

יוסי אסטרייכר • רונית פרץ • נחמיה זרחוביץ

חשיבה בתנועה

מסע חינוכי בין רעיונות מדעיים
לבין תובנות של התנהגות בטיחותית בדרך



משרד החינוך

4403

אישור מס':

25.5.2016

אושר בתאריך:

י"ז אייר תשע"ז



הטכניון

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה



מדינת ישראל

משרד החינוך

הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה לכל



משרד החינוך

המינהל הפדגוגי

אגף זה"ב, נגישות ואורח חיים בטוח

המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים

מנהל תקשוב טכנולוגיה ומערכות מידע
אגף טכנולוגיה

יוסי אסטרייכר • רנית פרץ • נחמיה זרחוביץ

חשיבה בתנועה

מסע חינוכי בין רעיונות מדעיים
לבין תובנות של התנהגות בטיחותית בדרך



הטכניון
הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה



מדינת ישראל
משרד החינוך
הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה לכל



משרד החינוך
המינהל הפדגוגי
אגף זה"ב, נגישות ואורח חיים בטוח

המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים

מנהל תקשוב טכנולוגיה ומערכות מידע
אגף טכנולוגיה

מסע חינוכי בין רעיונות מדעיים לבין תובנות של התנהגות בטיחותית בדרך

**חינוך להתנהגות בטיחותית בדגש על תכנים ורעיונות מדעיים פיסיקליים
כבסיס להבנת עקרונות הבטיחות בדרך.**



הספר נכתב ברuch גישתו החינוכית של **יאיר שולמן ז"ל**, מחנך ואיש מדע. על פי גישה זו, יש ללמד את הפיסיקה באמצעות תופעות מחיי היומיום. בדרך זאת, עשויים לימודי הפיסיקה להיות בעלי משמעות עבור הלומדים ולהוות בסיס לדרך חיים שקולה.

צוות הכתיבה:

יוסי אסטרייכר
רונית פרץ
נחמיה זרחוביץ'

צוות ההיגוי:

פרופ' נצה מובשוביץ-הדר - יו"ר
ד"ר מיכל נחשון - מפמ"ר מוט"ב / מדע וטכנולוגיה לכל
פרופ' יורם זברין ז"ל - יועץ מדעי
פרופ' שלום הקרט - יועץ מדעי
פרופ' יגאל תלמי
ד"ר חנה תלמי
ד"ר רחל רותם - אגף זה"ב, משרד החינוך
מקס אבירם - אגף זה"ב, משרד החינוך
עופר שי

עריכת לשון: יעל לביא

עריכה גרפית: ניצן-שמיר מעצבים

איורים: ניצן-שמיר מעצבים, מירל גולדנברג
צילומים: Shatterstock, ויקיפדיה, flickr, הארץ

עריכה מדעית: ד"ר דן לינק

יבואו על הברכה:

פרופ' נצה מובשוביץ-הדר על היוזמה, התנעת הפרוייקט והובלתו
משפחת שולמן-שי,
מקס, אלי, ברנדה ואדם פרידמן, טורונטו, קנדה - על תרומתם החשובה למימוש רעיון התוכנית

מורי שלב הניסוי:

נאוה רון, ג'יזל בונאן, כמיליא סעדה, מיכל שוורצזון, לוטם אליהו
תלמידי כיתה י'5 (2013) בהנחיית המורה רונית פרץ, ביה"ס התיכון המקיף ע"ש רבין, קרית ים, שהשתתפו
בניסוי ההדמיות (סימולציות) למבנית.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך.
עשינו ככל שביכולתנו למצוא ולציין את בעלי הזכויות.
אנו מתנצלים מראש על כל השמטה או טעות, ואם יובאו לידיעתנו, נתקן במהדורה הבאה.

אין להעתיק, לשכפל, לצלם, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, או לקלוט בכל דרך
או אמצעי אלקטרוני, אופטי, מכני או אחר - כל חלק שהוא מהחומר שבספר
זה. שימוש מסחרי מכל סוג בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט אלא ברשות
מפורשת בכתב של משרד החינוך



מורים ותלמידים יקרים,

המבנית "חשיבה בתנועה" עוסקת בנושאים "כוחות ותנועה" ו"אנרגיה" ודנה ברעיונות המדעיים הקשורים בנושאים אלו בהקשר לבטיחות בדרכים.

התכנים הנלמדים במסגרת המבנית כוללים נושאים מתחום הבטיחות בדרכים, מתחום הפיסיקה והטכנולוגיה הקשורים זה בזה כגון: גורמי הסיכון במרחב התעבורתי, חוויות התנועה, כוחות ותנועה, אנרגיה במרחב התעבורתי, זמן התגובה האנושי, התנגשויות וטכנולוגיה של הבטיחות במרחב התעבורתי. במהלך הלמידה נבין את הקשר והאינטראקציות בין שלושת הגורמים: אדם, כלי רכב ותשתית, המהווים חלק בלתי נפרד מהמרחב התעבורתי ומשפיעים עליו ועל ההתרחשויות בו, ובאמצעות ידע זה נוכל לנתח סיטואציות שונות, את הגורמים להן, את תוצאותיהן האפשריות ובעיקר את התנהגותו והשפעתו של הגורם האנושי.

ייחודה של המבנית הוא בחינוך להתנהגות בבטיחותית שתביא להפחתת הסיכונים במרחב התעבורתי, על סמך ידע מדעי כבסיס להבנת עקרונות הבטיחות.

מתוך כך נגזרות מטרות המבנית:

- הקניית רעיונות מדעיים בנושאים כוחות ותנועה ואנרגיה בהתאם לתכנית הלימודים
- הבנת עקרונות הבטיחות בדרכים כנגזרים מתוך הרעיונות המדעיים
- חינוך ליצירת דפוסים של התנהגות בבטיחותית.

הרעיונות המדעיים הנלמדים במסגרת מבנית זו הם:

- הכוחות שמפעילים שני גופים זה על זה שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם
- כוח הפועל על גוף משפיע על תנועתו
- בטבע יש סוגים שונים של אנרגיה. אנרגיה יכולה להתגלגל מסוג אחד לסוג אחר
- כמות האנרגיה במערכת מבודדת נשמרת (עקרון שימור האנרגיה).

רעיונות אלו כוללים עקרונות פיסיקליים חשובים המובנים בהדרגה לאורך המבנית.

המבנית כוללת ארבעה פרקים:

- א. המרחב התעבורתי - עוסק בהכרת מרכיבי המרחב התעבורתי ומאפייניו.
- ב. כוחות ותנועה במרחב התעבורתי - עוסק ברעיונות המדעיים בנושא כוחות ותנועה: מהי תנועה, אינטראקציות, מהם כוחות, הקשר בין כוחות ותנועה, התנגשויות כאינטראקציה שפועלים בה כוחות ויישום העקרונות בהתרחשויות במרחב התעבורתי.
- ג. אנרגיה והתנגשויות במרחב התעבורתי - עוסק ברעיונות מדעיים בנושא אנרגיה, מהי אנרגיה, סוגי אנרגיה, תהליכי המרת אנרגיה ומעברי אנרגיה, התנגשויות כתהליכי המרת אנרגיה ומה קורה לגוף האדם במהלך התנגשויות.
- ד. האדם במרחב התעבורתי - עוסק בהתנהגותו והשפעתו של הגורם האנושי במרחב התעבורתי. עקרונות ההתנהגות הבטיחותית, יישום של הידע המדעי והתובנות הבטיחותיות באמצעות ניתוח אירועים במרחב התעבורתי, הסקת מסקנות והשלכות לעתיד - כיצד ניתן לנהוג אחרת על מנת למנוע ולהימנע ממצבים מסוכנים ותוצאותיהם.

בהתאם לגישה הפדגוגית הננקטת בהוראת מוט"ב ובהוראת "מדע וטכנולוגיה לכל" במבנית משלבות דרכי הוראה-למידה-הערכה מגוונות, המקדמות פיתוח כישורי חשיבה, טיפוח כישורי למידה עצמאית ולמידה שיתופית. במהלך הלמידה משולבים אמצעי הוראה-למידה-הערכה מגוונים, כגון: כתבות מדעיות פופולאריות, ניתוח אירועים, סימולציות, סרטים וסרטונים, איורים, גרפים, תמונות ועוד. כמו כן, לימוד התכנים במבנית משלב תרגול של מיומנויות חשיבה מדעיות טכנולוגיות, כגון: פענוח מידע מתוך גרפים, השוואה- מציאת נקודות דמיון ושוני, בניית טיעון וקבלת החלטות בהקשר הנושאים הנלמדים.

כמו כן משולבות סימולציות מחשב שפותחו במיוחד ללימוד הנושאים במבנית זו.

באמצעותן, התלמידים מתנסים בתנועות מוטוריות עדינות המעובדות לייצוגים על המסך המייצגים תהליכים קוגניטיביים. ההתנסות החושית הוויזואלית של התלמידים בתהליך החקירה הספונטנית, משקפת תהליכי המשגה בהם מתנסים התלמידים בהקשר של הרעיונות המדעיים במרחב התעבורתי.

הסימולציות המשולבות במבנית הן: אימוני עקיפה - ללימוד הנושא מהירות ומהירות יחסית,

התנגשויות - ללימוד ותרגול הנושאים כוחות ותנועה ואנרגיה, בלימה - השפעת גורמים פיסיקליים שונים על זמן תגובה, מרחק בלימה ומרחק עצירה, תנועה בסיבוב ויציבות.

אמידה פאריה ואפנה!

צוות הפיתוח

יוסי, רונית ונחמיה

תוכן העניינים

11	פרק א – המרחב התעבורתי
14	מהו מרחב תעבורתי?
21	רשת הדרכים
27	הגורם האנושי במרחב התעבורתי
35	פרק ב – כוחות ותנועה במרחב התעבורתי
36	עולם בתנועה
37	מהי תנועה?
38	הכל יחסי
44	המהירות במרחב התעבורתי
46	ייצוג גרפי של תנועה
51	אינטראקציה וכוחות
58	אינטראקציות בתאונת שרשרת
59	אינטראקציות תקשורתיות במרחב התעבורתי
62	אינטראקציות חברתיות במרחב התעבורתי
64	כוחות ותנועה
77	התאוצה – עולם של שינויים
81	בלימה – תנועה בתאוצה
84	הגורם האנושי בתהליך הבלימה והעצירה
91	תנועה בסיבוב
97	הסיבוב במרחב התעבורתי
105	יציבות
111	כוחות בסיבוב, יציבות והתהפכות
115	מערכות טכנולוגיות לשמירת היציבות

117 פרק ג – אנרגיה והתנגשויות במרחב התעבורתי

118	אנרגיה מהי?
120	אנרגיה פוטנציאלית כובדית
121	אנרגיה קינטית
123	המרת אנרגיה
125	עקרונות שימור האנרגיה
126	אנרגיה במרחב התעבורתי
131	התנגשויות במרחב התעבורתי
139	גוף האדם בהתנגשויות
148	התקני בטיחות

151 פרק ד – סוף מעשה במחשבה תחילה... האדם במרחב התעבורתי

152	האדם במרחב התעבורתי
166	העקרונות הבסיסיים להתנהגות בטיחותית
170	חוקי דרך

176 מקורות

הסבר לסמלים במבנית

כל פרק במבנית כולל את התכנים והרעיונות המדעיים הקשורים לנושא הנדון בו, וכן אמצעים חזותיים הממחישים את המושגים והעקרונות הנלמדים.

נושאי הלימוד מלווים במשימות מקדמות למידה ברמות חשיבה שונות: ידע, הבנה ויישום ובהדרגה גם משימות מסדר חשיבה גבוה. מטרתן להוביל דיון ולעצב את רמת השיח המתנהל בכתה. השאלות והמשימות מאפשרות ללומדים להבנות את הידע בכוחות עצמם וכן, מהוות בסיס להעמקה ולתרגול בנושאים השונים, הן במהלך השיעור והן במסגרת הלמידה שלאחר השיעור.

מקרא למרכיבי המבנית ולפעילויות בפרקי המבנית:

שאלות

שאלות לעבודה עצמית של התלמיד. הן שאלות מגוונות ומדרגות מבחינת רמת הקושי. אלה ישמשו כביצועי הבנה, שיביאו להעמקת ההבנה ולביסוס הידע החדש, בעולמו של הלומד. השאלות מגוונות: שאלות ידע והבנה, שהתשובות להן נמצאות בטקסט, מעוררות חשיבה והגיון על סמך הכתוב ושאלות מורכבות כוללות יישום של העקרונות הנלמדים, ניתוח מצבים ואירועים, הסקת מסקנות וקבלת החלטות. הן מקדמות למידה ומכוונות ליישום ותרגול של מיומנויות כמו פענוח מידע המוצג בדרכים שונות, השוואה, בניית טיעון, פתרון בעיות.



שאלות למחשבה

שאלות המעוררות מחשבה מעמיקה יותר בנושא הנלמד בפרק ומקשרות את התוכן הנלמד לידע קודם (מושגים ורעיונות מדעיים) שנלמד במבנית, או שאלות מטרימות, המעוררות מחשבה לגבי נושאים שיילמדו בהמשך.



שאלות לדיון

שאלות המופנות אל התלמידים לדיון בכתה - במליאה או בקבוצות. התכנים והפעילויות שיובאו לכיתה ישמשו כגירוי לשאלת שאלות וחיפוש פתרונות אפשריים לשאלות אלה. בחלק מהשאלות התשובה איננה יחידה ותלויה בנימוק ובהסבר המתלווה אליה. שאלות אלה מכוונות לטיפוח חשיבה ביקורתית.



משימה אישית

משימה אישית לתלמיד משלבת פעילויות המבוססות על תצלומים, תרשימים, כתבות מדעיות פופולאריות, חקר אירועים, פרסומות וכדומה. מאפשרת יצירת הקשר בין הנושאים הנלמדים תוך הדגשת הרלוונטיות שלהם ליישומים יום יומיים.





משימה קבוצתית

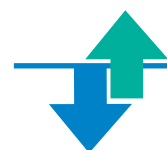
משימה לימודית המתבצעת בקבוצה של 2-4 תלמידים בדרך של למידה שיתופית. המשימות הקבוצתיות מזמנות למידה פעילה, המניעה את התלמידים, ומאפשרת לכל לומד לבטא את עצמו ולתרום מהידע שלו ומיכולותיו. משימות אלו מעודדות שיח לוגי, עיבוד מידע במסגרת קבוצה חברתית והבניה משותפת של הידע הנלמד.

רעיון מדעי



הרעיונות המדעיים הם לרוב הכללות של תופעות או רעיונות תיאורטיים שיכולים להסביר תופעות. לימוד התכנים הוא סביב הרעיונות המדעיים המרכזיים בנושאים כוחות, תנועה ואנרגיה המובנים בהדרגה לאורך המבנית. הלמידה מלווה בהיכרות עם מגוון של תופעות ואירועים שבהם הרעיון בא לידי ביטוי. בסיום תהליך הבניית הידע, הרעיון המדעי הנלמד נכתב במפורש ומודגש במסגרת.

'מהבנה לתובנה'



אחת ממטרות המבנית הינה חינוך להתנהגות בטיחותית וטיפול דפוסים מתאימים בהקשר לתופעות ולמצבים במרחב התעבורתי. במבנית מצויים הקטעים "מהבנה לתובנה" שתכליתם להרחיב את ה'הבנה' של התלמיד, לקדם את הטמעתה תוך מתן הסבר והסקת מסקנות בהקשר לתופעות ומצבים במרחב התעבורתי, ואף לקדם פעולה שתוביל ל'תובנה' חדשה ותבטא בשינוי תפישתו בהקשר לנושא הנלמד.

מרחב למידה



סביבת למידה שפותחה במיוחד ללימוד המבנית, שמטרתה לקדם למידה משמעותית תוך כדי התנסות ובצורה חווייתית.

סביבת הלמידה היא וירטואלית, תלת ממדית, וכוללת חמש סימולציות מחשב - אימוני עקיפה, התנגשויות, בלימה, תנועה בסיבוב ויציבות - שמטרתן לאפשר התנסות חווייתית שתסייע ביצירת תחושות ותובנות של הרעיונות המדעיים וסוגיות הקשורות במרחב התעבורתי.

הסימולציות נמצאות באינטרנט, ב'קטלוג החינוכי' של משרד החינוך בכתובת: <http://ecat.education.gov.il>. חיפש פשוט ב-Google לפי "הדמיות למבנית חשיבה בתנועה" מוביל ישירות לסימולציות בקטלוג החינוכי. בחרו באפשרות 'כניסה' המופיעה בצד שמאל והקליקו עליה. בשלב זה תבוצע התקנה של תוכנת unity. ההתקנה אורכת מספר שניות ובסיומה תיפתח סביבת הלמידה. שימו לב! בשלב זה ניתן להפעיל את הסימולציות רק בדפדפן Internet Explorer. לאחר הכניסה לסביבת הלמידה יש לפעול על פי ההנחיות בסימולציות השונות.



פרק א

הכרת המרחב התעבורתי



מבוא

לבני האדם בחברה המערבית תלות רבה בכלי הרכב בתנועתם ממקום למקום. בכל רגע ורגע שיעור עצום מהם נמצאים באחד מכלי התחבורה המנועיים. אנשים היוצאים בבוקר מביתם מקווים לחזור אליו בריאים ושלמים. מרביתם אכן ישובו בשלום, אבל מדי שנה כ-1,200,000 בני אדם ברחבי העולם יוצאים מביתם אל דרכם ואינם שבים בשלום לביתם. הסביבה שבה מתנהלת התנועה של בני האדם וכלי הרכב נקראת 'מרחב תעבורתי'.

משימת היכרות עם המרחב התעבורתי

הקריקטורות המוצגות לפניכם צוירו על-ידי אמנים מכל רחבי העולם והוצגו בתערוכה בין-לאומית בנושא המרחב התעבורתי שהתקיימה בחיפה. כל אחד מהאמנים תיאר וצייר את המרחב התעבורתי מנקודת ראותו. התבוננו בקריקטורות:



2



גאי יו, סין

1



זידארוב וסלין, בולגריה

4



מירוסלמנוביץ, סרביה ומנטנגרו

3



חולי סנשיז אגואדו' ספרד

5



אואנג שחן שיה, סין

6



אלכסנדר דסקלוביץ, סרביה ומנטנגרו

7



רברטו מנגוזי, איטליה

8



לוק ורמרש, בלגיה

1. מהן החוויות הקשורות למרחב התעבורתי שאותן מתארים האמנים?
2. בחרו קריקטורה אחת שמעוררת בכם אסוציאציות הקשורות למרחב התעבורתי. תארו אותן והסבירו מדוע בחרתם דווקא בה.
3. המרחב התעבורתי מכיל מרכיבים בעלי מאפיינים שונים ומתרחשים בו כל העת מצבים שונים.
 - א. מהם המרכיבים של המרחב התעבורתי שזיהיתם בקריקטורות?
 - ב. על-פי קריקטורות אלה, מה מאפיין את המרחב התעבורתי?



מהו המרחב התעבורתי?



המרחב התעבורתי הוא אחת מסביבות החיים שלנו. נמצאים בו בתנועה עוברי דרך שונים: נהגים, נוסעים ברכב, הולכי רגל, רוכבי אופניים ועוד. בנוסף, הוא מכיל דרכים, כלי רכב, אמצעי בטיחות שונים, מבנים נייחים ועוד. נהוגים בו חוקי תעבורה שבני האדם קבעו כדי לשמור על ביטחונם ולהקל עליהם את ההתמצאות במרחב. המרחב התעבורתי דינמי, מורכב ומשתנה ללא הרף ויש בו סכנות והפתעות.

שלושה מאפיינים עיקריים למרחב התעבורתי:

א. הכול בתנועה

ייחודיותו של המרחב התעבורתי היא בתנועה המתנהלת בו, בהיקפיה בסוגיה ובכיווניה, במסלוליה הצולבים, במגוון בני האדם וכלי הרכב המשתלבים במרחב ונעים בו במהירויות שונות ובכיוונים שונים.

ב. שונות

המרחב התעבורתי הוא זירת מפגש בין אנשים השונים בידע שרכשו, בכישורים, במיומנויות, בעמדות ובערכים, ברגשות, בשאיפות וביכולות הביצוע שלהם. כל אלה מכתיבים דפוסי התנהגות מגוונים מאוד.



השונות באה לידי ביטוי גם במגוון העצום של כלי הרכב השונים כל כך בנפחם, במשקלם, ביכולת נסיעתם ובשליטה בהם. כלי הרכב ומשתמשי הדרך האחרים (הולכי רגל, הנוסעים ברכב דו-גלגלי ועוד) עושים דרכם על פני דרכים שונות זו מזו - בטיבן, במידותיהן, בצורת ההתנהלות המותרת בהן, ובזכויות המגוונות הניתנות למשתמשי דרך שונים ועוד.

עוברי הדרך, הנמצאים בתנועה מתמדת במהירויות ובכיוונים שונים, הם בדרך כלל זרים ובלתי מוכרים זה לזה, ומידת התקשורת המצומצמת ביניהם עלולה לסכן אותם מאוד ולגרור להם לפגוע האחד באחר.

ג. ריבוי האינטראקציות

האינטראקציות הן פעולות גומלין פיזיות, טכנולוגיות או חברתיות-תקשורתיות בין גופים שונים המשפיעים זה על זה. במרחב התעבורתי האינטראקציות מתקיימות בין שלושה גורמים עיקריים: האדם, כלי הרכב והדרך.

באינטראקציות פיזיות בין גופים חומריים יגרמו שינויי מקום, מהירות או שינויי צורה.

לאינטראקציות חברתיות-תקשורתיות השפעה הדדית על אנשים, האחד על התנהגותו של האחר כתוצאה מהעברת מידע מאדם לאדם.



במרחב התעבורתי מרבית האינטראקציות הן משולבות – פיזיות וחברתיות-תקשורתיות בעת ובעונה אחת. תוצאות האינטראקציות במרחב התעבורתי מושפעות ממאפיינים שונים של האדם, הרכב והדרך:

- מאפיינים של כלי הרכב: מימדיהם, ייעודם, כושר ההאצה שלהם, אביזרי הבטיחות המותקנים בהם ומצב התחזוקה שלהם.
- מאפיינים של הדרך: פניות וסיבובים, צמתים, פני הדרך, תמרורים, הפרדה בין מסלולי התנועה, עצמים נייחים.
- מאפיינים של הסביבה – תנאי הראות והתאורה, עונות השנה, מזג אוויר ושעות היממה.
- מאפיינים של האדם – רמת הידע, ריבוי דפוסים של התנהגות אנושית, עוצמת תגובות, מידת התוקפנות, נטייה לציית לחוקים ולכבד את זכויותיהם של משתמשים אחרים במרחב.

עימותים במרחב התעבורתי

שילוב של גורמים שונים בעלי מאפיינים מגוונים יוצר מצבים ואפשרויות רבות להיווצרות של עימותים מסוגים רבים. עימותים הם מצבים בכביש שבהם שני זרמי תנועה, של כלי רכב או של הולכי רגל, חשוב ללמוד כיצד לשלוט ולצמצם אותם כדי שלא יגרמו, חלילה, לתאונת דרכים מיותרת.

שאלה למחשבה



מה ניתן לעשות על מנת למזער את מספר העימותים במרחב התעבורתי?

