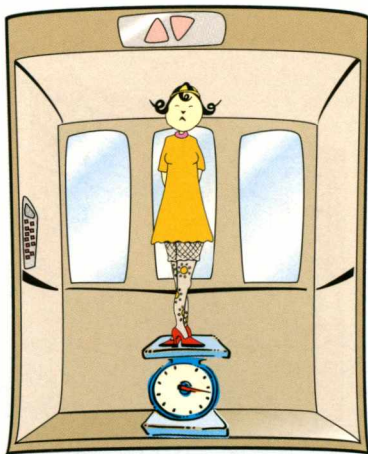
קשה למדוד את כוח הכובד כי המדידה מושפעת מגורמים נוספים שאינם ניתנים לבידוד. **מקורו של המשקל הוא כוח הכובד שמפעיל כדור הארץ**. המשקל מושפע גם מגורמים אחרים, כמו למשל מסיבוב כדור הארץ על צירו, וממרחק הגוף מכדור הארץ.

משקל של גוף מוגדר על פי הוראת מד כוח. כלומר, כדי למדוד את משקלו של גוף יש להניחו על מד כוח, או לתלותו בקצהו של מד כוח ולקרוא כמה הוא מורה. כך, למשל, אנו מודדים את משקלנו באמצעות מאזני אדם.

קצב הסיבוב של כדור הארץ קטן יחסית ולכן אם שוקלים גוף באמצעות מד כוח (שנמצא במנוחה יחסית לכדור הארץ) המשקל שווה (בקירוב רב) לכוח שבו כדור הארץ מושך את הגוף.

יש הטוענים שמשקל של גוף שווה לכוח הכובד, כלומר לכוח שבו כדור הארץ מושך את הגוף. הנחה זו קרובה לאמת ואנו נאמץ אותה בהמשך הדברים.

במדע חשוב למדוד גדלים זהים ביחידות זהות. מאחר שהמשקל הוא כוח (מקורו באינטראקציה בין גרם השמים לבין הגוף) מודדים אותו ביחידה **ניוטון** (בפרק הבא נכיר מד כוח ואת היחידה שבה מודדים כוחות).



נערה עומדת על מאזניים במעלית נחה (ראו איור גם בעמוד 39)

בעבר מדדו משקל ביחידה קילוגרם ובחיי יום-יום עדיין ממשיכים לבטא משקל ביחידה זו. במדע היחידה קילוגרם משמשת כיחידה לגודל אחר שנכיר בפרקים הבאים.

## תכונות המשקל

א. במקום מסוים יש למשקל כיוון קבוע, והוא הכיוון האנכי מטה. למעשה כיוון כוח הכובד בנקודה נתונה מגדיר את הכיוון המכונה אנכי באותה נקודה.

למשל, בנאים משתמשים במשקולת תלויה על חבל (אנך) כדי לבדוק אם עמוד או קיר עומד אנכית לקרקע. כיוון כוח המשיכה של כדור הארץ פונה בקירוב אל מרכז כדור הארץ, ולכן בכל מקום עליו, הכיוון אנכית מטה יהיה שונה. כלומר, במקומות שונים על פני כדור הארץ הכיוון מטה יהיה שונה.

ב. משקלו של גוף תלוי במקום שבו הוא נמצא. כאשר מעבירים גוף ממקום אחד למקום אחר על פני כדור הארץ, משקלו עשוי להשתנות.

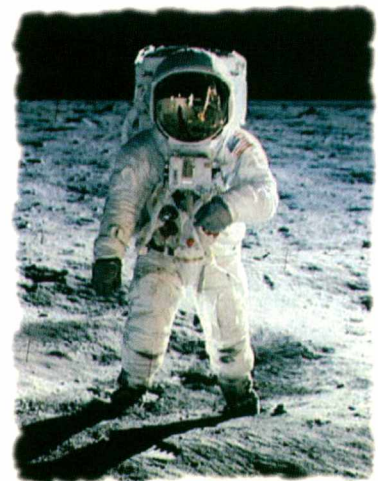
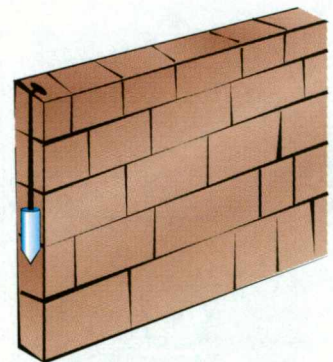
איננו טוענים כי כל שינוי מקום יביא לשינוי ניכר במשקלו של הגוף. אם נשקול גוף בירושלים ובחיפה, בוודאי קשה יהיה להבחין בשינוי כלשהו במשקלו. לעומת זאת אם נשקול גוף במכשיר רגיש על קו המשווה ובאחד הקטבים נמצא כי בקטבים משקלו גדול יותר בחצי אחוז, בערך.

הסיבות העיקריות להבדלים במשקלו של גוף על כדור הארץ הן סיבוב כדור הארץ על צירו והמרחק ממרכז כדור הארץ.

ג. שינויים מפליגים במשקלו של גוף יתכנו בגלל שתי סיבות:

1. משקלו של גוף משתנה בהתאם לגרם השמים שעליו הוא נמצא. למשל, על פני הירח משקלו של גוף קטן פי 6 בקירוב ממשקלו על פני כדור הארץ. אם תצפו בסרט המתעד את נחיתת האסטרונאוטים על הירח תראו שהם מתקדמים בקפיצות (ולא בצעדים רגילים). נסו להסביר זאת.

על פני כוכב הלכת צדק משקלו של גוף גדול פי 2.5 ממשקלו על פני כדור הארץ. כיצד לדעתכם, תיראה תנועה של אסטרונאוט על פני כוכב צדק?



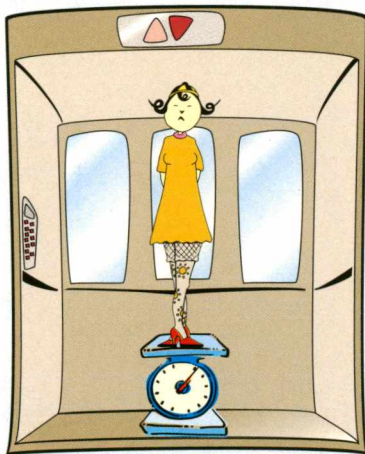
2. משקלו של גוף תלוי בתנועת הגוף, משקלו משתנה אם השקילה נעשית במערכת שנעה בתאוצה. נדגים טענה זו בניסוי.



### משקל במערכת מואצת

לוקחים קופסה פתוחה מצד אחד. תולים גוף באמצעות גומייה באופן שהגוף יבלוט מחוץ לקופסה (כמתואר באיור). הגומייה מתוחה בהתאם למשקלו של הגוף, כלומר התארכות הגומייה היא המדד למשקלו של הגוף. בצעו את הפעולות הבאות תוך התבוננות בגוף התלוי בקצה הגומייה.

- החזיקו את הקופסה והגביהו אותה בבת אחת. מה ראיתם? הגומייה התארכה ומזה אנו למדים שמשקלו של הגוף גדל.
- הגביהו את הקופסה ושחררו אותה בבת אחת. מה ראיתם? הגוף "נעלם" בתוך הקופסה, כלומר הגומייה התקצרה (בקופסה שקופה אפשר לראות שהגומייה חזרה לאורכה במצב הרפוי). מאחר שהגומייה נשארה רפויה אנו למדים שמשקלו של הגוף הוא אפס. הניסוי מאשש את הטענה שמשקלו של גוף משתנה אם הוא נמצא במערכת מואצת. משקלו של גוף שנופל נפילה חופשית (הכוח היחיד שפועל עליו הוא משיכת כדור הארץ) שווה לאפס.



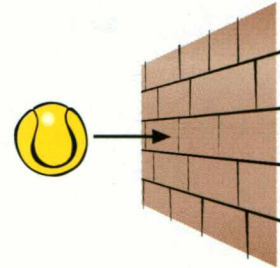
נערה עומדת על מאזניים במעלית היורדת בתאוצה

באופן דומה רואים תופעות של חוסר משקל אצל אסטרונאוטים בחללית המקיפה את כדור הארץ. כוח המשיכה של כדור הארץ גורם לחללית "ליפול" אל כדור הארץ ולכן משקלם של האסטרונאוטים בחללית אפס\*.

אדם שעומד על מאזניים בתוך מעלית יוכל להבחין בהוראה שונה של המאזניים כאשר המעלית מאיצה (בתחילת התנועה ולקראת עצירתה). גם ללא מאזניים ודאי חשתם במאמץ שונה בגופכם כאשר המעלית מתחילה לנוע ושוב כאשר היא בשלב העצירה.

\* בהמשך לימודיכם תלמדו שחללית שנעה סביב כדור הארץ נופלת נפילה חופשית אל כדור הארץ, אך משום שיש לה גם מהירות בכיוון אופקי אין היא מתרסקת אל כדור הארץ אלא נעה סביבו במסלול סגור.

1. כדור עף אל עבר הקיר ומוחזר מן הקיר. האם הכדור באינטראקציה עם הקיר? אם כן, האם האינטראקציה קיימת רק כאשר הכדור נוגע בקיר, או גם כאשר הכדור איננו נוגע בקיר.



2. אגרטל פרחים נופל ממרפסת גבוהה. בזמן הנפילה, האם האגרטל באינטראקציה עם כדור הארץ? אם כן, האם האינטראקציה קיימת רק כאשר האגרטל קרוב לקרקע או גם כאשר האגרטל מרוחק מן הקרקע?

3. ספר מונח על שולחן. האם הספר באינטראקציה עם השולחן? זהו את מאפייני האינטראקציה.



ספר מונח על שולחן

4. מרחק הירח מן הארץ כ-380,000 קילומטר. האם הירח באינטראקציה עם כדור הארץ? הסבירו.

בשאלות 5, 6, 7 עליכם להתייחס למשפט שנתון במרכאות כפולות.

5. "אם אדם מחזיק ספר ביד, היד מפעילה כוח על הספר."

א. האם נדרש מאמץ שרירים לתמוך בספר?

ב. האם הספר באינטראקציה עם היד?

ג. האם היד מפעילה כוח על הספר?

6. "אם ספר מונח על שולחן, השולחן איננו מפעיל כוח על הספר כי הוא לא דוחף אותו."

א. האם מעורב מאמץ שרירים בתמיכה בספר?

ב. האם הספר באינטראקציה עם השולחן?

ג. האם השולחן מפעיל כוח על הספר?



7. "אם סוס מושך עגלה, הסוס מפעיל כוח על העגלה."

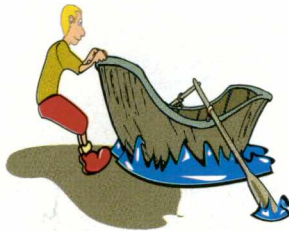
א. האם הסוס באינטראקציה עם העגלה?

ב. האם העגלה מפעילה כוח על הסוס?





8. אילו כוחות פועלים על האיש באיור משמאל?  
 א. אף לא כוח אחד מאחר שהאיש במנוחה.  
 ב. כוח הכובד מטה בלבד.  
 ג. כוח שמפעיל השולחן מעלה בלבד.  
 ד. כוח הכובד מטה ותגובת השולחן מעלה.



9. משחק (תחרות היציבות): שני תלמידים משתתפים במשחק המלמד מי יציב יותר. שני המשחקים עומדים פנים אל פנים במרחק קטן (לא יותר מ-20 סנטימטר) זה מזה. מביאים את הידיים לגובה הכתפיים כאשר כפות הידיים מופנות קדימה, קרובות לכתפיים. המשחק: כל אחד מן המשחקים בתורו דוחף בכפות ידיו את ידיו של חברו. כל אחד משתדל לעמוד איתן ולא לזוז. השחקן שמזיז ראשון את רגליו מפסיד במשחק.  
 א. תארו מה קורה לשני המשחקים.  
 ב. במה קשור משחק זה לנושא שאנו לומדים?



10. באיורים רואים אדם מפעיל כוחות על שתי סירות.  
 א. האם פועלים כוחות על האיש בכל אחד מן האיורים?  
 ב. אם תשובתכם ל-(א) הייתה חיובית, הוסיפו על האיורים במחברת חצים במקומות המתאימים שמתארים את כל הכוחות האופייים שפועלים על האיש.



11. כתבו במחברת "נכון" או "לא נכון" לגבי כל אחת מן הטענות:  
 א. לגוף מסוים יש אותו המשקל בכל מקום.  
 ב. בחיי יום יום נוהגים להשתמש ביחידה קילוגרם כיחידה של משקל.  
 ג. משקל מודדים במד כוח.  
 ד. במדע היחידה של המשקל היא ניוטון.  
 ה. אם נעביר גוף מכדור הארץ לירח, ישתנה משקלו.

12. העתיקו את הטבלה למחברת ומלאו בה את מאפייני האינטראקציה בין הספורטאי לבין המשקולות.

תוצאות פעולה זו על כל אחד מן הגופים	תארו כיצד כל אחד מן הגופים פועל על האחר	הגופים המשתתפים באינטראקציה

13. גברת מטיילת עם כלב קשור לרצועה (איור א). חברתה הטובה גוערת בה "תפסיקי למשוך את הכלב". והגברת עונה "אני לא מושכת, זה הכלב שמנסה לברוח מושך אותי". מי מהן צודקת?



איור א

14. תארו את האינטראקציות תוך פירוט המאפיינים בכל האינטראקציות באיורים הבאים:

א. אדם חותר בסירה. אינטראקציה בין המשוט לבין המים (איור ב).

ב. כתיבה בעט. אינטראקציה בין העט לבין נייר (איור ג).

15. משקלו של גוף על הירח קטן פי שישה, בקירוב, ממשקלו על-פני כדור הארץ. הכינו לאסטרונומים מנות מזון יום-יומיות שוות, אבל בהיותם על הירח יהיה משקל מנות אלה שישית ממשקלן על פני כדור הארץ. האם האסטרונומים שעל הירח יצטרכו לאכול כל יום 6 מנות יום-יומיות?



איור ב

16. טוענים מוט פלסטיק על ידי שפשופו ב בד. אילו משפטים נכונים?  
א. אם המוט נטען במטען שלילי נוכל להסיק כי נגרעו ממנו אלקטרונים.

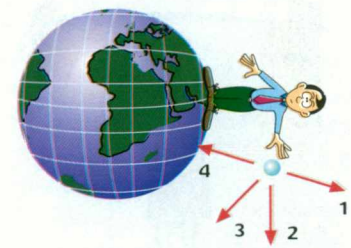


איור ג

ב. אם המוט נטען במטען חיובי נוכל להסיק כי נגרעו ממנו אלקטרונים.

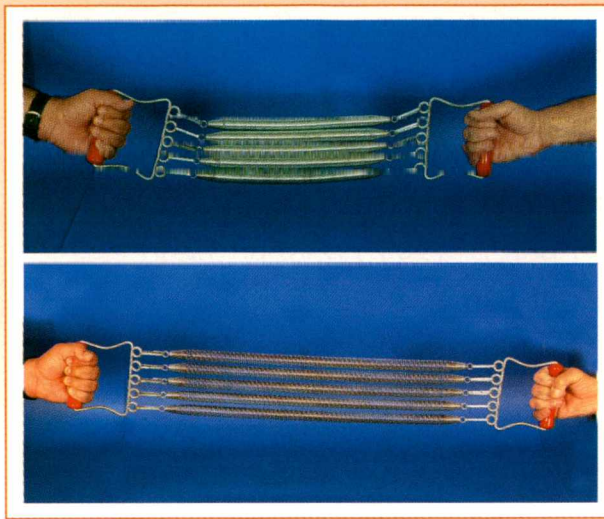
ג. אם המוט נטען במטען חיובי נוכל להסיק כי נוספו לו פרוטונים.

ד. אם המוט נטען במטען שלילי נוכל להסיק כי נגרעו ממנו פרוטונים.



איור ד

17. איור ד מראה אדם העומד על קו המשווה של כדור הארץ. האיש מפיל מיידיו אבן. איזה חץ מראה נכונה את כיוון הנפילה של האבן?



## פרק ב

# השוואה בין כוחות

## גופים אלסטיים



### עיונים של גומיות

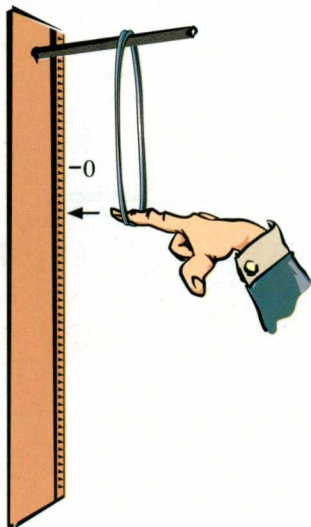
תלו גומיית משרד על וו ליד סרגל, ישרו את הגומייה ומדדו את אורכה.  
 א. באמצעות האצבע מתחו את הגומייה. מה אתם מרגישים באצבע  
 כאשר אתם מותחים את הגומייה יותר ויותר? (אל תמתחו את  
 הגומייה מעבר לאורך הסרגל).

ב. מתחו את הגומייה באמצעות האצבע כך שתתארך בשלושה  
 סנטימטרים בערך. הרפו מן הגומייה. האם הגומייה אלסטית?

במקום למתוח את הגומייה עם האצבע אפשר לתלות בקצה הגומייה  
 משקולות אשר ימתחו אותה בהתאם למשקלן.

ג. תלו בקצה הגומייה משקולת (איור ב). רשמו את התארכות הגומייה.

ד. קחו שתי גומיות זהות ותלו אותן על וו. עתה הוסיפו בקצה כל  
 אחת מהן משקולות שוות. איזו גומייה התארכה יותר?  
 שתי הגומיות התארכו במידה שווה ולכן אנו יודעים שמשקל  
 המשקולות שווה.

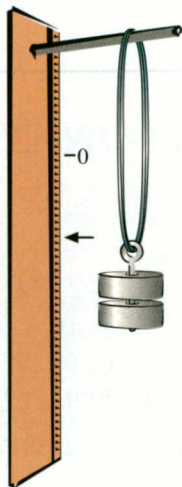


איור א

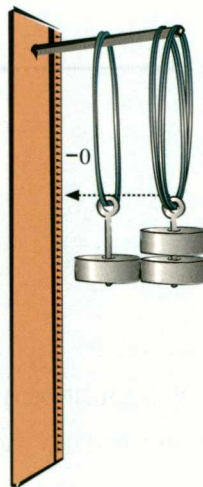


ה. קרבו את הגומיות עד שהן יתלכדו (מקבלים מערכת גומיות מקבילות) ותלו את שתי המשקולות בקצה מערכת הגומיות. לעומת ההתארכות בסעיף ד, האם התארכות מערכת הגומיות גדולה יותר, קטנה יותר או שווה לה (איור ג)? שתי משקולות תלויות בקצה מערכת שתי גומיות במקביל, גרמו להתארכות שווה לזו שגרמה משקולת אחת תלויה בקצה גומייה בודדת. מסתבר כי משקלן של שתי משקולות גדול פי שניים ממשקלה של משקולת בודדת.

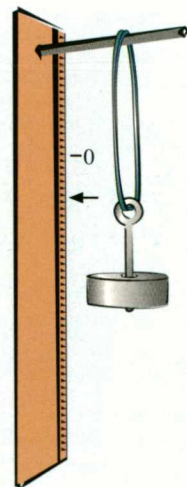
ו. מה יקרה אם נתלה שתי משקולות בקצה גומייה בודדת (איור ד)?



איור ד



איור ג



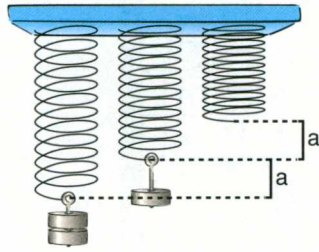
איור ב

ז. תום הציג חידה בכיתה. מחברים זוג גומיות אל גומייה בודדת (ראו איור). תום החזיק בקצה מערכת הגומיות ונילי החזיקה בקצה הגומייה הבודדת. נילי משכה את הגומייה שלה עד שהתארכה ב-6 ס"מ. כמה, לדעתכם, הייתה ההתארכות של מערכת הגומיות?

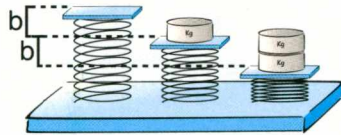


מידת ההתארכות של הגומייה גדלה ככל שהכוח הפועל עליה גדל. לכן מידת העיוות של גוף אלסטי יכולה לשמש מדד לגודל הכוח שמופעל על הגוף.

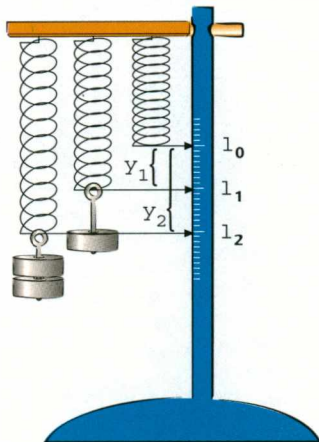
## כוחות על קפיצים - מד כוח



איור א  
הקפיץ נמתח, כלומר אורכו גדל.



איור ב  
הקפיץ מתכווץ, כלומר אורכו קטן.



איור ג

נוכחנו כי אפשר להשוות בין כוחות אם מפעילים אותם על גופים אלסטיים ומודדים את מידת העיוות שהכוחות גרמו. קפיץ הוא גוף אלסטי שנוח לעבוד איתו. אם מפעילים כוח על קפיץ אורכו משתנה.

בפעילות הבאה נחקור את התנהגותו של קפיץ אשר מפעילים עליו כוחות שונים. נשתמש במשקולות שוות משקל שאותן נתלה בקצות הקפיץ, והן יגרמו להתארכותו (איור א).

אפשר לבצע ניסוי דומה תוך הנחת משקולות על קפיץ שניתן לכיווץ (איור ב).



### הפעלת כוח על קפיץ

לרשותכם קפיץ, סרגל, מחוג, משקולות ומתלה למשקולות. התקינו את המערכת לפי המתואר באיור ג.

למדנו כי אורך הקפיץ משתנה לפי גודל הכוח שמפעילים עליו. אם נפעיל כוח בקצה הקפיץ התלוי הוא יתארך (אורכו יגדל). כיצד נמדוד את התארכות הקפיץ?

בניסוי זה נמצא קשר בין התארכות הקפיץ לבין הכוח שפועל עליו. הכוח יופעל על ידי משקולות זהות ויבוטא באמצעות מספר משקולות שוות שנתלה בקצה הקפיץ.

א. רשמו את המספר שמורה המחוג על הסרגל כאשר הקפיץ רפוי. נקרא למצב זה אורך התחלתי. מקובל לסמן אורך התחלתי בסימן  $l_0$  (האות  $l$  מקורה במלה length - אורך).

ב. תלו 2 משקולות בקצה הקפיץ ורשמו את המספר שמורה המחוג הפעם (נסמן ב- $l_1$ ).