שלושת המאפיינים שהוזכרו – **הכול בתנועה, השונות וריבוי האינטראקציות בין המרכיבים את המרחב התעבורתי** – הם אלה שיוצרים את המורכבות של המרחב התעבורתי ואת הקושי להבין ולפענח את המצבים שנוצרים בו. קושי זה מגביר את ממדי הסיכון האופייניים למרחב זה.

הסיבות העיקריות לכך שחלק גדול מבני האדם נכשלים בהתנהגותם ובביצוע נכון של המטלות במרחב התעבורתי:

1. הם מתקשים בהבנת מורכבותו של המרחב.
2. הם אינם ערים לשונות בין משתמשי הדרך ואינם מכבדים שונות זו.
3. הם אינם מבינים לעומק את חוקי הטבע והמגבלות המשתמעות מהם.
4. הם מתקשים בתפיסת סיכונים ובקבלת החלטות.
5. לעיתים הם חסרי מידה מספקת של קשב, ריכוז ותשומת לב.
6. הם נוטים להגיב בתוקפנות, באלימות ובהתקפי זעם.

יחידת לימוד זו עוסקת, בין היתר, בהבנת הסיבות לכשל בהתנהגות האנשים במרחב התעבורתי מתוך הנחה, שככל שתלמדו יותר ותיטיבו להכיר את חוקי הטבע ואת מאפייני המרחב, כן יפחתו במידה ניכרת סיכוייכם להיפגע.

מורכבות המרחב התעבורתי

המרחב התעבורתי הוא מרחב דינמי, מורכב, המשתנה ללא הרף והרה-סכנות והפתעות. אנו עלולים לחשוב שבכל מקום שבו מתנהלת תנועה, מן ההכרח שתיקרנה התנגשויות, ומכאן, שתאונות הדרכים הן כורח המציאות.

האומנם?

נתבונן בתמונות הבאות:



עדרי גנו, המונים אלפים רבים של פרטים, יכולים בתוך זמן קצר לעבור יחד לדהירת מנוסה המונית זה לצד זה, ואינם נתקלים ואינם פוגעים זה בזה...



שיירת מכוניות ביום שגרתי שיצאה למסע על פני אחד מכבישי העולם...



להקות דגים צפופות מונות מיליוני דגים הנעים במרחק סנטימטרים ספורים זה מזה. הדגים הרבים מתחמקים כגוש ענק מהרודפים אחריהם ובכל זאת אינם נתקלים זה בזה.



להקות גדולות של ציפורים המסוגלות לעופף באוויר יחד, כגוף אחד שמתמרן בקלות ובמהירות לכל הכיוונים אין הציפורים נתקלות זו בזו.

שאלות למחשבה



- א. שערו מדוע הציפורים, הדגים, עדרי הגנו ושאר בעלי החיים הנעים בלהקות מסוגלים לנוע יחד מבלי לפגוע או להיפגע האחד מהאחר?
- ב. שערו מדוע בכביש מתרחשות תאונות דרכים, חלקן בשרשרת? מדוע תאונה אחת גוררת אחריה תאונה נוספת?
- ג. מדוע אצל בעלי החיים אין תאונות שרשרת? מהו סוד התנועה של בעלי החיים?
- ד. אם בני האדם יבינו את סוד התנועה של בעלי החיים במרחב ואת חוקי התנועה שלהם, האם יהיו מסוגלים לאמץ אותם?

אם נבין את סוד תנועת בעלי החיים בלהקותיהם הגדולות אולי נוכל לפענח מדוע לא נגרמות אצלם תאונות שרשרת. סדר התנועה המתואם של בעלי חיים בלהקות ובעדרים, בין אם מדובר בדבורים, בדגים, בנמלים או בציפורים נשמר באופן מעורר השתאות, בין אם התנועה מתנהלת עם מנהיגות או ללא מנהיגות. בכל מקרה כל הפרטים מתחילים לנוע יחד ובאופן מיידי.

השוואה בין תנועת בעלי החיים לבין המתרחש בכבישים

קבוצת הנהגים בכביש אינה מלוכדת, והפרטים בה אינם חשים קרבה ואחריות האחד כלפי האחרים. לכל אחד מן הנהגים רצונות וצרכים משלו, למשל הצורך להגיע ליעד אחר, והם גם שונים זה מזה באישיותם. נראה, שלנהגים בכבישים שאיפות סותרות, הם אינם חשופים ורגישים לזולתם כמו בעלי החיים. הם מוקפים במסגרות שלדי הברזל של מכוניותיהם, שופעים ביטחון, ומרגישים בלעדיות ובעלות על הכביש. בנוסף, הנהגים זרים זה לזה, ואין מנהיגות בנמצא.

אנשי המדע מניחים, שבתנועת הלהקות של בעלי החיים מציית כל אחד מהפרטים לשלושה אינסטינקטים פשוטים למדי, ובדרך זאת הוא לא פוגע ולא נפגע על ידי שכניו:

- נוע תמיד כאשר אתה שומר על **מרחק קבוע מהאחרים**.
- נוע **תמיד במהירות השווה** למהירות של שכניך.
- נוע **תמיד בכיוון התנועה** של שכניך בלהקה.

בכל מקרה, הפרט אינו מודע למצבה של כל הלהקה אלא רק למצבם ולהתנהגותם של השכנים הקרובים הסובבים אותו.

האם ניתן לחייב את בני האדם לפעול על פי חוקים אלה?

כאשר אנחנו משווים בין תנועת בעלי החיים לבין תנועת בני אדם ומכוניות על הכביש נגלה קושי נוסף, המובנה בתכונותיהם וביכולותיהם של בני האדם לנוע יחד כלהקה.

בעלי החיים מותאמים לתנועה בסביבתם, בני האדם אינם מותאמים לסביבה הטכנולוגית שבה הם נעים.

כלי רכב נעים במרחב התעבורתי במהירות גבוהה מאד, פי 20 ממהירותו הטבעית של האדם. לאורך השנים המערכות הטכנולוגיות הולכות ומתפתחות וכישורי התגובה של האדם נדרשים לעבור תהליכי הסתגלות להתפתחויות אלו.

כשנייה אחת חולפת מרגע הופעת גירוי מסוים ועד שהאדם מתחיל להגיב. פרק זמן זה נקרא '**זמן תגובה**'. בזמן זה האדם קולט את המידע, מעבד אותו ואז מגיב. כאשר בני אדם מתהלכים זה לצד זה, מספיק פרק זמן זה של שנייה כדי שהאדם יגיב לתנועתו של האחר על מנת שלא ייתקל בו, אך כאשר מהירות התנועה גדולה פי 20, למשל כאשר אדם נוהג במכונית במהירות 100 קמ"ש, וסביבו נעות מכוניות רבות במהירות דומה, זמן התגובה הנדרש צריך להיות קצר יותר. המצבים המסוכנים בדרך נוצרים כאשר האדם מתקשה להגיב בפרק זמן כה קצר.



ברדלס במרוצה

מהירות ריצתם של בעלי חיים מסוימים, הברדלס למשל, גבוהה ביותר, כ-80 קמ"ש, אך זמן התגובה שלהם קצר פי 10 מזמן התגובה האנושי. אלמלא כן, אותם בעלי חיים היו מתנגשים בעצמים רבים בדרכם בזמן רדיפה אחרי טרפם. נהג הנוסע במהירות כזו, יתקשה לעיתים להימנע מהתנגשויות דומות. למעשה, גם אם זמן התגובה של האדם היה קצר בהרבה, חלק גדול מן התאונות לא היה נמנע בגלל תנועת הרכב גם אחרי התגובה. מכיוון שהאדם לא יכול לקצר משמעותית את זמן התגובה שלו, על מנת למנוע ולהימנע מתאונות עליו לפעול בדרכים אחרות, כמו: שמירת רווח גדול מהרכב הנוסע לפניו, הימנעות מהסח דעת ועוד.

הבנת הרעיונות המדעיים השונים בתחומי הפיסיקה, הביולוגיה, הטכנולוגיה ומדעי ההתנהגות עשויה לסייע בידינו להכיר את המרחב התעבורתי על מורכבותו והקשיים בו, להעמיק בהבנת הגורם האנושי, ולהתמודד בהצלחה עם נתוני האדם בתנועתו במרחב.

זמן תגובה

הוא משך הזמן שלוקח לאדם או בעל חיים להגיב לשינוי בסביבה. זהו מושג חשוב בבטיחות בדרכים ונדון בו בהרחבה בהמשך.

בני האדם לא נולדו לבוע במהירויות גבוהות, ולא סיגלו לעצמם יכולת טבעית להתמודד עם תנועה במהירויות כאלה. זמני התגובה של בני האדם אינם מתאימים לקצב האירועים המתרחשים במרחב התעבורתי. פרקי הזמן שבהם מתרחשים האירועים קצרים מאוד, ואין סיפק ביכולתו הטבעית של האדם להגיב במהירות. כתוצאה מכך, במקרים רבים נקלעים בני אדם למצבים מסוכנים או לא מספיקים לסגת מהחלטות שגויות שקיבלו. רק חשיבה על מהות המרחב שבו הם נעים והבנה מוקדמת שלו יכולות לעזור להם לקבל החלטות נכונות ולהימנע ממצבי סיכון.



מהן תובנות ומדוע אנחנו זקוקים להן?

על פי ד"ר יוסי אברהם, מתוך: אדם, תנועה ונהיגה. תובנה היא המלצה פנימית של השכל ושל הניסיון כיצד להגיב באופן מעשי למצבים צפויים ובלתי צפויים במרחב, על-פי דפוסי התנהגות שנמצאו מוצלחים ומתאימים למצבים שאליהם נקלעו בני האדם בעבר או שעלולים להיקלע אליהם בעתיד. תובנות נוצרות אצל כל פרט לאחר התנסות ולמידה, והן תוצאה של הידע, המחשבה והניסיון. תובנה היא הכרחית ליצירת שינוי בהתנהגות ובחשיבה. כשתחושה הופכת להבנה וההבנה הופכת לתובנה אנו מסוגלים לפרש כהלכה מצבים שונים ולהתנהג בהתאם. התובנות, בהצטרפן יחד, יוצרות את הבסיס המחשבתי להתנהגות שלנו.

ככל שאנו בעלי תובנות רבות יותר - אנחנו מצוידים טוב יותר בכלים מחשבתיים רבים יותר, ומסוגלים להתמודד ולהיחלץ ממצבים מורכבים וקשים כמו אלה שמזמן לנו המרחב התעבורתי.

גורמים המשפיעים על יציבו של המרחב התעבורתי

א. אזורי תפקוד

כל יישוב, בעיקר יישוב עירוני, אמור לספק את הצרכים השונים של המתגוררים בו: מגורים, תעסוקה, בריאות, חינוך, תרבות ועוד. לשם כך מחולק היישוב לאזורי תפקוד מגוונים. רובו של אזור התפקוד מנוצל לעיסוק מרכזי אחד ושימושי הקרקע בתוכו אחידים, למשל: שכונת מגורים, אזור תעשייה, קריית חינוך, אזורי תיירות ומלונאות ועוד. במרחב היישוב מתנהלת תנועה של אנשים מאזור תפקוד אחד למשנהו, על-פי הצרכים שלהם. מבנה העיר ותפרוסת אזורי התפקודי השונים יוצרים אזורים בעלי אופי ייחודי לכל אחד מהם שהשפעתו שונה על רמת הבטיחות בדרכים. משמע, אופיו של המרחב התעבורתי יהיה שונה באזורי התפקוד השונים.

ב. אתרי פעילות – מחוללי תנועה

כל יישוב משופע באתרי פעילות מגוונים – חנויות, משרדים, גני-ילדים ובתי-ספר, מקומות בילוי, תחנת משטרה, בית-חולים, מגרש כדורגל, בית-כנסת ועוד. אתרי פעילות מושכים אליהם אנשים וכלי רכב הגורמים לתנועה, והם מחוללי התנועה. כמות אתרי הפעילות, אופיים והיקף האוכלוסייה שהם משרתים משפיעים על נפח התנועה, על חומרת בעיות הבטיחות ומורכבותן ועל התנהגות עוברי הדרך השונים. נפח התנועה והבעיות הבטיחותיות בסביבת אתרי הפעילות אינם קבועים, והם משתנים בהתאם לימים ולשעות הפעילות. אנו מבחינים בין אתר פעילות שהוא מחולל תנועה גדול לאתר פעילות שהוא מחולל תנועה קטן. לדוגמה: בית-ספר הוא מחולל תנועה גדול, אך רק בשעות הבוקר והצהריים. אם בית-הספר משמש כמתנ"ס הרי הוא מחולל תנועה גדול גם בשעות הפעילות במתנ"ס: אחר הצהריים ושעות הערב. בשבתות, בחגים ובחופשות אין בית-הספר מחולל תנועה. קיוסק, השוכן במקום נידח, מחולל תנועה קטן בכל שעות היום, מאחר שמגיעים אליו מעט אנשים. בית-חולים הוא מחולל תנועה גדול במשך רוב שעות היום. אתרי פעילות שונים אלה מאלה גם בסוגי כלי הרכב שהם מושכים אליהם. לדוגמה:

1. אל מפעל רהיטים מגיעים בעיקר כלי רכב גדולים כמו משאיות.
2. אל סופרמרקט מגיעים בעיקר כלי רכב פרטיים של לקוחות, אך גם משאיות שפורקות סחורות. הסיכוי לעימות בין כלי רכב ובין כלי רכב להולכי רגל גדל בשעות השיא של הפעילות בסביבת אתרי הפעילות.

ג. רשת הדרכים בעיר ובשכונה

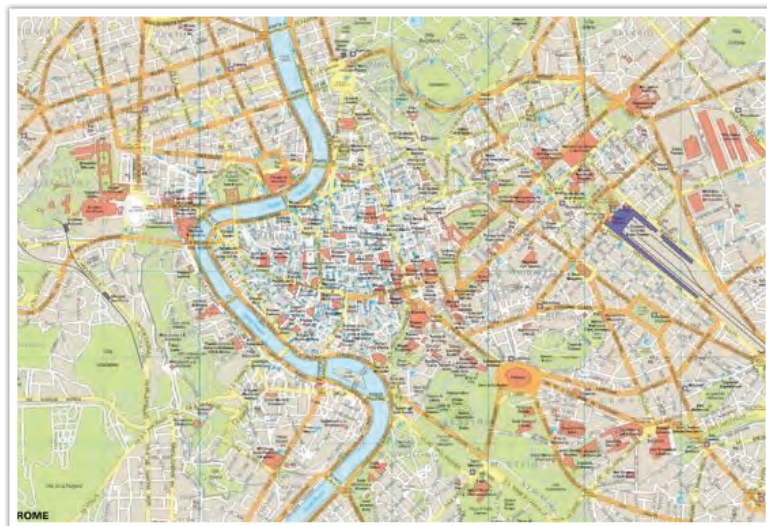
כדי לאפשר נגישות לאתר פעילות וניידות מאזור אחד למשנהו יש צורך ברשת דרכים. האם יש סתירה בין נגישות וניידות, שהם תפקידיה של הרשת? לכאורה הם סותרים זה את זה – בעוד שיעוד הדרך הוא הזרמת תנועה בדרך מהירה ללא הפרעה, הרי שיעד הנגישות מחייב יצירת גישה נוחה וקלה לכל שימושי הקרקע הסמוכים, וכולל אפשרות להאט, לעצור, לחנות ולגשת בנוחות לכל פעילות.

משימת היכרות עם מבנה המרחב התעבורתי

התבוננו במפות המתארות את המרחב התעבורתי של רומא ושל ניו יורק, וענו על השאלות בהמשך.



מפת העיר ניו יורק, מנהטן



מפת העיר רומא



1. השוו בין המרחב התעבורתי של רומא לזה של ניו יורק:
 - א. הגדירו קריטריונים להשוואה שבעזרתם תוכלו להעריך את מידת הבטיחות של המרחב התעבורתי.
 - ב. מלאו בטבלת השוואה את הנתונים של כל אחת מהן לפי הקריטריונים שהגדרתם.
 - ג. תארו את ההבדלים בין רומא לניו יורק, בהתייחס למאפייני המרחב התעבורתי ומרכיביו.
 - ד. על-פי קריטריונים אלו, איזה מרחב תעבורתי בטוח יותר? הסבירו מדוע.
2. ניתן לראות, כי המרחב התעבורתי של ניו יורק הוא מסודר וקל להתמצא בו, ואילו זה של רומא פחות מאורגן. האם לדעתכם יש לכך השפעה על בני האדם במרחב? נמקו ופרטו את תשובתכם.
3. מהו לדעתכם המצב בערי ישראל: קרוב יותר לזה של רומא או של ניו-יורק?



רשת הדרכים

רשת הדרכים בעיר ומחוצה לה מחולקת לכמה סוגים של דרכים לפי האופי התפקודי של כל אחת מהדרכים.

השוואה בין מערכת התחבורה למערכת הובלת הדם

ניתן להשוות את מערכת התחבורה העירונית למערכת ההובלה (מערכת הדם) בגוף: גם בגוף ישנם "אזורים תפקודיים" שונים הממוקמים במקומות שונים, למשל, מערכת הנשימה, מערכת העיכול ומערכת העצבים המרכזית ששולטת בתפקודי הגוף (מוח ועמוד השדרה). מערכת ההובלה בגוף מקשרת בין חלקי הגוף ומעבירה חמצן, מזון ופסולת ממקום למקום. בדומה, מערכת התחבורה מקשרת בין חלקי העיר השונים ומעבירה אנשים וסחורות.

מערכת הדם כוללת כלי דם שונים זה מזה בעוביים ובמבנה שלהם: עורקים – כלי דם המובילים דם מהלב אל חלקי הגוף השונים (מסומנים באדום באיור). מהירות הזרימה בהם גבוהה. נימים – כלי דם זעירים המובילים דם אל כל הרקמות והתאים בגוף, זרימת הדם בהם איטית מאוד, וורידים – כלי דם המובילים דם מחלקי הגוף השונים חזרה אל הלב (מסומנים באיור בכחול). קיימת התאמה בין מבנה כלי הדם לתפקודו, שבאה לידי ביטוי בעובי הדופן, בקוטרו ובקצב הזרימה בו.

כשם שפעולת הגוף נפגעת כאשר מערכת הדם אינה מתפקדת כראוי, כך העיר נפגעת כאשר מערכת התחבורה שלה אינה מתפקדת כראוי. כאשר חלה היצרות באחד מכלי הדם, הוא אינו מסוגל להעביר את כמויות הדם הדרושות לאיבר מסוים, ועלולות להיווצר בעיות בריאותיות קשות. גם ברשת הדרכים אנו מכירים מקרים בהם התפקוד העירוני נפגע בגלל 'גודש תנועה', ולעיתים אף 'פקקי תנועה'. גודש תנועה נוצר כאשר עורק התנועה צר מכדי להכיל את התנועה הזורמת בו, או בגלל תאונה, העמדת רכב לא חוקית, האטה של נהגים ו/או עבודות בכביש שגורמים להיצרות עורק התנועה. 'פקק תנועה' הוא מצב מיוחד שבו אין כלל זרימה של תנועה.



התבוננו במפת כלי הדם וענו על השאלות הבאות:
ערכו השוואה בין מערכת הדם לרשת הכבישים

מערכת התחבורה העירונית	מערכת הובלת הדם	קריטריון להשוואה
		תפקיד
		הגורם הנע
דרכים שונות		נתיבי התנועה
	משתנה בהתאם לעובי כלי הדם	כמות התנועה
	קוטר שונה בהתאם לסוג כלי הדם: נים, וריד, עורק	רוחב הנתיבים
		מהירות התנועה
		גורמים להפרעה בתנועה
		תוצאות ההפרעה בתנועה

מתוך טבלת ההשוואה, רשמו:

1. במה דומה ובמה שונה מערכת הדם מרשת הדרכים?
2. כלי דם שונים מזרימים כמויות שונות של דם ובמהירות שונה. האם קורה כך גם במרחב התעבורתי? הציגו דוגמאות.
3. התייחסו לדוגמאות שהצגתם. האם יש קשר בין רוחב הדרך לבין כמות המכוניות העוברות בה, הסבירו.

סוגי דרכים

נוהגים למיין את הדרכים לפי אופי התפקוד של כל אחת מהן, לדרכים עירוניות ולדרכים בין-עירוניות. את הדרכים העירוניות אנו מסווגים לדרכים מקומיות-שכונתיות, דרכים מאספות ודרכים עורקיות. את הדרכים הבין-עירוניות אנו נוהגים למיין לדרכים בין-עירוניות רגילות ולדרכים מהירות.



דרך מקומית

יש קשר הדוק בין סוג הדרך לבין הסכנות האופייניות לה. ככל שניטיב להכיר את הכביש והסכנות האופייניות לו, כן נוכל לצפות מראש את הסכנות טרם הופעתן, נדע היכן לחפש אותן ונוכל לפעול כדי להימנע מתאונה.

דרך מקומית - דרך המספקת בעיקר נגישות לבתי מגורים הנמצאים לאורכה. הדרך המקומית מתחברת לרוב לדרך מאספת, היא צרה, מהירות הנסיעה בה נמוכה ונפחי התנועה בה קטנים. נוסעים בה בעיקר כלי רכב פרטיים ואופניים.



דרך מאספת

דרך מאספת - דרך מרכזית בשכונה, המשמשת הן להעברת התנועה בשכונה מאזור לאזור, והן לצורך נגישות לשימושי הקרקע השונים שבשכונה. דרך מאספת מקשרת בין דרכים שכונתיות-מקומיות לדרכים עורקיות. היא משרתת רק מעט מן התנועה החוצה את השכונה, ובעיקר מזרימה תנועה בתוך השכונה ומחוצה לה, ומאפשרת נגישות לאתרי פעילות שונים. דרך מאספת בנויה על-פי רוב משני נתיבי נסיעה והיא דו-סיטרית, מהירות הנסיעה בה בינונית וכן נפח התנועה.



דרך עורקית

דרך עורקית - דרך רחבה, מחולקת לרוב לשני כבישים. תפקידה העיקרי לאפשר ניידות והעברת כלי רכב רבים ממקום למקום. זו דרך המזרימה תנועה מכל חלקי העיר ליישובים אחרים. בדרך זו נעים כל סוגי הרכב, כולל כלי רכב כבדים ואוטובוסים. מהירות הנסיעה בה גבוהה, נפחי התנועה בה גדולים והניידות בה רבה. הנגישות ממנה לאזורי התפקוד הגובלים בה קטנה במכון.

במשימה הקודמת ערכנו השוואה בין מערכת הדם למערכת התחבורה. התייחסו לקריטריון של רוחב הנתיבים והסבירו לאיזה כלי דם מקביל כל אחד מסוגי הדרכים.



משימת סיכום - סוגי דרכים

בחרו אחת מהמשימות הבאות וענו על השאלות:

אפשרות א'



צפו בסרט העוקב אחר מכונית הנעה בדרכים שונות.

1. אילו סוגי דרכים אתם מזהים? באילו סביבות עוברות אותן דרכים?
2. מהם ההבדלים בין הדרכים השונות?
3. אילו דרכים בשכונתכם/בסביבת בית-ספרכם דומות לדרכים שראיתם בסרט?
4. נניח שבדרככם לבית-הספר אתם נאלצים לחצות כבישים שונים, מהו הכביש המסוכן ביותר לחצייה, ומי הוא הכביש הפחות מסוכן? הסבירו.
5. כפי שאנו רואים, קיים מדרג לסוגי הדרכים: דרך מקומית-שכונתית, דרך מאספת ודרך עורקית. דרכים מקומיות מתנקזות בדרך כלל אל דרכים מאספות, ודרכים מאספות מתנקזות אל דרכים עורקיות. מה החשיבות ביצירת מדרג דרכים כזה? הסבירו!