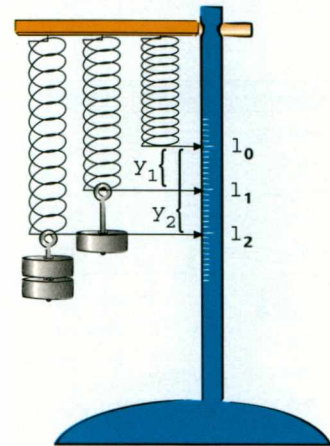
חשבו את התארכות הקפיץ  $y_1$ . ההתארכות שווה לאורך סופי פחות אורך התחלתי (במצב הרפוי). חישוב ההתארכות באותיות:  $y_1 = l_1 - l_0$ .



ג. הוסיפו שתי משקולות. עתה תלויים בקצה הקפיץ 4 משקולות.

קראו את המספר שמורה המחוג הפעם וכתבו אותו. נסמן את אורך הקפיץ במצב החדש ב- $l_2$ .

חשבו את התארכות הקפיץ (מן המצב הרפוי) מהכוח שמפעילות עליו 4 המשקולות: ההתארכות  $y_2$  שווה לאורך הסופי (החדש) פחות האורך ההתחלתי (במצב הרפוי). התארכות במצב החדש באותיות:  $y_2 = l_2 - l_0$ .



ד. חזרו על הניסוי עוד פעמיים, בכל פעם הוסיפו 2 משקולות בקצה הקפיץ.

ה. איסוף המדידות בצורה מסודרת מקל על הבנת הקשרים. כתבו את התוצאות בטבלה מתאימה.



בטבלה הבאה כתובות תוצאות של ניסוי דומה.

מספר משקולות	n	הוראת המחוג ל ס"מ	l	התארכות הקפיץ y ס"מ
0	0	13.0 (אורך התחלתי)	13.0	13.0 - 13.0 = 0.0
2	2	17.0	17.0	17.0 - 13.0 = 4.0
4	4	21.1	21.1	21.1 - 13.0 = 8.1
6	6	25.0	25.0	25.0 - 13.0 = 12.0
8	8	28.9	28.9	28.9 - 13.0 = 15.9

א. כיצד גדלה התארכות הקפיץ אם מגדילים את מספר המשקולות:

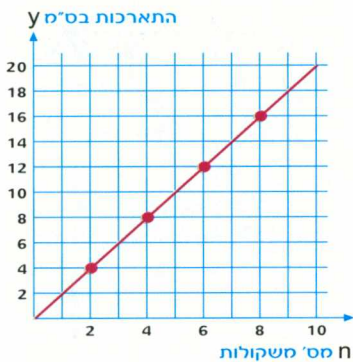
- פי שניים, למשל מ-4 משקולות ל-8 משקולות?
- פי שלושה, למשל מ-2 משקולות ל-6 משקולות?
- פי ארבעה, למשל מ-2 משקולות ל-8 משקולות?

ב. נסו להגדיר חוקיות בין שני המשתנים: אם מגדילים את מספר המשקולות, התארכות הקפיץ \_\_\_\_\_ באותו יחס.

ג. סרטטו גרף המתאר את התארכות הקפיץ כפונקציה של מספר המשקולות (הציר האנכי יסמל את התארכות הקפיץ והציר האופקי את מספר המשקולות).

ד. הכניסו את התוצאות שכתבתם בטבלה לגיליון אלקטרוני וסרטטו בעזרתו גרף המתאר את התארכות הקפיץ כפונקציה של מספר המשקולות.

ה. השוו בין הגרף שסרטטתם במחברת לבין הגרף שקיבלתם במחשב. מעתה תוכלו להיעזר בגיליון אלקטרוני כל אימת שתמצו לסרטט גרפים.

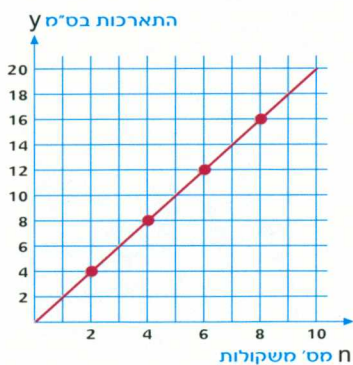


הגרף משמאל מתאר את הקשר בין התארכות הקפיץ לבין מספר המשקולות. הגרף מתאים לתוצאות שבטבלה: הגרף הוא ישר שעובר דרך ראשית הצירים, לכן אפשר להסיק שהתארכות הקפיץ נמצאת ביחס ישר למספר המשקולות שתולים בקצה הקפיץ.



### אינטרפולציה ואקסטרפולציה

אפשר לייצג תוצאות ניסוי בדרכים שונות: בטבלה, וכן בגרף. מספר יתרונות יש לגרף על טבלת מדידות שכתבתם. הגרף מאפשר מבט מהיר על החוקיות – הקשר בין שני המשתנים. למשל, אם תוצאות ניסוי מתוארות על-ידי קו ישר שעובר דרך ראשית הצירים אנו יודעים כי קיים יחס ישר בין שני המשתנים שחקרנו. נסו לקבוע מהי התארכות הקפיץ אם תולים בקצהו 3 משקולות. בדקו את נכונות ההשערה שלכם בניסוי מתאים.



באמצעות הגרף אפשר לקבוע במהירות תוצאה של ניסוי שבו המשתנה הבלתי תלוי נמצא בין שני ערכים שנעשתה בהם מדידה. פעולה שבה אנו מסיקים מסקנות בעבור ערכים הנמצאים בתוך תחום שגבולותיו נקבעו במדידה נקראת **אינטרפולציה**.



באמצעות גרף אפשר לנבא מה היה קורה לו ביצענו מדידות מעבר לתחום שבדקנו.

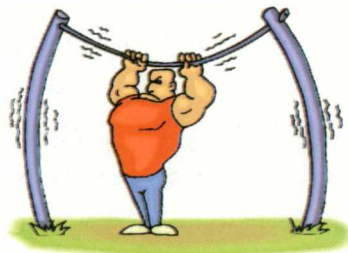
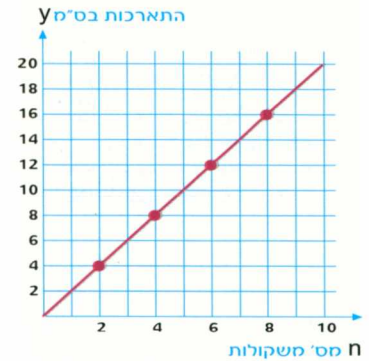
א. קבעו מה תהיה התארכות הקפיץ אם נתלה בקצהו 10 משקולות.  
ב. תארו כיצד תמצאו זאת באמצעות הגרף. איזו תוצאה קיבלתם? פעולה שבה אנו מסיקים מסקנות מעבר לתחום שבו נערכו מדידות מכנים **אקסטרפולציה**.

ג. האם האקסטרפולציה מותרת? כלומר, האם זה ודאי שאמנם התארכות הקפיץ בעבור 10 משקולות תשווה לערך שמצאתם בעזרת הגרף? אפשר להסיק מסקנות מעבר לתחום המדידה בניסוי, אך יש לעשות זאת בזהירות ולא לחרוג הרבה מעבר לתחום שבו נערכו מדידות ממש.

ד. מה, לדעתכם, תהיה התארכות הקפיץ אם נתלה בקצהו 30 משקולות? מן הגרף אפשר למצוא את ההתארכות. אך האם במציאות הקפיץ יתנהג כך?

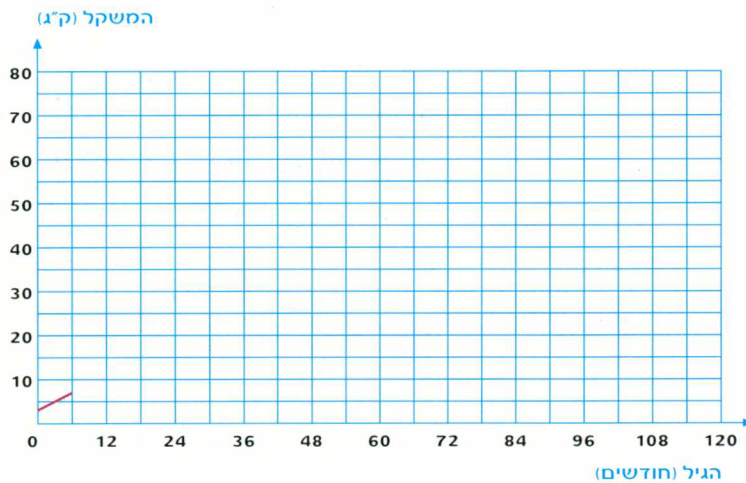
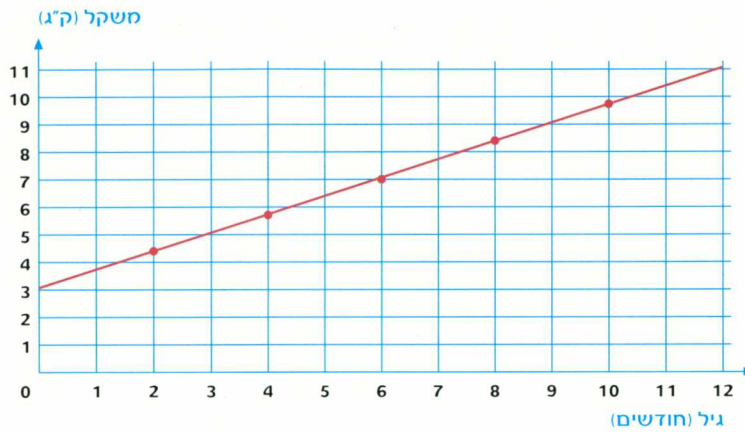
ה. נסחו מסקנות מן הדיון.

ניסויים שונים מראים כי קיים גבול לאלסטיות של קפיץ. כוח גדול מדי ימתח את הקפיץ עד שהוא יאבד את תכונותיו האלסטיות. הכוח המרבי שאפשר להפעיל על הקפיץ (מבלי שיאבד את תכונותיו האלסטיות) הוא **גבול האלסטיות**.





הגרפים הבאים מתארים את משקלו של תינוק בששת החודשים הראשונים לחייו (הגרפים שונים בקנה המידה).



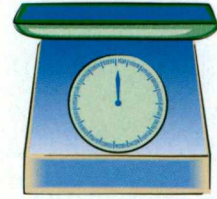
- א. מהו משקלו של הילד בגיל חודשיים וחצי? באיזה גרף השתמשתם? מדוע? האם זה באמת משקלו של תינוק בגיל הזה? הסבירו.
- ב. נסו לשער מה יהיה משקל הילד בגיל 10 חודשים? באיזה גרף השתמשתם? מדוע? האם התחזיות שלכם נראות סבירות (מציאותיות)? הסבירו.
- ג. נסו לשער מה יהיה משקל הילד בגיל 6 שנים (72 חודשים). האם התחזיות שלכם נראות סבירות (מציאותיות)? הסבירו.
- ד. סרטטו גרף מקורב (סקיצה) שיתאר את משקלו של ילד כפונקציה של גילו מיום היוולדו עד היותו בן 20 שנים.



## מד כוח, יחידות הכוח

למדו להכיר את תכונותיו של הקפיץ:

כאשר מפעילים כוח על קפיץ (באמצעות היד או בתליית משקולות בקצהו) הקפיץ מתארך. התארכות הקפיץ היא ביחס ישר לגודל הכוח שמפעילים. כאשר מפסיקים את פעולתו של הכוח (הכוח שמפעילים שווה אפס) הקפיץ חוזר לאורכו המקורי, כלומר ההתארכות שווה לאפס. אפשר לנצל תכונות אלה של הקפיץ כדי להכין מד כוח.



א. קחו את הקפיץ המוכר לכם מן הניסוי הקודם. מדדו את אורכו במצב רפוי. עתה מתחו את הקפיץ ומדדו את אורכו במצב החדש (אל תמתחו את הקפיץ יותר מדי). מהו הכוח שהפעילו ידיכם על הקפיץ?

רמז: כמה משקולות צריך לתלות בקצה הקפיץ כדי לגרום להתארכותו באותה מידה? העזרו בגרף ששרטטתם בניסוי.

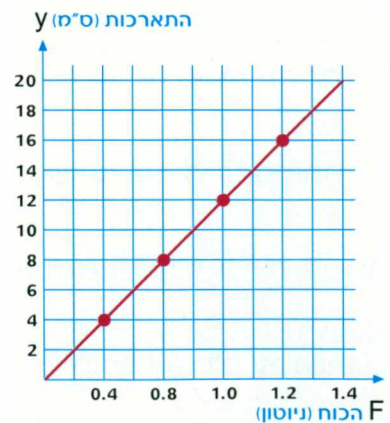
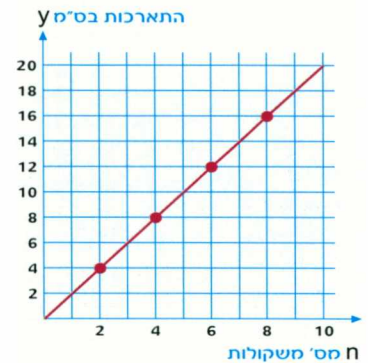
ב. במקום למדוד את התארכות הקפיץ ולתרגם את ההתארכות לכוח בעזרת הגרף, אפשר להצמיד לקפיץ סרגל שעליו יירשם הכוח (שווה ערך למספר משקולות). מכשיר כזה יכול לשמש מד כוח.

מהו התנאי שגם אנשים אחרים, אשר לא נוכחו בניסוי ידעו מהו גודל הכוח שהפעלנו?

כמו בכל גודל שאנו מודדים, גם בעבור הכוח דרושה יחידה תקינה, אשר תהיה מקובלת בקרב אנשים בעולם. יחידת הכוח המקובלת במדע היא ניוטון. את ההגדרה המדויקת לניוטון נלמד בהמשך. לפי שעה נאמר: כוח של 1 ניוטון מותח את הקפיץ של מד כוח באותה מידה שמשקולת של 102 גרם, תלויה בקצהו, מותחת אותו.

מכאן נובע שמשקלה של משקולת כזאת הוא 1 ניוטון. בניסויים שערכתם בכיתה השתמשתם במשקולות. אפשר להראות כי 5 משקולות כאלה מפעילות על הקפיץ כוח של 1 ניוטון. כלומר כל משקולת התלויה בקצה הקפיץ מפעילה על הקפיץ כוח של 0.2 ניוטון.

מד הכוח שבו נשתמש במעבדה מכיל ביחידות ניוטון.



## כיצד מאפיינים קפיץ?



מנסיונכם בעבודה עם קפיצים הזדמן לכם לעבוד עם קפיצים שונים. נניח שאתם נכנסים לחנות כדי לקנות קפיץ. נסו לתאר למוכר איזה קפיץ בדיוק אתם מבקשים. גם אחרי התיאור שמסרתם המוכר ימשיך לשאול: אבל איזה קפיץ אתם רוצים; קשה, רך? במיגוון הקפיצים המוכרים לכם ודאי נתקלתם בקפיצים רכים יחסית, כמו הקפיץ בעט הכדורי, ובקפיצים קשים כמו הקפיצים במכונת או במערכת קפיצים לאימון גופני. כיצד אפשר לבקש מן המוכר את הקפיץ המתאים? הרי התיאורים רך וקשה הם יחסיים!!



ניסוי

### מיון קפיצים



במעבדה נמצאים מדי כוח שונים. בקשו מהמורה שניים-שלושה מדי כוח שונים.

א. תחילה נסו למתוח את הקפיצים של מדי הכוח ומיינו אותם על פי "מידת הקושי" שלהם.

ב. קחו סרגל ובדקו על כל אחד ממדי הכוח איזה כוח דרוש כדי למתוח את הקפיץ בסנטימטר.

ג. האם קיימת התאמה בין "קושי" הקפיץ לבין הכוח שדרוש למתוח את הקפיץ בסנטימטר?

ד. חשבו איזה כוח צריך להפעיל על כל אחד מן הקפיצים שבדקתם כדי להאריכו במטר אחד. הגודל שחישבתם (בסעיף ד) הוא גודל שמאפיין קפיץ. גודל זה מכונה קבוע הקפיץ.



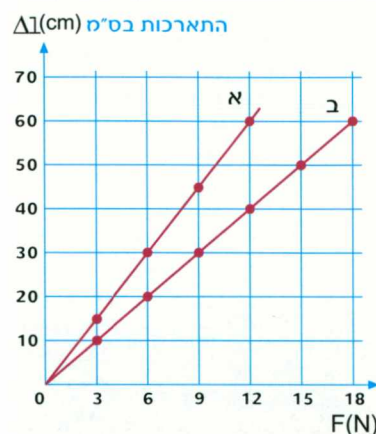
קבוע הקפיץ מראה איזה כוח (ביחידות ניוטון) דרוש כדי להאריך את הקפיץ במטר אחד, ולכן יחידות קבוע הקפיץ הן  $\frac{\text{ניוטון}}{\text{מטר}}$ .



- ה. כתבו את הקבועים של הקפיצים במדי הכוח שבדקתם.
- ו. קבלו קפיץ מהמורה. תכננו את הצעדים שתנקטו כדי למצוא את הקבוע שלו. בקשו מהמורה את האמצעים הדרושים לכך ועשו זאת הלכה למעשה.
- ז. לרשותכם מבחר קפיצים. איזה קפיץ תעדיפו לבניית מד כוח? הסבירו.



- לרשות תלמידים עמדו שני קפיצים – א ו-ב, משקולות בנות 3 ניוטונים כל אחת וסרגל. כדי לחקור את תכונות הקפיצים, תלו התלמידים משקולות על כל קפיץ וכתבו בכל פעם את התארכות הקפיץ. בגרף מימין מתוארת ההתארכות ( $\Delta l$ ) של כל קפיץ כפונקציה של הכוח שהופעל עליו.
- א. איזה כוח צריך להפעיל על כל קפיץ כדי להאריכו ב-60 סנטימטר?
- ב. קפיץ א התארך ב-45 סנטימטר כאשר התלמידים תלו עליו גוף מסוים. מה משקלו של גוף זה?
- ג. בכמה יתארך קפיץ ב אם יתלו בקצהו את המשקולת הנ"ל?
- ד. איזה משני הקפיצים נוקשה יותר? נמקו.
- ה. חשבו את הקבוע של כל אחד מהקפיצים.

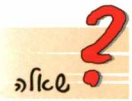


### סדרי גודל של כוחות

גודל הכוח (בניוטון)	כוחות
$3.5 \times 10^{22}$	משיכה גרביטציונית בין השמש לארץ
$2.0 \times 10^{20}$	משיכה גרביטציונית בין הארץ לירח
$3.0 \times 10^7$	דחף של מנוע טיל (סטורן V)
$5 \times 10^6$	משיכה של קטר
$10^6$	משיכה של ספינת גרר גדולה
$8 \times 10^5$	דחף של מנוע סילון (בואינג 747)
$\approx 10^4$	משיכה בין שני פרוטונים בגרעין אטום
$7 \times 10^2$	משיכה גרביטציונית בין הארץ ואדם ממוצע
$\approx 10^{-7}$	משיכה בין אלקטרון לפרוטון באטום המימן

# כוחות באינטראקציה

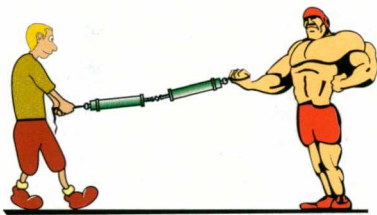
מי משני הכוחות הפועלים באינטראקציה גדול יותר?



סוס מושך עגלה, ואילו העגלה מושכת את הסוס בכיוון נגדי. אנו מדברים על אינטראקציה בין שני גופים: כאשר גוף א מפעיל כוח על גוף ב, גם גוף ב מפעיל כוח על א בכיוון הנגדי. מי מפעיל כוח גדול יותר הסוס על העגלה, או העגלה על הסוס?



## כוחות בין שני קפיצים זהים



ראובן ושמעון אחזים בקצותיהם של שני קפיצים זהים המחוברים זה לזה. ראובן הבריון מתרברב ואומר לשמעון "אני יותר חזק ממך לכן אוכל למתוח את הקפיץ שבידי הרבה יותר ממה שאתה תוכל למתוח את הקפיץ שבידך". שניהם מושכים בכוח בקצות הקפיצים שבידיהם. מי משניהם מושך בכוח רב יותר? איזה קפיץ מבין שני הקפיצים יתארך יותר?

א. שני הקפיצים יימתחו במידה שווה.

ב. הקפיץ שבידי ראובן יתארך יותר.

ג. הקפיץ שבידי שמעון יתארך יותר.

נסו לערוך בכיתה תחרות כמו בין ראובן ושמעון, מדדו והיווכחו מי מן התלמידים צדקו. נסחו את המסקנה מהניסוי.



## כוחות בין שני קפיצים שונים

על השולחן מונחים שני מדי כוח א ו-ב.

א. הפעילו כוח (לא גדול מדי) על כל אחד מהם בנפרד. האם הקפיצים בשני מדי הכוח זהים?

ב. התבוננו במדי הכוח. מהם ההבדלים ביניהם?



- ג. חברו את הקצוות של שני מדי הכוח ומשכו את הקצוות החופשיים בידים (ראו איור). כתבו כמה מורים מדי הכוח.
- ד. השאירו את יד ימין יציבה ומשכו את מד הכוח ביד שמאל; כתבו כמה מורים מדי הכוח.
- ה. השאירו את יד שמאל יציבה (אל תימשכו); רק אחזו איתן בקצה מד הכוח). משכו את מד הכוח שבידכם הימנית. כתבו כמה מורים מדי הכוח.
- ו. נרשום מסקנה מהניסוי באמצעות התבנית הבאה:



קפיץ א מפעיל כוח שגודלו  $F_1$  על קפיץ ב. קפיץ ב מפעיל כוח שגודלו  $F_2$  על קפיץ א. הכוח שמפעיל קפיץ א על קפיץ ב שווה בגודלו ( $F_1 = F_2$ ) והפוך בכיוונו לזה שמפעיל קפיץ ב על קפיץ א.



ניסוי

### מי מושך חזק יותר?

שני תלמידים עשו סידרת ניסויים כמתואר להלן:

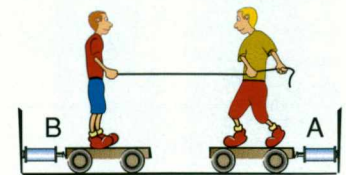
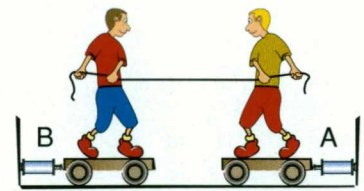
שני תלמידים עומדים על עגלות A ו-B. העגלות קשורות לקירות באמצעות מדי כוח. התלמידים כורכים חבל סביב מותניהם.

מקרה א:

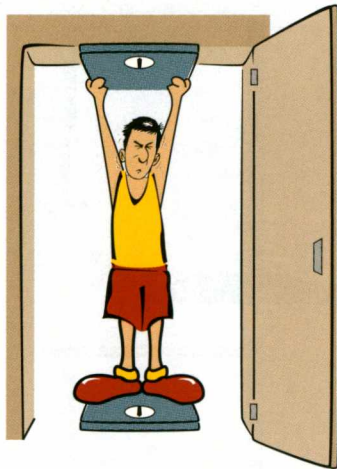
שני התלמידים מושכים זה את זה.

מקרה ב:

אחד התלמידים על עגלה A מושך (ואוסף את החבל) את התלמיד האחר שעומד על עגלה B ואוחז בחוזקה בחבל.



מתברר שבכל מקרה שני מדי הכוח מורים על כוחות שווים. כלומר על שתי העגלות פעלו כוחות שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.



### אינטראקציה בין אדם לבין משקוף הדלת

- את הניסוי ידגים אחד התלמידים בכיתה. עקבו אחרי ההדגמה, תוכלו להתנסות בכך בהמשך.
- עמדו על מאזני קפיץ כשבידיכם מאזניים נוספות. קראו את הוראת שני המכשירים וכתבו אותה.
  - הרימו את המאזניים שבידיכם והשעינו אותם על משקוף הדלת, הפעילו כוח (בדחיפה) על המאזניים שבידיכם.
  - קראו ורשמו את הוראת המאזניים עליהם אתם עומדים וכן את הוראת המאזניים שאתם דוחפים בידיים.
  - בכמה גדלה הוראת המאזניים עליהם עמדתם? השוו תוצאה זו לכוח שהפעלתם על המאזניים שבידיכם.
  - רשמו מסקנה מן הניסוי.



### גוף טבול בנוזל (חלק א)

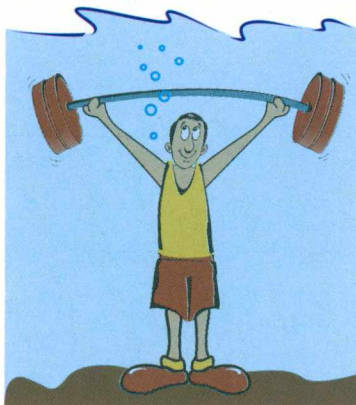
כאשר טובלים גוף בנוזל, הנוזל מפעיל עליו כוח כלפי מעלה. כוח זה מכונה כוח עילוי. כוח העילוי הוא הסיבה לכך שקל יותר להרים גוף שטבול בנוזל לעומת גוף זהה שאיננו טבול בנוזל. האם אפשר למדוד את כוח העילוי שנוזל מפעיל על גוף?

תלמידים משוחחים:

ענבר: לדעתי רק נדמה לנו שהגוף קל יותר בנוזל, ולכן אי אפשר למדוד כוח עילוי.

עופר: אם נרכיב משקפי קסם, נתאר לעצמנו שבתוך הנוזל נמצאים גמדים אשר מרימים את הגוף מעלה, ולכן קל לנו לשאת גוף השקוע בתוך בריכת מים, למשל.

נועם: כיצד נמדוד את הכוח שהגמדים מפעילים על הגוף השקוע בתוך המים?



תום: אני חושב שאפשר למדוד את כוח העילוי. צריך למדוד את הכוח שגוף מפעיל על קפיץ לפני שמשקיעים אותו במים. אחר כך צריך למדוד את הכוח שהגוף מפעיל על אותו קפיץ כשהוא שקוע במים.

יוני: יופי! אם הכוח שיורה הקפיץ כאשר הגוף שקוע במים יהיה קטן מן הכוח שהקפיץ מורה כאשר הגוף מחוץ למים, ברור שקיים כוח שפועל על הגוף כלפי מעלה. כוח העילוי יהיה שווה להפרש בין הכוח  $W_1$  שמפעיל הגוף על הקפיץ בהיותו מחוץ למים לבין הכוח  $W_2$  שהגוף השקוע במים מפעיל על הקפיץ.

מה דעתכם על ההצעה של תום ושל יוני? אתם מתבקשים לערוך את המדידות הלכה למעשה ולחשב את גודלו של כוח העילוי.



לפניכם תרשים כוחות הפועלים על הגוף התלוי בקצה מד הכוח באוויר. באופן דומה סרטטו במחברת תרשים כוחות הפועלים על הגוף, כאשר הגוף תלוי בקצה מד הכוח ושקוע בתוך המים.

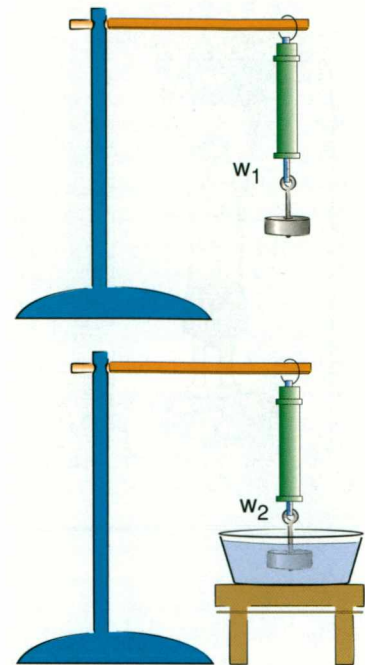


### גוף טבול בנוזל (חלק ב)

#### נמשיך בניסוי הקודם

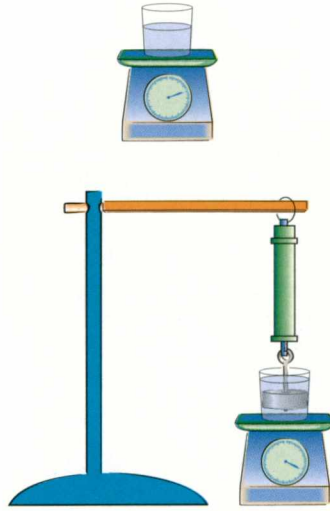
מסתבר כי המים מפעילים על הגוף השקוע בהם כוח כלפי מעלה. למדנו כי כוחות מופיעים בזוגות ולכן גם את האינטראקציה בין הגוף לבין המים נתאר באמצעות צמד כוחות. המים מפעילים כוח על הגוף השקוע בהם, ובה בשעה הגוף השקוע במים מפעיל כוח על המים בכיוון הנגדי

האם אפשר למדוד את הכוח שהגוף השקוע במים מפעיל על המים? נסו להשתמש ברעיונות של הניסוי "אינטראקציה בין אדם לבין משקוף הדלת" שבעמוד 55 לביצוע המדידה. בניסוי זה נוכחתם כי עם הפעלת



הכוחות הפועלים על הגוף התלוי בקצהו של מד הכוח.

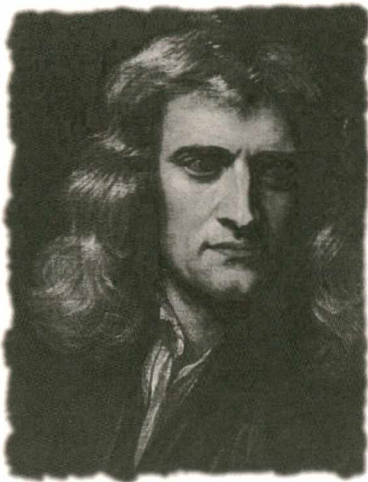




כוח על המאזניים מעלה כנגד משקוף הדלת, המשקוף מפעיל על המבצע כוח נגדי מטה, והתוצאה היא שהוראת המאזניים עליהם עמד מבצע הניסוי גדלה.

מכאן מתבררת השיטה למדידת הכוח שהגוף השקוע במים מפעיל על המים: קחו מִקְל מים, הניחו אותו על מאזני קפיץ (מד כוח) ורשמו את הכוח  $F_1$  שמפעיל מִקְל המים על מאזני הקפיץ (כמתואר באיור). עתה תלו בחוט את הגוף שאיתו עבדתם, הכניסו אותו בהדרגה לתוך המים תוך צפייה בהוראת מאזני הקפיץ שעליהם עומד מִקְל המים. מה אתם רואים? כאשר כל הגוף שקוע בתוך המים (מבלי לנגוע בדפנות או בתחתית המִקְל) קראו את הוראת מאזני הקפיץ  $F_2$ . בכמה עלתה הוראת מאזני הקפיץ אחרי שהגוף שקע במים, לעומת הוראת מאזני הקפיץ לפני שהגוף הוכנס למים? מדוע, לדעתכם, השתנתה הוראת מאזני הקפיץ?

חשבו את הכוח שהגוף השקוע במים הפעיל על המים. השוו את התוצאה שקיבלתם בעבור כוח העילוי לבין הערך שהתקבל בעבור הכוח שהמים הפעילו על הגוף. נסחו את המסקנה מן התוצאות.



אייזק ניוטון (1642–1727)

העיקרון שמצאנו מכונה **החוק השלישי של ניוטון**, על שמו של המדען אייזק ניוטון (Isaac Newton) אשר ניסח את חוקי המכניקה בספרו "עקרונות מתמטיים של פילוסופיית הטבע".

מהניסויים המתוארים לעיל ומניסויים אחרים, אנו למדים כי הכוחות בטבע עשויים להיות שונים מאוד זה מזה, אך דבר אחד משותף לכולם: כל הכוחות מופיעים בצמדים אשר כיווניהם הפוכים, וגודליהם שווים. להזכירכם, כל אחד מן הכוחות בצמד פועל על גוף אחר. כלל זה אינו מתייחס לתופעה מסוימת או לאינטראקציה מסוימת, אלא לכלל הכוחות בטבע. ניוטון סבר שכלל זה הוא חוק טבע בסיסי וניסח את החוק הידוע בשם **החוק השלישי של ניוטון**: באינטראקציה בין שני גופים כל גוף מפעיל כוח על האחר. כוחות אלה שווים בגודלם והפוכים בכיווניהם.

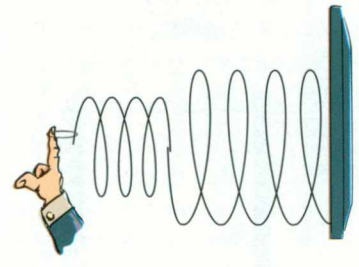
באינטראקציה בין גופים א ו-ב: גוף א מפעיל כוח שגודלו  $F_1$  על גוף ב, וגוף ב מפעיל כוח שגודלו  $F_2$  על גוף א. הכוח שמפעיל גוף א על גוף ב שווה בגודלו ( $F_1 = F_2$ ) והפוך בכיוונו לזה שמפעיל גוף ב על גוף א.



**שאלה ?**

הקפיצים באיור א קשורים. אם מושכים את הקפיץ השמאלי הקפיצים מפעילים כוחות זה על זה.

א. תארו את האינטראקציה בין האצבע לבין הקפיץ.  
 ב. תארו את האינטראקציה בין שני הקפיצים.  
 ג. מי משני הקפיצים מפעיל על משנהו כוח גדול יותר?  
 ד. האם שני הקפיצים התארכו באותה מידה?



איור א

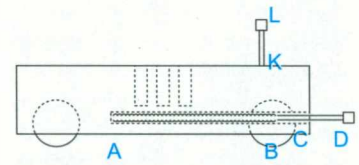
**נלשף אנליזה**

דני ויוסי עומדים על גלגליות (או סקייטבורד). דני דוחף את יוסי ושניהם נעים בכיוונים מנוגדים. דני הרזה נע הרבה יותר מהר, הכיכד? יוסי טוען שהוא הפעיל על דני כוח גדול יותר מן הכוח שדני הפעיל עליו, לכן דני נע מהר יותר ממנו. מה דעתכם? הניסויים הבאים יעזרו לכם לענות על השאלה.

**ניסוי**

**האם כוחות שווים הפועלים על גופים שונים גורמים לתוצאות שוות?**

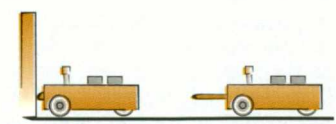
לרשותכם שתי עגלות שמשקלן שווה, משקולות ומעצורים. באחת משתי העגלות מצוי קפיץ (AB איור ב) שאפשר לכווץ ולדחוס פנימה באמצעות מוט (CD). אם נכה מבחוץ בקנה (KL) ישתחרר הקפיץ.



איור ב

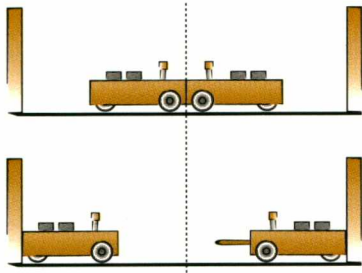
**חלק א**

א. הכניסו לעגלה עם הקפיץ 2 משקולות, כווצו את הקפיץ. הצמידו את העגלה לקיר ושחררו את הקפיץ. תארו מה קרה.  
 ב. חזרו על הניסוי שבסעיף א, הפעם הכניסו 6-8 משקולות לעגלה. נסו לחזות מה יקרה לפני שתבצעו את הניסוי. בצעו את הניסוי. מהו ההבדל בתוצאות בין הניסוי הנוכחי (ב) לבין הניסוי שבסעיף הקודם (א)?



איור ג

ג. באיזה ניסוי פעל על העגלה כוח גדול יותר? מדוע?



איור 7

ד. במה נבדלו הגופים בשני הניסויים?

המסקנה מתשובותיכם לסעיפים א-ד היא כי אותו כוח הפועל על גופים שונים יכול לגרום לתוצאות שונות

חלק ב

מה יקרה אם במקום הקיר תעמוד עגלה נוספת?

- ה. הכניסו לכל עגלה 2 משקולות, כווצו את הקפיץ. הצמידו את שתי העגלות זו לזו, עתה שחררו את הקפיץ. תארו במילים מה קורה. איזו עגלה הפעילה כוח על האחרת? האם הכוחות היו שווים? נמקו!
- ו. הוסיפו לעגלה עם הקפיץ 2 משקולות וחזרו על הניסוי שבסעיף ה. תארו במילים מה קורה, במה שונה תוצאת הניסוי הפעם? איזו עגלה הפעילה כוח על האחרת? האם הכוחות היו שווים? נמקו!
- ז. הפעם בעגלה עם הקפיץ הכניסו 2 משקולות ובעגלה האחרת – 4 משקולות.

נסו לשער מה יקרה כאשר נשחרר את הקפיץ. עשו את הניסוי. האם ההשערה שלכם התאמתה?

ח. העמיסו בעגלה אחת 8 משקולות ואת השנייה השאירו ללא משקולות. שחררו את הקפיץ. תארו מה קורה לכל אחת מן העגלות. תארו את האינטראקציה בין שתי העגלות.

מן הניסויים שבחלק ב נוכחנו שוב כי:

- א. בכל מקרה פעולת כוחות בין שני גופים היא הדדית. במילים אחרות, בשעה שגוף אחד מפעיל כוח על גוף אחר, גם השני מפעיל כוח על הראשון. יתרה מזאת, הניסיון מראה כי שני הכוחות שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.
- ב. בנוסף לכך נוכחנו כי אותו כוח הפועל על גופים שונים (שמשקלם שונה) יכול לגרום לתוצאות שונות.
- ג. בחיי יום-יום אנו קובעים את גודל הכוח על פי התוצאה בלבד. בניסוי זה למדנו שקביעה כזאת לא בהכרח נכונה. התוצאה של הפעלת כוח על גוף תלויה הן בגודל הכוח והן בגוף שעליו הכוח פועל.





311

### תאונות דרכים בכביש - למי יש סיכוי?

1. הקפיצים המחוברים לשתי המכוניות זהים (איור א). המכונית השמאלית נוסעת ופוגעת במכונית הימנית הנחה. בהתנגשות, איזה קפיץ מתכווץ יותר?
  - א. הקפיץ על המכונית שבתנועה.
  - ב. הקפיץ על המכונית הנחה.
  - ג. שני הקפיצים מתכווצים במידה שווה.



איור א

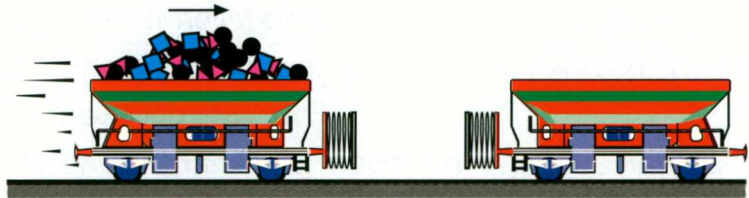
2. נניח כי שתי המכוניות נעות זו לקראת זו ומתנגשות: האם התשובה לשאלה הקודמת תשתנה?

3. המכונית השמאלית נעה ופוגעת במכונית הימנית שעומדת (איור ב). בהתנגשות, על איזו מכונית מופעל כוח גדול יותר?
  - א. על המכונית הימנית הנחה.
  - ב. על המכונית השמאלית הנעה.
  - ג. כוחות שווים על שתי המכוניות.



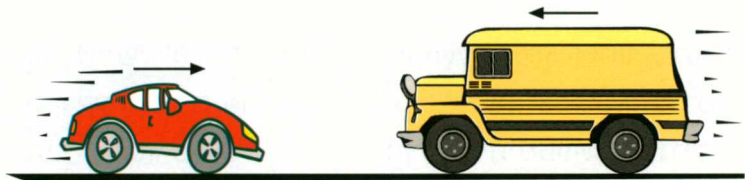
איור ב

4. הקפיצים המחוברים לשני הקרונות זהים. הקרון הימני קל יותר מהקרון השמאלי. הקרון הימני במנוחה והקרון השמאלי נע ופוגע בקרון הנח. בהתנגשות, איזה קפיץ מתכווץ יותר?
- א. הקפיץ של הקרון הקל יותר שנמצא במנוחה.  
 ב. הקפיץ של הקרון הכבד יותר שנמצא בתנועה.  
 ג. שני הקפיצים מתכווצים במידה שווה.



איור ג

5. משאית עמוסה נעה ומתנגשת במכונית פרטית שנוסעת לקראתה.
- א. בהתנגשות, מי מבין המכוניות מפעילה כוח גדול יותר על האחרת?
- ב. איזו מכונית ניזוקה יותר?



איור ד



1. שני תלמידים יושבים על כסאות משרדיים זהים. משקלו של תלמיד א הוא 700 ניוטון, ושל תלמיד ב-450 ניוטון. תלמיד א מניח את כפות רגליו על ברכיו של תלמיד ב, ולפתע מיישר את רגליו. איזה מבין המשפטים הבאים הוא הנכון?
  - א. אף לא אחד מהתלמידים הפעיל כוח על האחר.
  - ב. תלמיד א הפעיל כוח על ב, אך ב לא הפעיל כוח על א.
  - ג. כל אחד מהתלמידים הפעיל כוח על האחר, אך תלמיד ב הפעיל כוח גדול יותר.
  - ד. כל אחד מהתלמידים הפעיל כוח על האחר, אך תלמיד א הפעיל כוח גדול יותר, ולכן תלמיד ב נע מהר יותר.
  - ה. הכוחות שהתלמידים הפעילו זה על זה שווים בגודלם.



- 2.\* עגלון רתם סוס לעגלה והאיץ בו לצאת לדרך. אולם הסוס אשר הכיר את חוקי ניוטון פתח פיו ואמר: "הרי ידוע שבשעה שאני מושך את העגלה קדימה, העגלה מושכת אותי כוח אחורה. שני הכוחות שווים ומנוגדים ולכן אין סיכוי שאצליח להזיז את העגלה." מה דעתכם?

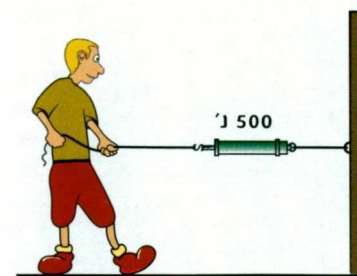


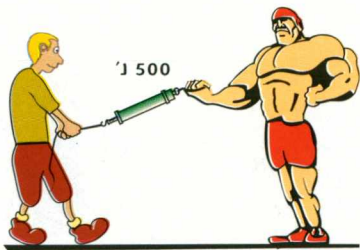
3. אב שמשקלו 800 ניוטון ובנו שמשקלו 500 ניוטון עומדים על הקרקע ודוחפים זה את זה בכל כוחם. האב ובנו נשארים במקומם מבלי שיצאו משיווי משקל. מי מן השניים מפעיל כוח גדול יותר?

4. באיור רואים נער המושך בחבל בכל כוחו. מד הכוח מורה על 500 ניוטון.

- א. האם הנער מושך את החבל בכוח של 500 ניוטון?
- ב. האם הקיר מפעיל על החבל כוח של 500 ניוטון? מדוע?

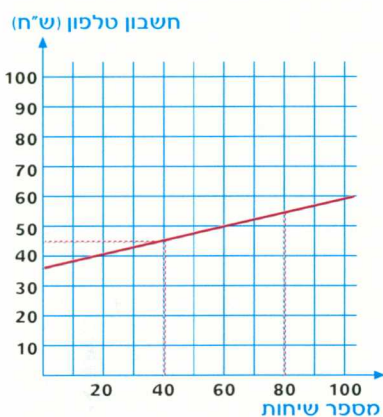
- מתירים את החבל מן הקיר. במקום הקיר מושך אדם חזק בקצה החבל, לעומתו בקצה השני האיש מושך בחבל בכל כוחו כמו במקרה הקודם. (הנער נותר במקום בלי תזוזה).





- ג. מד הכוח מורה על כוח:  
 גדול מ-500 ניוטון / קטן מ-500 ניוטון / שווה ל-500 ניוטון?  
 ד. הכוח שהאיש החזק מפעיל על החבל:  
 גדול מ-500 ניוטון / שווה ל-500 ניוטון / קטן מ-500 ניוטון?

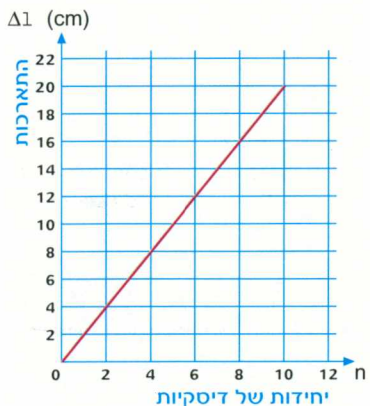
5. חשבון הטלפון מורכב מסכום חודשי קבוע (דמי שירות) וממחיר לכל פעימת מונה. לפניכם גרף המתאר את התשלום החודשי בש"ח כתלות במספר פעימות מונה:



- א. ציינו מה מתאר כל ציר.  
 ב. מהו הסכום החודשי הקבוע?  
 ג. מהו מחירה של כל פעימת מונה?  
 ד. היעזרו בגרף כדי לענות על השאלות הבאות:  
 דיברתי 250 פעימות מונה, במה יסתכם חשבון הטלפון שלי?  
 שילמתי 150 ש"ח חשבון טלפון, כמה פעימות מונה דיברתי?

6. לפניכם חלק מתוצאות ניסוי שתלמידים ביצעו במעבדה. הם התבקשו לתאר בגרף קשר בין הכוח הפועל על קפיץ לבין התארכות הקפיץ.  
 א. השלימו את הטבלה.  
 ב. סרטטו את הגרף שהתלמידים התבקשו לסרטט.

התארכות הקפיץ	אורך הקפיץ	n מספר דיסקיות
0	10	0
4	14	1
	18	2
	22	3
16		4



7. לפניכם גרף המתאר את ההתארכות  $\Delta l$  של קפיץ בהשפעת כוח המופעל עליו:  
 א. מהי מידת התארכותו של קפיץ זה, אם פועל עליו כוח על ידי 4 דיסקיות? ועל ידי 6 דיסקיות?  
 ב. כמה דיסקיות תלויות על קפיץ זה אם התארכותו היא 10 ס"מ?  
 22 ס"מ?