אפשרות ב'

1. התבוננו בתמונות המתארות דרכים שונות וערכו השוואה בין שלושה סוגי דרכים במרחב העירוני, בהתייחס לקריטריונים שבטבלה.

השוואה בין סוגי דרכים

קריטריונים	דרך מקומית	דרך מאספת	דרך עורקית
רוחב הכביש (צר, בינוני, רחב)			
מספר כלי רכב (רב, מעט)			
סוגי כלי הרכב			
מהירות הנסיעה (גבוהה, בינונית, איטית)			
כמות הולכי רגל חוצים (רבה, בינונית, מעטה)			
מאפייני הולכי הרגל (ילדים / מבוגרים וכו')			
סוגי מבנים ואופיים (בתי מגורים, מבני ציבור)			
אמצעי בטיחות (רמזורים, מעגלי תנועה)			
הסכנות האפשריות			

2. נניח שבדרככם לבית-הספר אתם נאלצים לחצות כבישים שונים. מהו הכביש המסוכן ביותר לחצייה, ובאיזה כביש רמת הסכנה נמוכה יותר? בחרו שלושה קריטריונים לפחות והסבירו בעזרתם.

הצומת

הצומת הוא מפגש בין שתי דרכים או יותר היוצר גם מפגש בין עוברי דרך בעלי אינטרסים שונים. הנהגים בכלי רכב או ההולכים ברגל מגיעים מכיוונים שונים ופונים לכיוונים אחרים ודרכיהם מצטלבות בצומת. לדוגמה: הנהגים רוצים להמשיך לנסוע בדרך והולכי הרגל מבקשים לחצות אותה, נהגים אחרים מבקשים לפנות לאחד הצדדים ואחרים ממשיכים לנסוע ישר. זירת מפגש זו עלולה להיות מקור לאינטראקציות רבות, שחלקן עלול להיות מסוכן ולהסתיים בתוצאות קשות. הצומת הוא נקודת מפגש המחייבת להכיר את חוקי המרחב התעבורתי, להבין את מורכבותו ולאמץ התנהגות חברתית מושכלת בו.

במקומות שבהם קיים חשש למפגש בין הולכי רגל לכלי רכב או בין כלי רכב שונים, ייתכנו עימותים. עימות עלול ליצור היתקלות הרת אסון הנובעת מניגודי האינטרסים של משתמשי הדרך השונים. צורת הצומת משפיעה בדרך כלל על כמות העימותים האפשריים בין הולכי הרגל לבין כלי הרכב ובין נהגים לעמיתיהם. כאשר מתקרבים לצומת צריך להביא בחשבון את כל העימותים האפשריים ולהתנהג בהתאם.

מלבד צורת הצומת, משפיעים על מידת הסיכון בו גם גורמי סביבה, מאפיינים של התשתית, נפח התנועה, התנהגות משתמשי הדרך, אמצעי הבטיחות שהוסדרו ועוד.

סוגי צמתים

בתרשים שלפניכם מתוארים חמישה סוגים שונים של צמתים.

א



איור א - צומת ובו פנייה חופשית ימינה לרכב

ב



איור ב - צומת הצטלבות

ג



איור ג - צומת הצטלבות עם מפרדות

ד



איור ד - מעגל תנועה

ה



איור ה - צומת קמץ (צומת T)

משימה א'



1. בחרו שני צמתים והשוו ביניהם על סמך הקריטריונים הבאים:

- מהירות הנסיעה בצומת
 - מספר העימותים האפשריים
 - מאפייני הדרכים בצומת
 - רמת הבטיחות
 - לכמה כיוונים צריך להפנות את מבטו נהג הנכנס לצומת על מנת לחצות אותו בבטחה?
 - האם קיימים אמצעים טכנולוגיים להגברת הבטיחות בצומת?
- א. לאור ההשוואה, איזה מבין הצמתים בטוח יותר לחצייה ומדוע? נמקו בהסתמך על שני קריטריונים לפחות.
- ב. כיצד ניתן לצמצם את מספר האינטראקציות האפשריות? כיצד ניתן להגביר את מידת הבטיחות בכל צומת?
2. מדוע לדעתכם מוצבים רמזורים בצומת ג' ובצמתים האחרים אין? הסבירו.
3. בצומת א' מסומן אי תנועה. מהי מטרתו?
4. בשנים האחרונות משנים את הצמתים הישנים במדינת ישראל למעגלי תנועה (כיכרות).
- א. מהם היתרונות בכך?
- ב. מהם החסרונות?
- ג. האם לדעתכם כדאי להמשיך במגמה זו? נסחו טיעון שיכלול שני נימוקים לפחות.



משימה ב'

התבוננו בתרשים הצומת שלפניכם. אפשר לזהות מסלולי נסיעה רבים המצטלבים זה בזה. חיתוך של מסלולי נסיעה שונים (ניגוד תנועה) מסומן בנקודה.

אם שני כלי רכב מגיעים לאחת מנקודות אלו באותו זמן נגרמת התנגשות.

1. סמנו נקודה אחת או יותר שבהן עלולה להתרחש התנגשות בין חזית מכונית אחת לצד מכונית אחרת.

2. האם יש נקודה שבה עלולה להתרחש התנגשות של חזית בחזית (התנגשות חזיתית)? אם לא, באילו תנאים אחרים תתרחש

התנגשות כזו?

3. איזו מבין שתי ההתנגשויות נראית לכם מסוכנת יותר? מדוע?

4. מה על הנהגים לעשות על מנת להימנע מכך?



משימה ג'

התבוננו בתמונה שלפניכם. זהו את האמצעים המסייעים להגברת הבטיחות בצומת (שלושה לפחות)?



יש קשר הדוק בין סוג הדרך והסכנות האופייניות לה. ככל שנכיר יותר את הכביש והסכנות האופייניות לו, כך נוכל לצפות מראש אותן סכנות, נדע היכן לחפש אותן ונוכל לפעול כדי להימנע מתאונה. בחירת מסלול לחציית הכביש סמוך לצומת והחלטה על עיתוי החצייה מושפעים ממספר העימותים ומאופיים, ממבנה הצומת ומצורתו, מסוגי הדרכים בצומת, מנפח התנועה ומתנאי הראות במקום. אפשר לצמצם את מספר העימותים בצומת על-ידי הצבת תמרורים או הצבת רמזורים הקובעים את סדרי התנועה. בהיעדר רמזורים, מעגל התנועה (כיכר) הוא הבטוח ביותר לנסיעה, מאחר שלצורך חציית הצומת נדרשים הנהגים להאט ולהפנות את מבטם לכיוון אחד בלבד.

הגורם האנושי במרחב התעבורתי

הנהיגה עבור אנשים שונים אינה רק פעולה פיזית אלא חוויה רב-חושית, הכוללת שימוש בחושים מגע, ראייה ושמיעה והיא אף בעלת היבטים רגשיים ונפשיים. כלי הרכב בו אוחז הנהג ומה שהוא מאפשר לבצע באמצעותו משפיעים על החשיבה ועל ההתנהגות. ההתנהלות בדרך משקפת פעמים רבות את התנהלותו של האדם בעולם. היא חושפת אותו להתמודדות עם סכנות כמו גם עם הזדמנויות. היא מפגישה אותו עם קונפליקטים ועם מתחים, עם תוקפנות ועם פחדיו, עם ערכיו ועם העדפותיו. בהקשר זה יכולה הנהיגה לשקף באופן עמוק יותר את אישיותו של הנהג.

על-אף שרבים נוטים להתייחס לנהיגה כאל פעולה טכנית, סוג של כישור שיש ללמוד, הרי שבפועל משופעת פעולת הנהיגה במרכיבים רגשיים וחוויתיים, שאם ניטיב להבין אותם אולי נפענח מדוע אנשים נוהגים באופן שונה. מדוע אנחנו נוהגים אחרת כאשר אנחנו לבדנו או נמצאים בחברתם של אחרים כבני משפחה או חברים, או כאשר אנחנו שמחים או עצובים, נוהגים לבית-הספר או לבילוי וכו'.

שונות רבה ניכרת בין בני האדם בכל הקשור להתנהגותם, לערכים שהם חיים על-פיהם, לנטיותיהם, לעמדותיהם ולרגשותיהם, לכישוריהם ולמיומנויותיהם, לסדרי העדיפויות בחיים ולתפיסת הסיכונים שלהם. כל האנשים השונים זה מזה נפגשים במרחב התעבורתי, וכל אחד מהם חווה את חוויית התנועה באופן שונה.

חוויות הדרך

משימה קבוצתית: חוויות הדרך



אנשים שונים חווים את הדרך, את הנהיגה ואת המתרחש בכביש באופן שונה, הרגשותיהם שונות וכן מחשבותיהם.

ייתכן שאופן תפקודם בדרך, התנהלותם ונהיגתם מושפע מן האופן שבו הם חווים את הדרך.

התחלקו לקבוצות. כל קבוצה תקבל מעטפה ובה 24 כרטיסיות הכוללות היגדים של נהגים שונים.

א. מיינו את ההיגדים לשמונה קבוצות על-פי סוגי החוויות שמתארים האנשים. שלושה היגדים בכל קבוצה. תנו שם לכל קבוצה בהתאם לסוג החוויה.

ב. כיצד יכולה כל אחת מהחוויות המתוארות להשפיע על אופן התנהגותם, תפקודם או צורת נהיגתם במרחב התעבורתי של אלה שתחושותיהם דומות לסוגי החוויות שהגדרתם?

1

”הנהיגה אצלי היא לא דבר שאני מקדיש לו יותר מדי זמן למחשבה... גם לא יותר מדי רגשות. זה חלק מהחיים, בדיוק כמו לאכול, כמו ללכת, כמו להתלבש. כל מיני דברים שעושים, שצריך לעשות. אני לא רואה בזה משהו מעבר... זה לא מאמץ בשבילי, זאת משימה שצריך לעשות. אני לא נותן לזה בכלל מחשבה. זו פעולה אוטומטית שמשרתת את צרכיך וזהו.”



2

”למשל, אני נוסעת דרך ואדי מילק בשעות שאין תנועה, מפתחת מהירות גבוהה. נהנית מהשליטה ברכב. מקווה שלא יתפסו אותי... פעם נסעתי בכביש 6 מחדרה עד צומת קסם ב- 12 דקות. זה מאוד מהר... כשאני אומרת את זה, אני מחייכת בהנאה. גם כנהגת מבוגרת יש סיפוק מחוויית השליטה... אני מעזה לעשות דברים, להחליף נתיבים כשיש תנועה זורמת, לעקוף. אני מרגישה שאני שולטת ברכב. זאת הרגשה מיוחדת.”



3

”כולם כועסים... לנהוג בארץ זה לכעוס. הסובלנות בארץ שואפת לאפס. אין סבלנות אחד כלפי השני. אז מה נשאר לכעוס... זה חלק מהחיים, זה מאפיין אנשים, כולם מתעצבנים כש'חותכים' אותם ואין להם דרכים להגיב לזה מה נשאר? להתעצבן! גם אני!...”



4

”מי שאוהב אתגרים אז זה לא סכנה בשבילו. הייתי נוסע אחרי אחרים ומה שהם עושים אני הייתי עושה, מנסה לעשות יותר טוב. לקפוץ יותר גבוה או... כולם נוסעים על שני גלגלים, אני ניסיתי על גלגל אחד... חשמל היה עובר לי בגוף מרוב התרגשות וכיף... כל הנהיגה ככה...”



5

”אני נהנית מאוד לנהוג, למשל בדרך לעבודה, זה זמן שהוא כיף מבחינתי. זה זמן מנוחה, כאילו הפוגה, ואז אני נוסעת יותר לאט בדרך כלל, כי לא בא לי כל כך להגיע לעבודה, זה זמן שאני שומעת רדיו, מוזיקה, חדשות. זה זמן שאני מאוד אוהבת.”



6



"אני הייתי פעמיים מפקד. כן, חינכתי חיילים ואני זוכר את עצמי כל הזמן אומר להם - אל תעשו שטויות בכביש... אנשים בארץ פשוט לא עושים דברים מחושבים הם מסכנים אחרים... אנשים עולים על ההגה ושוכחים מעצמם לגמרי... אם כולם ינהגו בהתאם לחוקים הכול יהיה יותר שקט, יותר בטוח, יותר מתחשב... מבחינתי, חוק זה חוק, סדר זה סדר ואחריות זו אחריות. זה לא מפריע לי לנהוג כך, זה נראה לי טבעי ומחויב ואני אפילו מבסוט מעצמי. אנשים נותנים בי אימון כנהג הם יכולים אפילו לישון אצלי - במכונית בשקט. זה גורם לי להרגיש טוב.

7



"המכונית זה כלי מסוכן. מילא להיפצע או להיהרג, אבל גם לפגוע באנשים אחרים... אני חושבת שזה מלחיץ. אני חושבת על זה כל הזמן ילד שמתפרץ לכביש ואת לא מצליחה לבלום את הרכב... זה מפחיד... זה יכול לקרות כל רגע..."

8



"אני פוחד מנהגים שסביבי... וזהו. הם נוהגים כמו חיות. אני רואה את כל הנהגים עם כל עבירות התנועה שהם עושים, וזה מכניס אותי ללחץ... עוד רגע הוא נכנס בי, עוד רגע הוא נכנס בשני... כך אני מרגישה כל הזמן. זה מלווה את כל הנהיגה שלי..."

9



"יש הרבה אנשים שמחפשים כל מיני סכנות, גם בנהיגה... גם אני... כמו כשאנשים שחוזרים מהצבא והם משחקים בנשק, מכניסים מחסנית, עושים תחרויות הכול ביטוי של אותו דחף, בשביל ההתרגשות. אותו דבר זה בכביש..."

10



"אני מאוד אוהבת לנהוג... זה נותן לי הרגשה נורא טובה... כן המרחב, המהירות. בזמן שאני נוהגת אז אני... לא תמיד יש לי זמן לעצמי בעולם המודרני. תמיד עסוקים. המון מחשבות, המון ככה... במיוחד כשאני נוסעת מחוץ לעיר אני מארגנת לי את המחשבות ועושה כל מיני דברים. יחד עם זה אני שמה לב לכביש, אבל אני מאוד אוהבת את זה. יש לי את הזמן הזה לעצמי עם המכונית, אני נוסעת ויש לי זמן איכות לעצמי."

11



"הכביש הוא המקום היחיד שאני מתעצבן בו. במקומות אחרים אני לא מתעצבן. איך שאני עולה על הכביש, אני כאילו משנה mode, נעשה עצבני... הנהיגה מוציאה ממני הרבה עצבים, מה ששום דבר אחר לא מוציא ממני. לנהוג זה להתעצבן. מעצבן אותי שהם 'חותכים' אותך, שהם 'נדבקים' אליך. שהם עושים טעויות בנהיגה. רוגז אחד גדול..."

12



"זו מן הרגשה כזו שאתה נוסע לעבר משהו שאתה יודע שזה ממש מסוכן, ולמרות זאת אתה עושה את זה. זה כמו שתעשה באנג', עכשיו אתה יודע שזה מסוכן, אבל... ההרגשה הזו של הסיכון היא הרגשה טובה. הרגשה כיפית כזו, כיף גדול... באנג' לא כל הזמן זמין, רכב זה הדבר הכי זמין שיש לכל אחד ויש את הדחף לקחת סיכונים, בלי להיכנס לסיבות. זה עושה לך את הריגושים האלה, זה משהו שיכול לבוא לך בהבזק של רגע, בלי הרבה אופרציות. פה זה רק עניין של להיכנס לרכב וללחוץ על הדוושה."

13

"מישהו חותך, זה מוציא אותי מדעתי. אני אנסה לעקוף אותו ברמזור אחרי זה, לא בצורה אלימה, אבל אני אנסה לראות איך בטור אהיה ראשון. אז אני מרגיש ש'דפקתי' אותו, בזה שהטור שלי מסתיים יותר מהר, וכשיו הוא עומד בצד ימין, אחרי שהוא נדחף. זה פשוט... אם מישהו עקף אותי, לפעמים אני מנסה עם הרנו המצ'וקמקת שלי, מנסה לנסוע יותר מהר ממנו... מישהו שחותך אותי, יש משהו שמציק לי בזה, ואני אנסה לעבור לידו ולתת לו את המבט הזה, שאתה לא עושה עם המבט הזה כלום, אבל אתה רק מסתכל, כמו הערסים האלה 'צילמתי אותך'. מה פתאום שהוא ישיג אותי גם אני רוצה להשיג".



14

"התחרותיות שיש פה במדינה... זה בכל הרמות בחיים. שלא ידפקו אותי, שאני לא אצא 'פראייר' שכזה... זה תרבות ישראלית, אז כך זה גם על הכביש. אתה 'פראייר' אם מישהו עקף אותך, אם מישהו נכנס לך לנתיב, וזה וזה, דופקים אותי... זה התרבות הישראלית..."

"אם אני רואה שמישהו מנסה 'לחתוך' אותי או כאלה שמתגנבים למסלול, אז אני תמיד מצפצף להם כי אני רואה את זה, ואני לא מוותר. אומרים לי: 'אל תצפצף' אבל מה פתאום, למה שאוותר. הכביש לא רק שייך להם וגם אני רוצה להגיע ראשון".



15

"מעסיק אותי מאוד שאנשים לא מצייתים לחוקים, לא רק בנהיגה גם בכלל. יש היגיון בחוקים, הם נועדו לאפשר לאנשים לחיות יחד והם נועדו להבטיח את ביטחוננו. אני רואה אנשים נוהגים בפראות ובניגוד לחוקים זה לא שהם מעצבנים אותי בנהיגה. - לא אכפת להם מאחרים. לי אכפת ואני משתדל להקפיד על מילוי ההוראות. כמו שיש אנשים שמממשים כל יום את חובותיהם כאזרחים, כך אני משתדל להביא את זה לידי ביטוי גם בדרך. אני לא מחשיב את עצמי כפראייר, להיפך".



16

"אני רוצה שיהיה צדק גם על הכביש. זה מעצבן אותי שאני עומדת בטור ואני רוצה שכל אלה שנוהגים לידי יהיו בני אדם... זה מרגיז אותי, אז אני מתעצבנת על הכביש... חשבתי אולי להזמין שלטים ענקיים כאלה, ששואלים אותם לאן הם ממחרים ואם הם לא חושבים שהם צריכים להתנהג כראוי? אבל לפעמים אני מתנקמת, וכשאני נוסעת ואני רואה טור ארוך אני אומרת עכשיו אני מתנקמת בכל אלה, ואני גם עושה כל מיני דברים. ואני כל הזמן מכינה את עצמי שאם מישהו יעצור וישאל למה אני עושה את זה, אני אגיד שאתמול הוא עשה את זה וזה עצבן אותי. הבנת למה אני מתכוונת? זה מרגיז!"



17

"זה משהו פונקציונלי לחלוטין שאמור להביא אותי מנקודה אחת לנקודה אחרת... זה משהו שמתבצע בלי שום תחושה... זה כמו להזיז כיסא כי רוצים לשבת בנקודה אחרת... זה משהו אוטומטי, אין כאן חשיבה לפני נהיגה או אחרי נהיגה... אני נוסע המון. אני צריך, אז אני נכנס לאוטו ונוסע. אני לא מתכוון, חושב, מרגיש... אני לא מייחס לנהיגה משמעויות, זה לא עושה לי משהו מיוחד היא משרתת את צרכי הפרקטיים".



18

"האוטו הוא אמצעי לא מטרה מבחינתי. הוא כלי הובלה. אני לא אסע סתם הוא מוביל אותי למקומות שאני צריכה ורוצה להגיע... אני נוהגת אוטומטי, אני יודעת שיש לי מטרה להגיע לנקודה מסוימת, ואני אגיע. אבל אני לא מקדישה חשיבה בכלל לנהיגה. היא לא עושה לי כלום. היא ממש לא קיימת אצלי... זה עניין טכני בלבד של להגיע ממקום למקום."



19

"לא יודע. מין הרגשה של חופש. יש כאלה שאוהבים לרכוב על סוסים, אני אוהב לרכוב על מכונות... גם מהירות, גם נופים... לראות את הנוף ולראות שכל הכביש נפרש בפניך... ואם אין עומס, זה ממש חוויה. זה עושה לי טוב."



20

"אני ממש נהנית לנהוג. ממש נהנית. אם מישהו אומר לי לנסוע עכשיו לירושלים אני נכנסת לאוטו ונוסעת. אני שולטת ברכב. כשאתה מרגיש ביטחון ברכב אתה מרגיש בתא ששומר עליך, אז אתה יכול גם לנסוע מהר מאוד ולהרגיש בשליטה... יש לי ביטחון על הכביש, אני מכירה את הרכב ויודעת מה הוא מסוגל ומה לא והכול בשליטתי."



21

"אני נהנה להיכנס לאוטו. אני אוהב את הנסיעה, את השליטה, את הזרימה. אף פעם אין לי חששות מנהגים אחרים שתהיה לי תאונה חס ושלום. אין לי אף פעם חששות ויש לי ביטחון מלא...אני אוהב לנהוג בהילוכים יותר מאשר ב'אוטומטי' זה ביטוי של השליטה."



22

"גם כשאני נוסע לבדי ובוודאי כשאני נוסע עם אחרים מלווה אותי כל הזמן תחושה של אחריות. חשוב לי לעשות הכול כדי שאני ארגיש בטוח ושאחרים שנוסעים איתי ירגישו בטוח. במודע, אני משתדל לנהוג נורמלי, סביר, לא להשתולל. לא לשבור שיאים. אני מרגיש טוב כשאני פועל על פי החוקים והכללים."



23

"אני חושבת שלפעמים הכביש זה סוג של מלחמת הישרדות פה בארץ, או שאתה מנצח או שמישהו מנצח אותך. אתה מאותת שאתה רוצה לעבור מסלול וישר חותכים אותך וישר מאיצים. כולם רוצים להגיע ראשונים, בעצם גם אני. זה משהו שנורא מזמן להתנהג בצורה יותר פראית, או בצורה יותר דורשנית, ולא לקבל... אתה תקבל, אז אתה תעמוד בפקק שלוש שעות. אתה תיקח יותר אז אתה תוכל להגיע יותר מהר... העובדה שיש תור, ואנשים לא יודעים לעמוד בתור, אני לא רוצה לתת לאנשים להידחק לפני. בשום אופן לא אתן להם להיות לפני."



24

"...האמת שיש לי חרדת נהיגה, אני לא מרגישה בנוח על הכביש. אני פוחדת בעצם מהכביש... אני חושבת שמה שמפחיד אותי בכל הסיפור הזה, זה שהדברים לא תלויים בי- אני יכולה להיות זהירה, אבל הנהגים סביבי יכולים להשתולל ואין לי שליטה עליהם. אני יכולה לעמוד ברמזור ומשאית תיכנס בי מאחורה..."



סיכום - המרחב התעבורתי

משימה קבוצתית: הומור על הדרך

לפניכם קריקטורות מתחום התחבורה והבטיחות בדרכים, אשר ניתן ללמוד מהן על אופיו ועל מרכיביו של המרחב התעבורתי.

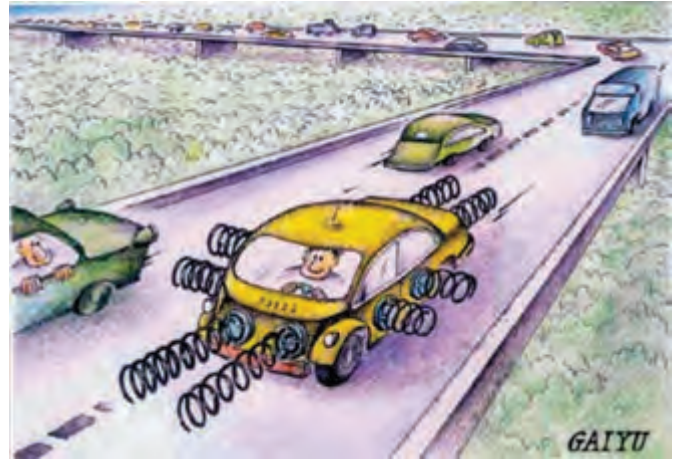


2



קומרניצ'י קריסטו, בולגריה

1



גאי יו, סין

4



אלכסנדר פאשקוב, רוסיה

3



חולי סנשיז אגואדו' ספרד

5



חברטו מנגוזי, איטליה

6



מירו סטמוביץ, סרביה ומונטנגרו

התייחסו אל הקריקטורות בהתאם לטבלה.

משימות	קריקטורה מס'	קריקטורה מס'	קריקטורה מס'	קריקטורה מס'
1.	הציעו כותרת לקריקטורה			
2.	תארו את האירוע המוצג בקריקטורה ומיהם השותפים לו			
3.	מהו הרעיון המרכזי המוצג בקריקטורה			
4.	אילו גורמים פיזיקליים מוצגים בקריקטורה?			
5.	אילו אינטראקציות פיזיות מתוארות?			
6.	אילו אינטראקציות חברתיות-תקשורתיות מתוארות?			
7.	מהם הסיכונים במצבים המתוארים?			

- א. בהסתמך על ניתוח הקריקטורות, מהן התובנות שלכם בהקשר לבטיחות במרחב התעבורתי?
 ב. בחלק מן הקריקטורות מתוארים מצבים שעלולים להסתיים באסון בגלל גורמים פיזיקליים. תנו דוגמה למצב כזה, ציינו את גורמי הסיכון ונמקו את תשובתכם.

פרק ב

כוחות ותנועה במרחב התעבורתי



עולם בתנועה

הכול זורם – הכול נמצא בתנועה. כל העצמים בטבע משנים ללא הרף את מקומם, גדולים כקטנים, חיים או דוממים. בעלי החיים נעים כדי להתקיים, ועצמים דוממים נמצאים בתנועה בשל התכונות הפיסיקליות שלהם ובהשפעת כוחות הפועלים עליהם, עד שהם מגיעים למצב מנוחה. גם אם נדמה לך שאתה עומד, אתה נמצא בתנועה, כי כדור הארץ נע סביב השמש, והשמש נעה סביב הגלקסיה שלנו. התנועה לעולם איננה נפסקת. במרחב התעבורתי מתנהלת תנועה של כלי רכב ועוברי דרך שונים כמו: הולכי רגל, ילדים, נהגים, רוכבי אופניים, רוכבי אופנוע וכדומה. במרחב זה אנו יכולים לנוע ממקום למקום באמצעים שונים ובדרכים שונות, למשל: בטיסה, בהליכה, ברכיבה על אופניים ועוד.

- כיצד הגעתם היום לבית-הספר?
- הלכתם ברגל? נסעתם במכונית? רכבתם על אופניים?



- איזו דרך היא, לדעתכם, הדרך הנוחה כדרך הנוחה והבטוחה ביותר להגיע ממקום למקום?
- מהם הסיכונים, לדעתכם, בכל אחת משלוש הדרכים?
- על מה אתם מבססים את תחושת הביטחון שלכם שלא תיפגעו?

כדי להבין מהם הסיכונים בתנועה במרחב התעבורתי ובשימוש באמצעי התחבורה השונים, נלמד בפרקים הבאים מהי תנועה וכיצד נגרמים שינויים במצבי התנועה של גופים שונים. נלמד כיצד אפשר להפחית את הסיכונים ואת הנזקים שנגרמים לנו ולכלי הרכב שאנחנו משתמשים בהם. בסופו של תהליך הלמידה נדע לנצל את הידע בנושא ולהפוך את התנועה שלנו לבטוחה יותר.

מהבנה לתובנה: המרחב התעבורתי

המרחב התעבורתי הוא מרחב ציבורי שנועד לשרת את כולם באופן שוויוני. לכל בני האדם הזכות המלאה להשתמש במרחבי התעבורה על-פי החוקים הנהוגים בהם, והחלים באופן שוויוני על כל משתמשי הדרך. ההכרה במרחב התעבורתי כמשאב משותף העומד לרשות הכלל אינה מתקבלת לעיתים על כלל משתמשי הדרך, והם דורשים לעצמם זכויות-יתר ומעמד מועדף. בכך הם הופכים לגורמי סיכון במרחב.



מהי תנועה?

התבוננו בתמונות הבאות:



1. אילו מצבים מתוארים בהם, ומה משותף להם? נמקו!

2. למי מביניהם יהיה קשה יותר לעצור את תנועתו? נמקו!

למהיר מביניהם

לכבד מביניהם

למהיר ולכבד מביניהם

3. האם אותם גופים היו יכולים לנוע ללא מגע עם הקרקע? נמקו.

כן

לא

חלקם כן וחלקם לא



4. אילו התקיימה תחרות ביניהם מי היה מנצח בתחרות? נמקו.

המכונית

הסוס

אי-אפשר לדעת

5. מהו המרחק הסביר שאותו יעבור הצב שבתמונה במשך דקה אחת אם יתמיד בתנועתו?

מטר אחד

כעשרה מטרים

6. מהו המרחק הסביר שאותו יעבור האיש הרץ במשך דקה?

200 מטר

2000 מטר

7. מהו המרחק הסביר שאותו תעבור מכונית המירוץ במשך שעה?

300 ק"מ

50 ק"מ

כעת הגדירו – מהי לדעתכם תנועה ומה מאפיין אותה?



תנועה

תנועה היא השינויים המתרחשים במקומו של גוף במהלך פרק זמן מסוים.

כלומר:

גוף נע הוא גוף שנמצא בזמנים שונים במקומות שונים. גוף נח הוא גוף הנמצא בזמנים שונים באותו מקום עצמו.

הכול יחסי

למה אנחנו מתכוונים כשאנחנו אומרים שכל תנועה היא יחסית?

תנועה איננה דבר מוחלט היא תמיד יחסית, מאחר ומקום איננו דבר מוחלט. המושגים 'מנוחה' ו'תנועה' הם מושגים יחסיים. גוף נע מוגדר כגוף המשנה את מקומו יחסית לגוף אחר הנמצא בסביבה. לכן, כאשר אנו רוצים לתאר אם גוף נמצא בתנועה או במנוחה יש לציין ביחס למה הוא נע או נח. הנקודה שיחסית אליה נמדדים המרחקים והתנועות נקראת בשם 'נקודת הייחוס'.

משימה להכרת התנועה היחסית

באמצעו של קטע דרך ישר ואופקי שאורכו 100 מטרים ניצב עץ. חמשת גיבורי הסיפור שלנו: החמור, הצב, האדם, המכונית הפרטית ומכונית המירוץ נמצאים באחד משני קצות קטע הדרך, והם מתחילים לנוע יחדיו. (ראה תרשים 1)



ואלו נתוני התנועה של גיבורי השאלה:

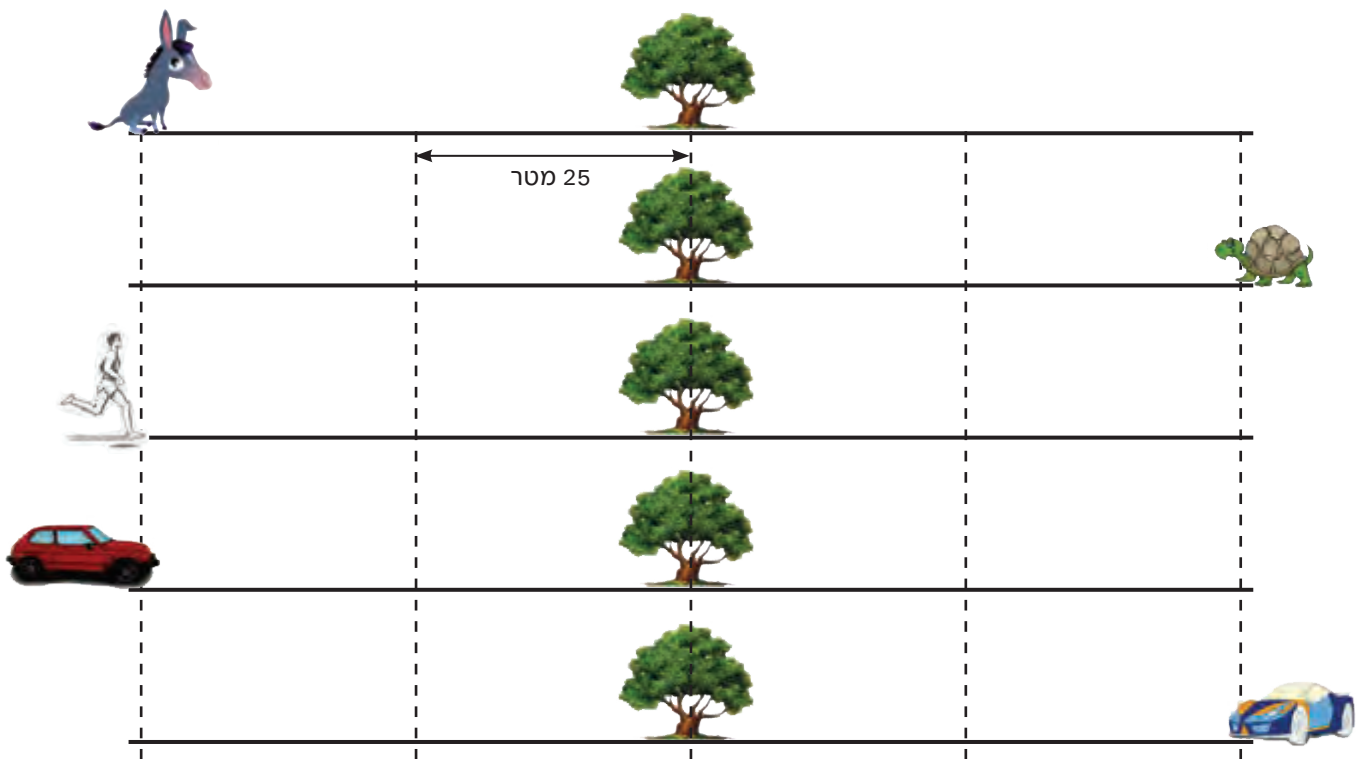
- כולם מתחילים לנוע יחדיו
- החמור איננו זז ממקומו
- הצב עובר מרחק של סנטימטר אחד בשנייה אחת
- האדם עובר מרחק של מטר אחד בשנייה אחת
- המכונית הפרטית עוברת 20 מטרים בשנייה אחת
- מכונית המירוץ עוברת מרחק של 60 מטרים בשנייה אחת

1. כיצד אתם מציעים לקבוע את מקומו של כל אחד מהם לפני שהוא מתחיל לנוע?

המרחק בין כל שני קווים המקווקוים לאורך הדרך הוא 25 מטר. כעת, קבעו את נקודת הייחוס שלכם לצורך מדידת המרחקים.

כדי לפשט נקבע ונמדוד את המרחקים האופקיים בלבד.

2. מהו מקומו של כל אחד מהגופים ביחס לנקודת הייחוס שקבעתם?



תרשים מספר 1

3. חשבו, מה היה קורה אילו היינו קובעים נקודת ייחוס שונה עבור כל אחד מהגופים, ומדוע רצוי תמיד לבחור בנקודת ייחוס נייחת?



שאלות למחשבה

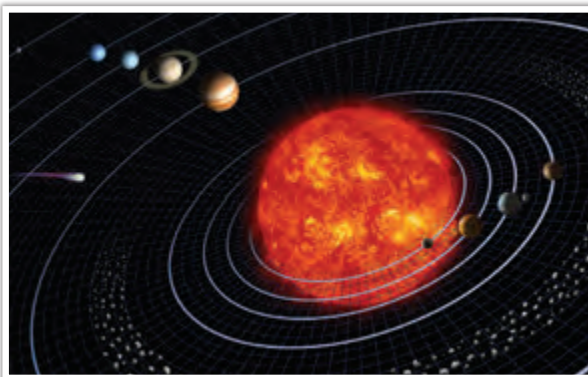


א. אילו נקודות מתאימות להיות נקודות ייחוס לקביעת מקומותיהם ותנועותיהם של גיבורי השאלה? נמקו!
ב. קבעו את נקודת הייחוס למדידת המרחקים ולהגדרת הכיוונים הדרושים. שימו לב, אחרי שנקבעה נקודת הייחוס אין משנים אותה.

ג. באיזה מרחק מנקודת הייחוס נמצא כל אחד מגיבורינו לפני התחלת התנועה ושנייה אחת לאחר מכן?
ד. כעבור כמה שניות יהיה שווה לאפס המרחק בין מכונית המירוץ לבין נקודת הייחוס שקבעתם?
ה. נהג מכונית המירוץ רואה את המכונית הפרטית מתקרבת אליו במהירות של 45 מטרים בכל שנייה. נכון / לא נכון?

ו. לאיזה כיוון נראה לנהג המכונית הפרטית האדם הרץ?
ז. אופק טוען שהרץ רץ מהר מאוד, ואילו עומרי, הנוהג במכונית, טוען כי הרץ רץ לאט. מי מהם צודק? נמקו.
ח. נהג מכונית המירוץ טוען שהוא נמצא במנוחה והכול סביבו, כולל הכביש, נמצא בתנועה. באיזה מקרה הוא צודק כאשר הוא טוען כך?
ט. רינה פגעה במכוניתה ברכב שנסע לפניו. להגנתה הסבירה, שהיא עמדה במקומה והוא זה שפגע בה בנסיעה לאחור. כיצד ניתן לקבוע מי מהם צודק?

זכרו, אין בנמצא מקום מוחלט או מהירות מוחלטת. כל מקום וכל מהירות נקבעים ביחס לנקודת ייחוס מוסכמת. שימו לב לכך, שללא נקודת ייחוס מוסכמת כל אחד יכול לטעון שהוא נמצא במנוחה והאחרים נמצאים בתנועה ביחס אליו!



כדור הארץ נע סביב השמש, השמש נעה סביב מרכז הגלקסיה שלנו, הגלקסיה נעה סביב צבירי כוכבים ענקיים ואין שום נקודה בכל היקום שנמצאת במנוחה מוחלטת וללא תנועה.

נראה תופעות אחדות הממחישות את יחסיות התנועה:

- הנוסעים באוטובוס נמצאים בתנועה ביחס לאדם העומד ברחוב, אך ביחס לנהג האוטובוס הם נמצאים במנוחה.



- בנסיעה בתוך קרון סגור ללא חלונות במהירות קבועה ובקו ישר – אין מרגישים בתנועה. אנו נרגיש בתנועה רק אם הקרון ינוע בדרך מפותלת ומהירותו תשתנה, או כאשר נפתח חלון בקרון, נציץ החוצה ונבחין כי הקרון נע ביחס לנוף, לעצים וכד'.

- שני נהגים נוהגים בשתי מכוניות שנעות באותו הכיוון: האחת עוקפת והאחרת נעקפת. לנהג המכונית העוקפת נדמה שהמכונית הנעקפת נוסעת

כביכול לאחור. כאשר מהירויותיהם שוות הן נראות ללא תנועה לשני הנהגים.



מהבנה לתובנה: תנועה יחסית

- ככל שהתנועה במרחב התעבורתי אחידה יותר הן בכיוונה והן במהירותה, כן בטוח יותר המרחב.
- בני אדם מתקשים לאמוד את המהירות במרחב ולתפוס את כיווני התנועה. מסיבות של יחסיות התנועה אנו לא יכולים לדעת מי נע ומי נח, או מי נע במהירות ומי באיטיות. לכן, קשה לנהגים להחליט באיזו מידה ניתן להספיק לבצע פעולות הדורשות שינוי מהירות במרחב, כמו: בלימה, עצירה, עקיפה וכדומה.

מרחב למידה

היכנסו לסביבת הלמידה* 'חשיבה בתנועה', לשיעור: 'עקיפה'. במסלול זה תתרגלו עקיפה בתנאי דרך מגוונים, ותבחנו את השפעתם של גורמים שונים על היכולת לעקוף בהצלחה. עליכם להגיע אל נקודת הסיום בתוך פרק זמן שאינו עולה על ארבע דקות, מבלי שהרכב שלכם ייפגע. כמובן, שאין לעקוף במקום שבו מסומן קו הפרדה (קו לבן רציף), ואסור להתנגש בכלי רכב אחרים. פעלו על-פי ההנחיות.

* היכנסו לסביבת הלמידה 'חשיבה בתנועה', על פי ההנחיות המפורטות בעמוד 9.

מהירות



גלילאו גליליי, מדען שחי ופעל במאה ה-17, היה בין הראשנים שהגדירו את התנועה כקשר בין מקום לבין זמן. הוא טען, שתנועה היא שינוי המקום (מרחק) במשך פרק זמן, הגדיר את שינויי המקום בזמן וקרא להם **מהירות**. כלומר, ככל ששינויי המקום בפרק זמן נתון גדולים יותר, המהירות גבוהה יותר.

על פי הגדרתו, המהירות היא **קצב** שינוי המקום בזמן. בניסוח אחר, המהירות היא הערך הכמותי של היחס בין המרחק לבין הזמן. ככל שערכו של יחס זה גדול יותר כן גדלה המהירות, ולהיפך.

הפירוש שניתן למושג מהירות אפשר בראשונה להשוות בין מהירויות שונות גם אם הגופים אינם נעים באותו כיוון או שאינם נעים באותם זמנים. אנחנו מקבלים זאת כיום כמובן מאליו, אבל באותה תקופה הייתה זו פריצת דרך מחשבתית גדולה.



על-פי הגדרתו של גליליי, כיצד נוכל להשוות בין מהירותן של שתי דמויות מצוירות אלה ולקבוע מהירותו של מי גבוהה יותר?



גלילאו גליליי

פיזיקאי, אסטרונום, מתמטיקאי ופילוסוף איטלקי. חי בין השנים 1564-1642. מחקריו ותצפיותיו הניחו את היסודות למדע המודרני בתחומי האסטרונומיה והמכניקה.



על-פי הגדרת התנועה **כשינוי במקומו** של גוף בפרק זמן מסוים ניתן להגדיר גם מהירות:

המהירות היא היחס שבין השינוי במרחק לבין משך הזמן שבו הוא התרחש.

$$\text{כלומר: מהירות} = \frac{\text{השינוי במרחק}}{\text{השינוי בזמן}}$$

את הזמן בתנועה אנו מודדים ביחידות של שנייה או שעה, ואת המרחקים אנו מודדים ביחידות מרחק של סנטימטרים, מטרים או קילומטרים.

יחידת המידה של המהירות תהיה לפיכך, כל יחידת אורך חלקי יחידת זמן, למשל: מטר בשנייה (מטר/שנייה) או קילומטר בשעה (קמ"ש).

מהירות של 1 מטר/שנייה שווה למהירות של 3.6 קמ"ש.

מהירות של 10 מטר/שנייה = 36 קמ"ש - ו 25 מטר/שנייה = 90 קמ"ש .



בתרשים מתואר מד-המהירות שנמצא בכל כלי רכב.

1. באילו יחידות נמדדת המהירות בלוח השנתות החיצוני, ובאילו - בלוח השנתות הפנימי?
2. מהי המהירות שאותה מראה מד-המהירות?
3. כמה קילומטרים תעבור מכונית זו אם תמשיך לנוע במהירות זו במשך חצי שעה? שעתיים?



שימו לב

שינוי גדול במרחק בפרק זמן קצר פירושו **מהירות גבוהה**; שינוי קטן במרחק באותו פרק זמן פירושו **מהירות נמוכה יותר**.

המהירות היא גורם פיזיקלי בעל ערך וכיוון - שנקרא בשם וקטור.

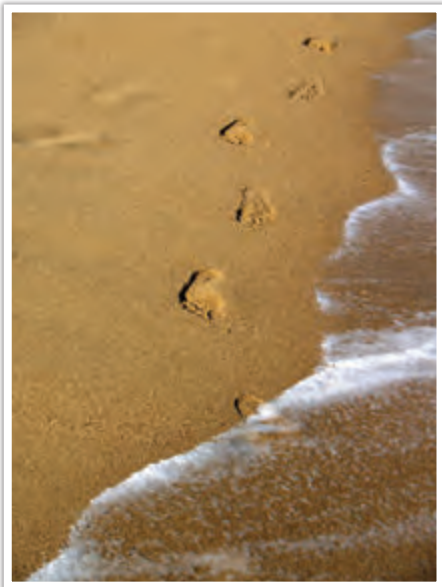
וקטורים מתארים באמצעות חיצים. אורך החץ מייצג את ערכה המוחלט של המהירות וכיוונו של החץ מצביע על הכיוון.



מקום הגוף

מרחק הגוף מנקודת ייחוס מסוימת.





עקבות אדם בחול

בתצלום נראות עקבות של אחד שצעד בחול לאורך החוף בקצב קבוע של פסיעה בכל שנייה. אורכה של כל פסיעה הוא כחצי מטר.

1. לאיזה מרחק צעד האדם על-פי המתואר בתצלום?
2. כמה שניות נמשכה תנועתו של האדם שפסיעותיו נראות בתצלום?
3. האם תוכלו לדעת מהי מהירותו?



השוואת מהירויות

טיול של בוקר

האב יוסי ובתו איילת יצאו לטיול של בוקר.

שניהם אחזו ידיים והלכו יחדיו לאורך אותה דרך כשהם משוחחים ביניהם על משמעות החיים. כידוע לכל ילד שטייל עם אביו, פסיעותיו של האב גדולות מפסיעותיה של הבת.

- בהסתמך על הגדרת מושג המהירות, רשמו **ונמקו** אילו מבין הטענות הבאות, המתייחסות לתנועתם של השניים, הן נכונות:



- א. המהירות של שניהם שווה.
- ב. שניהם נעו באותם פרקי זמן.
- ג. שניהם נעו לאורך מרחק שווה.
- ד. כשיספרו את מספר הפסיעות של שניהם, יימצא שמספר פסיעותיה של הבת יהיה גדול ממספר פסיעותיו של האב באותה כבדת דרך.
- ה. מאחר שמהירותם שווה, קצב הפסיעות שלהם (כלומר, מספר הפסיעות שלהם ביחידת זמן) חייב להיות שווה.
 - ו. קצב הפסיעות של הבת גדול מזה של האב.
 - ז. מהירותם תלויה רק בגודל הפסיעות של הבת.
 - ח. מהירותם תלויה בקצב הפסיעות של האב.
 - ט. צעדיה של הילדה קטנים יותר ולכן היא נעה במהירות גבוהה יותר מאביה.



שיטות שונות להשוואת מהירויות

התבוננו בנתונים המופיעים בטבלאות הבאות, ומבלי לחשב את המהירות קבעו איזה זוג של מספרים מייצג את המהירות הגבוהה ביותר. דרגו את המהירויות מהגבוהה ביותר (1) אל הנמוכה ביותר (3).

טבלה 1: חישוב מהירות

הזמן מדוד בשניות	המרחק מדוד במטרים	דירוג המהירויות
10	1	
10	2.5	
10	30	

• על-פי מה קבעתם את החלטתכם?