8. לפניכם תרשים המתאר את התארכותם של שלושה קפיצים

שונים בהשפעת כוח המופעל עליהם?

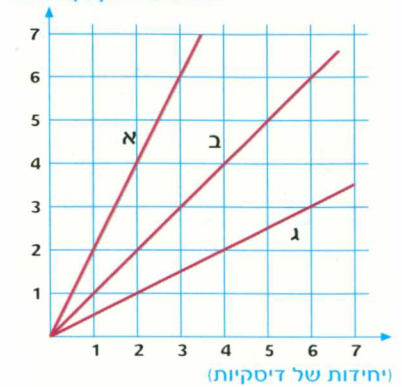
א. כמה דסקיות יש לתלות על כל קפיץ, כדי שיתארך ב-4 ס"מ?

ב. בכמה סנטימטרים מתארך כל אחד מן הקפיצים, כאשר מופעל עליו כוח על ידי דסקית אחת?

ג. איזה מבין שלושת הקפיצים הוא הקפיץ הקשה ביותר? ואיזה הוא הקפיץ הרך ביותר? נמקו.

ד. במקום התיאור "קשה", "רך", מהו המונח הפיסיקלי שמבטא זאת?

התארכות הקפיץ (ס"מ)



9. הגרפים בתרשים מתארים את הכוח הדרוש כדי להאריך שלושה

קפיצים שונים כפונקציה של ההתארכות.

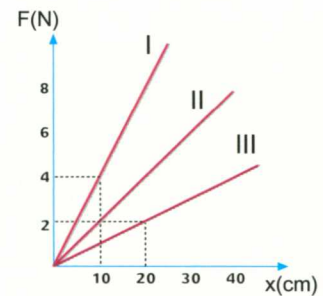
א. חשבו את קבוע הקפיצים.

ב. דרגו את הקפיצים מהחזק לחלש.

ג. בכמה סנטימטרים יתארך כל קפיץ אם יפעילו על כל אחד מהם כוח של 25N?

ד. איזה כוחות הופעלו על כל קפיץ אם כל אחד התארך ב-50

ס"מ, בהנחה שאפשר להאריך את הקפיצים מעבר ל-50 ס"מ?



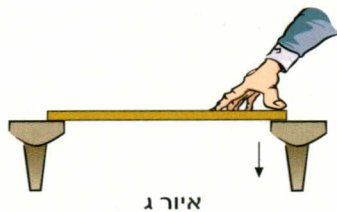
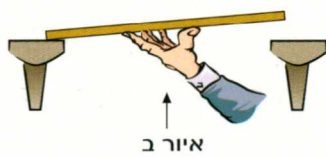
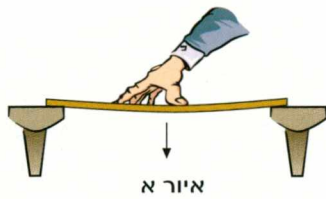




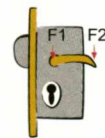
# פרק ג כוחות ותכונותיהם

## מאפייני הכוח

התבוננו בניסויים המתוארים באיורים א-ג והשיבו על השאלות הבאות:  
1. בכל אחד מן האיורים (א, ב, ג) היד מפעילה כוח בן 10 ניוטון על הקורה. האם השינויים שנגרמים לקורה שווים?



2. אדם מנסה לפתוח דלת באצבע אחת. בניסיון הראשון הוא מפעיל על הידית כוח  $F_1$  ובניסיון השני הוא מפעיל עליה כוח  $F_2$  (ראו איור). שני הכוחות  $F_1$  ו- $F_2$  הפועלים על ידית הדלת שווים בגודל ובכיוון.



האם תוצאת פעולתם על ידית הדלת שווה? הסבירו.

אם נאמר כי על גוף המונח על משטח אופקי מופעל כוח של 3 ניוטונים לא יהיה זה תיאור מלא, שהרי אפשר להפעיל כוח של 3 ניוטונים בכיוונים שונים. תיאור מלא יותר מחייב מלבד ציון **גודל** הכוח גם ציון **הכיוון** שבו הוא פועל.

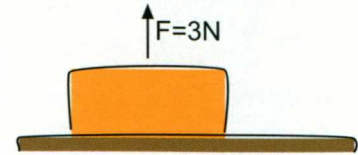
לדוגמה: "כוח בן 3 ניוטונים מושך גוף לכיוון ימין במקביל למשטח האופקי שעליו הוא מונח" (איור א), או "כוח אנכי בן 3 ניוטונים פועל על הגוף כלפי מעלה" (איור ב).

למעשה גם תיאור זה עדיין אינו מלא, אפשר להפעיל על גוף כוחות השווים בגודלם ובכיוון פעולתם ובכל זאת תהיה השפעתם על הגוף שונה. אפשר להדגים זאת בניסוי פשוט (איור ג): הניחו עיפרון או סרגל על השולחן. הפעילו כוח  $F_1$  (במקביל לשולחן) בקצה הימני של העיפרון. תארו מה קורה. מה יקרה אם יופעל כוח  $F_2$  באותו כיוון אבל בקצה השמאלי של העיפרון? נסו זאת. מה קורה?

מכאן שמלבד הגודל והכיוון יש לציין גם את הנקודה בגוף שבה פועל הכוח, נקודה זו נקראת **נקודת האחיזה** של הכוח. בניסוי האחרון נוכחתם כי אם מפעילים כוחות שווים בנקודות שונות של העיפרון, התוצאה שונה.



איור א



איור ב



איור ג

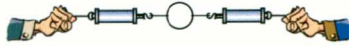
**תוצאת פעולתו של כוח על גוף תלויה בשלושה גורמים: גודל הכוח, היכן מפעילים אותו ובאיזה כיוון**

נהוג לתאר כוח בחץ כך: כיוון החץ הוא בכיוון פעולת הכוח, אורך החץ מתאים לגודל הכוח (בקנה מידה) וקצה החץ או ראשיתו מורים על נקודת האחיזה של הכוח.

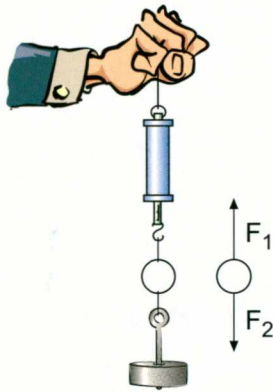
## מה קורה כאשר שני כוחות שווים ומנוגדים פועלים על גוף?

למדנו כי גוף יכול להשתתף במספר אינטראקציות גם יחד. התנהגות הגוף נקבעת על ידי כל האינטראקציות. במילים אחרות המצב של הגוף הוא תוצאה של כל הכוחות שפועלים עליו, ומושפע מגודל הכוחות ומכיווניהם (בהנחה שלכל הכוחות נקודת אחיזה משותפת).

### התנאי ששני כוחות יקזזו זה את זה



איור א



איור ב

לרשותכם טבעת קטנה ושני מדי כוח (איור א). הפעילו על הטבעת שני כוחות באמצעות מדי הכוח שברשותכם כך שהטבעת תישאר במנוחה.

א. כאשר הטבעת במנוחה: באילו כיוונים אתם מפעילים את הכוחות על הטבעת? השוו בין הכוחות שהפעלתם.

ב. שתי קבוצות מתחרות ביניהן במשיכת חבל והחבל לא נע. מה המסקנה ביחס לכוחות שמפעילות הקבוצות על החבל?

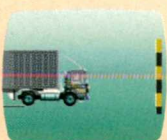
ג. לרשותכם מד כוח, משקולות, טבעת קטנה וחבל. החזיקו את מד הכוח ביד. בקצה מד הכוח חברו חבל קצר וקשרו אליו את הטבעת. קשרו אל הטבעת חבל נוסף ותלו בקצהו משקולת (איור ב).

על הטבעת פועלים שני כוחות: כוח שגודלו  $F_2$  המופעל על ידי המשקולת ופועל על הטבעת מטה, וכוח שגודלו  $F_1$  שמפעיל הקפיץ המתוח על הטבעת בכיוון מעלה. מה גודלו של הכוח  $F_2$ ?

אנו רואים שהטבעת במנוחה, מכאן שהכוחות  $F_1$  ו-  $F_2$  מקזזים זה את זה ולכן הם שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם. כלומר הקפיץ המתוח מושך את הטבעת כלפי מעלה בכוח השווה בגודלו לכוח שבו מושכת המשקולת מטה (בגלל משקלה).

### סיכום כזוי

- \* שני כוחות שווים ומנוגדים הפועלים על גוף באותה נקודה, תוצאתם – כאילו לא פעל כלל כוח על הגוף.
- \* אם שני כוחות מופעלים באותה נקודה על גוף נח והגוף איננו זז, שני הכוחות שווים ומנוגדים.
- \* אם שני כוחות שווים ומנוגדים מופעלים באותה נקודה על גוף נח, הגוף לא יזוז ממקומו.



## כוח החיכוך



התרגיל הבא נועד לברר כיצד אתם מיישמים חלק מן הידע על כוחות.



טרקטור מנסה למשוך בלוק בטון כבד שמונח על רצפת בטון. הטרקטור איננו מצליח להזיז את הבלוק.

בצד מופיע איור של בלוק הבטון בלבד. העתיקו את האיור למחברת והוסיפו חץ בעבור כל אחד מן הכוחות הפועלים על בלוק הבטון. אחרי שסרטטתם את החיצים, הוסיפו לכל אחד מן הכוחות בסרטוט שם המציין מי מפעיל את הכוח.

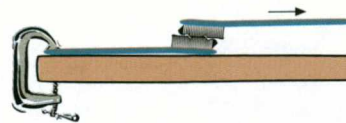


## מודל להסבר כוח החיכוך



### חיכוך בין מברשות

- לפניכם שתי מברשות. מושכים את המברשת העליונה כמתואר באיור. שימו לב מה קורה למברשות.
- א. האם המברשת התחתונה מפעילה כוח על המברשת העליונה? אם כן, מהו כיוון הכוח הזה?
- ב. האם המברשת העליונה מפעילה כוח על המברשת התחתונה?



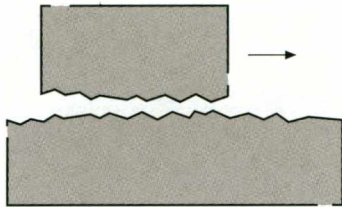
באינטראקציה בין שתי המברשות, כל מברשת מפעילה כוח על האחרת. כידוע, כוחות אלה שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.

### מודל להסבר כוח החיכוך בין שני משטחים

אחד המודלים הראשונים להסבר כוח החיכוך שהיה מקובל בקרב מדענים הוא מודל הבליטות והמגרעות. על פי מודל זה משטחים של חומרים אינם חלקים. כאשר מתבוננים במשטח מחוספס של חומר רואים בו בליטות ומגרעות. גם אם בעין (ללא אמצעי הגדלה) החומר נראה לנו חלק נוכל להבחין בבליטות ובמגרעות אם נתבונן בו בעזרת מכשיר הגדלה כלשהו (כמו מיקרוסקופ). בשעה ששני חומרים מונחים זה על זה חודרות בליטות של חומר אחד אל תוך המגרעות של החומר האחר, וזה מקשה על התנועה היחסית של המשטחים.

מהו כיוון כוח החיכוך שפועל על כל אחד מן המשטחים באיור? שימו לב: אנו מושכים את הגוף העליון ימינה בכוח  $F$  ומנסים להזיז יחסית למשטח התחתון.

הסבר מפורט ומעמיק יותר לקיומם של כוחות החיכוך מסתמך על הכוחות האלקטרומגנטיים הפועלים בין הפרודות של שני החומרים שנמצאים במגע.

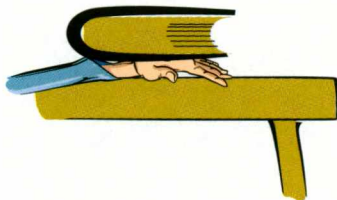


ניסוי

### ספר מונח על היד

הניחו ספר (רצוי ספר כבד בעל כריכה מחוספסת) על ידכם שנשענת על שולחן.

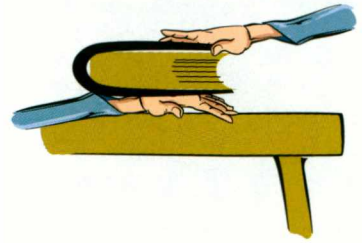
- מהו כיוון הכוח שהספר מפעיל על היד?
- מהו כיוון הכוח שהיד מפעילה על הספר?
- מה תוכלו לומר על גודל הכוחות הנ"ל?



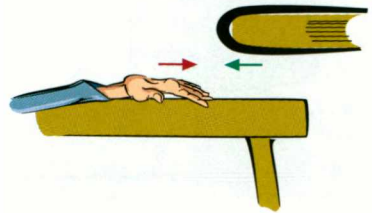


### לחוש את כוח החיכוך

הניחו ספר על ידכם שנשענת על שולחן. הצמידו את הספר אל הזרוע, ומשכו את הספר בכיוון כף ידכם. שימו לב מה קורה לעור של ידכם בשעה שמפעילים את הכוח.

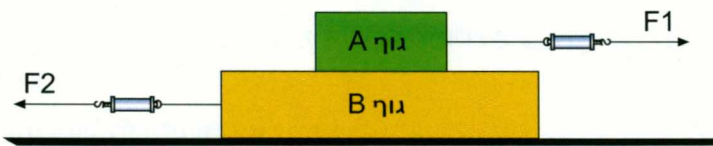


- מה כיוון הכוח (או הכוחות) שמפעיל הספר על היד? הביעו את תשובותיכם באמצעות סרטוט חץ (או חיצים) מתאים על תרשים של היד. ציינו ליד כל חץ מי מפעיל את הכוח.
- מה כיוון הכוח (או הכוחות) שמפעילה הזרוע על הספר? הביעו את תשובותיכם באמצעות סרטוט חץ (או חיצים) מתאים על איור של הספר. ציינו ליד כל חץ מי מפעיל את הכוח.
- האם הכוחות בסעיפים א, ב שווים בגודלם?



### אינטראקציה בין משטחים

על משטח חלק מאוד (רצוי שולחן אוויר) מניחים תיבה B ועליה מניחים תיבה A. מחברים מד כוח לכל אחת מן התיבות (כמתואר בתרשים). שני תלמידים אחוזים במדי הכוח.



- התלמיד שאוחז במד הכוח המחובר לגוף A מושך לאט, והתלמיד השני מושך גם הוא כך שהגופים A ו-B נשארים במנוחה.
- איזה מד כוח, לדעתכם, יראה על כוח גדול יותר? הסבירו!
  - עתה תערכו את הניסוי, שימו לב להוראת מדי הכוח. האם התוצאה התאימה להשערותיכם בשאלה א? הסבירו.

באינטראקציה בין שני משטחים פועלים כוחות חיכוך. כוחות אלה באים לידי ביטוי כאשר יש תנועה יחסית בין המשטחים או בשעה שמנסים להניע משטח אחד ביחס לשני. הכוחות שמפעילים המשטחים זה על זה שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.

## כוח שקול

### כוחות על ישר אחד

האם בכל מקרה שפועלים על גוף שני כוחות הם מקזזים זה את זה? הביאו דוגמאות מחיי יום יום אשר תומכות בטענתכם.

א. מכירים את הסיפור על סבא אליעזר והגזר?

סבא, סבתא, ילדה, כלב, חתול ועכבר – כולם משכו בגזר (שהיה תקוע באדמה) באותו כיוון. הכוח שהפעילו כולם ביחד על הגזר היה שווה לסכום הכוחות של כל אחד מהם לחוד. לו הגיע איש חזק דיו, הוא היה מוציא את הגזר לבדו. במקרה זה כוח יחיד מביא לאותה תוצאה שמביאים מספר כוחות יחד. כוח כזה מכונה בשם כוח שקול.

הכוח השקול של מספר כוחות הפועלים על גוף באותו כיוון ועל אותו ישר, שווה לסכום הכוחות



איור א



איור ב

ב. המכונית של מיכה התקלקלה בדרך. מיכה מנסה לדחוף את מכוניתו ולא מצליח. מיכה מבקש מילד שיעזור לו לדחוף.

הילד ממחר לעזור ודוחף את המכונית בכל כוחו בכיוון כמתואר באיור ב. האם המכונית תזוז?

כיצד הייתם מציעים לילד לדחוף כדי לעזור?

ג. העתיקו את המשפט למחברת ומחקו את המיותר: מיכה והילד מפעילים על המכונית כוח באותו כיוון / בכיוון נגדי.

ד. בהנחה שמיכה מפעיל כוח גדול יותר מזה שמפעיל הילד, באיזה משני האיורים א או ב הכוח השקול על המכונית גדול יותר?



אם שני כוחות שונים בעוצמתם פועלים על גוף בכיוונים מנוגדים, גודל הכוח השקול שווה להפרש שבין שני הכוחות. כיוון הכוח השקול הוא בכיוון הכוח הגדול מבין השניים.



### כוחות שאינם על אותו ישר

בניסוי זה ננסה לבחון כיצד ערכו של הכוח השקול תלוי בזווית בין הכוחות הפועלים על גוף. הניסוי יעשה בעזרת שלושה מדי כוח. נניח את מדי הכוח על השולחן (או על לוח מתאים). נחבר מד כוח אחד לשולחן באמצעות וו. בקצה החופשי A נפעיל שני כוחות באמצעות שני מדי הכוח הנותרים. נדאג להפעיל באמצעות מדי כוח אלה כוחות שווים וקבועים של 1 ניוטון.

א. נתחיל במצב שכל אחד משני מדי הכוח מפעיל על מד הכוח השלישי כוח של 1 ניוטון ובאותו כיוון (1 ניוטון  $F_1 = F_2$ ).

1. כמה מראה מד הכוח  $F_3$ ?

2. לו רצינו להפעיל על A כוח יחיד (במקום שני כוחות  $F_1, F_2$ )

שיגרום לאותה תוצאה, מה היה גודל הכוח הזה?

מה צריך להיות כיוונו?

3. מלאו את החסר: הכוח השקול R לשני הכוחות  $F_1$  ו-  $F_2$

שווה ל \_\_\_\_\_ וכיוונו (יחסית לכוח  $F_3$ ) \_\_\_\_\_.

ב. נשאיר את גודלי הכוחות  $F_1$  ו-  $F_2$  בלי שינוי (1 ניוטון כל אחד), אבל נגדיל את הזווית ביניהם ל-  $30^\circ$ .

1. כמה מראה מד הכוח  $F_3$ ?

2. לו רצינו להחליף את שני הכוחות  $F_1$  ו-  $F_2$  בכוח יחיד שיפעל

בנקודה A ויגרום לאותה תוצאה, מה היה גודל הכוח הזה?

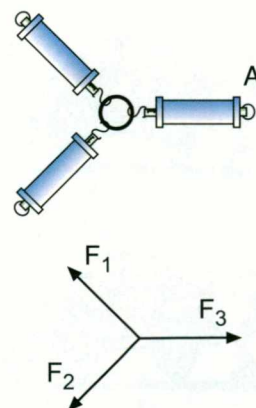
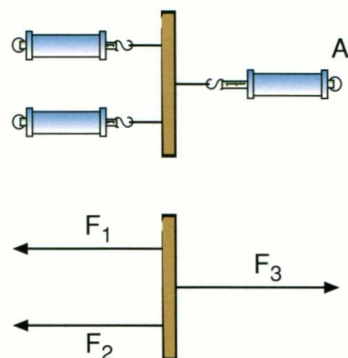
מה צריך להיות כיוונו?

3. מלאו את החסר: הכוח השקול R לשני הכוחות  $F_1$  ו-  $F_2$  שווה

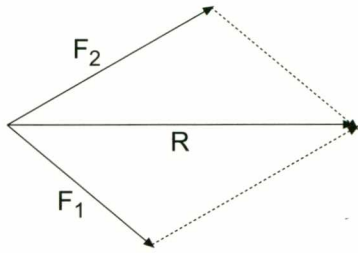
ל \_\_\_\_\_ וכיוונו (יחסית לכוח  $F_3$ ) \_\_\_\_\_.

ג. חזרו על המדידות שעשיתם קודם כאשר אתם שומרים על גודל

הכוחות 1 ניוטון  $F_1 = F_2$ , תוך שינוי הזווית ביניהם בקפיצות של

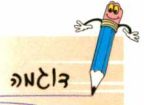






הכוח השקול לכוחות  $F_1$  ו- $F_2$  מתואר על ידי אלכסון המקבילית שצלעותיה  $F_1$  ו- $F_2$ .

30° (כלומר, 60°, 90°, 120°, 150° ו-180°). בעבור כל אחת מן המדידות השלימו במחברת את המשפט: הכוח השקול R לשני הכוחות  $F_1$  ו- $F_2$  שווה ל \_\_\_\_\_ וכיוונו \_\_\_\_\_ (ביחס לכוח  $F_3$ ).  
 ד. מתי הכוח השקול לשני כוחות השווים בגודלם שווה לאפס?  
 ה. נסו לכתוב במחברת מסקנה כללית מן הניסוי: הכוח השקול R לשני הכוחות 1 ניוטון  $F_1 = F_2$  תלוי ב \_\_\_\_\_ . הכוח השקול גדל /קטן ככל שהזווית בין הכוחות  $F_1$  ו- $F_2$  גדלה/קטנה.

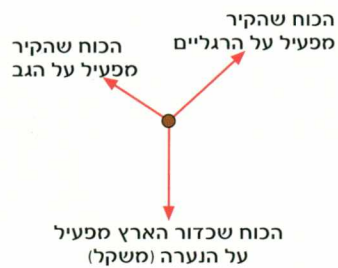


### תיאור כוחות הפועלים על מטפסת הרים

מטפסת ההרים המתאמנת בטיפוס כמתואר באיור הבא משתתפת בשלוש אינטראקציות:

1. אינטראקציה בין רגלי המטפסת לבין הקיר.
2. אינטראקציה בין גב המטפסת לבין הקיר.
3. אינטראקציה בין המטפסת וכדור הארץ.

באיור מתוארות שלוש האינטראקציות באמצעות חיצים. הכוחות שמפעילה המטפסת על הגופים השונים מתוארים בחיצים לבנים. הכוחות שמפעילים הגופים השונים על המטפסת מסומנים בחיצים שחורים. מצבה של הנערה תלוי בשלושת הכוחות שפועלים עליה.



תרשים כוחות הפועלים על הנערה



אינטראקציות בהן משתתפת הנערה



## סיכום כללי

הכוח השקול של שני כוחות  $F_1$  ו- $F_2$  תלוי בגודל הכוחות ובזווית שביניהם. כאשר שני כוחות פועלים בזווית כלשהי ביניהם, הכוח השקול  $R$  יהיה גדול מההפרש בין הכוחות וקטן מסכומם (באותיות:  $F_2 - F_1 < R < F_2 + F_1$ ). כיוון הכוח השקול  $R$  הוא בין שני הכוחות  $F_1$  ו- $F_2$ .

## משחק: אינטראקציה בין קופסה לבין מאוורר

במשחק הבא, כל קבוצה תקבל קופסת פח ריקה ומאוורר קטן. הניחו את הקופסה על שולחן או על הרצפה והפעילו את המאוורר אל מול הקופסה כמתואר באיור.

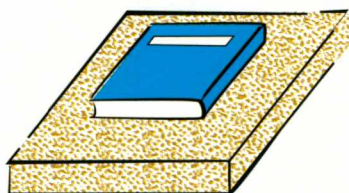


- תארו את האינטראקציה שגורמת לקופסה להתחיל לנוע.
- מה קרה, לדעתכם, לתנועת חלקיקי האוויר לאחר התנגשותם בקופסה?
- נא לאמת את תשובותיכם לשאלה הקודמת באמצעות ניסוי מתאים.
- באילו גורמים תלוי גודל הכוח שהופעל על הקופסה? נמקו.
- קחו קופסה העשויה מאותו החומר אך בעלת ממדים קטנים יותר. האם הכוח שיופעל על הקופסה יהיה גדול יותר או קטן יותר?
- תארו ניסוי שיאפשר למדוד את גודל הכוח שמופעל על הקופסה.
- בקשו מן המורה מכשירים הדרושים לכם לביצוע הניסוי שהצעתם. בדקו אם תשובותיכם לשאלה החמישית היו נכונות.
- האם גם המאוורר נמצא באינטראקציה עם האוויר? כיצד תבדקו אם האוויר הפעיל כוח על המאוורר?
- המאוורר מכיל מנוע שמסובב את הכנפיים. האם המנוע נמצא באינטראקציה עם הכנפיים? כיצד אפשר לבדוק זאת בניסוי?
- מדוע מוסיפים מדחף בזנב המסוק?

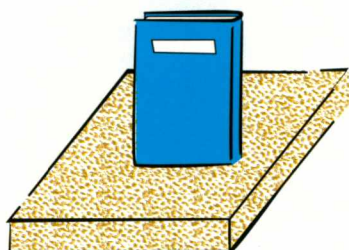


## לחץ

מדוע מחט תפירה היא בעלת חוד דק? מדוע מסמרים חדים בקצה?  
מדוע קל יותר לחתוך בסכין חדה וקשה לעשות זאת בסכין קהה?  
מדוע טרקטורים כבדים וטנקים נעים על שרשרות?  
כאשר אדם הולך בשלג רגליו שוקעות בשלג, לעומת זאת כאשר הוא משתמש במגלשים הוא אינו שוקע. מדוע?



איור א



איור ב



ניסוי

### כוח שווה פועל על שטחים שונים

קחו גוף בצורת תיבה (למשל ספר).

א. הניחו את התיבה על משטח חול. שימו לב באיזו מידה שוקעת התיבה בחול (איור א).

ב. עתה הניחו את התיבה כשהיא נשענת על דופן צרה יותר (שטחה קטן יותר). שימו לב באיזו מידה שוקעת התיבה בחול (איור ב).

הסבירו את ההבדל במידת שקיעתה של התיבה בשני המקרים.  
ג. השלימו במחברת את המסקנה: כאשר שטח המגע של התיבה והחול \_\_\_\_\_ מידת השקיעה בחול \_\_\_\_\_.

ד. הניחו את כף ידכם על משטח החול תוך הפעלת כוח (לא גדול) על החול. שימו לב באיזו מידה שוקעת היד בחול.

ה. הניחו אצבע על משטח החול תוך הפעלת כוח (לא גדול) על החול. שימו לב באיזו מידה חדרה האצבע לתוך החול. הסבירו את ההבדל במידת החדירה של האצבע לתוך החול ושל כף היד.

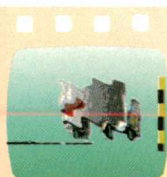


ניסוי

### יושבים על משטח מסמרים

בוודאי שמעתם על פקירים הודים שיכולים לשכב על משטח של מסמרים, מדוע הם אינם מנסים לעמוד על המשטח? גם אתם יכולים לחקות את הפקיר ההודי.

כדי להסביר בכיתה, כיצד פקירים מסוגלים לשכב על מסמרים, המורה הציגה משטח מלא מסמרים ושאלה "מי מהתלמידים מוכן לשבת על

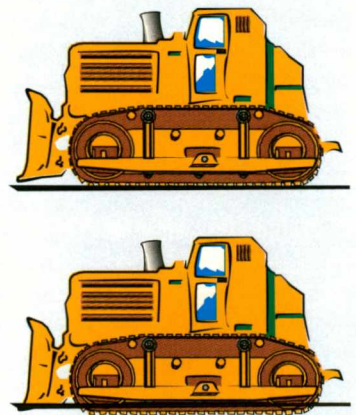


המשטח?" התלמידים חששו ולא הסכימו. נחשון התנדב. הוא התישב לאיטו על המסמרים ולא התלונן על כאבים. המורה פנתה לתלמידים שחששו לשבת על המשטח עם המסמרים והציעה להם לשבת על קרש שתקוע בו מסמר אחד בלבד. "אם אתם פוחדים לשבת על מסמרים רבים, אולי תעדיפו לשבת על מסמר בודד?" אמרה המורה. התלמידים צחקו, אף לא אחד מהם התנדב לשבת על המסמר. נסו להסביר!



### במה תלויה מידת העיוות של מזרן?

- א. תלמיד רזה מאוד ותלמיד שמן שוכבים בזה אחר זה על מזרן. האם לדעתכם, המזרן יתעוות באותה מידה? הסבירו.
- ב. נסו לבחון מהו ההבדל במידת העיוות של מזרן כאשר אתם עומדים עליו או כאשר אתם שוכבים עליו. האם התוצאה תואמת את ציפיותיכם?
- ג. האם הכוח שהפעלתם על המזרן בשעה ששכבתם עליו שונה מהכוח שהפעלתם בשעה שעמדתם עליו?
- ד. מהי, אם כן, הסיבה למידת העיוות השונה של המזרן כאשר שוכבים עליו או כאשר עומדים עליו?



מן הנאמר לעיל מסתבר כי במקרים רבים יש חשיבות לא רק לגודל הכוח הפועל על משטח, אלא גם לשטח שעליו הוא פועל. הפיסיקאים מגדירים גודל פיסיקלי המכונה **לחץ**, אשר לוקח בחשבון את שני הגורמים גם יחד.

הלחץ P מוגדר כיחס (המנה) בין גודל הכוח F לבין גודל השטח A עליו הוא פועל.

טרקטורים כבדים נעים על שרשראות. שימוש בשרשראות מגדיל את שטח המגע עם הקרקע, על ידי כך הלחץ קטן והטרקטור איננו שוקע.

$$\text{לחץ} = \frac{\text{כוח}}{\text{שטח}}$$

מהגדרת הלחץ מסתבר כי הלחץ גדל הן ככל שגדל הכוח והן ככל שקטן שטח המגע, כמו בדוגמאות שטיפלנו בהן.

ברור, שאם יודעים את הלחץ P ואת השטח שעליו הוא פועל יכולים לחשב את הכוח F הפועל על השטח הזה.

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P \cdot A \quad \text{שטח} \times \text{לחץ} = \text{כוח}$$

בחיי יום יום אנו משתמשים במילה לחץ במובנים אחרים. אם תלמיד אומר "המורה לחץ עלי להכין שיעורים", למה כוונתו? ואם הוא אומר "אני לחוץ", למה כוונתו?

כמו לכל גודל פיסיקלי גם ללחץ יש יחידות. יחידות הלחץ נגזרות

$$\text{מיחידות הכוח ויחידות השטח: } \frac{[\text{יחידת כוח}]}{[\text{יחידת שטח}]} = [\text{יחידת לחץ}]$$

יחידת הלחץ היא:  $\frac{\text{ניוטון}}{\text{סמ"ר}}$

יחידה מקובלת ושימושית במדידת לחץ היא האטמוספירה.

$$\text{אטמוספירה אחת שווה כ- } 10 \frac{\text{ניוטון}}{\text{סמ"ר}}$$

לחץ האוויר באזור החוף שווה בקירוב 1 אטמוספירה.

בתחנות הדלק במשאבות האויר הלחץ נמדד ביחידות psi.

היחידה psi מקורה ביחידות אנגליות Pound/Square-Inch

הקשר בין היחידות:

$$1 \text{at} \approx 14.2 \text{psi} \quad \text{לחץ של } 1 \text{psi} \text{ שווה בקירוב } \frac{1}{14.2} \text{at}$$

לחץ אוויר מקובל בגלגלים של מכונית פרטית הוא כ-30 psi, כלומר

שתי אטמוספרות בקירוב.



אדם שמשקלו 750 ניוטון עומד על הרצפה, כלומר האיש מפעיל כוח של 750 ניוטון על הרצפה. נניח כי שטח כפות שתי רגליו כ- 500

$$\frac{750}{500} = \frac{\text{ניוטון}}{\text{סמ"ר}} = 1.5$$

הוא 1.5 ניוטון לסמ"ר

כיצד ישתנה הלחץ שהאיש יפעיל על הרצפה אם הוא ישכב עליה? נסו לאמוד את גודל הלחץ שיפעיל האיש בשוכבו על הרצפה.

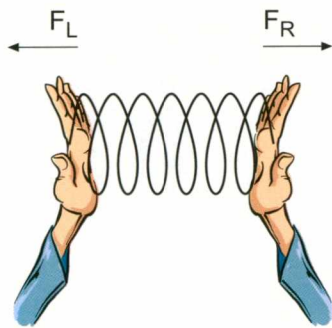
סיכום כ"ז



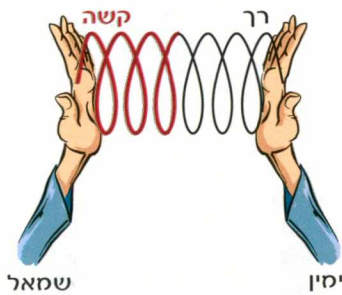
שימו לב כי למושג לחץ בפיסיקה יש משמעות אחת, מוגדרת במדויק. במדע לחץ הוא גודל שמתחשב הן בגודל הכוח שפועל על משטח והן בגודל השטח עליו פועל הכוח. הלחץ שווה ליחס בין הכוח לבין השטח שעליו הוא פועל.



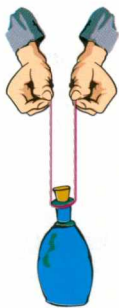
המגלשיים מגדילים את שטח המגע בין הגולש לבין השלג, הלחץ שמפעיל הגולש על השלג קטן והוא איננו שוקע.



איור א



איור ב



איור ג

1. האם ייתכן שעל גוף נח יפעל כוח אחד בלבד והוא יישאר במנוחה?

2. איור א מתאר שתי ידיים וביניהן קפיץ מכווץ. בשעה שהקפיץ במנוחה ומכווץ:

א. איזו יד מפעילה על הקפיץ כוח גדול יותר?

ב. האם הכוח שהקפיץ מפעיל על יד ימין  $F_R$  גדול מהכוח שהקפיץ מפעיל על יד שמאל  $F_L$ , קטן ממנו או שווה לו?

3. איור ב מתאר שתי ידיים וביניהן שני קפיצים בלתי שווים.

קפיץ אחד רך והקפיץ האחר קשה.

כאשר הקפיצים מכווצים במנוחה, על איזו יד מופעל כוח גדול יותר?

א. שמאל.

ב. ימין.

ג. כוחות שווים.

4. א. ספר מונח על שולחן. ערכו תרשים כוחות הפועלים על הספר.

כלומר סרטוטו חץ עבור כל אחד מן הכוחות הפועלים על

הספר וליד כל חץ כתבו מי מפעיל את הכוח ועל מי הוא פועל.

ב. התייחסו לגודל הכוחות שציינתם בסרטוט. נמקו את טענותיכם.

5\*. קשרו בקבוק משקה קטן (מים מינרלים או משקה קל כלשהו)

לשתי גומיות (אפשר גומיות משרד חתוכות).

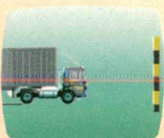
א. הזוית בין הגומיות היא אפס. שימו לב להתארכות הגומיות.

ב. עתה הגדילו את הזווית בין הגומיות (בערך ל- $60^\circ$ ).

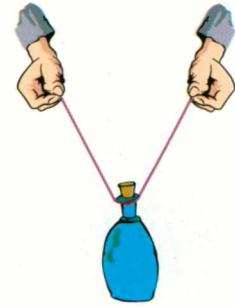
האם המתוחות בגומיות משתנה? אם כן, נסו להסביר.

ג. הגדילו את הזווית בין הגומיות עוד יותר (בערך ל- $120^\circ$ ).

מה קורה למתיחות בגומיות? (ראו איורים ג, ד, ה).



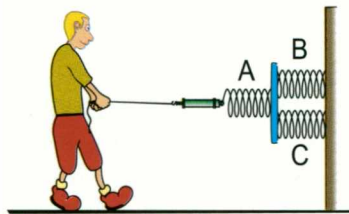
- ד. הגדילו את הזווית בין הגומיות עוד יותר (קרוב ל- $180^\circ$ ).  
 מה קורה למתיחות בגומיות (איור ה)?  
 ה. עם הגדלת הזווית מה קורה לכוחות שעליכם להפעיל בידיים?  
 ו. האם הכוח השקול השתנה במצבים השונים בניסוי?



איור ד

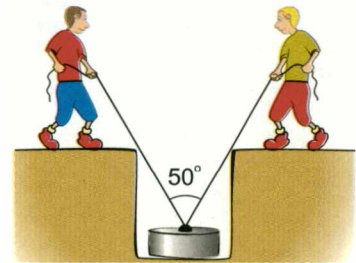
6. במערכת הבאה הקפיצים A, B, C זהים.

- א. מי מבין הקפיצים נמתח יותר?  
 ב. מהו הקשר בין מידת ההתארכות של קפיץ A והקפיצים B ו-C?  
 ג. מד הכוח מורה על 3 ניוטונים.  
 מהו הכוח שמפעיל כל אחד מן הקפיצים A, B, C?



איור ו

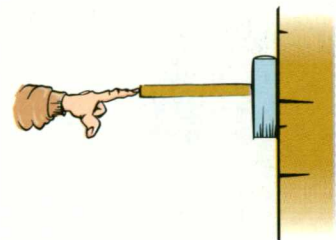
7. שני נערים רוצים להעלות מתוך בור משא שמשקלו כ-600 ניוטון באמצעות שני חבלים (כמתואר באיור).  
 שני הנערים מושכים בחבלים בכוחות שווים, כאשר הזווית בין החבלים כ- $50^\circ$ . האם הכוח שמפעיל כל נער צריך להיות שווה, גדול או קטן מ-300 ניוטון? נמקו.



איור ז

8. אדם מפעיל כוח באצבע על מוט שדוחף ספר כנגד הקיר (כמתואר באיור).

- א. מדוע הספר איננו נופל בשעה שהאצבע דוחפת בכיוון אופקי בלבד?  
 ב. העתיקו את האיור למחברת והוסיפו לו חצים המתארים את כל הכוחות שפועלים על הספר בכיוון אנכי בלבד.  
 ג. מדוע יש לדחוף את הספר בכוח אל הקיר (באמצעות המוט) כדי שהספר לא יפול?



איור ח

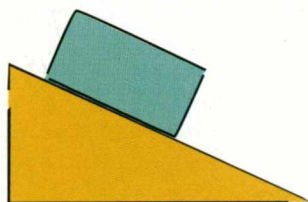




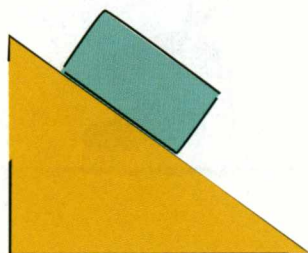
איור ט



איור י



איור יא



איור יב

9. מלצר נושא מגש ועליו בקבוק וכוס. הסבירו מדוע הכוס והבקבוק מתקדמים עם המגש?

10. לפניכם מספר משפטים בדבר פעולתו של כוח החיכוך, ציינו ליד כל משפט אם כוח החיכוך רצוי או בלתי רצוי והסבירו:  
א. במכונית קיים החיכוך בן הגלגל לבין הציר.  
ב. במכונית קיים החיכוך בין הצמיג (הגלגל) לבין הכביש.  
ג. במכונית קיים החיכוך בין היד לבין ההגה.

11. הסבירו את הפעולות הבאות:

א. תקעים מסמר בתוך קרש, הסבירו כיצד המסמר מחזיק בקרש?  
ב. מדוע משתמשים במיתך (דיבל) כדי להבריג בורג בקיר לבנים?  
ג. כיצד נע מטבע על דף נייר יחד עם הדף?  
ד. האם אפשר לכתוב בעט ללא חיכוך?  
ה. אדם מחזיק ביד סרגל (או מוט) במאונך לקרקע, מדוע הסרגל איננו נופל?

12. ראובן ושמעון התווכחו ביניהם בעניין נחיצותו של כוח החיכוך. ראובן טען שכוח החיכוך הוא גורם מפריע וצריך לעשות הכל כדי להקטינו. "היינו רוצים לחיות בעולם חסר חיכוך" טען ראובן. לעומתו שמעון טען שהחיכוך עוזר לנו. למשל אי אפשר היה לחמם את הידיים ביום חורף קר בשפשוף יד ביד אילו לא היה קיים חיכוך. הביעו את דעתכם בעניין, נמקו את טענותיכם באמצעות דוגמאות מעשיות רבות ככל האפשר.

13. תיבה מונחת על מישור משופע ואינה מחליקה.

א. הסבירו מדוע התיבה נשארת במנוחה?  
ב. פרט לכוח החיכוך, האם פועל כוח נוסף על התיבה בכיוון מקביל למישור המשופע.  
ג. העתיקו את איור יא למחברת וסרטטו חץ המתאר את כוח החיכוך הפועל על התיבה.  
ד. מגביהים את המישור המשופע (ראו איור יב) והתיבה מחליקה מטה. האם גם במצב זה פועל על התיבה כוח חיכוך?



14. הסבירו מדוע הצנחן יורד לאיטו באמצעות המצנח.

15. בכל אחד מן התרשימים שלמטה מתוארים כוחות הפועלים על

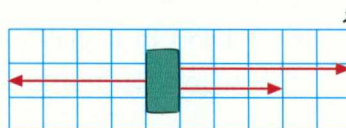
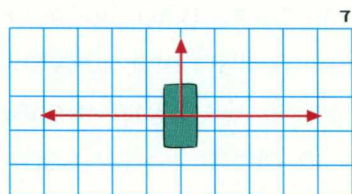
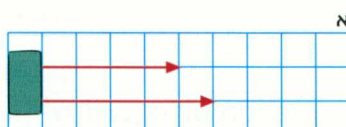
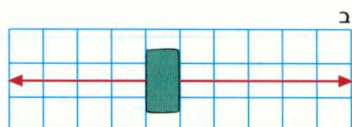
גוף. האורך של כל משבצת (חצי ס"מ) מייצג 1 ניוטון.

א. העתיקו את התרשימים למחברת. בכל אחד מן התרשימים:

סרטטו את הכוח השקול. מצאו את גודלו ואת כיוונו של הכוח

השקול (השתמשו בסרגל ובמד זווית במידת הצורך).

ב. הסבירו את משמעות המושג כוח השקול?



16. נתונה תיבה שמשקלה 40 ניוטון. ממדי התיבה הם:  $20 \times 8 \times 4$

ס"מ.

א. כיצד יש להניח את התיבה על השולחן כדי שהיא תפעיל עליו

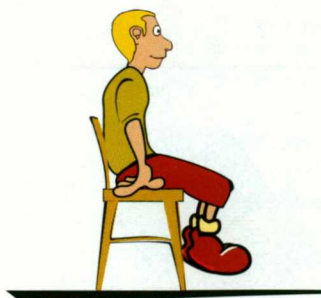
לחץ מרבי? נמקו.

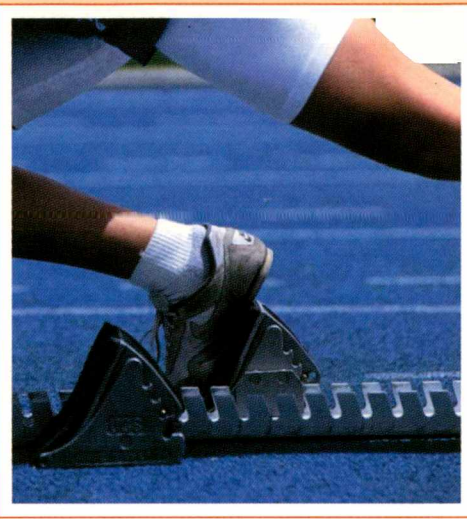
ב. מה יהיה הלחץ המרבי?

17. אתם יושבים על כסא ברגלים מורמות. אספו את הנתונים הדרושים

לכם וחסבו את הלחץ שכל אחת מרגלי הכסא מפעילה על הרצפה.

הערה: תרגילים נוספים בנושא הלחץ תמצאו בסוף הנספח לספר.





## פרק ד

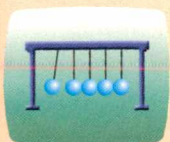
# כוח - גורם לשינוי מהירות

### כוחות פועלים על גופים חופשיים לנוע

בפרקים הקודמים הכרנו את המושג כוח ואת תכונות הכוח. למדנו כי בשעה שכוח פועל על גוף שנותר במנוחה תוך כדי פעולת הכוח ואחריה, הכוח גורם לעיוות של הגוף. גודל העיוות תלוי בגודל הכוח. ניצלנו את תכונותיהם של גופים אלסטיים כדי לבנות מד כוח. בפרקים הבאים נעסוק בגופים בתנועה או בגופים חופשיים לנוע, וננסה למצא קשר בין הכוח שפועל על הגוף לבין אופי התנועה.

### כוח גורם לשינוי גודל מהירות

הכוח שהפעיל שחקן הכדורגל  
ברגלו גרם לכדור הנח לנוע.

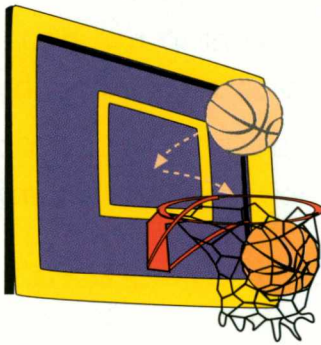


הכוח שהפעיל השוער על  
הכדור גרם לכדור הנע  
להיעצר.



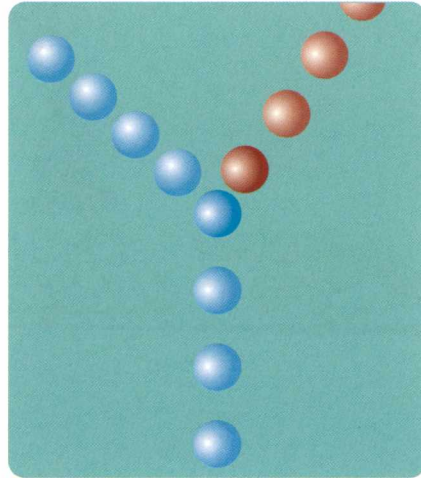
## כוח גורם לשינוי בכיוון המהירות

הכוח שהפעיל הלוח גרם לשינוי כיוון תנועת הכדור.