טבלה 2: חישוב מהירות

הזמן מדוד בשניות	המרחק מדוד במטרים	דירוג המהירויות
20	0.2	
1	0.2	
10	0.2	

• על-פי מה קבעתם את החלטתכם?

1. מה ההבדל בין שתי הטבלאות?
2. באיזו מבין שתי השיטות קובעים מיהו המנצח בתחרות ריצה?
3. באיזו דרך קובעים מי מבין שני מטוסים הוא המהיר יותר? נמקו!



המהירות במרחב התעבורתי



מצלמות מהירות בכביש בינעירוני

הטכנולוגיה של המרחב התעבורתי ושל כלי הרכב משתנה ללא הרף. כלי הרכב הם כבדים לאין-ערוך מן האדם ותנועתם במרחב התעבורתי היא במהירויות גבוהות יחסית למהירות תנועתו הטבעית של האדם. קצב השינויים וההתרחשויות במרחב הוא מהיר מאוד, בעוד מערכות החישה של בני האדם מותאמות למהירויות ולשינויים איטיים הרבה יותר. כתוצאה מכך נוצרת בעיה קשה של תפיסת המרחב והסיכונים בו, בעיקר קושי לזהות בזמן מצבים משתנים ואת מגמות השינוי שלהם. מגבלה זו מקשה על חלק מבני האדם להשתלב במרחב התעבורתי ומסכנת אותם מאוד. על כן, למרות שכלי רכב יכולים לנוע כיום במהירויות גבוהות מאוד, במרחב התעבורתי מהירות תנועתם חייבת להיות מוגבלת ומותאמת לתנאי המרחב. כך לדוגמה, בשטח עירוני צפוף המהירות מוגבלת ל-50 קמ"ש, ובשטח בין-עירוני פתוח מותרת מהירות גבוהה יותר, עד 110 קמ"ש. כל רכב שנוסע במהירות החורגת מן המותר מסכן את עצמו ואת משתמשי הדרך האחרים.





מכמונת (מצלמת) מהירות מבוססת לייזר

משטרת ישראל נוהגת להשתמש במצלמות מהירות (מכמונות מהירות) הבודקות את מהירויות נסיעת כלי הרכב השונים כדי לאכוף את הגבלת המהירות.

קיימים סוגים שונים של מצלמות מהירות וכל אחד מהם מבוסס על עיקרון פיסיקאלי שונה. בארץ מקובלת מצלמת מהירות המבוססת על תכונות אור הלייזר. בפעולת מצלמה זו, משגרת אלומת אור לייזר לכיוונו של הרכב הנוסע, פוגעת בו ומוחזרת ממנו ונקלטת חזרה במצלמה. על פי ההבדלים שבין אלומת האור המשוגרת לבין אלומת האור המוחזרת, מחשבת המצלמה את מהירות הרכב הנוסע. בפרק זה נתמקד בסוג אחר של מצלמות, שעקרון הפעולה שלהן מבוסס על מדידת הזמן שבו עובר כלי הרכב בין שתי נקודות בדרך.

מצלמות המהירות מודדות את פרק הזמן שבו עובר הרכב מרחק ידוע בין שתי נקודות נתונות. למעשה, מוצבות בדרך שתי מצלמות. הרכב חולף על פני מצלמה אחת ומצולם על-ידיה ולאחר כמה קילומטרים מצולם שוב כאשר הוא עובר על פני מצלמה אחרת. מכיוון שהמרחק בין המצלמות קבוע, ניתן לחשב בקלות את מהירות הנסיעה הממוצעת, ולוודא שבעל הרכב לא האט לפני המקום שבו מוצבת המצלמה המוכר לו, והאיץ מעבר למהירות החוקית אחר כך.

תיעוד המהירות באמצעות מצלמות המהירות נחשב לעדות קבילה בבית-משפט בכל הנוגע לעבירות תנועה הקשורות למהירות.

1. מכונת תועדה באמצעות שתי מצלמות מהירות. המרחק בין שתי המצלמות הוא 1.5 קילומטר והמכונת עברה מרחק זה במשך 0.5 דקה. מהי מהירותה ביחידות קילומטר בשעה (קמ"ש). רמז: בשעה אחת מונים 60 דקות.



ד			א
ה			ב
ו			ג

- בתמונות הבאות מתועדות עבירות תנועה שביצעו נהגים שונים. מימין מוצגת המהירות בקמ"ש, שנמדדה על-ידי מצלמת המהירות, ומשמאל מוצגת המהירות המותרת בקמ"ש באותו קטע דרך. שתי המצלמות, שתיעדו את המכוניות, במרחק של 4.3 קילומטר זו מזו. אחת מהמכוניות המתועדות עברה את המרחק בין המצלמות בפרק זמן של 2 דקות. מהי המכונית? לטענתם של נהגים רבים, מהירות הנסיעה נאכפת באמצעות מצלמות מכיוון שעבירת מהירות היא הקלה ביותר לאכיפה ולא מפני שהיא המסוכנת ביותר. מה דעתכם על טענה זו? נמקו! שאלו גם את הורכים לדעתם על כך.

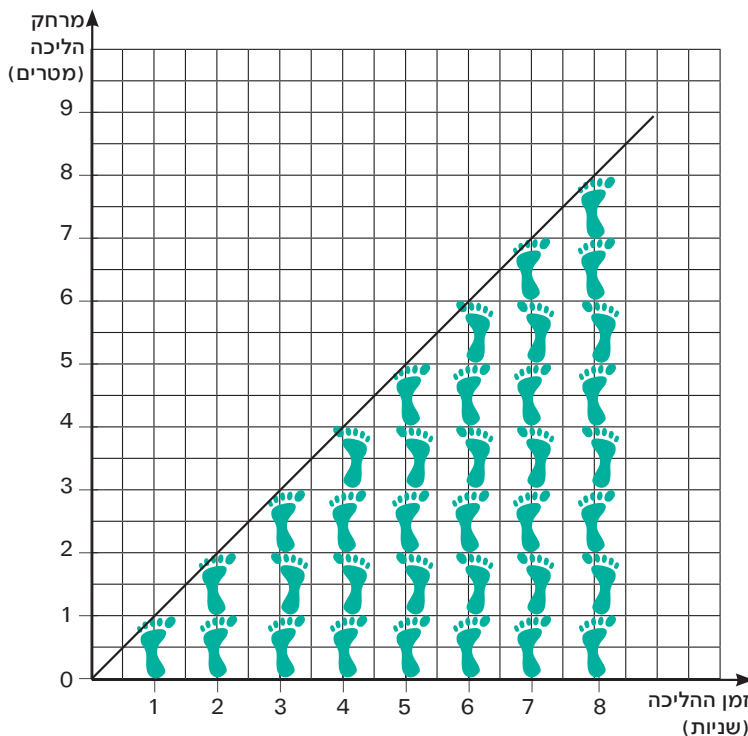


מהבנה לתובנה: המהירות במרחב התעבורתי

כאשר מכונות מתחרות במסלול מרוצים ישר ללא הגבלת מהירות, המהירה מביניהן תגיע ראשונה לקו הסיום. אולם, במרחב התעבורתי אין זה תמיד כך. לא כל מי שנוסע מהר יותר יגיע בפרק זמן קצר יותר ליעדו. נהגים מנוסים מקצרים את זמני הנסיעה במרחב התעבורתי על ידי בחירת מסלולי נסיעה שבהם מספר העיכובים קטן ככל האפשר, כמו למשל: בחירה בצירי תנועה ללא רמזורים וללא דרכים חוצות, הימנעות מנסיעה בנתיבים העמוסים בכלי רכב, בחירה נכונה בשעת הנסיעה, התאמת המסלול לתנאי מזג האוויר לתנאי הראות ולמצב רוחו ועייפותו של הנהג. לכן, על כל נהג השואף להגיע ליעדו בבטחה ובזמן הקצר ביותר לתכנן את מסלול נסיעתו מראש, ולא בהכרח לנסוע במהירות גבוהה. מהירות גבוהה לא תבטיח לנו שבכל פעם נגיע בזמן קצר יותר ליעד שלנו. המהירות המותרת לנהיגה נקבעת בהתאם למספר קריטריונים כמו תנאי הדרך, התנועה בה ועוד. על הנהג להתחשב בכל הנסיבות, להפעיל שיקול דעת ולנהוג במהירות סבירה, שתאפשר לו שליטה מוחלטת ברכב, בהתאם לסוג הדרך, תנאי הדרך, תנאי הראות, מזג האוויר, מצב התנועה והולכי הרגל. המהירות הסבירה תהיה בדרך כלל נמוכה מהמהירות המרבית המותרת או שווה לה, אך בכל מקרה לא גבוהה ממנה. נסיעה במהירות שעולה על המהירות המותרת או המהירות הסבירה לפי תנאי הדרך היא נסיעה במהירות מופרזת ואסורה על פי החוק.

ייצוג גרפי של תנועה

לאחר שפירש גלילאו גליליי את מושג המהירות הציע **רנה דקארט** את תיאור המהירות על פני מערכת הצירים שהמציא. במערכת זו מייצג הציר האופקי את הזמן והציר האנכי – את המרחק.



נציג את הליכתו של אדם באמצעות תיאור פסיעותיו במערכת צירים זו.

נניח שקצב פסיעותיו הוא פסיעה בכל שנייה ואורך כל פסיעה הוא מטר אחד. איור כף הרגל מייצג פסיעה שגודלה מטר אחד.

נסמן במערכת הצירים את מספר הפסיעות שפסע האדם בזמן שהוא נע, ובמקום שבו מסתיימת הפסיעה האחרונה נסמן נקודה. נחבר את כל הנקודות בקו. מתקבל קו ישר המייצג את **תנועתו של האדם**.

רנה דקארט

פילוסוף ומתמטיקאי שחי במאה ה-16. המציא את מערכת הצירים הניצבת לתיאור מיקומן של נקודות במישור. מערכת זו נושאת את שמו עד היום – 'מערכת צירים קרטזית'.



הגרף מבטא את המרחק שעבר האדם ביחידת זמן כלשהי. כל שְׁנֵת (קו חלוקה) בציר הזמן מייצגת את הזמן שחלף מרגע תחילת תנועתו, ומספר הפסיעות מייצג את מרחקו מנקודת התחלת התנועה. לדוגמה: במהלך 5 שניות התרחק האדם מרחק של 5 פסיעות מנקודת ההתחלה.

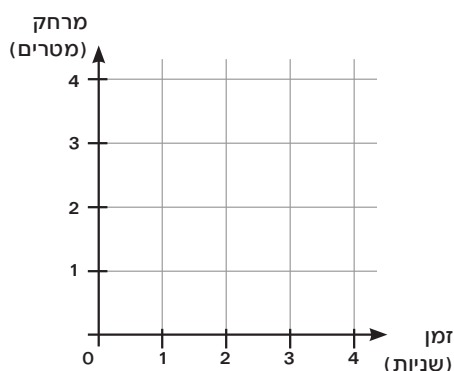
התבוננו בגרף וענו על השאלות הבאות המתייחסות להליכתו של האדם:



1. כמה מטרים עובר האדם במשך 4 שניות? במשך 0 שניות?
2. בכמה זמן עבר מרחק של 6 מטרים? 8 מטרים?
3. כיצד ניתן לתת תשובות לגבי נתונים שאינם מפורשים במערכת הצירים? לדוגמה: בכמה זמן יעבור האדם 10 מטרים, 15 מטרים או 30 מטרים?
4. חשבו ושרטטו כיצד תיוצג במערכת צירים מסוג זה תנועתו של אדם שאורך פסיעותיו כפול מפסיעותיו של האדם המתוארות בגרף.
5. כיצד תיוצג תנועתו של אדם שאורך פסיעותיו מחצית מאורך פסיעותיו של האדם המתוארות בגרף? שרטטו.
6. מהו ההבדל בין שני הגרפים ששרטטתם? מהי משמעותו של הבדל זה?

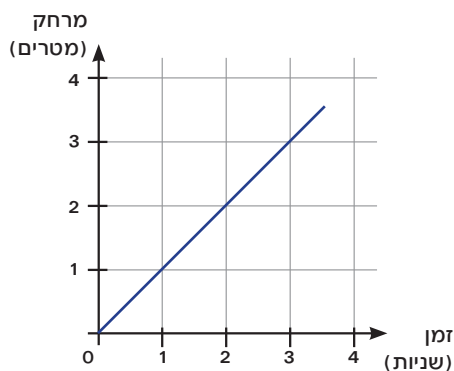
גרף מרחק - זמן

תיאור מקומו של גוף הנע לאורך **קו ישר** נעשה באמצעות מערכת צירים. הציר האופקי הוא ציר הזמן שנמדד בשניות, ואילו הציר האנכי הוא ציר המרחק שנמדד במטרים. נקודת החיתוך של הצירים נקראת **ראשית הצירים**, והיא מייצגת את נקודת הייחוס של התחלת התנועה. בוחרים לסמן נקודה זו כנקודת האפס.



גרף תנועה של גוף הנע בקו ישר ובמהירות קבועה

הגרף המתקבל נקרא **גרף תנועה** ועבור גוף הנע בקו ישר ובמהירות קבועה הוא מתבטא **בקו ישר משופע** ונראה כך:



קו ישר
בשלב זה נגביל את הדין לתנועה ישרה בלבד.

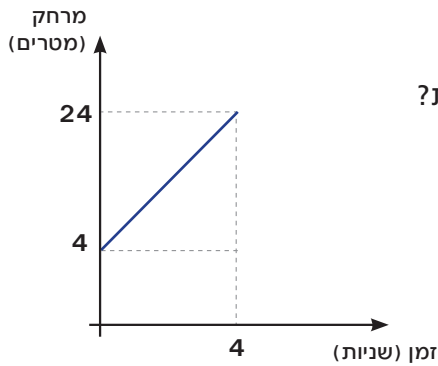
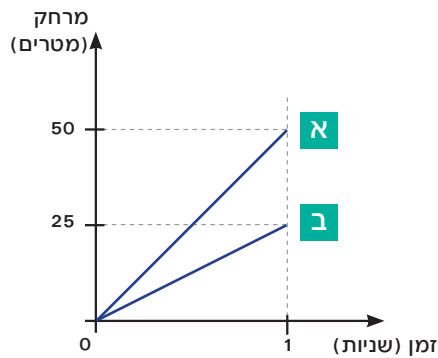


בגרף הבא מתוארת תנועתן של שתי מכוניות א' ו-ב'. השוו בין מהירויותיהן של שתי המכוניות.

1. מי משתי המכוניות נעה מהר יותר?

2. כיצד ניתן לדעת זאת?

3. בהסתמך על גרף זה, נסחו כלל המגדיר את הקשר בין המהירות לבין שיפוע הקו.



לפניכם תרשים נוסף המתאר את תנועתו של רוכב אופניים.

1. במה שונה גרף זה מהגרף הקודם המתאר את תנועת המכוניות?

2. באיזה מקום התחיל הרוכב את הרכיבה?

3. כמה מטרים עבר בסה"כ?

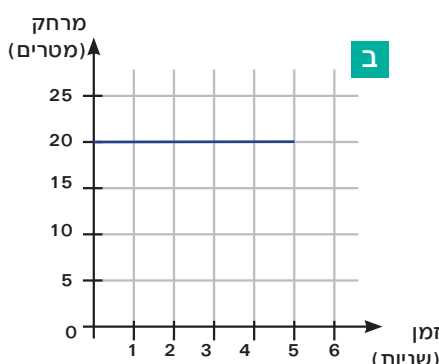
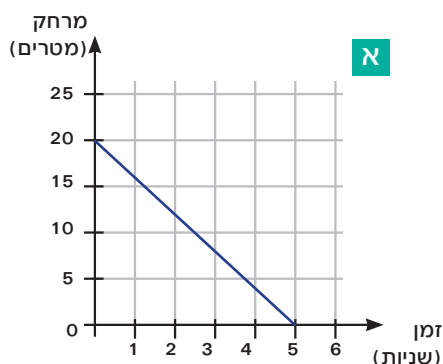
4. כמה זמן נמשכה נסיעתו?

5. באיזו מהירות רכב?

שיפוע הקו בתרשים התנועה מייצג את מהירות התנועה של הגוף. ככל ששיפוע הקו גדול יותר מהירות הגוף גבוהה יותר, וככל ששיפוע הקו קטן יותר מהירות הגוף נמוכה יותר.



הגרפים הבאים מתארים תנועה בקו ישר של שני גופים א' ו-ב'.

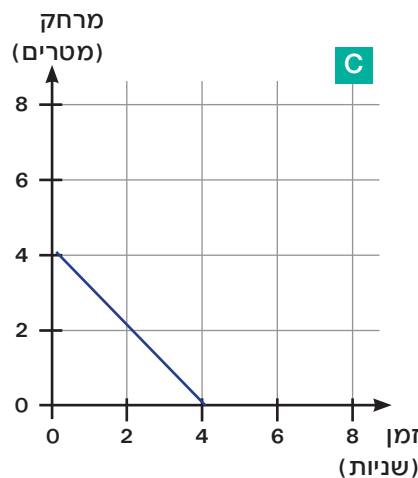
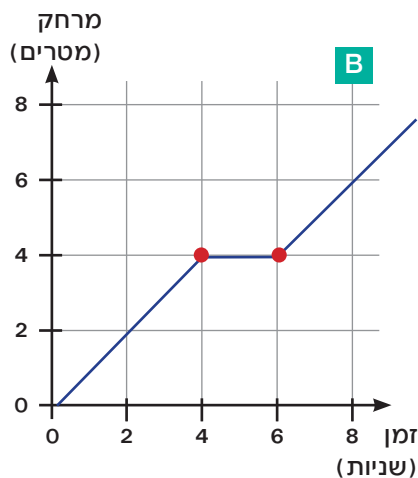
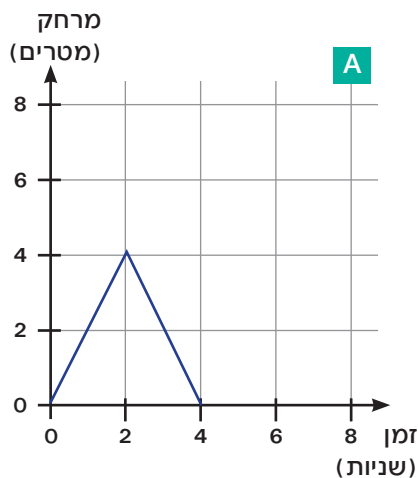


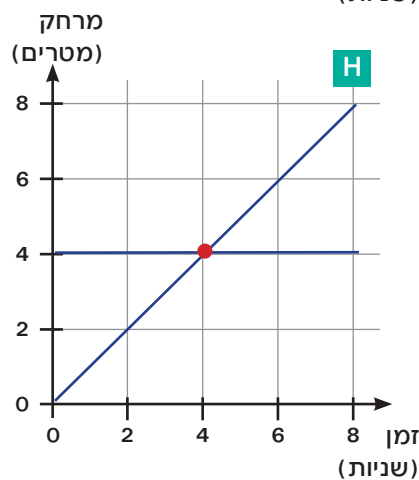
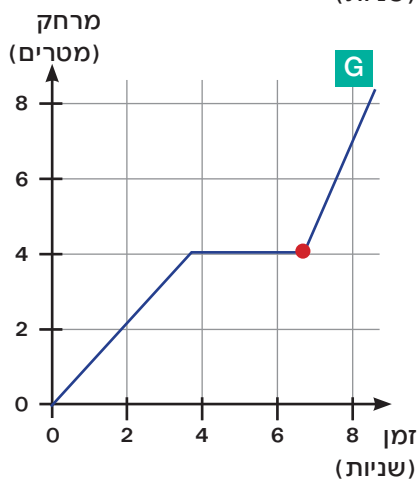
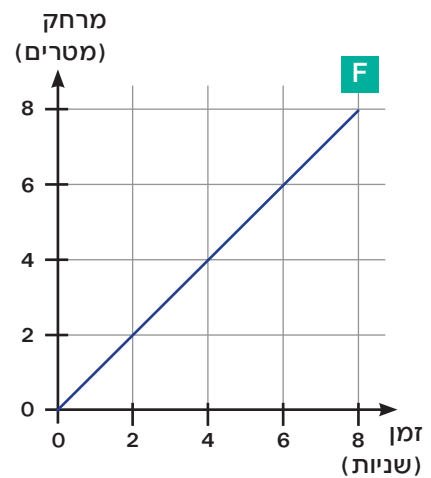
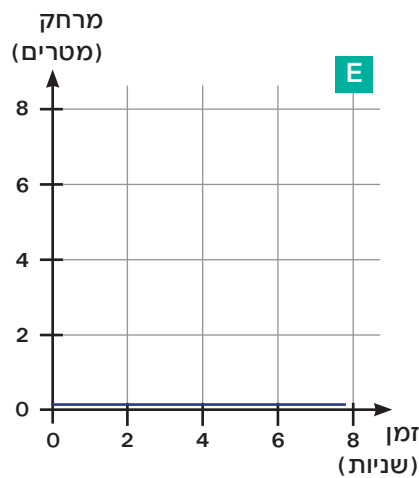
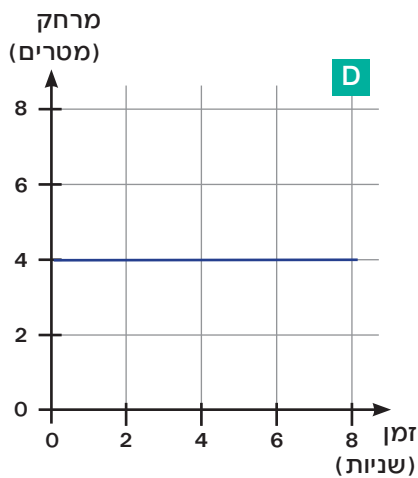
1. באיזה מרחק מהראשית נמצאים שני הגופים ברגע תחילת תנועתם?
2. באיזה מרחק מהראשית נמצא גוף א' כעבור 5 שניות מתחילת תנועתו?
3. באיזה מרחק מהראשית נמצא גוף ב' כעבור 5 שניות מתחילת תנועתו?
4. מה תוכלו לומר על תנועתם של שני גופים אלו?
5. הכלילו את מסקנתכם: מהי משמעותו של קו משופע יורד בגרף תנועה? מה משמעותו של קו ישר אופקי בגרף תנועה?

ייצוג גרפי של תנועות מסוגים שונים

כל תנועה ניתנת לייצוג באמצעות גרפים במערכת צירים ניצבת של זמן ושל מרחק. כל נקודה במערכת צירים כזו מיוצגת באמצעות זמן נתון וציון המרחק שלה מנקודת הייחוס. נקודת הייחוס מיוצגת על-ידי זוג המספרים $(0,0)$. הנקודה $(0,0)$ במערכת הצירים נקראת גם נקודת ראשית הצירים. לדוגמה: במערכת שבה הזמן נמדד בשניות והמרחק נמדד במטרים, כל נקודה מיוצגת כאמור על-ידי שני ערכים (המרחק, הזמן). הנקודה $(2,4)$, למשל, משמעותה, שבעבור שתי שניות ייצא הגוף במרחק של ארבעה מטרים מנקודת הייחוס.

התבוננו בגרפים הבאים המתארים תנועה של גופים שונים, וענו על השאלות הבאות:



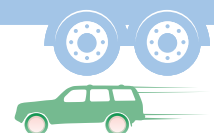


איזה גרף או גרפים מתארים את התנועות במצבים הבאים:

1. אתה נשאר עומד במקומך.
2. אתה צועד בקצב קבוע על פני כביש ישר.
3. אתה צועד ארבעה צעדים לפנים וארבעה צעדים לאחור.
4. אתה הולך ארבעה לפנים, עומד שתי שניות, וממשיך ללכת.
5. אתה צועד במכון כושר על פני מסלול הליכה.
6. אתה צועד ומסיע את אופניך, עוצר למשך שלוש שניות, עולה על אופניך וממשיך לרכוב עליהם במהירות גבוהה יותר מהליכתך.
7. אתה נמצא במרחק ארבעה מטרים מנקודת הראשית ונשאר עומד במקומך.
8. אתה נמצא במרחק ארבעה מטרים מנקודת הראשית ונשאר עומד במקומך. חברך נמצא בנקודת הראשית ומתחיל ללכת עד אשר הוא פוגש אותך וממשיך ללכת.

סיכום

בפרק זה למדנו מהי תנועה ומהם שלושת הגורמים המשפיעים על התנועה: **מהירות**, **זמן** ו**מרחק**. למדנו, כי המרחק והמהירות הם גדלים יחסיים ונמדדים ביחס **לנקודת ייחוס** קבועה. תנועת גוף מאופיינת באמצעות מהירות הגוף וכיוון תנועתו. ניתן לתאר את התנועה בצורה גרפית באמצעות **גרף תנועה**, ולהשוות בין סוגי התנועה השונים. בפרק הבא נלמד מה משפיע על מהירות הגוף וכיוון התנועה ובאיזה אופן.



אינטראקציות וכוחות

איך ניתן לגרום לכך שגוף במנוחה יתחיל לנוע, או שגוף נע ישנה את מהירותו? מהו הדבר הגורם לתנועתו של גוף? בתמונות נראים גופים בתנועה. פרטו כיצד נגרמת תנועתו של כל אחד מהגופים הבאים: הסירה, עגלת התינוק, המכונית, הקרון הנגרר והמטוס.



העולם שבו אנחנו חיים כולל גופים מגוונים שמשנים ללא הרף את מקומם ואת צורתם. השינויים הללו הם תוצאה של פעולות גומלין בין הגופים במערכות ובסביבות החיים שלנו. לפעולות גומלין אלה אנחנו קוראים בשם **אינטראקציות**.

מהן אינטראקציות?

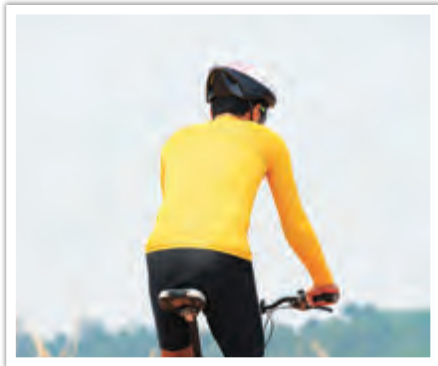
אינטראקציה בין גופים היא **פעולת גומלין הדדית** ביניהם, כלומר כל גוף המשתתף באינטראקציה משפיע בצורה כלשהי על הגוף האחר וגם מושפע ממנו.

התבוננו שוב בתמונות שלמעלה המציגות מצבים של תנועה ואינטראקציות שונות. זהו את הגופים המעורבים באינטראקציות, תארו אותן וכתבו על כל אחת מהן:

1. מיהם הגופים המשתתפים באינטראקציה?
2. אילו שינויים מתרחשים בכל אחד מן הגופים כתוצאה מהמפגש ביניהם?
3. האם הגופים חוזרים לצורתם המקורית אחרי המפגש?



התבוננו בדוגמאות הבאות, המתארות אינטראקציות.



קסדה



חגורת בטיחות



כרית אוויר

- א. כרית האוויר, חגורת הבטיחות והקסדה נועדו למניעת אינטראקציות אחרות. מהן?
- ב. מהו המשותף לשלוש האינטראקציות הללו?
- ג. איזו חשיבות נודעת לאמצעי בטיחות אלו בחיי היום-יום שלנו?

נתייחס עתה לתוצאות האינטראקציה בין גופים.
התבוננו בדוגמאות הבאות:



משחק סנוקר



משחק באולינג



צמיג מנוקב על הכביש - נקר



בעיטה בכדור

- א. בין אילו גופים מתרחשות האינטראקציות המתוארות בכל אחת מהדוגמאות?
- ב. בשלוש מבין ארבע האינטראקציות תוצאת האינטראקציה היא דומה. מהן ומהי התוצאה?
- ג. מהם השינויים שחלו בגופים המשתתפים באינטראקציה?
- ד. במה שונה האינטראקציה המתוארת באירוע הנקר בגלגל מן האחרות?
- ה. כיצד ניתן להגביר את השינויים שנוצרו כתוצאה מהאינטראקציות בכל אחד מהמקרים?
- ו. מה היו תוצאות האינטראקציה במשחק הסנוקר אילו הכדורים היו עשויים זכוכית?



תוצאות האינטראקציות

- כפי שראינו וכפי שניתן ללמוד מתוך החקירה, שלוש תוצאות אפשריות לאינטראקציות:
- שינוי בצורתם של הגופים המשתתפים באינטראקציה - **עיוות**.
 - שינוי במהירות הגופים, בכיוון התנועה שלהם או במקומותיהם - **תנועה**.
 - שינוי בצורה ובתנועה של הגופים גם יחד.

הביאו דוגמאות נוספות לאינטראקציות בין גופים שאתם מכירים שתוצאותיהן הן:

- שינוי צורה
- שינוי תנועה



הכוח

הכרנו סוגי אינטראקציה שונים המתקיימים בתנאים שונים בין גופים הנמצאים במגע זה עם זה, וראינו כי התוצאה של אינטראקציה פיזית היא שינוי במצבם, בצורתם או בתנועתם של הגופים השותפים. הגורם לשינויים בצורתם או בתנועתם של גופים המשתתפים באינטראקציה הוא: **כוח**. כלומר, בין גופים המשתתפים באינטראקציות **פיזיות פועלים כוחות**. כל אחד מהגופים מפעיל כוח על הגוף האחר, וכתוצאה מפעולת הכוחות מתרחשים שינויים בשני הגופים. אם מבחינים בשינוי תנועתם או בצורתם של גופים אלה ניתן להסיק כי פעלו עליהם כוחות.

כוח הוא הגורם לשינויים בתנועתם או בצורתם של גופים במהלך אינטראקציה ביניהם.

אינטראקציה וכוחות

עתה, משהגדרנו את מושג הכוח נוכל לתאר אינטראקציות בין גופים באמצעות פעולת כוחות. למדנו כבר, כי כל אינטראקציה בין גופים היא הדדית, כלומר כל אחד משני הגופים פועל על הגוף האחר, משפיע עליו וגם מושפע ממנו. אם נתאר זאת במונחים של כוחות נאמר, כי גוף א' מפעיל כוח על גוף ב', וגוף ב' בתגובה מפעיל כוח על גוף א'.

לדוגמה:

בתמונה נראית מכונית העומדת על הכביש. המכונית נמצאת באינטראקציה עם הכביש. כלומר, המכונית מפעילה כוח על הכביש ובתגובה מפעיל הכביש כוח על המכונית.



אינטראקציה בין מכונית לכביש





אינטראקציה בין הנהג למכונית

באינטראקציה בין הנהג היושב במכונית לבין המכונית מפעיל הנהג כוח על מושב המכונית, ובתגובה מופעל עליו כוח על-ידי מושב המכונית.



1. כאשר המכונית נמצאת בתנועה והנהג מסובב את ההגה המכונית נעה בסיבוב. איזו אינטראקציה גורמת לסיבוב המכונית? **חשבו ונמקו את תשובתכם.**

- א. בין הנהג לבין ההגה
- ב. בין ההגה לבין הגלגלים
- ג. בין הגלגלים לבין הכביש
- ד. בין הגלגלים לבין ההגה



אינטראקציה בין שתי מכוניות

2. באינטראקציה ההתנגשות בין שתי מכוניות זהות המתוארת בתמונה, מכונית א' מפעילה כוח F_1 על מכונית ב', ומכונית ב' מפעילה בתגובה כוח F_2 על מכונית א'.

- א. כיצד אנו יודעים שפעלו כוחות בין המכוניות?
 - ב. מה דעתכם על גודל הכוחות שהפעילו המכוניות זו על זו? האם הם שווים או שונים בגודלם?
- נמקו את תשובתכם.

הכוחות שמפעילים שני גופים זה על זה – עקרון הפעולה והתגובה



אינטראקציה בין סירה למים

כאמור, באינטראקציה משתתפים שני גופים, וכל אחד מהם מפעיל כוח על האחר. הכוחות הפועלים גורמים לשינוי תנועתם או צורתם של הגופים. כלומר, אם גוף משנה את תנועתו משמע שפעל עליו כוח.

ניזכר בדוגמת החותר בסירה שראינו בתחילת הפרק: החותר היושב בסירה (הוא חלק ממנה) מפעיל כוח על המים (באמצעות המשוט). כתוצאה מכך הסירה נעה ומתקדמת. אך, כאמור, גוף משנה את תנועתו רק אם פועל עליו כוח. האם אכן פועל כוח על הסירה? מי מפעיל

כוח זה?



המסקנה המתבקשת היא, שבאינטראקציה בין המים לסירה מפעילים המים כוח בכיוון **המנוגד לכיוון** הכוח שמפעיל החותר באמצעות המשוט. כוח זה של המים גורם להתקדמות הסירה. כאשר מבקשים לנוע יחד עם הסקייטבורד לפני דוחפים אותו עם אחת הרגליים לאחור. בתגובה הוא נע לפנים. כאשר עומדים על הסקייטבורד ומבקשים ללכת על פניו לפני, בתגובה לכך הוא נע לאחור. הסבירו מדוע?



סקייטבורד נע קדימה

נוכל להסיק אם כן,

כי הכוחות המופעלים על-ידי גופים באינטראקציה הם הפוכים זה לזה בכיוונם.

דוגמאות



השחיין דוחף את המים לאחור ובתגובה המים דוחפים אותו קדימה



תותח נרתע לאחור בתגובה לשיגור הפגז לפנים

מה נוכל לומר על גודלם של הכוחות הפועלים באינטראקציה?

התבוננו בתמונות מעל, חשבו וענו:

1. אם החותר יפעיל כוח גדול יותר, מה יקרה לסירה?
2. מהי המסקנה המתבקשת על כוח התגובה שמפעילים המים על המשוט?
3. אם החותר יפעיל כוח חלש יותר מה יקרה לסירה? מה תהיה אז המסקנה הנוגעת לכוח המים?
4. נסחו מסקנה כללית ביחס לעוצמת הכוחות הפועלים באינטראקציה.

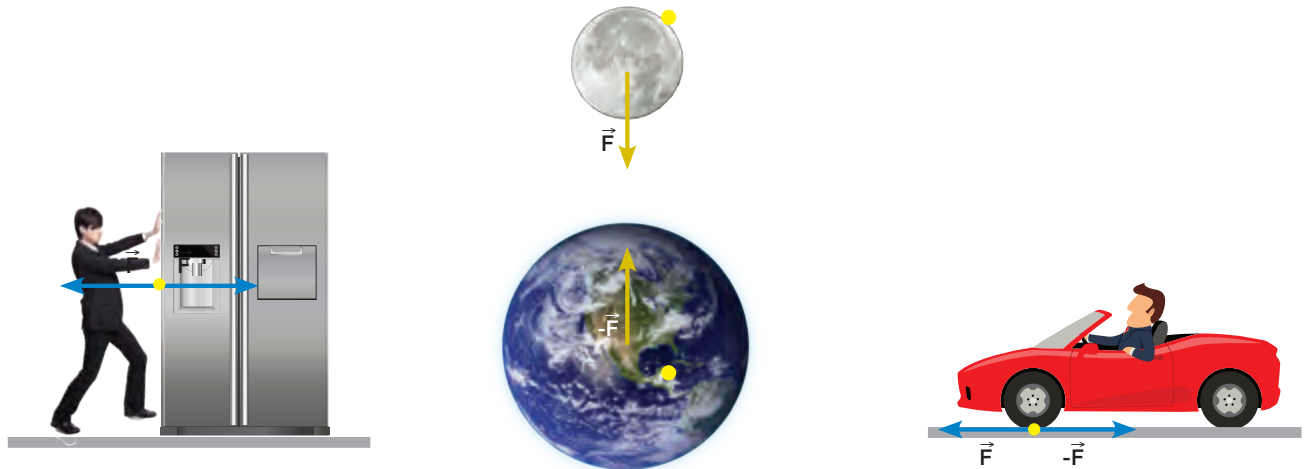


אינטראקציות במגע וללא מגע

בכל פעם שנוצרת אינטראקציה של **מגע, או ללא מגע**, בין גופים, הכוחות ההדדיים שהם מפעילים זה על זה שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם. לאינטראקציה מסוג זה קרא **ניוטון 'פעולה ותגובה'**. כוח הפעולה שגוף אחד מפעיל על השני שווה בגודלו לכוח התגובה שהגוף השני מפעיל עליו.

כשדוחפים מקרר, כשמכונית נוסעת, כשמניעים גוף על מסילה – בכל המקרים נוצרים כוחות הפעולה והתגובה שהם שווים בגודלם והפוכים בכיוונם.

גודל הכוחות הפועלים באינטראקציות במגע וללא מגע גם כאשר הכוחות נוצרים באינטראקציות ללא מגע, כמו הכוחות המגנטיים הכוחות החשמליים, וכוחות הכבידה, למשל כאשר כדור הארץ והגופים סביבו נמשכים זה אל זה, **כוחות הפעולה והתגובה שווים בעוצמתם והפוכים בכיווניהם.**

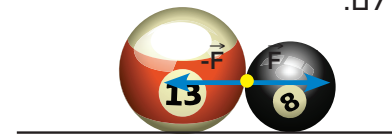


אינטראקציה בין גופים בעלי מסה שונה

גם כאשר הגופים באינטראקציה שונים זה מזה במסותיהם או בגודלם, הכוחות הפועלים על כל אחד מהם שווים זה לזה בגודלם.



המכונית, שמסתה קטנה ממסת המשאית מפעילה על המשאית כוח השווה בגודלו לכוח שמפעילה המשאית על המכונית.



שני כדורי הסנוקר שונים במסותיהם, אך מפעילים זה על זה כוחות שווים בגודלם.

עיקרון זה הוא אחד משלושת חוקי התנועה שנוסחו על-ידי **ניוטון** ונקרא: **'חוק הפעולה והתגובה'**.

כאסקנה מכל הדוגמאות אפשר לנסח את **הרעיון המדעי** הבא:
כוחות שמפעילים שני גופים זה על זה שווים בעוצמתם והפוכים בכיוונם



סר **אייזק ניוטון** היה פיזיקאי ומתמטיקאי אנגלי, אשר נחשב לאחד המדענים הגדולים בכל הזמנים. בחיבורו 'העקרונות המתמטיים של פילוסופיית הטבע', שפורסם בשנת 1687, תיאר ניוטון את כוח הכבידה כמו גם את שלושת חוקי התנועה, והניח את הבסיס ל**מכניקה הקלאסית**.





התנגשות בין רכבת ומכונית

שימו לב לדוגמה הבאה:

רכבת מתנגשת במכונית. זוהי אינטראקציה שבה פועלים כוחות הפעולה והתגובה בין המכונית לבין הרכבת. על-פי עקרון הפעולה והתגובה הם שווים בעוצמתם, אבל במבחן התוצאה?

התשובה נראית בתמונה.

כוח שגורם למעיכת המכונית איננו מסב כמעט שום נזק לרכבת.

מסקנה

גם אם כוחות הפעולה והתגובה שווים בגודלם, תוצאות פעולתם – הנזקים או השינויים במצבם של הגופים – לא בהכרח יהיו שווים. עוצמת הנזק תיקבע על-פי ממדיו וחוזק המבנה של כל אחד מהגופים בהתנגשות. ככל שהגופים מפעילים זה על זה כוחות גדולים יותר, השפעתם ההדדית על תוצאות האינטראקציה גדולה יותר.

נתבונן בתמונות הבאות המציגות דוגמאות של אינטראקציות במרחב התעבורתי, וענו על השאלות בעמוד הבא.



תמונה ב'



תמונה א'



תמונה ד'



תמונה ג'



1. תארו את מצבם של הגופים המעורבים בכל אחת מהאינטראקציות המתוארות בתמונות, ואת מצבם לפני האינטראקציה.
2. במה השתנה מצבם של הגופים כתוצאה מהאינטראקציה?
3. אילו גורמים משפיעים, לדעתכם, על תוצאות האינטראקציה?



מהבנה לתובנה: עקרון הפעולה והתגובה

מבין כל הגופים הנעים במרחב התעבורתי האדם הוא בעל המסה הקטנה, ועמידות מבנהו באינטראקציה עם גופים אחרים היא נמוכה ביותר, במיוחד עם גופים שמסתם גדולה משלו. משמעות הדבר היא, שכל אינטראקציה שלו עם גופים במרחב התעבורתי עלולה להיות מסוכנת עבורו, ואין זה משנה כלל באיזה סוג של אינטראקציה מדובר. לעיתים אפילו אינטראקציה שעוצמתה נמוכה עלולה לגרום לאדם פגיעות קשות. אין רמת סף לעוצמה של אינטראקציה של גוף האדם במרחב התעבורתי שמתחת לה אנחנו בטוחים. כל אינטראקציה עם גופים נעים או נייחים במרחב מסוכנת עבורנו, ולכן עלינו להשתדל להתנהג באופן שיגרום לנו מראש להימנע מכולן.

אינטראקציות בתאונת שרשרת



תאונת שרשרת

כל אחד מהגופים במרחב התעבורתי יכול לקחת חלק באינטראקציות רבות ושונות עם סביבתו בו-זמנית, ולעיתים לא ניתן לדעת מה תהיה התוצאה. גוף איננו יכול להיות באינטראקציה עם עצמו בלבד. זו מתקיימת תמיד בין שני גופים שונים. כל אחד מהשותפים יכול לקחת חלק בכמה אינטראקציות עם גופים נוספים בעת ובעונה אחת.

אינטראקציה במרחב התעבורתי שבה מעורב לפחות כלי רכב אחד שנמצא בתנועה היא אינטראקציה של התנגשות. בכל תאונת דרכים נוצרת התנגשות של כלי רכב אחד באחר, בעצם נייח או בהולך רגל במרחב.

תאונת שרשרת היא סדרה של התנגשויות הקורות בזו אחר זו בין כלי רכב רבים כתוצאה מחוסר הקפדה על כללי נהיגה נכונים. נרחיב בנושא זה בפרק הבא.



התצלום (בעמוד הקודם) מציג תאונת שרשרת שבה מעורבים כלי רכב רבים. ידועים מקרים שבהם נהרגו אנשים בתאונות שרשרת במרחק רב מאוד מהמקום שבו התחילה התאונה.

- א. כיצד ניתן להסביר זאת?
- ב. במה שונה תאונת השרשרת מהתנגשות רגילה?
- ג. מה גרם לתאונת השרשרת וכיצד היה ניתן למנוע את היווצרותה?
- ד. תאונת שרשרת היא אינטראקציה בין מספר רב של גופים. האם כל אחת מהמכוניות נמצאת באינטראקציה עם כל שאר המכוניות? כמה מכוניות יכולות להיות מעורבות באינטראקציה אחת? הסבירו.
- ה. האם כל האינטראקציות התרחשו באותו זמן? הסבירו.
- ו. מה הייתה השפעת האינטראקציה על כל אחד מהגופים שהיו שותפים בה? חשבו במונחים של לפני ואחרי.



שאלות למחשבה



- התבוננות בתמונה משמאל, וענו:
- א. אילו אינטראקציות (לאו דווקא פיזיקליות) יש לנהגת המכונית שבתצלום עם סביבתה?
 - ב. אלו אינטראקציות מתרחשות במגע ואילו – ללא מגע?
 - ג. מהי הסכנה שטמונה במעורבות הנהג באינטראקציות רבות בעת ובעונה אחת?

אינטראקציות תקשורתיות במרחב התעבורתי

מלבד האינטראקציות הפיזיות, מתרחשות אינטראקציות נוספות בין בני אדם, ואלה באות לביטוי באמצעות סימנים וסמלים שונים המסדירים את התנועה במרחב התעבורתי. **האינטראקציה התקשורתית היא העברת מידע** הנוגע להתמצאות במרחב ולסכנות הטמונות בו, על מנת להשפיע על בני האדם להתנהג בהתאם לתנאים במרחב. כמו לדוגמה: צפירה, איתות, קשר-עין, שילוט והדרכה באמצעות סימנים.

הציגו מספר דוגמאות למצבים בהם מתרחשת אינטראקציה תקשורתית במרחב התעבורתי במהלכה מועבר מידע.



אינטראקציות תקשורתיות בזמן נהיגה, כמו: שיחת טלפון, כתיבת מסרון או אפילו האזנה למוזיקה בעוצמה גבוהה, עלולות לגרום להסחת הדעת של הנהג ממשימת הנהיגה.

כל פעולה הגורמת להסחת הדעת ממשימת הנהיגה נחשבת למסוכנת. הסחת הדעת גורמת לכ-20% מכלל תאונות הדרכים.



לפניכם תיאור של תאונת דרכים שהתרחשה בחורף.

"היו לה סידורים בחיפה והיא שאלה אותי אם אני רוצה שהיא תקפוץ אלי כשהיא תסיים, כי אני גר 10 דקות מחיפה. השעה הייתה כבר 23:00 בלילה, והיא עוד לא התקשרה להודיע מה קורה איתה. אז שלחתי לה הודעת סמס כדי לוודא שהכול בסדר ולשאול מתי היא תגיע. היא השיבה מהדרך ואמרה שתגיע בעוד כחצי שעה, ואם אני רוצה, נלך לאכול סושי. לאחר שסיימנו את הארוחה המשותפת ליווייתי אותה לרכב שלה, חיבקתי אותה חיבוק חם לפרידה והיא יצאה חזרה לביתה. ירד גשם שוטף, והלילה היה חשוך כשהיא יצאה לדרכה. דאגתי לה מאוד, וכעבור 10 דקות שבמהלכן לא הצלחתי להפסיק לחשוב עליה, שלחתי לה סמס - 'אני כבר מחכה לראות אותך שוב...'. באמת שהתכוונתי לזה. חשבתי לעצמי שהיא בטח מחייכת עכשיו מאוזן לאוזן כשהיא קוראת את ההודעה הזו. אין מצב שלא.

עברו 5 דקות, 10 דקות, חצי שעה, שעה ויום שלם, והיא לא ענתה. זה נראה לי מוזר. היא הייתה מחוברת למסנג'ר אבל היא לא כתבה כלום, כתבתי לה והיא לא ענתה. החלטתי שבשום פנים ואופן אני לא אהיה זה שיתקשר. עבר שבוע ולא שמעתי ממנה, וכעסתי מאוד.

ביום חמישי (אחרי שבוע בדיוק), קראתי את עיתון מעריב של יום שישי האחרון. שם פורסמה ידיעה, שנערה בשנות ה-20 לחייה נהרגה בתאונת דרכים ביציאה מחיפה. זו הייתה היא.