## כוח גורם לשינוי גודל וכיוון המהירות

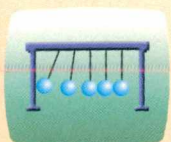
התמונה מתעדת התנגשות (לא מצחית) בין שני כדורים באמצעות צילום רב הבזקים. הזמן בין כל שני צילומים שווה. הכדור עם הכתם נע מתחתית התצלום והתנגש בכדור השני שהיה במנוחה לפני ההתנגשות.



כתוצאה מהאינטראקציה בין שני הכדורים, המהירויות של שני הכדורים השתנו בגודלן ובכיווןן (כיצד מסיקים זאת מהאיור?)

## גלשן בתנועה

תארו את האינטראקציה שגורמת לגלשן לשנות תנועה.





### מי מושך את מי?

תארו את האינטראקציה בין הכלב לבין הנערה.



- א. מי מן השניים מושך בכוח גדול יותר? הסבירו.
- ב. הציעו ניסוי לבדיקת טענתכם.



### משחק הקופסה המתגלגלת

במשחק הבא צריך להוכיח שליטה מרבית בתנועתה של קופסה ריקה. כל קבוצה תקבל קופסת פח ריקה, שעון עצר ושני מאווררים קטנים.  
חלק א



הפעילו את אחד המאווררים והניעו בעזרתו את הקופסה.

- א. השתמשו במושגים אינטראקציה וכוח כדי להסביר מה גרם לקופסה להתחיל לנוע.
- ב. האם הקופסה ממשיכה לנוע גם אחרי שהופסקה פעולת המאוורר? תארו את תנועתה (לאורך קטע קצר).

ג. הפעילו את אחד המאווררים ועצרו בעזרתו את הקופסה הנעה. תארו את האינטראקציה שגורמת לקופסה להפסיק לנוע ולעצור.

#### חלק ב

סמנו שני קווים במרחק שני מטר על הרצפה או על שולחן מתאים (על המשטח להיות חלק ככל האפשר).

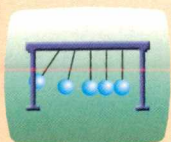
ד. הניחו את הקופסה על אחד הקווים והמתינו לפתיחת התחרות. בעזרת המאווררים בלבד, הניעו את הקופסה. על הקופסה לחצות את הקו האחר בזמן קצר ככל האפשר. תארו את דרך פעולתכם.

ה. הניחו שוב את הקופסה על אחד הקווים והמתינו לפתיחת התחרות. בעזרת המאווררים תגרמו לקופסה לנוע. על הקופסה להגיע לקו האחר אך בלי לעבור אותו ובזמן הקרוב ככל האפשר לעשר שניות. תארו את דרך פעולתכם.

הציעו דרכים שונות לתיאור תנועתה של הקופסה בשלבים השונים של כל אחד מהמשחקים?  
בתום המשחק דווחו בכתב על ההתנסות. התייחסו בין היתר לנקודות הבאות:

- א. האם הקופסה החלה לנוע מעצמה?
- ב. כיצד אפשר להגדיל את מהירות הקופסה?
- ג. כיצד אפשר להקטין את מהירות הקופסה?
- ד. כיצד אפשר לעצור את הקופסה הנעה?
- ה. מהן המסקנות שלכם בדבר הקשר בין הכוח שפועל על הקופסה לבין אופי התנועה?

בחלקו השני של הספר נחזור ונברר כיצד משפיעה אינטראקציה ממושכת על תנועתו של גוף.  
בפרק זה תעשו מספר תצפיות שמהן תלמדו מה דרוש כדי שגוף נח יתחיל לנוע, כדי שגוף נע יעצור, או כדי שגוף נע ישנה את מהירותו.





אדם מחזיק בידו נעל (ראו איור א). הנעל במנוחה.

א. מדוע הנעל נותרת במנוחה בשעה שהאיש מחזיק אותה בידו? היעזרו בתרשים הכוחות כדי להסביר מדוע הנעל נותרת במנוחה.

ב. האיש מרפה מן הנעל (ראו איור ב).

כתוצאה מכך (העתיקו למחברת את התשובה הנכונה):

1. הנעל נשארת במקום 3. הנעל נעה ימינה

2. הנעל נעה מעלה 4. הנעל נעה מטה.

ג. לפניכם תרשים כוחות הפועלים על הנעל **לאחר שהאיש הרפה ממנה**. היעזרו בתרשים הכוחות הפועלים על הנעל החופשית, כדי להסביר מדוע החלה לנוע מטה. סכמו את מסקנותיכם מן הניסוי.

הכוח שהיד מפעילה



איור א



איור ב



ממלאים בלון בגז הליום. את הבלון קושרים בחוט לכיסא. הבלון במנוחה.

א. במערכת הכוללת את הבלון הקשור בחוט לכיסא, את כדור הארץ ואת האוויר שבחדר. פרטו באילו אינטראקציות משתתף הבלון.

ב. באיור סרטטו הכוחות שפועלים על הבלון. נסו למצוא קשר לגודל הכוחות. הסבירו.

ג. מה יקרה כאשר תחתכו את החוט הקושר את הבלון לכיסא? מבצעים את הניסוי, חותכים את החוט.

ד. תארו מה קרה. האם השערותיכם נתאמתו?

ה. הסבירו את התוצאה.

ו. סרטטו תרשים כוחות שפועלים, לדעתכם, על הבלון **מיד לאחר שהחוט נחתך**. ציינו מי מפעיל כל אחד מהכוחות.

ז. בתרשים הכוחות שסרטטתם נסו להתייחס גם לגודל הכוחות. הסבירו.





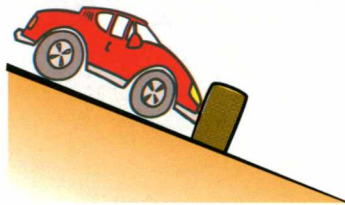
סכמו במחברת את מסקנותיכם מן הניסויים. התחילו במילים:  
"גוף במנוחה יגחיל אלא..."

גוף במנוחה יישאר במנוחה אם שקול הכוחות הפועלים עליו שווה אפס, כלומר אם הכוחות מתקזזים. אם שקול הכוחות הפועלים על גוף במנוחה אינו אפס (כלומר, הכוחות אינם מתקזזים) הגוף יחל לנוע (מהירותו תשתנה מאפס) בכיוון הכוח השקול.



ציון

גוף מונח על מישור משופע ולפניו מחסום (כמתואר באיור), הגוף במנוחה. מסלקים את המחסום והגוף מדרדר במדרון.  
א. תארו באמצעות חץ את כיוון הכוח השקול הפועל על הגוף לאחר שהוצא המחסום.  
ב. הסבירו מדוע החלטתם שזה כיוון החץ ולא אחר.



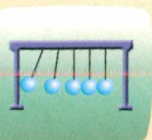
ניסוי

החליקו מטבע על שולחן אופקי ונסו לעצור אותו בנקודה מסוימת באמצעות כף ידכם.  
א. תארו כיצד הנחתם את כף ידכם (ציינו מקום ותנוחה של היד) כדי שהמטבע יעצר במקום שרציתם.  
ב. תארו את האינטראקציה בין המטבע לבין כף היד.

סכמו במחברת את תצפיותיכם משני הניסויים האחרונים. התחילו במילים: "כדי אלא גוף..."

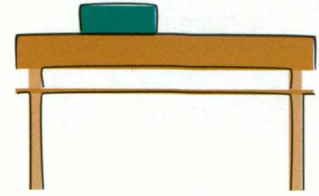


גוף בתנועה יעצור רק בעקבות אינטראקציה עם גוף אחר. מהירותו של גוף נע תתאפס (כלומר הגוף יעצור) רק אם יופעל עליו כוח בכיוון מנוגד לכיוון מהירותו.

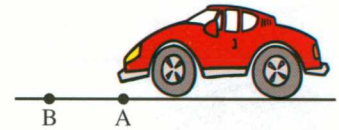




- תיבה מחליקה על שולחן אופקי.  
 אחרי שהחליקה מרחק מסוים, נעצרה התיבה.  
 א. מהו הכוח שגרם לתיבה הנעה להיעצר?  
 ב. באיזה כיוון פעל הכוח במקרה זה? כיצד קבעתם זאת?



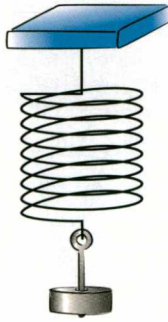
- עגלה או מכונית צעצוע נוסעת על משטח אופקי עם חיכוך קטן  
 מ-A ל-B.  
 עליכם לגרום לעגלה לנוע בהתאם לתיאורים הבאים:  
 א. בנקודה B מהירות העגלה גדלה.  
 ב. בנקודה B מהירות העגלה קטנה מאוד.  
 ג. בנקודה B העגלה משנה את כיוון התנועה.  
 ד. תארו כיצד גרמתם לעגלה לנוע לפי הדרישות האלה.



כדי לגרום לגוף במנוחה להתחיל לנוע בכיוון מסוים, יש להפעיל כוח בכיוון התנועה הרצויה, וכדי לעצור גוף נע יש להפעיל עליו כוח בכיוון מנוגד לכיוון תנועתו. במילים אחרות: כדי להגדיל את מהירותו של גוף מאפס, יש להפעיל על הגוף כוח בכיוון שאנו רוצים שיחל לנוע. ולהפך, כדי להקטין את מהירותו של גוף מערך מסוים לאפס, יש להפעיל על הגוף כוח בכיוון מנוגד לכיוון תנועתו.



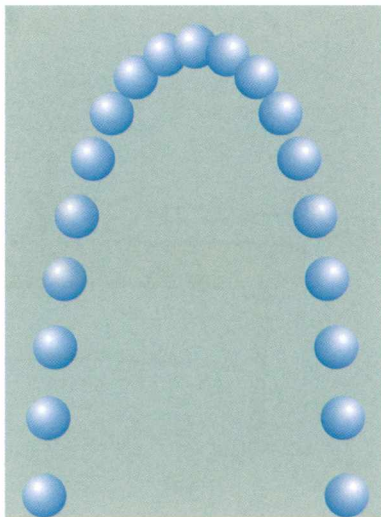
מהירותו של גוף משתנה רק אם פועל עליו כוח. כלומר, אם הוא באינטראקציה עם גוף אחר.



איור א



איור ב



איור ג

1. גוף תלוי בקצהו של קפיץ (איור א). ענו על השאלות הבאות:
  - א. מהי, לדעתכם, הסיבה שהקפיץ מתוח?
  - ב. כמה כוחות פועלים על המשקולת התלויה? הסבירו.
  - ג. העתיקו למחברת את איור א וסמנו בו בחיצים את כיווני הכוח או הכוחות הפועלים על המשקולת. קראו בשם לכל אחד מן הכוחות.
  - ד. מהו הכוח השקול שפועל על המשקולת התלויה במנוחה?

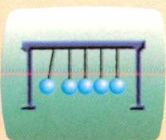
גוזרים את החוט שאליו קשור הקפיץ (איור ב) והמשקולת נופלת. ה. העתיקו למחברת את התיאור הנכון של הקפיץ בזמן נפילת המשקולת.

1. הקפיץ נשאר כפי שהיה.
  2. הקפיץ התארך מכפי שהיה.
  3. הקפיץ מתכווץ כמעט לגמרי.
1. איזה כוח חדל לפעול על המשקולת במשך כל זמן נפילתה?
  2. איזה כוח המשיך לפעול על המשקולת במשך כל זמן נפילתה?
  3. באיזה כיוון נחוץ היה להפעיל כוח על המשקולת כדי למנוע את נפילתה?
  - ט. מהו הכוח השקול שפעל על המשקולת הנופלת?

2. זורקים כדור למעלה, הכדור נע למעלה עד שמגיע לשיא הגובה ומשם נופל למטה. לפניכם סדרת תצלומים של תנועת כדור שנזרק למעלה. משך הזמן בין כל שני צילומים עוקבים הוא 0.01 שנייה.

- א. תארו את תנועת הכדור בתנועתו מעלה עד שיא הגובה.
- ב. מדוע הנקודות בתצלום בשיא הגובה צפופות מאוד?
- ג. תארו את תנועת הגוף בתנועתו מטה.
- ד. האם הכדור היה באינטראקציה עם גוף כלשהו אחרי שעזב את היד? נמקו!

3. אתם עוקבים אחרי תנועתה של מכונית צעצוע שנעה בקו ישר ורואים שמהירותה הולכת וקטנה. מהי מסקנתכם?

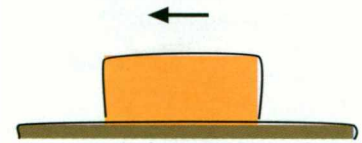


4. מהירות נפילתו של צנחן קטנה ברגע שהמצנח נפתח. מהי האינטראקציה שגורמת לשינוי זה?

5. תיבת עץ מחליקה שמאלה על הרצפה (איור ה), ולבסוף נעצרת. מבין הכוחות הרשומים ברשימה להלן, ציינו אילו מהם פועלים על התיבה הנעה. בעבור כל אחד מן הכוחות האפשריים ציינו במחברת את כיוונו (מעלה, מטה, שמאלה, ימינה וכו'). אם הכוח לא קיים כלל (או שווה לאפס) כתבו "אין".



איור ד



איור ה

סימון הכוח	כוח אפשרי על התיבה הנעה	כיוון
א.	כוח הגרביטציה על התיבה	_____
ב.	כוח ניצב שמפעילה הרצפה על התיבה	_____
ג.	כוח אופקי שמפעילה הרצפה על התיבה	_____
ד.	כוח תנועה שיש לתיבה	_____

6. התיחסו לגודלם של הכוחות בשאלה הקודמת וציינו: האם קיימים כוחות ברשימת הכוח א-ד ששווים בגודלם? כתבו אילו הם זוגות הכוחות השווים. (לדוגמה, האם  $b=g$ ?)

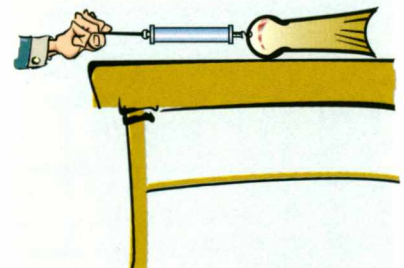
7. בעבור התיבה בשאלה 5, סרטטו תרשים כוחות הפועלים על התיבה **תוך כדי התנועה**. זכרו לציין את כל הכוחות שלדעתכם פועלים על התיבה. ליד כל אחד מהחיצים ציינו איזה גוף מפעיל את הכוח.

8. מד כוח מחובר לספר שמונח על שולחן. תלמידה מושכת בקצה החופשי של מד הכוח. הקפיץ של מד הכוח מתארך, ומושך את הספר שמאלה. אף על פי כן, הספר נותר במנוחה על השולחן.

א. אילו כוחות פועלים על הספר מעלה או מטה (כוחות ניצבים)?

ב. אילו כוחות פועלים על הספר לצדדים (בכיוון אופקי)?

ג. סרטטו "תרשים כוחות" המראה את הכוחות שפועלים על הספר.



איור ו

ד. השוו בין הכוחות שתיארתם: תארו אילו כוחות שווים זה לזה.



# פרק ה תיאור תנועה

## המושג מהירות



נלשה אנלמז



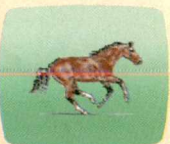
במשימה זו עליכם לבחור, מבין תלמידי כיתתכם, את האצן או האצנית המהירים ביותר.

א. תארו במחברת בפרוטרוט כיצד תיעשה הבחירה.

ב. בקשו מהמורה מכשירים שיעזרו לכם במדידות. צאו עם חבריכם לכיתה לחצר בית הספר ומלאו את המשימה על פי הצעותיכם. המטלה תסתיים כאשר תצליחו לבחור את האצן או האצנית המהירים ביותר בכיתתכם.

ג. תארו מה היו הקשיים העיקריים בבחירת האצן או האצנית המהירים ביותר.

ד. בכיתתכם היו ודאי הצעות שונות לביצוע המשימה. כתבו אילו יתרונות ואילו חסרונות יש להצעה שלכם לעומת הצעה אחרת שהציעו חבריכם לכיתה.



## מהירות

תלמידי כיתות ח' רוצים לבחור נציג לאליפות בית הספר בריצה. הם, כמובן, מבקשים לשלוח את הרץ המהיר מבין תלמידי השכבה. לשם כך החליטו כי כל כיתה תבחר מועמד משלה, ומהם יבחר התלמיד שייצג את כל השכבה. בפעילות הקודמת הצעתם דרכים שונות לקבוע מיהו האצן המהיר ביותר. נתייחס לשתי הצעות שנבחרו מבין הרעיונות שהועלו בקבוצות.



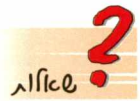
**הצעה 1:** מעמידים את תלמידי כיתה ח' בשורה על קו התחלה. השופט לוקח בידיו שעון, נותן אות וכל התלמידים מזנקים לריצה מהירה. כעבור חצי דקה השופט מסמן לעצור, וכל התלמידים עוצרים.

- א. כיצד נחליט מי מבין תלמידי הכיתה הוא המהיר ביותר?  
ב. יום קודם גם תלמידי ח' ערכו תחרות בשיטה דומה (גם הם רצו חצי דקה) ובחרו את נציגם.  
כיצד אפשר לקבוע מי משני התלמידים (נציג ח' או נציג ח') ייצג בתחרות את תלמידי כיתות ח', וזאת בלי לערוך תחרות בין שני התלמידים?  
ג. אם כולם רצו במשך זמן שווה, איזה נתון צריך לדעת כדי לקבוע מי מביניהם מהיר יותר?

**הצעה 2:** מעמידים את תלמידי כיתה ח' בשורה על קו התחלה. מסמנים קו מטרה, אליו התלמידים צריכים להגיע (למשל, מקצה אחד של מגרש כדור-סל לקצהו האחר). השופט נותן אות וכל התלמידים מזנקים בריצה לקראת המטרה.



- א. כיצד נחליט מי מבין תלמידי הכיתה הוא הרץ המהיר ביותר?  
ב. יום קודם גם תלמידי ח' ערכו תחרות בשיטה דומה, על אותו מגרש ובחרו את נציגם.  
כיצד אפשר לקבוע מי משני התלמידים (נציג ח' או נציג ח') ייצג בתחרות את תלמידי כיתות ח', ללא תחרות נוספת בין שני המועמדים?  
ג. אם כולם רצו מרחק שווה, איזה נתון צריך לדעת כדי לקבוע מי משניהם רץ מהר יותר?



1. השיא העולמי בריצת 100 מטר הוא 9.79 שניות ונקבע על-ידי מוריס גרין מארה"ב ב-1999.  
(א) הסבירו מה פירוש האמירה הזו.  
(ב) השיא ניתן בשניות (שנייה היא כידוע יחידת זמן) ואנו מתייחסים למהירות ריצה, הכיצד?  
2. בידיעה בעיתון היה כתוב:  
"בתחרות ריצה שנערכה בארה"ב הושג שיא חדש בזמן של...".  
האם הידיעה מתקבלת על דעתכם? נסו לתקן את הכתבה בעיתון (בהנחה שלא נפלה טעות בזמן שצוין).  
3. בתחרות ריצה ל-200 מטר, שנערכה באיצטדיון רמת-גן הגיע ראשון האצן נחשון.  
האם נחשון מחזיק בשיא הארצי בריצת 200 מטר? הסבירו.

אפשר להשוות מהירויות של מספר רצים בשתי דרכים:  
א. קובעים פרק זמן וכולם רצים אותו הזמן. הרץ שעבר מרחק גדול יותר רץ מהר יותר. אם אחד המתחרים עבר דרך גדולה פי שניים מהדרך שעשה רץ אחר, הרי מהירותו (הממוצעת) הייתה גדולה פי שניים מזו של האחר.  
כלומר, במקרה שכולם רצים זמן שווה יחס המהירויות של הרצים יהיה כיחס הדרכים שהם עברו.  
ב. קובעים מרחק נתון וכולם רצים מרחק שווה. הרץ שעבר את המרחק בזמן הקצר ביותר הוא הרץ המהיר ביותר. אם אחד הרצים עבר את המרחק בשליש הזמן שהיה דרוש לרץ אחר הרי מהירותו גדולה פי שלושה ממהירותו של האחר.  
כלומר במקרה שכולם רצים מרחק שווה, יחס המהירויות של הרצים הפוך ליחס בין הזמנים שהם עברו את המרחק.



מהירותו של גוף נקבעת על ידי המרחק שעבר הגוף ומשך הזמן שבו עבר הגוף את המרחק. המהירות נמצאת ביחס ישר למרחק וביחס הפוך לזמן.



## כיצד מחשבים את מהירותו של גוף?

נגדיר מהירותו  $v$  של גוף כיחס בין הדרך  $s$  שעובר הגוף לבין הזמן  $t$  (שעבר דרך זו).

$$v = \frac{s}{t}$$

בדוגמה הבאה רשומים נתוני התנועה של שלוש מכוניות מירוץ. ניח כי בפרקי הזמן הנתונים המכוניות נעות במהירות קבועה.

מכונית 1 עברה מרחק של 368 ק"מ ב- 2 שעות.

מכונית 2 עברה מרחק של 86 ק"מ ב- 1/2 שעה.

מכונית 3 עברה מרחק של 45 ק"מ ב- 1/4 שעה.

איזו מכונית נעה מהר יותר?



כדי שנוכל להשוות בין המהירויות של המכוניות, עלינו להתייחס למרחקים שהמכוניות עוברות בפרקי זמן שווים. מקובל לבחור ביחידות זמן של שעה או של שנייה.

עתה נוכל לענות על השאלה:

מכונית 1 עברה **בשעה** (בהנחה שמהירותה קבועה) מרחק של:

$$184 \text{ ק"מ} = 368 : 2$$

מכונית 2 תעבור **בשעה** (בהנחה שמהירותה קבועה) מרחק של:

$$172 \text{ ק"מ} = 86 \cdot 2 = 86 : 1/2$$

מכונית 3 תעבור **בשעה** (בהנחה שמהירותה קבועה) מרחק של:

$$180 \text{ ק"מ} = 45 \cdot 4 = 45 : 1/4$$

מצאנו כי המכונית הראשונה הייתה המהירה ביותר. למעשה מצאנו בעבור כל מכונית את המרחק שהייתה עוברת בשעה לו הייתה נעה במהירות קבועה. גודל זה מכונה **מהירות ממוצעת**.



כדי למצוא מהירות ממוצעת של גוף נע, יש למצוא את המרחק שהגוף עבר ביחידת זמן. לשם כך צריך לחלק את המרחק שהגוף עבר במשך הזמן שנדרש לעבור את המרחק. המנה שמתקבלת היא **מהירות ממוצעת** של הגוף.

$$\text{מהירות ממוצעת} = \frac{\text{מרחק}}{\text{משך הזמן}}$$



## יחידות המהירות

יחידות המהירות נגזרות מיחידות אורך ומיחידות זמן. בחיי יום-יום מוכרת לכם היחידה קילומטר לשעה המכונה בקיצור קמ"ש.

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 1 \frac{\text{ק"מ}}{\text{שעה}} = 1 \text{ קמ"ש} = 1 \text{ קילומטר לשעה}$$

כידוע המהירות המרבית המותרת בכביש בין-עירוני מהיר היא 100 קמ"ש, כיצד נבין זאת? בהנחה שהנהג יכול לנסוע כל הזמן במהירות קבועה (כלומר אין שום מיכשולים שמעכבים את הנסיעה) מכוניתו היתה עוברת במשך שעה אחת מרחק של 100 ק"מ. לז המשיך בנסיעתו במשך שעתיים, היה עובר מרחק של 200 ק"מ. מה המרחק שהיתה עוברת המכונית במשך חצי שעה?

במדע מקובלת יחידת מהירות תקנית  $\frac{\text{מ}}{\text{ש}}$ :

$$1 \frac{\text{meter}}{\text{second}} = 1 \frac{\text{מטר}}{\text{שנייה}} = 1 \text{ מטר לשנייה}$$

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{מ}}{\text{ש}} \quad \text{או בקצרה:}$$

$$1 \frac{\text{ק"מ}}{\text{שעה}} = \frac{1,000 \text{ מ}}{3,600 \text{ ש}} = \frac{1 \text{ מ}}{3.6 \text{ ש}}$$

נמצא קשר בין היחידות:

מצאנו שמהירותו של גוף שנע במהירות  $1 \frac{\text{ק"מ}}{\text{שעה}}$ , קטנה פי 3.6 מזו של גוף שנע במהירות  $1 \frac{\text{מ}}{\text{ש}}$ . מכונית שמהירותה 90 קמ"ש, ביחידות תקניות מהירותה  $25 \frac{\text{מ}}{\text{ש}}$ .

אפשר לכתוב זאת גם כך: מהירותו של גוף שנע במהירות  $1 \frac{\text{מ}}{\text{ש}}$  גדולה פי 3.6 מזו של גוף שנע במהירות  $1 \frac{\text{ק"מ}}{\text{שעה}}$ . רוכב אופניים שמהירותו ביחידות תקניות  $5 \frac{\text{מ}}{\text{ש}}$  מהירותו ביחידות המקובלות בחיי היום יום  $18 \frac{\text{ק"מ}}{\text{שעה}}$ .

**מהירות הקול** באוויר שווה כ-  $340 \frac{\text{מ}}{\text{ש}}$ . פירושו של דבר, שהקול עובר במשך שנייה אחת מרחק של \_\_\_\_\_ מ', במשך 2 שניות הקול עובר מרחק של \_\_\_\_\_ מ' ובחצי שנייה הקול עובר מרחק של \_\_\_\_\_.

באופן כללי, אם גוף נע במהירות קבועה  $v$  במשך זמן  $t$ , המרחק  $x$  שעובר הגוף הוא:



משך הזמן  $x$  מהירות = מרחק

$$x = v \cdot t$$





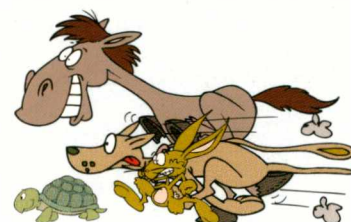
1. המרחק בין חיפה לירושלים הוא 90 ק"מ. רכבת מהירה עוברת את המרחק (ללא עצירה) ב-45 דקות ( $\frac{3}{4}$  שעה). מהי המהירות הממוצעת שבה נעה הרכבת?

2. רכבת משא עוברת את המרחק בין תל-אביב לבין עכו תוך 3 שעות. בהנחה שהרכבת נסעה במהירות ממוצעת של 45 קמ"ש, מהו המרחק בין תל-אביב לבין עכו?

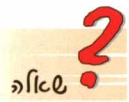
### מהירויות - סדרי גודל

בטבלה מוצגות מהירויות של עצמים שונים. אנו רואים כי ישנם גופים שנעים מהר מאוד ולעומתם גופים שמהירותם קטנה. גוף יכול להישאר במנוחה ואז מהירותו היא אפס.

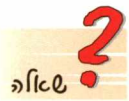
מהירויות - סולם ערכים	
$3 \times 10^8 \text{ m/s}$	מהירות האור בריק
$2.2 \times 10^6 \text{ m/s}$	מהירות האלקטרון באטום המימן
$4.6 \times 10^2 \text{ m/s}$	מהירות סיבוב הארץ על צירה (קו המשווה)
$3.4 \times 10^2 \text{ m/s}$	מהירות הקול באוויר
$3 \times 10^2 \text{ m/s}$	מהירות כדור רובה
$3 \times 10^1 \text{ m/s}$	מהירותה של מכונית בכביש מהיר
$2.9 \times 10^1 \text{ m/s}$	מהירותה של ציטה
$2.3 \times 10^1 \text{ m/s}$	מהירותו של שקנאי
$1.1 \times 10^1 \text{ m/s}$	מהירותה של צופית דבש
$10^1 \text{ m/s}$	מהירותו של אצן
$7.5 \times 10^{-1} \text{ m/s}$	מהירותו של דג זהב
$4 \times 10^{-2} \text{ m/s}$	מהירותה של נמלה
$3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	המהירות הממוצעת של בני ישראל במדבר
$10^{-6} \text{ m/s}$	מהירות הגלישה של קרחון



נסו לחשוב על שיטות ואמצעים שמאפשרים למדוד את המהירויות המופיעות בטבלה.

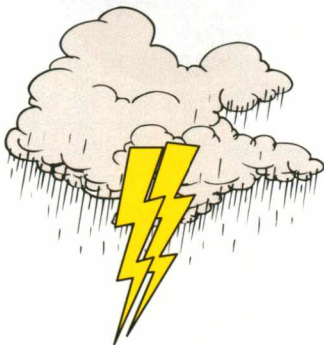


השיא העולמי ב-100 מטר הושג על ידי מוריס גירון מארה"ב ב-1999 בזמן של 9.79 שני.  
 השיא העולמי העכשווי ב-200 מטר נקבע על ידי מייקל ג'ונסון מארה"ב באולימפיאדת אטלנטה ב-1996 בזמן של 19.32 שניות.  
 א. חשבו את המהירות הממוצעת של האצן למאתיים מטר.  
 ב. האם, לדעתכם, מייקל ג'ונסון עבר את 100 המטרים הראשונים של ריצתו במהירות גדולה יותר מן המהירות שרץ ב-100 המטרים האחרונים. נמקו והיו מוכנים לדיון בכיתה.  
 ג. מי, לדעתכם, רץ מהר יותר, מוריס גירון או מייקל ג'ונסון?



בטיול במדבר יהודה השתעשעו המטיילים בשמיעת ההד שלהם. באחד המקרים נשמע ההד 3 שניות לאחר שאחד המטיילים שרק. המרחק בין המטיילים לבין הצוק (ממנו הוחזר הקול) היה כ-500 מ'. מהי מהירות הקול באוויר?  
**הערה:** ההד נוצר כתוצאה מהחזרת גלי הקול מהצוק שנמצא בסביבת המטייל, לכן הזמן שהקול נע עד לצוק הוא רק \_\_\_\_\_ שניות.

**מהירות האור** היא המהירות הגדולה ביותר שקיימת בטבע. אלומת אור עוברת באוויר בשנייה אחת מרחק של 300,000 ק"מ, כלומר מהירות האור היא  $300,000 \frac{\text{ק"מ}}{\text{ש"י}}$ . מהירות הקול באוויר היא כ-340  $\frac{\text{מ"י}}{\text{ש"י}}$ .



**הברק והרעם** נוצרים עקב התפרקות חשמלית בין עננים הטעונים במטען חשמלי. ענו על השאלות במחברת.  
 א. השלימו במחברת: מהירות אור הברק היא \_\_\_\_\_. מהירות קול הרעם היא \_\_\_\_\_.  
 ב. הברק והרעם נוצרים בו זמנית. במה אנו חשים קודם, בברק או ברעם? הסבירו.



ג. נניח שבאחד מלילות החורף הסוערים ראינו ברק, וכעבור 3 שניות שמענו קול רעם אדיר. באיזה מרחק מאיתנו התרחשה ההתפרקות החשמלית של הענן? הנחיות לפתרון הבעיה:

מרחק הענן מהקרקע (קטן בהרבה/גדול בהרבה) מ-300,000 ק"מ. לכן הזמן הדרוש לברק כדי להגיע אלינו (קטן בהרבה/גדול בהרבה) משנייה. כלומר, אנו רואים את הברק כמעט בו זמנית עם היוצרות הרעם.

מכאן ש-3 השניות הן הזמן הדרוש, למעשה, ל-(אור/קול) להגיע ממקור ההתפרקות אלינו. נכפול את מהירות הקול 340 מ'/ש' במשך הזמן, שהוא 3 שניות ונקבל \_\_\_\_\_ מטר. המרחק שקיבלנו הוא המרחק בינינו לבין העננים שביניהם התרחשה ההתפרקות החשמלית.



המרחק בין השמש לבין כדור הארץ הוא כ-150,000,000 קילומטר. א. כעבור כמה זמן מגיע אור הנפלט ברגע מסוים מהשמש אל כדור הארץ?

ב. תמונת השמש כרגע מתארת את פני השמש לפני \_\_\_\_\_.

## מדידת מהירות

א. הנהג במכונית לא צריך לחשב כל הזמן את מהירות הנסיעה באמצעות המרחק והזמן. הוא מתבונן במכשיר שמראה את מהירות נסיעתו מד-מהירות או ספידומטר. מד המהירות מאפשר לנהג לעקוב אחר מהירות נסיעתו בכל רגע ורגע. נסו לברר את עיקרון פעולתו של ספידומטר. הרחבה בנושא תמצאו בהעשרה בהמשך.



ב. במעבדה נצלם את הגוף הנע במצלמה דיגיטלית או במצלמת וידאו. תוכנה מתאימה מאפשרת לנתח את תנועת הגוף ולקבל גרפים אשר מתארים את תנועתו של גוף. נוכל לקבל למשל, גרף המתאר את הקשר בין המרחק שעבר הגוף (מנקודת ראשית נתונה) כפונקציה של הזמן שחלף (מרגע מסוים שנקבע כראשית לציר הזמן). או גרף המתאר את הקשר בין מהירות תנועתו של גוף לבין הזמן.



ספידומטר – מד מהירות. שם זה נגזר מהמלים speed – מהירות, meter – מ.ד.

הספידומטר במכונית מורה על גודל המהירות ואיננו מצביע על כיוון התנועה. כאשר מדברים על מהירות מתכוונים לגודל המהירות ולכיוונה, כלומר למהירות יש גודל וכיוון (המהירות היא וקטור).

לשם פשטות אנו נייחס בחוברת זו למילה "מהירות" גודל בלבד. באנגלית קיימות שתי מילים שונות לציון מהירות. האחת speed – שפירושה גודל המהירות, והשנייה velocity – שפירושה מהירות במובנה המלא (גודל וכיוון).



חקירה של תנועת אופניים ללא הפעלת דוושות. לצורך החקירה נשתמש בתנועת אופניים שעליהם ירכב אחד התלמידים. נזדקק לאופניים ולאחד-עשר שעוני עצר ממוספרים בין 1 ל-11.

א. סמנו בחצר בית הספר אחד-עשר קווים במרחק 5 מטר זה מזה ומספרו את הקווים מ-1 עד 11.

ב. חלקו את שעוני העצר ל-11 תלמידים. על פי סימן כולם יחד יפעילו את השעונים.

ג. בהמשך כל תלמיד יעמוד ליד הקו התואם את מספר שעון העצר שבידו.

ד. רוכב אופניים יתחיל לנסוע כ-20 מטר לפני קו מספר 1 ויפסיק את פעולת הדוושות בהגיעו לקו זה.

ה. כל תלמיד יפסיק את פעולת שעון העצר כשהגלגל הקדמי של האופניים חוצה את הקו לידו הוא עומד.

ו. רשמו את הקריאות המתקבלות בשעון העצר בטבלה במחברת.

שעון עצר מס'	הוראת השעון
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	



ז. הפעילו את המחשב ועברו לתוכנה המתאימה לפי הוראות המורה. אתם מתבקשים להכניס את הנתונים בגיליון אלקטרוני וכך תוכלו לקבל גרף המתאר את מרחק האופניים (מקו מס' 1) כפונקציה של הזמן, וכן גרף של מהירות האופניים כפונקציה של הזמן.

ח. תארו במילים את התנועה על פי הגרפים המתאימים.



מצלמת הוידאו מצלמת 25 תמונות בודדות נייחות בכל שנייה. מאחר שהתמונה משתנה זמן מה ברשתית העין, מופיעה תוך פרק זמן זה תמונה חדשה, השונה רק במקצת מקודמתה, ונוצרת במוחנו אשליה של רצף.

כושר ההפרדה של אדם הוא כ-14 תמונות בשנייה. אם נקרין פחות מ-14 תמונות בשנייה, לא תיווצר אשליה ואנו נראה רצף של תמונות בודדות. בסרט קולנוע מוקרנות כל שנייה 24 תמונות נייחות שנראות לנו כנעות.

זבוב, לעומתנו, יכול להבחין ב-300 תמונות בשנייה. בעבורו סרט קולנוע נראה כאוסף של תמונות נייחות מתחלפות. הזבוב רואה את המציאות כפי שאנחנו היינו רואים סרט קולנוע מוקרן באיטיות רבה מאוד. יכולת זו של הזבוב מסייעת לו לתפוס את טרפו ולהתחמק מטורף.

## שינוי מהירות



### גוף נופל חופשית

בניסוי זה נעקוב אחרי תנועתו של גוף נופל, כפי שצולם במצלמת וידאו.  
א. תארו כיצד נע הגוף שנשמט מידכם.  
באיור רואים איש שומט מיידיו נעל אשר נופלת חופשית.  
פרק הזמן בין שני מצבים עוקבים קבוע.



גוף הנופל חופשית נע בתאוצה ומהירותו הולכת וגדלה.



ב. השלימו במחברת: המרחק שעוברת הנעל בכל פרק זמן (הולך וקטן, הולך וגדל, קבוע).  
לכן מהירות הגוף (קבועה, הולכת וקטנה, הולכת וגדלה).



### גוף נזרק אנכית מעלה

זרקו כדור אנכית מעלה והתבוננו בתנועתו.  
א. בסרטוט מתוארים עקבות של כדור שנזרק מעלה. פרק הזמן בין שני מצבים עוקבים של הכדור – קבוע. תארו את תנועת הכדור מעלה עד שיא הגובה.  
ב. השלימו במחברת: המרחק שעובר הכדור בכל פרק זמן (הולך וגדל, הולך וקטן, קבוע). לכן מהירות הגוף (קבועה, הולכת וקטנה, הולכת וגדלה).



נהג נוסע בשטח בנוי במהירות של 50 קמ"ש, כאשר הוא מגיע לשטח פנוי הוא מגביר את מהירותו (מאיץ) עד המהירות המותרת של 90 קמ"ש. מהו השינוי במהירותו?

מהירות	–	מהירות	=	שינוי מהירות
בראשית פרק הזמן		בתום פרק הזמן		
$\Delta v = v_2 - v_1$				

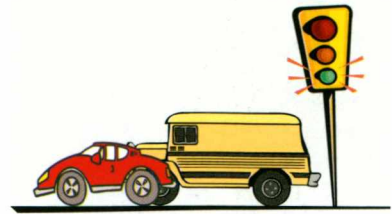


נהג נוסע במהירות של 80 קמ"ש, בגלל עומס תנועה הנהג מקטין את מהירותו ל-55 קמ"ש. מהו השינוי במהירותו? מה המובן של הסימן השלילי?





בעלוני פרסומת של שתי מכוניות כתובים הנתונים הבאים:  
 מכונית א: המכונית יכולה להגיע ממנוחה למהירות של 100 קמ"ש  
 בפרק זמן של 8 שניות.  
 מכונית ב: המכונית יכולה להגיע ממנוחה למהירות של 100 קמ"ש  
 בפרק זמן של 13 שניות.  
 א. לאיזו מכונית תאוצה גדולה יותר? הסבירו.  
 ב. נסו להגדיר את המושג "תאוצה".



בזינוק ברמזור המכונית הפרטית משיגה את המשאית



## תאוצה

התאוצה מראה את השינוי שחל במהירות ביחידת זמן.

$$\text{שינוי המהירות} = \frac{\text{משך הזמן}}{\text{תאוצה}}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

התאוצה נמדדת ביחידות שנגזרות משינוי המהירות והזמן.

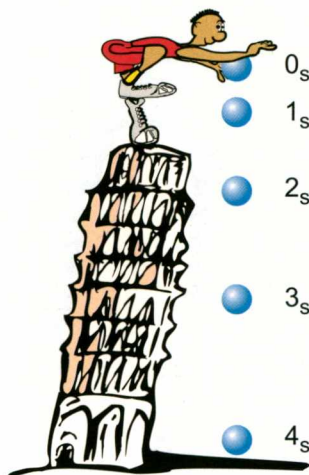
$$1 \frac{\text{מ}'}{\text{ש}'} = 1 \frac{\text{מ}'}{\text{ש}'} \text{ בשנייה}$$

תאוצה של  $1 \frac{\text{מ}'}{\text{ש}'} = 1 \frac{\text{מ}'}{\text{ש}'} \text{ פירושה שבשנייה אחת מהירות הגוף משתנה ב-} 1 \frac{\text{מ}'}{\text{ש}'}.$



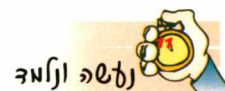
א. ילד מכין כדור גדול מפלסטלינה, מרים אותו גבוה ומאפשר לו ליפול. הכדור מתחיל ממהירות אפס. מהירותו גדלה בקירוב ב-  $10 \frac{\text{מ}'}{\text{ש}'} \text{ בכל שנייה והוא פוגע בקרקע.}$





ב. הילד עולה על כסא, מניף את הכדור גבוה ושוב מאפשר לו ליפול. הכדור מתחיל ממהירות אפס, מהירותו הולכת וגדלה (הוא נע בתאוצה של  $10 \frac{m}{s^2}$ ) ופוגע בקרקע. מהירות הכדור ברגע הפגיעה בקרקע הפעם הייתה גדולה מן המהירות שהייתה לו ברגע פגיעתו בקרקע בפעם הראשונה. הסבירו.

ג. אם הכדור התחיל במהירות אפס, מה תהיה מהירותו בתום השנייה השלישית לנפילתו? הסבירו.



### כוח גורם לשינוי מהירות

הניחו עגלה על שולחן ארוך או על הרצפה. עליכם לדחוף קלות את העגלה דחיפות שוות חוזרות ונשנות. נסו לדחוף דחיפות קצרות כאשר פרק הזמן בין דחיפות עוקבות כשתי שניות. הדחיפות צריכות להיות קצרות. בכל דחיפה השתדלו להפעיל כוחות שווים (כדאי להתאמן ולחזור על הניסוי מספר פעמים לפני שאתם עונים על השאלות).

א. תארו את תנועת העגלה.

ב. מה יקרה אם תגדילו את תדירות הדחיפות (בלי לשנות את גודל הכוח). למשל תדחפו באופן שפרק הזמן בין דחיפות עוקבות כשנייה.

ג. בצעו את הניסוי.

ד. במה שונה תנועת העגלה כאשר תדירות הדחיפות גדלה?

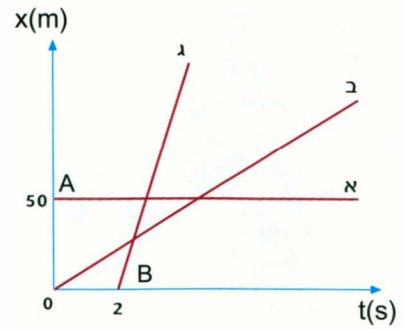
ה. נסו לשער כיצד תנועת העגלה אם יופעל עליה כוח קבוע ברציפות.

בחלק הראשון של הספר הכרתם מספר מושגים חשובים במדע. ביניהם אינטראקציה, כוח ומהירות. למדתם כיצד כוחות משפיעים על גופים במנוחה, ונוכחתם שכוחות גורמים לשינוי במהירותם של גופים חופשיים לנוע.

בחלק השני של ספר זה תלמדו בין היתר על הקשר בין הכוח שפועל על גוף לבין השינוי במהירות.



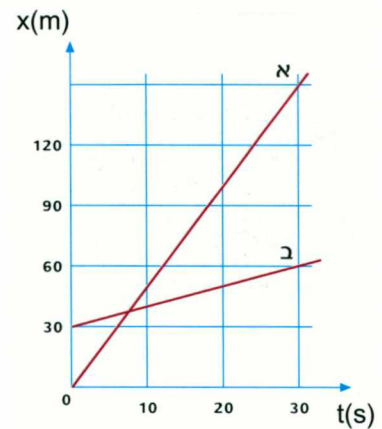
1. באיור א נתונים גרפים של מרחק/זמן – בעבור שלושה גופים. מתוך עיון בגרפים אלה ענו על השאלות הבאות:
  - א. על איזה ציר נמצאת הנקודה A?
  - ב. מהי המשמעות של הערך המספרי שלה?
  - ג. על איזה ציר נמצאת הנקודה B?
  - ד. מהי המשמעות של הערך המספרי שלה?
  - ה. לאיזה מן הגופים המהירות הגדולה ביותר? נמקד!



איור א

2. שתי תלמידות רוצות למדוד מהירות של מכונית כלשהי בכביש מהיר. לרשותן מכשירים כבקשתן. כיצד יבצעו את המשימה?

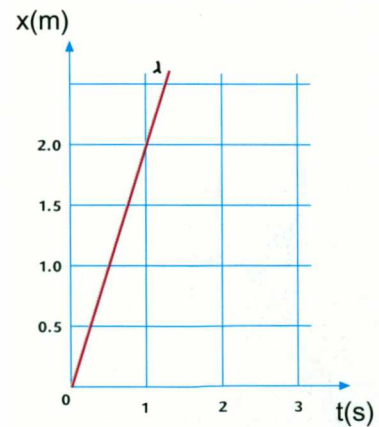
3. רוכב אופניים נע על כביש.
  - א. העריכו את מהירות תנועתו.
  - ב. ערכו מדידות מתאימות של מהירות התנועה שבה רוכב על אופניים אחד מחבריכם.



איור ב

4. הגרפים באיורים ב ו-ג מתארים את תנועותיהם של שלושה גופים. לאיזה גוף המהירות הגדולה ביותר, ולאיזה הקטנה ביותר?
5. הפעילו את תוכנת המחשב לניתוח תנועה על פי הוראות המורה. באמצעות התוכנה תוכלו לקבל גרף מהירות של מכונית כפונקציה של הזמן. תארו במילים את תנועת המכונית.

6. א. באיור רואים תינוק זוחל. נסו להעריך את המהירות שבה מתקדם התינוק.
  - ב. ערכו מדידות מתאימות כדי למצוא את מהירות הזחילה. באיזו מידה צדקתם בהערכתכם?