בידיעה נאמר עוד, כי חוקרי התאונה סבורים, שהתאונה נגרמה בגלל הודעת סמס שכנראה הסיחה את דעתה של הנהגת, שנהגה אומנם, במהירות מותרת על-פי החוק, אבל גבוהה לתנאי הנסיעה. לדעת החוקרים, הנהגת לא הייתה חגורה בחגורת בטיחות, וכנראה שחצתה את הצומת ברמזור אדום. כריות האוויר של המכונית נפתחו, היא כלל לא ניסתה לבלום, הצד השמאלי של מכוניתה נפגע מפגיעה בחזית של משאית כבדה שנהגה ניסה אך לא יכול היה לבלום. המשאית גררה את מכוניתה של הנהגת למרחק של 25 מטרים, והעיפה אותה מהכביש. נהג המשאית נפצע באופן קל מאוד. התאונה התרחשה באותה שעה ששלחתי לה את הסמס שלי, והיא כנראה ראתה אותו. היא נהרגה בתאונת דרכים, והכול בגלל ההודעה שלי. זהו הדבר האחרון שהיא ראתה.

בהסתמך על הפרטים המופיעים בקטע, ענו על השאלות ונמקו כל תשובה.

1. באיזה שלב משלבי האירוע הייתה לגשם שירד השפעה רבה על תוצאותיו?
2. מדוע לא הצליח נהג המשאית לבלום על-אף ניסיונותיו?
3. מדוע הצעירה לא בלמה כלל?
4. מה גרם לה להתעלם ולא לראות את הרמזור האדום?
5. מה יכולות להיות הסיבות לכך, שהצעירה נהרגה ואילו נהג המשאית נפצע פצעים קלים בלבד? בחרו מבין האפשרויות הבאות ונמקו את תשובתכם.
 - א. על המכונית של הצעירה פעל כוח רב יותר מאשר על המשאית.
 - ב. האנרגיה של מכוניתה הייתה רבה מזו של המשאית.
 - ג. היא לא הייתה חגורה בחגורת בטיחות.
 - ד. כיוון הכוח שפעל עליה לא היה בכיוון נסיעתה.



6. תלמידים נשאלו מה לדעתם גרם למותה של הצעירה בתאונה. התקבלו התשובות הבאות:

- I ההודעה ששלח לה החבר
 - II העובדה שהיא סימסה בזמן נהיגה
 - III העובדה שנסעה במהירות גבוהה
 - IV הכוחות שפעלו עליה בזמן ההתנגשות במשאית
 - V העובדה שנהג המשאית לא בלם
 - VI העובדה שירד גשם ותנאי הראות היו לקויים
 - VII העובדה שלא הייתה חגורה בחגורת בטיחות
- א. בחרו ונמקו את התשובה הנכונה לדעתכם.

ב. בחרו שלוש תשובות אחרות שאינן נכונות על-פי דעתכם, ונמקו מדוע אתם חושבים שאינן נכונות.

7. מה דעתכם על סגנון התנהגותה ונהיגתה של הצעירה? נסחו טיעון הכולל נימוקים מתוך סיפור התאונה.

8. שופט ששפט את נהג הרכב הפוגע שהיה מעורב בתאונה זיכה אותו מאשמה, וקבע שהצעירה היא

האשמה בתאונה. אילו הייתם אתם השופטים מה היה פסק דינכם ועל אילו ראיות הייתם מבססים אותו?

9. בפסק דינו קבע השופט, שנהגים אינם נדרשים רק לנהוג על-פי חוקי התנועה, אלא, ובעיקר על-פי חוקי

הפיזיקה. למה הוא התכוון?

ניתוח אירוע של אינטראקציות במרחב התעבורתי

תיאור מקרה

"מר כהן יצא מביתו למקום עבודתו כמנהגו מדי בוקר. הוא החל לנסוע במכוניתו. דרכו של מר כהן עוברת בסמוך לבית-ספר. השעה הייתה מאוחרת ומר כהן חשש מאד לאחר. כשהוא ממוקד בנהיגתו ובמחשבותיו הבחין מר כהן לפתע בכדור המתגלגל אל הכביש במרחק של 30 מטרים לפניו. ללא כל היסוס בלם מר כהן את מכוניתו, על-אף שלא נשקפה לו שום סכנה מצד הכדור. גלגלי המכונית השאירו סימני בלימה שחורים על פני הכביש... מה שקרה כמה שניות לאחר מכן אישר, שהחלטתו של מר כהן הייתה נכונה..."

מה לדעתכם קרה שהצדיק את החלטתו של מר כהן?



בשפה ציורית ניתן לתאר את האירוע כשרשרת של סיבות ותוצאות על פני ציר הזמן, מקליטת תמונת הכדור

בעין ועד הבלימה.



קליטת הגירוי בעין



זהו ומתן פירוש



שיקול דעת
וקבלת החלטה לבלום



הפעלת שרירי הרגל והיד



השלימו בטבלה את תיאור האינטראקציות שהתרחשו במהלך האירוע כולו, הן אלה הפיזיות שבמגע והן אלה שלא במגע, וענו על השאלות בהמשך.

תוצאות האינטראקציה	סוג האינטראקציה (במגע/ללא מגע)	לבין...	בין...
		הכדור	מר כהן
		דושת הבלם	מר כהן
		גלגלי הרכב	הבלמים
		הכביש	גלגלי הרכב

1. מהי האינטראקציה שגרמה להיווצרותם של סימני הבלימה על הכביש?
2. מהי האינטראקציה שאפשרה את בלימת הרכב?
3. הסבירו על-פי הרעיון המדעי של עקרון הפעולה והתגובה (עמוד 56), מה התרחש במהלך האינטראקציה שגרם למכוניתו של מר כהן להאט ולהיעצר לבסוף?

אינטראקציות חברתיות במרחב התעבורתי

אינטראקציות מתרחשות גם בסביבה החברתית בין שני בני אדם או יותר, כמו למשל: פעולת דיבור בין בני אדם, שיתוף פעולה, עזרה הדדית, מריבות, אלימות פיזית ועוד. במרחב התעבורתי אינטראקציות חברתיות רבות הקשורות לדפוסים ההתנהגות המגוונים של האנשים המשפיעים על אופן נהיגתם והתנהגותם.

ציינו דוגמאות אחדות לאינטראקציות חברתיות שאתם מכירים במרחב התעבורתי ותארו את תוצאותיהן.



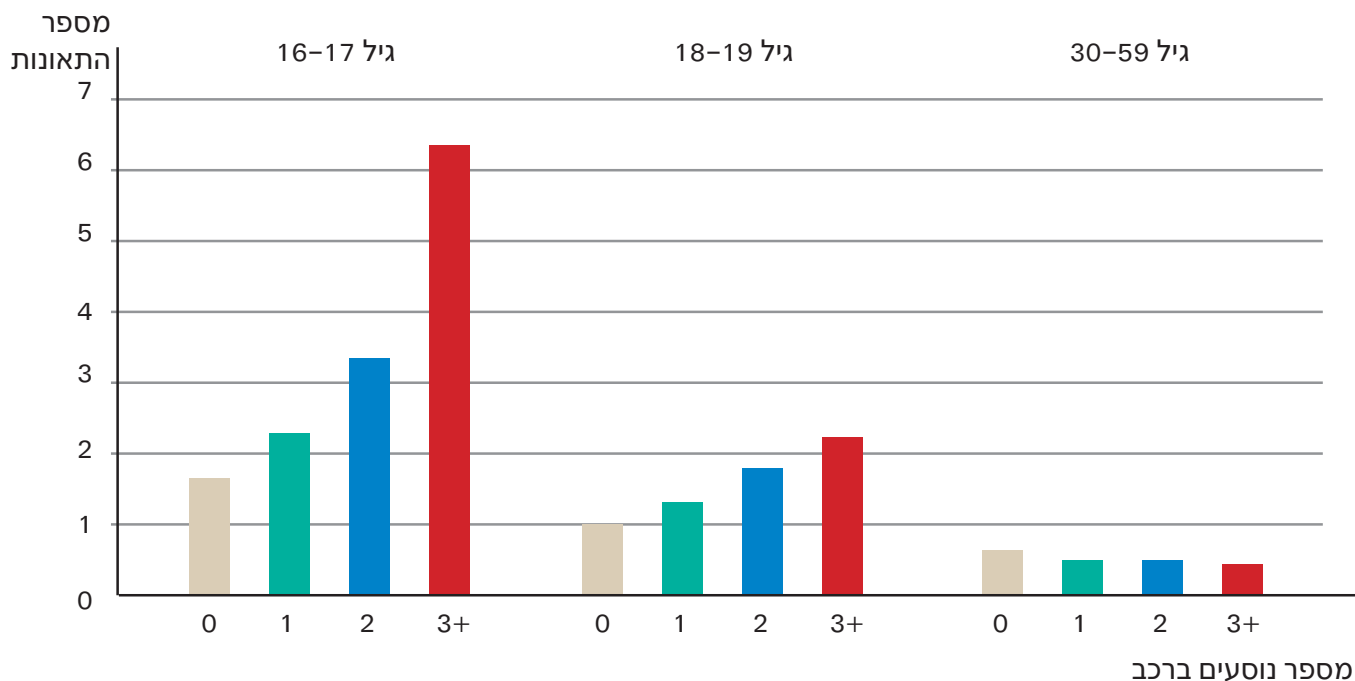
חברה ונהיגה

מחקרים רבים שנערכו בעולם מלמדים, כי הסעת נוסעים בגילי העשרה ברכב שבו נוהג נהג צעיר מגדילה את ההסתברות למעורבות בתאונות דרכים בכלל ובתאונות דרכים קטלניות בפרט. עוד נמצא, כי מספר הנוסעים ברכב, גילם ומינם משפיעים על ההסתברות למעורבות בתאונה. ומידת הסיכון גדלה ככל שגדל מספר הנוסעים בני העשרה ברכב.



הגרף הבא מתאר את מספר תאונות הדרכים, על-פי גיל ומספר הנוסעים שאינם הנהג, בארצות-הברית בשנת 2003 (שיעורים ל-10,000 נסיעות)

מספר תאונות הדרכים על-פי גיל ומספר הנוסעים בארצות הברית בשנת 2003
(שיעורים ל-10,000 נסיעות)



מתוך: מעורבות נהגים צעירים בתאונות דרכים: נתונים, מגמות ומחקרים, (2011)
כתיבה ועריכה: ד"ר ציפי לוטן מדענית ראשית, עמותת אור ירוק ועינת גרימברג חוקרת, עמותת אור ירוק



- התבוננו בגרף העמודות וענו על השאלות הבאות:
- תארו במילים את הנתונים המוצגים בגרף.
 - מהי המשמעות של אפס נוסעים ברכב?
 - כמה תאונות (ל-10000 נסיעות) שהיו מעורבים בהן נהגים בגילי 18 - 19 אירעו כאשר מספר הנוסעים ברכב היה שלושה ומעלה?
 - בהתייחס למספר הנוסעים ברכב שהיה נהוג על-ידי בני 18 - 19, מתי היה מספר התאונות הנמוך ביותר?
 - מה תוכלו לומר על הקשר בין מספר הנוסעים לבין מספר התאונות שבהן היו מעורבים נהגים בגילאי 30 - 59?
 - כיצד קשורים הנתונים המוצגים בגרף זה לאינטראקציות במרחב ולהשפעותיהן?
 - אילו סוגי אינטראקציות משפיעים על הנתונים המופיעים בגרף?
 - מהו הקשר בין הנתונים בגרף לבין אינטראקציות חברתיות? הסבירו.



מהבנה לתובנה: אינטראקציות במרחב התעבורתי

יכולתם של בני האדם להיות מעורבים בכמה אינטראקציות בו-זמנית ולנהל אותן כהלכה היא מוגבלת. לפיכך, הם מתפקדים במצבים כאלה ברמה נמוכה הרבה יותר מזו שביכולתם. כושרם של בני האדם לקבל החלטות מושכלות נפגע עד כדי כך שהוא מתבטל כמעט כאשר הם נחשפים לאינטראקציות מרובות בעת ובעונה אחת. אנשים מתקשים להחליט מה חשוב ונכון יותר לעשות ומה פחות. האינטראקציה עם מידע רב קשה במיוחד כאשר הוא מוזרם בפרק זמן קצר מאוד. אחת התוצאות של הצפה במידע היא הנטייה הטבעית להתעלם מפרטים חשובים שמשבשת את קבלת ההחלטות.

כוחות ותנועה

למדנו שבין גופים המשתתפים באינטראקציה במגע פועלים כוחות. אנו נתקלים כמעט מדי יום במושג 'כוח', אולם הכוחות עצמם אינם נראים לעין ורק השפעותיהם מעידות על קיומם. הפעלת כוח מאפשרת ביצוע פעולות שונות כגון: משיכה, דחיפה, הרמה, לחיצה. השינוי המתרחש בגופים כתוצאה מפעולת הכוחות עליהם תלוי במאפייני הכוח.

1. בטבלה הבאה מצויינות דוגמאות לתופעות בחיי היום-יום שלכם שבהן פועלים כוחות. השלימו את הטבלה - פרטו כל אחת מהדוגמאות ותארו את תוצאת פעולת הכוח: האם הכוח גורם לתנועה או מעכב תנועה או גורם לשינוי צורה.



פירוט ותיאור	תוצאת פעולת הכוחות		תופעה	
	שינוי צורה	שינוי תנועה		
		מעכב תנועה		גורם תנועה
אדם מפעיל כוח על מריצה ודוחף אותה, כתוצאה מכך העגלה נעה ומתחולל שינוי בצורת ידיו של האדם.	✓		✓	דחיפת מריצה
				משיכת חבל
				הרמת משקולות
				קפיצה על טרמפולינה
				מתיחת קפיצים



				שחייה
				משחק כדורגל
				מכונית גרר גוררת רכב
				מכונית פוגעת בעמוד חשמל

2. הדוגמאות שבדקנו כוללות תופעות שבהן פועלים הכוחות באמצעות מגע. בטבע קיימות תופעות שבהן פועלים כוחות מרחוק (ללא מגע). תנו דוגמאות לתופעות שאתם מכירים מחיי היום-יום שפועלים בהן כוחות מרחוק.

מאפייני הכוח

כל כוח מאופיין על-יד שלושה גורמים:

א. נקודת אחיזה – הכוח יכול לפעול על מקומות שונים בגופים. שינוי מקום פעולת הכוח עשוי לשנות את אופן השפעתו על התנהגות הגוף, על-אף שעוצמתו לא השתנתה. את הנקודה שעליה פועל הכוח אנו מגדירים כ**נקודת אחיזה**.

ב. קו פעולה – קו פעולת הכוח הוא קו דמיוני המתאר את כיוון פעולתו. כאשר **קו פעולתו של כוח קבוע איננו משתנה, תוצאות פעולתו של הכוח על הגוף אינן משתנות**. אולם, אם נשנה את קו פעולת הכוח, נסובב אותו בזווית כלשהי או נהפוך אותו, יחול שינוי בתוצאות פעולתו על הגוף. כך לדוגמה, כוח מניע, שכיוון פעולתו בכיוון נסיעת הרכב, יגרום לסיבוב הרכב אם נשנה את כיוונו.

ג. עוצמת הכוח – **עוצמת הכוח הפועל מתארת את גודלו**. כוח גדול יותר יגרום לשינויים גדולים יותר בגוף, ולהפך.

סימון כוחות

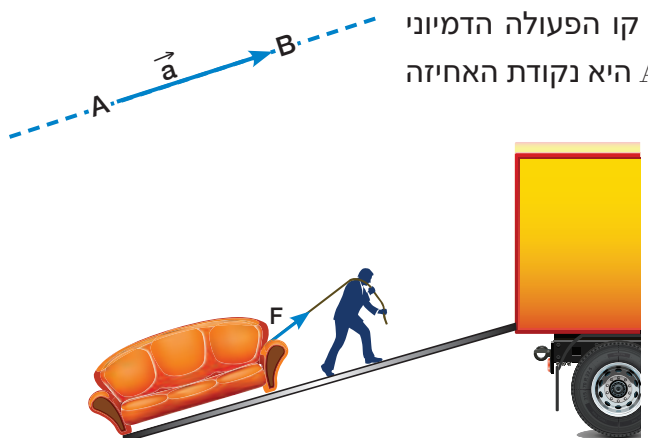
הכוח הוא גודל פיזיקלי בעל עוצמה וכיוון. גדלים פיזיקליים שלהם כיוון נקראים **וקטורים**. על כן נהוג לתאר כוחות באמצעות חיצים, שבהם כיוון החץ מייצג את כיוון פעולת הכוח, ואורך החץ – את עוצמתו.



מסמנים את הכוח כך:



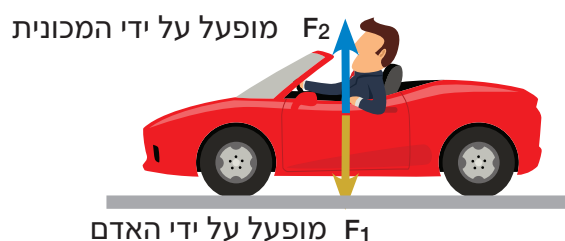
דוגמאות



1. כיוון החץ בתרשים מייצג את כיוון פעולת הכוח לאורך קו הפעולה הדמיוני (מקווקו). כיוונו של הכוח מנקודה A לנקודה B. הנקודה A היא נקודת האחיזה של הכוח, ואורך החץ מייצג את עוצמת הכוח (גודלו).
2. האדם שבתרשים גורר תיבה בכוח F . החץ הכחול מתאר את כיוון הכוח שהאדם מפעיל על התיבה, ואורכו של החץ מתאר את עוצמתו.

תיאור גרפי של כוחות – תרשים כוחות

קעת נוכל לתאר אינטראקציות בשפת הכוחות באמצעות **תרשים כוחות**.



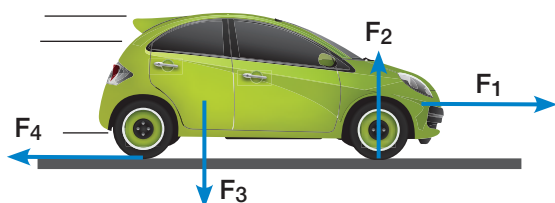
F_2 מופעל על ידי המכונית

F_1 מופעל על ידי האדם

בתרשים מוצגים הכוחות באמצעות חיצים. כיווני החיצים מייצגים את כיוון הפעולה של הכוחות ואורך החיצים – את עוצמת הכוח. בתרשים זה נראה אדם יושב על מושב המכונית.



במצב זה פועלים שני כוחות בין האדם לבין המושב. הכוח שהאדם מפעיל על המושב מיוצג על-ידי הכוח F_1 , והכוח שמושב המכונית מפעיל על האדם מיוצג על-ידי F_2 . אורכי החיצים המייצגים את שני הכוחות שווים. מכאן ניתן להסיק, כי הכוחות שווים בעוצמתם והפוכים בכיווניהם. באינטראקציה של ההתנגשות המתוארת באיור, מפעילה מכונית א' כוח F_1 על מכונית ב', ומכונית ב' מפעילה בתגובה כוח F_2 על מכונית א'.
 • מה מעיד על כך שפעלו כוחות בין המכוניות?



בתרשים הבא מתוארים ארבעה כוחות הפועלים על הרכב. כוח מניע, כוח בולם, כוח תגובת הכביש ומשקלו של הרכב.



א. זהו את הכוחות על-פי מספריהם ורשמו מיהו כל אחד מהם.

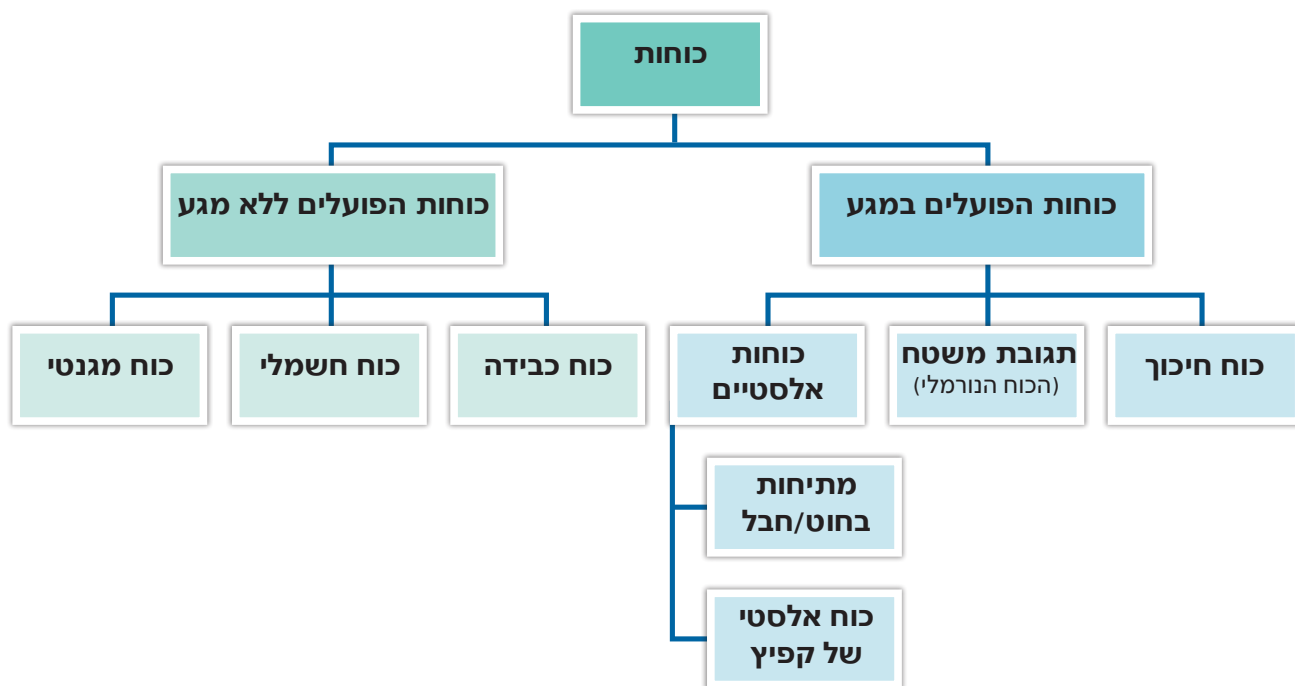
ב. רשמו ליד כל כוח מי מפעיל אותו על הרכב.

ג. מה יקרה לדעתכם לרכב אם אחד מהם יחדל מפעול?



סוגי כוחות

בטבע ובחיי היום-יום אנו נתקלים בכוחות מסוגים שונים. את כלל הכוחות ניתן לחלק לשתי קבוצות: כוחות הפועלים במגע וכוחות הפועלים ללא מגע. בתרשים הבא מתוארים סוגי הכוחות השונים.



סוגי הכוחות הפועלים במרחב התעבורתי

א. כוח החיכוך

כוח החיכוך הוא כוח הפועל במגע ומתפתח באינטראקציה בין שני גופים בזמן שמניעים או מנסים להניע גוף אחד על פני האחר. כוח החיכוך נוצר בין משטחי המגע שבין הגופים, וכיוון פעולתו הוא תמיד בכיוון המנוגד לכיוון התנועה. אם גוף A נע על המשטח ימינה, ייווצר כוח חיכוך f בין הגוף למשטח וכיוונו שמאלה (ראה איור). כוח זה מעכב את התנועה.



כוח החיכוך במרחב התעבורתי

האם שאלתם את עצמכם מהו הכוח המניע את כל הגופים הנעים במרחב התעבורתי, את בני האדם את המכוניות ואת רוכבי האופניים?