איור ג

# נספח

## שימוש במושג הלחץ

המושג לחץ שימושי במיוחד כאשר דנים בנוזלים ובגזים. הניסיון מראה כי נוזלים וגזים זורמים ממקום שבו הלחץ גבוה למקום שבו הלחץ נמוך יותר. תנועת אוויר ממקום שבו הלחץ גבוה אל עבר אזור הלחץ הנמוך היא משב הרוח. בנספח זה נדון בתופעות שונות הקשורות בלחץ.

### הפעלת לחץ על מוצק

כאשר גוף מוצק מונח על משטח הוא מפעיל עליו לחץ. הלחץ מורגש באזור המגע שבין הגוף למשטח. הלחץ שמפעיל הגוף על המשטח:

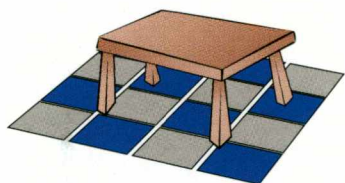
$$\text{לחץ} = \frac{\text{כוח}}{\text{שטח}}$$

הכוח שמפעיל הגוף על המשטח שווה למשקל הגוף. השטח שעליו פועל הכוח שווה לשטח המגע בין הגוף לבין המשטח.

לדוגמה: שולחן עומד על רצפה. מהו הלחץ שמפעילות רגלי השולחן על הרצפה? נניח כי משקל השולחן 120 ניוטון ושטח ארבע רגליו כ- 300 סמ"ר. הלחץ שהשולחן מפעיל על המשטח (בנקודות מגעו

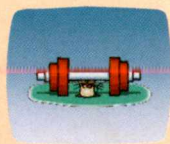
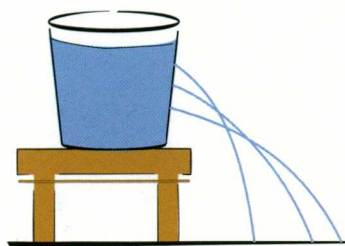
$$\text{עם המשטח}) P = \frac{120}{300} = \frac{\text{ניוטון}}{\text{סמ"ר}} = 0.4$$

מכאן מובן מדוע רגלי השולחן משאירות סימנים על השטיח. אם נהפוך את השולחן ונניח אותו על המשטח העליון. האם הלחץ על הרצפה ישתנה?



### לחץ בנוזלים

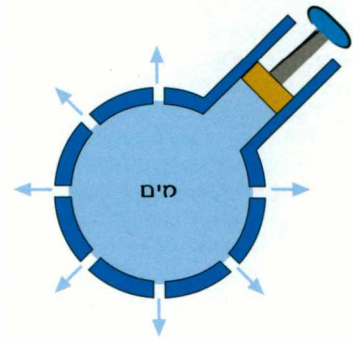
נוזל שנמצא בתוך כלי מפעיל לחץ על קרקעית הכלי וגם על הדפנות – לחץ זה מכונה לחץ הידרוסטטי. כאשר מנקבים חורים בדפנות של כלי מלא מים, המים פורצים החוצה כמתואר באיור. כאשר צוללים בבריכה או בים מרגישים לחץ גדל והולך ככל שאתם שמעמיקים. הלחץ במים גדל עם העומק כי שכבות המים העליונות מעיקות על השכבות התחתונות, לכן ככל שמעמיקים הכוח הפועל על יחידת שטח – כלומר הלחץ ההידרוסטטי – גדל.



נוזלים מקיימים שני חוקים נוספים:

א. **חוק פסקל:** לחץ חיצוני שמופעל על נוזל בתוך כלי קיים בנוזל במידה שווה בכל מקום.

קחו שקית פלסטיק, מלאו אותה במים וסגרו היטב. הפעילו כוח עם היד בקצה השקית. היכן יורגש הלחץ שהפעילה היד? מסתבר שהלחץ החיצוני שהפעילה היד על הנוזל יורגש בכל הנוזל לפי חוק פסקל. כאשר היד לוחצת בקצה השקית מבחינים בשינויים בכל השקית.



הלחץ שמופעל באמצעות הבוכנה מתפשט במים ומשפיע על זרם המים בכל הכיוונים.

### מנוף הידראולי

יישום של חוק פסקל מודגם בפעולתו של מנוף הידראולי.  $A_1$  ו-  $A_2$  הן בוכנות שיכולות לעלות ולרדת. הבוכנות מותקנות מעל נוזל מתאים (שמן מכונות).

כאשר מפעילים כוח  $F_1$  על בוכנה  $A_1$  גורמים ללחץ  $P_1 = \frac{F_1}{A_1}$ . לחץ זה

מועבר בכל הנוזל ופועל מעלה על בוכנה  $A_2$ . ולכן הכוח הפועל על

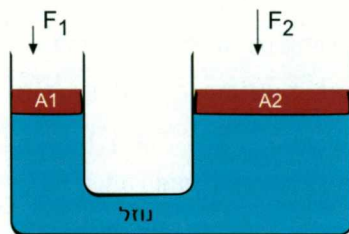
הבוכנה הזאת יהיה  $F_2 = P_1 A_2$  כלומר  $F_2 = \frac{F_1}{A_1} A_2$  או בצורה  $F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$ .

כלומר באמצעות כוח  $F_1$  אפשר להתגבר על כוח  $F_2$  שגדול ממנו פי

$\frac{A_2}{A_1}$ . באמצעות מתקן זה אפשר להתגבר על כוח  $F_2$  אשר גדול מן

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

הכוח  $F_1$  לפי היחס בין שטחי הבוכנות



איור: מנוף הידראולי.

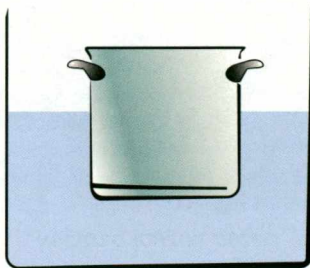
## בלמים במכונית

העיקרון שעל פיו פועלים הבלמים במכוניות הוא חוק פסקל. הרגל מפעילה לחץ על דוושת הבלמים. לחץ זה מועבר באמצעות נוזל הבלמים אל בוכנות מתאימות אשר מפעילות את המתקנים המיועדים לעצור את סיבוב הגלגלים.



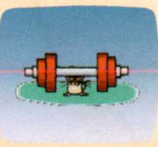
הלחץ שמפעיל הנהג על דוושת הבלמים מועבר באמצעות נוזל הבלמים עד לגלגלים.

**ב. חוק ארכימדס\*:** על גוף שקוע בנוזל פועל כוח עילוי ששווה למשקל הנוזל שהגוף דוחה.

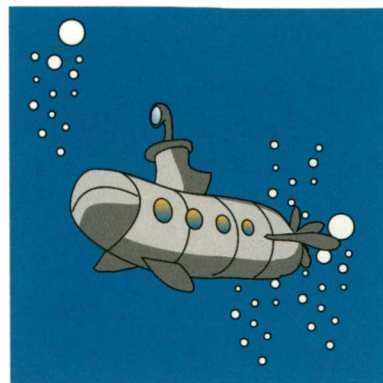


א. קחו גוש פלסטלינה ושימו אותו בתוך כלי עם מים. מה קורה? שימו לב לעליית פני המים בכלי.  
 ב. עצבו את גוש הפלסטלינה לגוש בעל צורה שונה ושימו אותו בתוך המים. מה קורה? האם עליית פני המים בכלי השתנתה?  
 ג. נסו ליצור מהפלסטלינה צורה חדשה אשר תצוף במים. האם הצלחתם? תארו את הצורה החדשה.  
 בעזרת היד נסו להשקיע את הצורה החדשה (דחפו אותה בזירות לתוך המים עד למצב שבו היא כמעט נוטה לשקוע). שימו לב לעליית פני המים במקל המים.

\* ניסוח מדויק יותר: על גוף השקוע בנוזל פועל כוח עילוי השווה למשקל נפח של נוזל השווה לנפח השקוע.



ד. כידוע לכם ברזל שוקע בתוך מים. מה יקרה אם תניחו סיר ריק במים (כאשר תחתיתו מטה)? הסיר דוחה כמות מים גדולה, לכן כוח העילוי עליו גדול. כוח זה גדול ממשקלו והסיר צף במים. הסבירו כיצד חבית עשויה ברזל צפה בים ויכולה לשמש כמצוף.

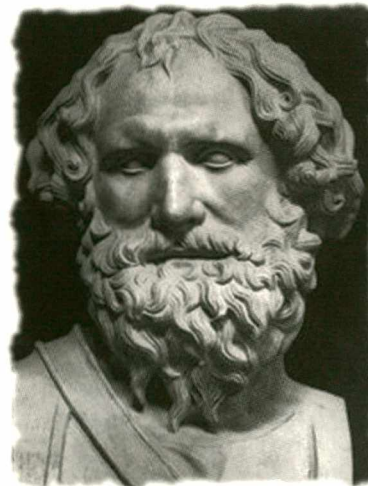


### כיצד צוללת שוקעת וצפה?

על הצוללת פועלים שני כוחות, כוח הכובד  $W$  מטה וכוח העילוי  $F$  מעלה. אם רוצים שהצוללת תשקע יש להקטין את כוח העילוי או להגדיל את משקלה. נוח יותר לשנות את משקל הצוללת. לשם כך מאפשרים למי הים לחדור לתוך תאים ריקים שיועודו לכך. משקל הצוללת גדל והיא שוקעת. אם חפצים שהצוללת תעלה ותצוף מרוקנים את המים מהתאים באמצעות משאבות מתאימות, משקל הצוללת קטן והיא עולה.

### לחץ בגזים

**גזים** מפעילים לחץ על כל דפנות הכלי שבו הם כלואים (כולל הדופן העליונה). על פי המודל החלקיקי נקל להסביר את הלחץ שהגז מפעיל על הדפנות. החלקיקים נעים כל הזמן לכל הכיוונים, פוגעים בדפנות וסך כל ההתנגשויות בדופן ברגע מסוים מתבטא בלחץ על הדופן. כאשר נושפים לתוך בלון נפח הבלון גדל. כמות הגז גדלה, מספר החלקיקים שפוגעים ומכים בדופן הבלון גדל ולכן נפחו גדל. האם אפשר לנפח בלון בלי להוסיף גז (אוויר)? רשמו את דעתכם. נסו להסביר ולהביא דוגמאות.



ארכימדס (287BC - 212BC)

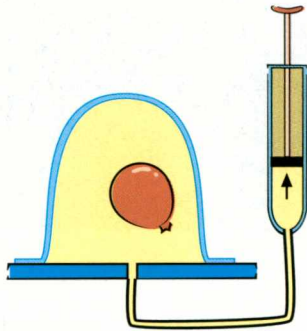
#### חוק פסקל וחוק ארכימדס נכונים גם לגזים:

חוק פסקל מתקיים: לחץ חיצוני על גז בכלי מתפשט במידה שווה לכל הכיוונים.  
חוק ארכימדס\* מתקיים: על גוף בתוך גז פועל כוח עילוי ששווה למשקל הגז שהגוף דוחה.

\* ניסוח מדויק יותר: על גוף השקוע בנוזל פועל כוח עילוי השווה למשקל נפח של נוזל השווה לנפח השקוע.

### גז מפעיל לחץ על כל דפנות הכלי

לפניכם בלון מנופח מעט המונח מתחת לכיפת זכוכית (ראו איור). מה יקרה לבלון כאשר תשאבו אוויר מתוך כיפת הזכוכית (כלומר תקטינו את לחץ האוויר בתוך כיפת הזכוכית)? תשאבו את האוויר הכלוא בתוך כיפת הזכוכית בעזרת משאבה מתאימה.

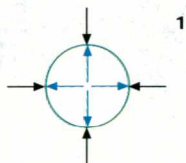


איור א

- מה קורה לבלון?
- האם צדקתם בהשערותיכם?
- הציעו הסבר למה שקרה.
- מה יקרה לבלון כאשר תאפשרו לאוויר מבחוץ לחדור לתוך כיפת הזכוכית? (כלומר, לחץ האוויר מתחת לכיפת הזכוכית יחזור וישווה לערכו ההתחלתי). נסו זאת, האם צדקתם בהשערותיכם?
- הסבירו את תוצאות הניסוי באמצעות המודל החלקיקי.

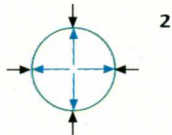
נתבונן בבלון המכיל מעט אוויר.

מדוע נפח הבלון אינו גדל, הרי האוויר בתוך הבלון מפעיל לחץ על הדופן הפנימית של הבלון? הסיבה היא, כמובן, שקיים לחץ נגדי והוא לחץ האוויר מחוץ לבלון וכן הלחץ שמתקבל מן הכוח המחזיר שפועל בגלל העיוות של הבלון (הגומי נמתח), איור ב1.



1

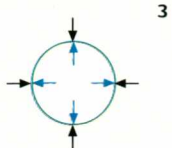
כאשר מרוקנים אוויר מכיפת הזכוכית בתוכה נמצא הבלון לחץ האוויר מחוץ לבלון קטן, לכן לחץ האוויר בתוך הבלון כלפי חוץ גובר על הלחצים פנימה וכתוצאה מכך נפח הבלון גדל, איור ב2.



2

מדוע אין הנפח גדל ללא הפסק?

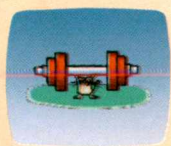
מה אפשר ללמוד מן העובדה שהנפח מתייצב על ערך מסוים, הרי הלחץ מחוץ לבלון לא ממשיך לקטון אחרי שמפסיקים את פעולת המשאבה. כנראה שלחץ האוויר בתוך הבלון קטן בשעה שנפחו גדל, עד שלחץ האוויר בתוך הבלון משתווה ללחץ האוויר (הנמוך יותר) בכיפת הזכוכית (והלחץ הנובע מאלסטיות הבלון), איור ב3.



3

מן הניסוי אפשר להסיק מסקנה חשובה: לחצו של גז תלוי בנפח שהוא תופס. כאשר הנפח של כמות מסוימת של גז גדל, הלחץ שהגז מפעיל על הדפנות קטן.

איור ב





ניסוי

### הקשר בין נפחו של גז לבין לחצו

ניקח מזרק, נעלה את הבוכנה, נאטום את פייתו ונכניסו לתוך בסיס יציב. על הבוכנה נרכיב תושבת שעליה ניתן להניח משקולות או להפעיל כוח ביד.

א. הבוכנה בשיווי משקל במנוחה. הסבירו מדוע? (איור ג)

ב. מה קורה כאשר מפעילים כוח על הבוכנה? (איור ד)

ג. מדוע הבוכנה יורדת?

ד. האם תוצאת הניסוי תואמת את הקשר שבין נפח הגז לבין הלחץ שהוא מפעיל על הדפנות? הסבירו.

ה. הפעילו על הבוכנה כוח באמצעות היד תוך כדי דחיפתה פנימה. תארו מה אתם מרגישים בשעה שהבוכנה יורדת ונפח האוויר במזרק קטן.

ו. הפעם נסו למשוך את הבוכנה החוצה. מה אתם מרגישים? הסבירו.



איור ג



איור ד

ניסויים שנעשו בגזים שונים מראים כי\* בעבור כמות גז נתונה בטמפרטורה קבועה הלחץ שהגז מפעיל על הדפנות גדל כאשר נפחו קטן, ולהפך אם נפח הגז גדל אז לחצו יקטן.

\* דיון רחב במבנה החומר והתנהגות גזים תמצאו בספר: נוסבאום י' (2000), מבנה החומר, ריק וחלקיקים, מכון ויצמן למדע, רחובות. הספר עוסק, בין היתר, בקשר בין המודל החלקיקי קינטי של החומר לבין תכונות גזים נוזלים ומוצקים.

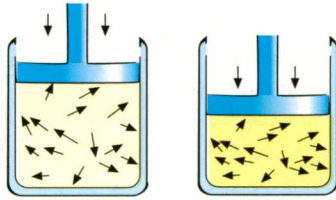




ניסוי

### קשר בין לחץ גז במכל סגור לבין הטמפרטורה

ניקח מזרק, נעלה את הבוכנה ל-20 סמ"ק בערך ונאטום את קצהו. נכניס את המזרק לתוך מים חמים, רואים שהבוכנה עולה. לחץ האוויר בתוך המזרק גדל וגרם לבוכנה לעלות.



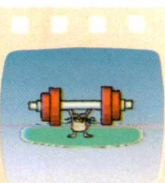
ניסויים מראים גם כי\* בעבור כמות גז נתונה במכל סגור הלחץ שהגז מפעיל על הדפנות גדל כאשר הטמפרטורה של הגז עולה.



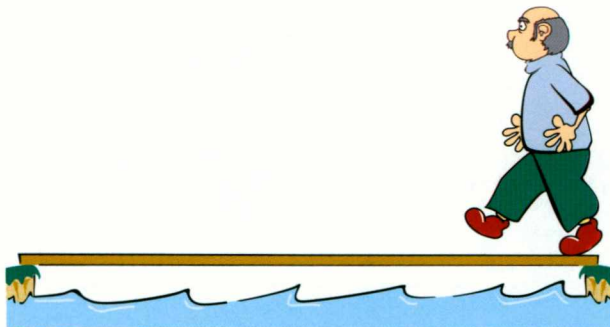
סיכום

השפעת הנפח והטמפרטורה על לחץ הגז על פי המודל החלקיקי: חלקיקי הגז מתרוצצים לכל הכיוונים ופוגעים בדפנות הכלי שבו הם כלואים. כאשר מקטינים את נפח הגז, למשל על-ידי הורדת הבוכנה במזרק, הדרך שחלקיק צריך לעבור עד שהוא פוגע בדופן קטנה, כלומר בכל רגע מספר הפגיעות בדפנות גדל וזה מתבטא בהגדלת הלחץ.

כאשר מעלים את הטמפרטורה של גז במכל סגור מהירות חלקיקי הגז גדלה, לכן מספר הפגיעות בדפנות ועוצמתן גדלים. אי לכך לחץ הגז גדל.



הסבירו מדוע הנער מצליח (איור ג) לחצות את הגשר?



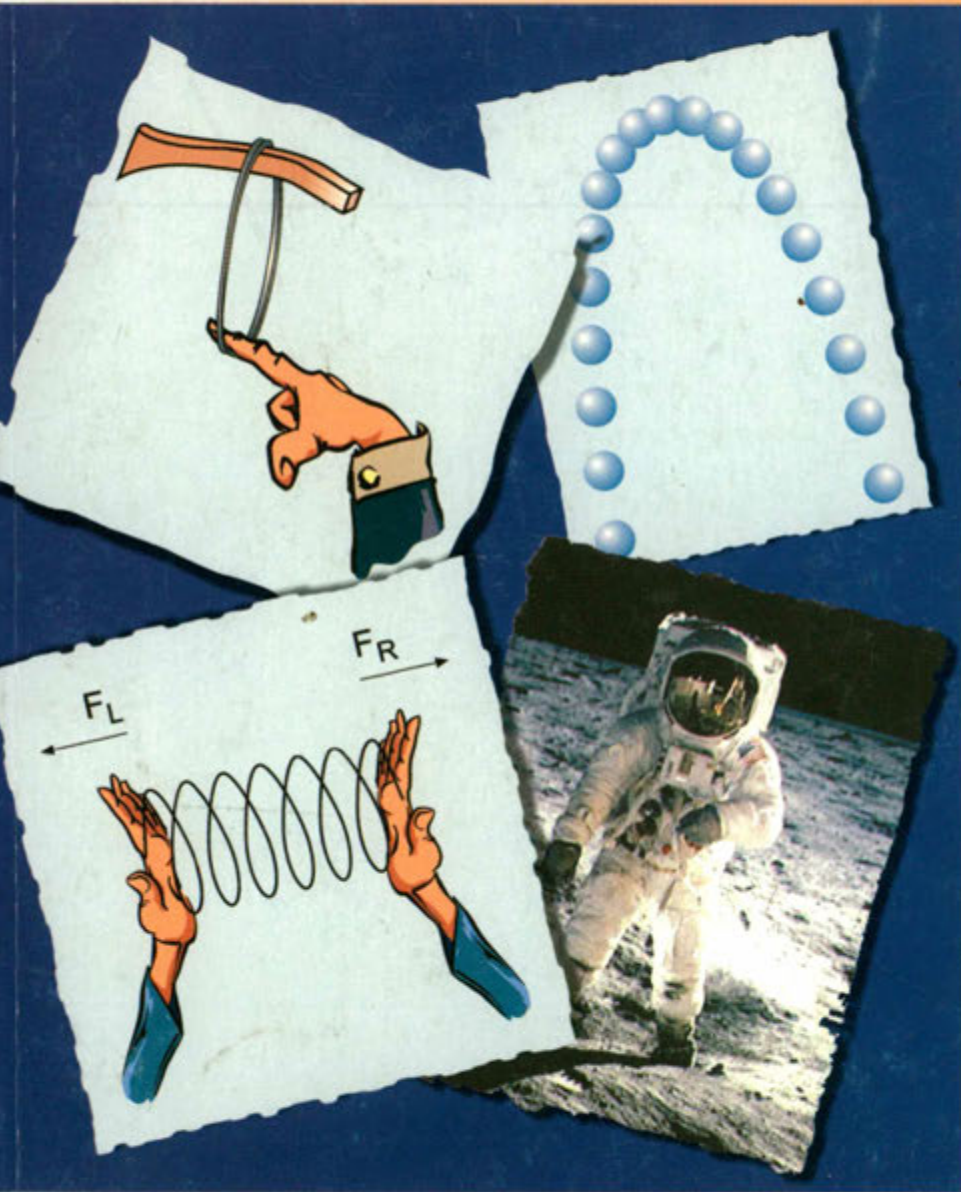
איור א



איור ב



איור ג



מכון ויצמן למדע הוא מכון מחקר בעל מוניטין בין-לאומי הקרוי על שמו של ד"ר חיים ויצמן שהיה מדען ומדינאי וכיהן כנשיא הראשון של מדינת ישראל.

חומרי הלמידה של מסמו"ן (מדע וטכנולוגיה מכון ויצמן), הם יחידות לימוד חדשניות לפי תכנית הלימודים החדשה לחטיבת הביניים. היחידות מקנות מונחי יסוד במדע ובטכנולוגיה. גישות ההוראה שמות דגש על פיתוח יכולות של לומד עצמאי ומקנות מיומנויות חשיבה, למידה ופתרון בעיות במסגרת תוכני הלימוד המדעיים-טכנולוגיים.

התנהגותו של גוף נקבעת על ידי פעולה הדדית בינו לבין גופים אחרים. מושג האינטראקציה ומושג הכוח שנגזר ממנו מאפשרים לנבא שינויים שיחולו בצורתו ו/או במהירותו של גוף.

דגש רב מושם ביחידה גם על פיתוח מיומנויות חשיבה מדעית כגון: עריכת תצפיות, העלאת השערות, ביצוע ניסויים והסקת מסקנות.

היחידה מתאפיינת בדוגמאות רבות מחיי יום יום כך שהתלמיד יחוש שהמדע מאפשר הבנה טובה יותר של העולם שבו אנו חיים.