תנועת מכוניות



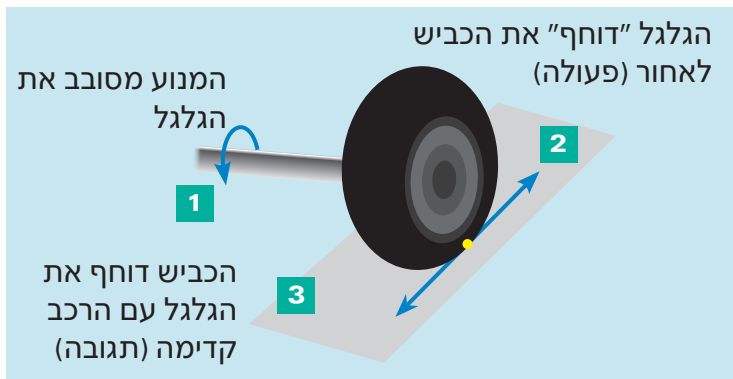
תנועת הולכי רגל



תנועת אופניים

באיזה אופן הם מתקדמים ונעים?

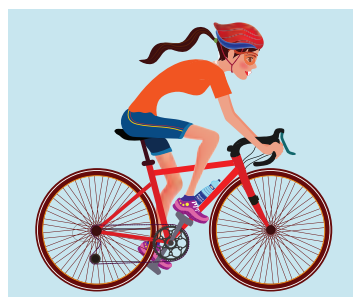
כוח החיכוך הוא זה שמאפשר את נסיעת כלי הרכב וגם את ההליכה של בני האדם על פני הדרך. בלעדי כוח החיכוך היו הגופים נעים זה על גבי זה בתנועת החלקה. כלומר, לא היינו יכולים ללכת או אפילו לעמוד, ולא ניתן היה לשלוט בכיווני תנועת המכונית או לבלום אותה.



תנועת המכונית או של כל כלי רכב בעל גלגלים מתאפשרת כתוצאה מפעולת כוח מניע שנוצר באינטראקציית החיכוך שבין הגלגלים לבין הכביש. אינטראקציה זו היא אינטראקציית פעולה ותגובה. בנקודת המגע שלהם עם הכביש מפעילים הגלגלים כוח על הכביש לאחור, ובתגובה מפעיל הכביש כוח חיכוך על הגלגלים בכיוון ההפוך. ראו הסבר באיור.



הליכה מתאפשרת כתוצאה מאינטראקציות החיכוך בין כפות הרגליים לדרך. כפות הרגלים מפעילות כוח לאחור על הדרך, ובתגובה מפעילה הדרך כוח חיכוך בכיוון המנוגד לכיוון הדחיפה על הרגליים, כלומר קדימה. זהו סוד התנועה שלנו. כך אנחנו נעים. כשיש חיכוך קל להתקדם. על משטח חלק מאד קשה להתקדם.



רכיבה על אופניים אנחנו מפעילים כוח על הדוושות, שמועבר באמצעות השרשרת אל הגלגל האחורי המפעיל באמצעות החיכוך כוח על הכביש, והכביש בתגובה מפעיל כוח המניע את הגלגל לפניכם, וכתוצאה מכך נעים האופניים קדימה. ללא החיכוך עם הכביש לא היו האופניים נעים.





החלקת מכוניות על פני כבישים רטובים דומה להחלקה על קרח, מכיוון שהיא נעשית על פני שכבת המים שבין הצמיג לבין הכביש. החריצים על פני צמיגי המכונות מונעים את החלקתם על שכבת המים. המים מתנקזים אל תוך החריצים וניתזים לצדדים, כך שכוח החיכוך בין הצמיגים לבין הכביש גדל. כתוצאה מפעולת כוח החיכוך בכיוון ההפוך למגמת התנועה נגרמת האטה בתנועת הגוף.



כדי לשפר את תנועתם נועלים שחקני כדורגל נעליים מיוחדות עם בליטות, וכן גם בהחלקה על הקרח. הסבירו באיזה אופן קשורים אמצעים אלו לכוח החיכוך, וכיצד הם תורמים לשיפור התנועה?



ב. כוח הכבידה



כוח הכבידה הוא הכוח הפועל באינטראקציה של משיכה הדדית בין כל שתי מסות ביקום. עוצמתו והשפעתו נקבעות על-ידי המסות השותפות באינטראקציה ועל-ידי המרחק ביניהן. כוח הכבידה הוא הכוח המרכזי שגרמי השמים מפעילים זה על זה ועל הגופים הנמצאים על פניהם או בקרבתם. כיוון פעולתו של כוח הכבידה הוא תמיד אל מרכז הגוף השמימי. מקובל לקרוא לכוח הכבידה ההדדי בין גוף לכדור הארץ בשם **משקל הגוף**.



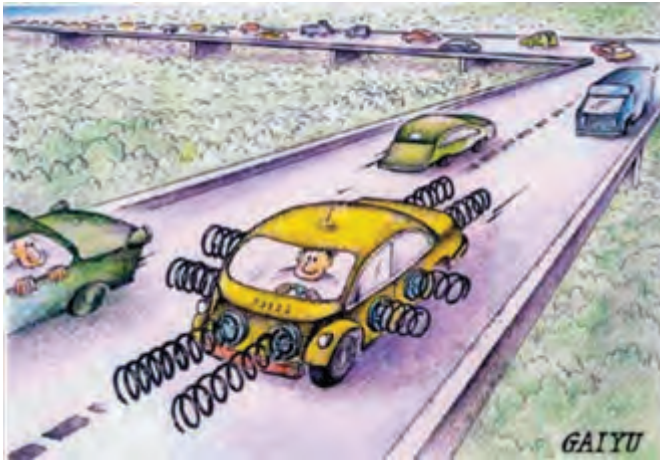
מירו סטמנוביץ, סרביה ומונטנגרו

כוחות הכבידה, הפועלים בכיוון מרכז כדור הארץ, הם הכוחות המצמידים את כלי הרכב אל הכבישים. כוחות אלו הם המקשים עלינו לנסוע בעליות, ומקלים עלינו בנסיעה במורדות. בנסיעה על פני כביש משובש או בעל שיפועי צד עלולים כוחות הכבידה במקרים מסוימים לגרום להתהפכות הרכב. כאשר כלי הרכב מאבדים את האחיזה בכביש הם עלולים למצוא את עצמם בתנועת נפילה חופשית בהשפעת כוח הכבידה.



ג. הכוח האלסטי

כוח אלסטי הוא הכוח המחזיר גופים אלסטיים שעברו שינוי צורה, לצורתם המקורית. לדוגמה, כאשר מפעילים על קפיץ כוח חיצוני הוא נמתח או מתכווץ, וכתוצאה מכך נוצר בו כוח אלסטי. כאשר מפסיקים את פעולת הכוח החיצוני עליו, מחזיר אותו הכוח האלסטי לצורתו המקורית. בכל כלי רכב מותקנים בולמי זעזועים העשויים מקפיצים שמתכווצים כאשר פועל עליהם כוח, כתוצאה מכוחות ניצבים שפועלים על גלגלי הרכב בנסיעה על פני דרך משובשת. הקפיצים חוזרים לצורתם המקורית מיד לאחר שכוחות אלה חדלים לפעול. בדרך זו מרסנים הקפיצים את החבטה שהיו חשים נוסעי הרכב כתוצאה מהנסיעה. פגושי הרכב עשויים מחומרים אלסטיים ונוצרים בהם כוחות אלסטיים הגורמים להפחתת החבטה במקרה של התנגשות.



גאי יו, סין



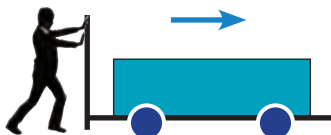
רכב בעל פגוש אלסטי

שקול הכוחות

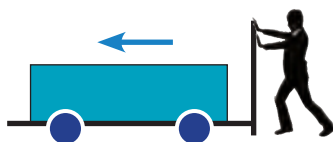
למדנו, שגוף יכול להיות באינטראקציה בו-זמנית עם כמה גופים, ויכולים לפעול עליו כוח אחד או כוחות אחדים, שהם תוצאה של האינטראקציות שבהן הוא נתון. שינוי במצבו או במהירותו של גוף נקבע על-ידי כל האינטראקציות שלהן הוא שותף וסך כל הכוחות הפועלים עליו כתוצאה מכך.

את כל הכוחות הפועלים על גוף ניתן להחליף בכוח יחיד שתוצאת פעולתו תהיה זהה לתוצאת פעולתם המשותפת. לכוח יחיד זה קוראים בשם **הכוח השקול** או **שקול הכוחות**. שקול הכוחות הוא סכום הכוחות הפועלים על גוף כלשהו. בפרק זה נעסוק רק במציאת שקול של כוחות ניצבים או שקול של כוחות אופקיים הפועלים לאורכם של קווי פעולה מקבילים.

לדוגמה:



כאשר אדם מפעיל על עגלה כוח אופקי יחיד בכיוון ימין, תוצאת פעולת כוח זה תהיה תנועה של העגלה ימינה



כאשר יפעיל אדם על העגלה את אותו כוח בכיוון שמאל, תוצאת הפעולה תהיה תנועה של העגלה שמאלה.



כאשר שני כוחות השווים בעוצמתם יפעלו יחדיו, שקול הכוחות יהיה אפס והעגלה לא תזוז ממקומה.

התבוננו בדוגמאות הבאות. מהו גודלו של שקול הכוחות ומהו כיוונו בכל אחד מהמקרים?



א



ב



ג



לסיכום:

כאשר **שני כוחות שווים בעוצמתם** פועלים בכיוונים מנוגדים על גוף לאורך אותו קו פעולה הכוח השקול שווה לאפס. במקרה כזה לא יהיו שינויים בתנועתו של הגוף או במצבו.

כאשר **שני הכוחות שונים בעוצמתם** גודל הכוח השקול שווה להפרש שבין הכוחות, וכיוון הכוח השקול הוא בכיוון הכוח הגדול מבין השניים.

מהירותו או צורתו של גוף ישתנו רק אם שקול הכוחות הפועלים עליו יהיה שונה מאפס.

כוחות מאוזנים

כוחות מאוזנים נוצרים כאשר כמה כוחות פועלים על גוף באופן שהם מבטלים אלה את השפעתם של אלה. הכוחות פועלים כל אחד בכיוונו, כך שאין שינויים במצבו של הגוף.

כאשר אתם יושבים עכשיו על מושבי כיסאותיכם כדור הארץ מפעיל עליכם כוח כבידה כלפי מטה, ומושב הכיסא מפעיל עליכם כוח כלפי מעלה.

אם ימשכו לפתע את המושב שמתחתים תרגישו בפעולתו של **כוח לא מאוזן**, שכן, הכוח כלפי מעלה הפסיק את פעולתו. התוצאה תהיה שתמצאו את עצמכם בתנועה כלפי מטה.

אם לפתע מסיבה כלשהי יפעיל עליכם המושב כוח גדול יותר מכפי שאתם מפעילים עליו, תרגישו בפעולתו של כוח בלתי מאוזן כלפי מעלה. הרגשתכם תהיה כמו זו של אסטרונאוטים המשוגרים בטיל אל החלל.



דוגמה נוספת הממחישה איזון וחוסר איזון בין כוחות היא משיכת חבל.



משיכת חבל

משיכת חבל זו אינטראקציה בין שתי קבוצות המושכות כל אחת בצידו האחר של החבל. הקבוצה המנצחת היא זו שמצליחה לגרור לכיוונה את הקבוצה היריבה, מפני שהיא הפעילה כוח גדול יותר מאשר הקבוצה היריבה.

חשבו על תוצאות האינטראקציה במצבים הבאים:

- שתי הקבוצות מפעילות כוחות שווים.
- קבוצה אחת מרפה לפתע מן החבל.
- החבל נקרע באמצעו.
- מחליפים את החבל בגומייה.



כאמור, מהירותו או צורתו של גוף משתנה רק אם פועל עליו כוח, כלומר, אם הוא באינטראקציה עם גוף אחר, או שסכום הכוחות הפועלים עליו שונה מאפס. גוף איננו יכול להניע את עצמו באמצעות כוח פנימי, משמע, איננו יכולים להרים את עצמנו.

מן הדוגמאות למדנו, שכאשר פועלים על הגוף כוחות שווים בגודלם והפוכים בכיוונם, כלומר סכום הכוחות הפועלים על הגוף שווה לאפס – לא נבחין בשום שינוי במצב הגוף. הגוף יתמיד בתנועתו ומהירותו לא תשתנה. מצב זה נקרא **התמדה**.

עקרון ההתמדה

כל מערכת וכל גוף הם בעלי נטייה טבעית להישאר במצב שבו הם נמצאים. אם גוף יימצא במנוחה הוא יישאר במנוחה, ואם הוא בתנועה הוא ימשיך לנוע באותה מהירות ובאותו כיוון. עד מתי? עד אשר יפעל כוח חיצוני כלשהו ימנע זאת ממנו. לתכונה זו קוראים בשם התמדה.

עקרון ההתמדה קובע, כי כאשר לא פועל על גוף כוח כלשהו, או שסכום הכוחות הפועלים עליו הוא אפס, מהירותו לא תשתנה. כלומר, כל מערכת וכל גוף נוטים להישאר במצב שבו הם נמצאים – אם במנוחה – יישארו במקומם, ואם בתנועה – ימשיכו לנוע באותה מהירות (באותה עוצמה ובאותו כיוון).





גלגשת (סקייטבורד)

1. כאשר אתה גולש בגלגשת (סקייטבורד) מהירותך תישמר עד אשר האוויר או החיכוך עם הכביש יגרמו להפחתת המהירות עד כדי עצירה. אם הסקייטבורד יעצר בפתאומיות אתה עלול ליפול ממנו קדימה, מכיוון שגופך ימשיך לנוע במהירות שבה נעת לפני העצירה.

2. כאשר הרכב שבו אתה נוסע נבלם בפתאומיות, אתה וכל החפצים בו תמשיכו לנוע במהירות שהייתה לרכב לפני שנבלם. תנועתכם תיפסק רק כאשר כוח חיצוני שיפעל על גופכם יעצור אתכם.

ההתמדה קשורה קשר ישיר לתכונה אחרת של כל הגופים - מסה. למסה ישנן הגדרות ומשמעויות שונות. אנחנו נבחר בהגדרה האומרת שמסה היא כמות החומר הנמצאת בגוף. את המסה מודדים ביחידת מידה שהיא הקילוגרם, או בנגזרות של הקילוגרם כמו: 1000 ק"ג שנקרא טון, או אלפית הק"ג שנקרא גרם.

לדוגמה: מסתה של משאית גדולה ממסתה של מכונית פרטית, ומסתה של מכונית גדולה מזו של אופניים. להניע משאית דרוש כוח רב יותר מאשר להניע מכונית, וכדי להניע מכונית דרוש כוח רב יותר מאשר להניע אופניים. ובדיוק על פי אותו העיקרון, כדי לבלום משאית דרוש כוח רב יותר מזה שנדרש לבלום מכונית פרטית או אופניים. גופים בעלי מסה גדולה מתנגדים במידה רבה יותר לשינויים כלשהם במצבי תנועתם. כלומר, על מנת לשנות את מצבי תנועתו של גוף בעל מסה גדולה דרוש כוח רב יותר מאשר את מצבו של גוף בעל מסה קטנה ממנו. לכן, ההתמדה של גופים בעלי מסה גדולה רבה יותר מאשר זו של גופים בעלי מסה קטנה.

חשוב לזכור: התמדה איננה כוח, אלא תכונה של מסת הגוף. כדי להפסיק את תנועת ההתמדה דרוש כוח.

דוגמה: מכוניות מתנגשות בלונה פארק



מכוניות מתנגשות בלונה פארק

נוסעי מכוניות מתנגשות בלונה פארק מרגישים בכוחות ההדדיים הנוצרים בזמן האינטראקציה של מכוניתם עם גופים אחרים. זהו שעשוע של אנשים המבוסס על עקרון הפעולה והתגובה.

כאשר המכוניות מתנגשות מרגישים הנוסעים שינוי במהירות תנועתם וחשים על גופם את תנועת ההתמדה שלהם. כאשר מכוניות נעצרות במהלך התנגשות, גופם של הנוסעים בהן ממשיך לנוע בכיוון התנועה שלפני ההתנגשות. גם מסתם של הנוסעים משפיעה על תנועת ההתמדה שלהם. על-אף שכל הנוסעים ממשיכים לנוע באותה מהירות, ככל שמסתו של הנוסע

גדולה יותר דרוש כוח רב יותר על מנת לעצור אותו. קל יותר לעצור ילד קטן. קשה יותר לעצור גבר גדול ושמן.



זו גם הסיבה לכך, שהנוסעים במכוניות מתנגשות נדרשים לחגור חגורת הבטיחות. החגורה מפעילה כוח נגדי על הגוף ומונעת את תנועת ההתמדה שלו. אלמלא היו חגורים הייתה תנועת ההתמדה נמשכת עד אשר היו נתקלים ונעצרים בגוף המכונית ונפגעים.

אם לא פועל על הגוף כוח כלשהו או ששקול הכוחות הפועלים עליו הוא אפס יתמיד הגוף במצבו. כאשר שקול הכוחות שונה מאפס יגרום הכוח הפועל על הגוף לשינויים במהירותו או בכיוון תנועתו, בהתאם לכיוון פעולת הכוח.

כאסקנה מן הנאמד עד כה אפשר לנסח את **הרעיון המדעי הבא**:
כוח הפועל על גוף משפיע על גאוּלוּ.



כוחות פנימיים וחיצוניים



הברון מינכהאוזן

גוף איננו יכול להניע את עצמו באמצעות כוח פנימי הפועל בתוכו. **הכוח** המניע אותו חייב להיות **חיצוני** במהלך אינטראקציה עם גוף אחר בסביבתו. לדוגמה, איננו יכולים להרים את עצמנו על-ידי משיכה בשערות הראש שלנו ולהתגבר על כוח הכובד. גם כאשר נדחוף בכוח רב מאוד את המכונית המשפחתית כשאנו ישובים בתוכה היא לא תזוז. כאשר אנחנו נמצאים במכונית אנו חלק ממערכת המכונית. כל כוח שנפעיל הוא כוח פנימי של מערכת המכונית. כוח פנימי איננו יכול לשנות את מצב המערכת או להניע אותה. רק כוחות חיצוניים מסוגלים לעשות זאת.

הברון הגרמני קרל **פרידריך מינכהאוזן** הצטיין בגוזמאות מופרכות על מעלליו ועל מעשיו. באחת מהן סיפר כיצד שקע בבוץ כשהוא רכוב על סוסו, ונחלץ מתוכו כאשר משך את עצמו בשערות ראשו כלפי מעלה והרים את עצמו עם הסוס.

מדוע לדעתכם הדבר בלתי אפשרי?



"הרפתקאותיו המופלאות של הברון **מינכהאוזן**" רודולף אריך ראספה 1785. תרגום מגרמנית ישראל זמורה ויהודית סבזרו.

הכוח המשפיע על תנועת הגוף הוא כוח חיצוני שמופעל עליו על-ידי גורם או גורמים בסביבתו.





לפניכם כתבה שפורסמה בעיתון. קראו את הכתבה וענו על השאלות בסופה.



10 פצועים בהתנגשות אוטובוס ורכבת ליד ניצנים

כוחות מד"א פינו מהזירה עשרה פצועים, כולם באורח קל. איש מנוסעי הרכבת לא נזקק לטיפול רפואי. במשטרה בוחנים את נסיבות האירוע.

(יניר יגנה, 'הארץ', 22.06.2012)

עשרה בני אדם נפצעו באורח קל בהתנגשות בין רכבת לאוטובוס אחר הצהריים (שישי) סמוך לצומת ניצנים בכניסה לאתר הקרווילות ניצן. עם קבלת הדיווחים הראשונים הוכרז אירוע רב-נפגעים (אר"ן), ולמקום הוזרמו כוחות גדולים של מגן דוד אדום, כיבוי אש, משטרה ואיחוד והצלה.

עם הגעת הכוחות לשטח התברר, כי ישנם רק 10 פצועים, כולם נוסעי האוטובוס שהתהפך מעוצמת הפגיעה. כוחות מד"א טיפלו בשטח בנפגעים באורח קל שפוננו לבית-החולים ברזילי באשקלון. חוקרי תאונות הדרכים של משטרת ישראל נמצאים בזירת האירוע ובוחנים את הסיבות לתאונה. במקום נוצרו עומסי תנועה כבדים.

אברימי פורגס מ'איחוד והצלה' סיפר, כי "ישנם כמה נפגעים קל. האוטובוס התהפך אחרי שהרכבת פגעה בו. עד כה לא אותרו נפגעים קשה בזירה". הוא ציין, כי עם הגעת הכוחות הראשונים לזירה, בוטלה הגעת כוחות נוספים. על-פי גורמים במשטרה נהג האוטובוס יצא מהיישוב ניצן ועבר במחסום הרכבת שהיה מורם ככל הנראה. הרכבת פגעה בו בצידו האחורי, פגיעה שהובילה להתהפכותו. כרגע בודקים במשטרה אם הייתה תקלה במחסום. לצד המחסום ניצב תצפיתן שתפקידו להתריע במקרים שבהם המחסום לא עובד.

1. הכתבה והתמונה מתארות את תוצאותיה של התנגשות בין רכבת לאוטובוס.
 - א. מהי התנגשות?
 - ב. הציגו באמצעות תרשים את הכוחות הפועלים בהתנגשות בין רכבת לאוטובוס וצינו מי מפעיל את כל אחד מן הכוחות. מה ידוע ביחס לגודלם וכיוונם של כוחות אלו?
2. מהן תוצאות ההתנגשות המתוארת? הסבירו את התוצאה באמצעות הרעיון המדעי 'כוח הפועל על גוף משפיע על תנועתו'.
3. עם הגעת הכוחות לשטח התברר כי רק 10 אנשים נפצעו, כולם נוסעי האוטובוס שהתהפך. איש מנוסעי הרכבת לא נזקק לטיפול רפואי. למדנו כי 'הכוחות שמפעילים שני גופים זה על זה שווים בגודלם והפוכים בכיוונם'. אם כך, כיצד ייתכן כי איש מנוסעי הרכבת לא נפגע ואילו נוסעי האוטובוס נפגעו? הסבירו.
4. בפסקה האחרונה בכתבה נאמר כי "על-פי גורמים במשטרה נהג האוטובוס יצא מהיישוב ניצן ועבר במחסום הרכבת שהיה מורם ככל הנראה. ... כרגע בודקים במשטרה אם הייתה תקלה במחסום. לצד המחסום ניצב תצפיתן שתפקידו להתריע במקרים שבהם המחסום לא עובד".
 - א. האם נוכחות תצפיתן במחסום הרכבת הייתה יכולה למנוע את התאונה? כיצד?
 - ב. הביעו את דעתכם: האם הכרחי שיימצא תצפיתן בכל מחסום רכבת? נסחו פסקת טיעון הכוללת את טענתכם או עמדתכם בעניין והציגו שני נימוקים לפחות. אם אפשר הוסיפו גם הסברים ודוגמאות.





נסכם וננסח את הרעיונות המדעיים שלמדנו עד כה:

1. באינטראקציה משתתפים שני גופים וכל אחד מפעיל כוח על האחר. הכוחות שמפעילים שני הגופים זה על זה שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.
2. כוח הפועל על גוף משפיע על תנועתו ו/או על צורתו.



התבוננו בתמונה והסבירו את המתואר בה באמצעות שני רעיונות אלו.



מהבנה לתובנה: כוחות

תנועה במרחב התעבורתי, הן במהירות גבוהה והן במהירות איטית, היא תוצאה של פעולת כוחות על כלי הרכב. בני אדם הנמצאים בתוך כלי הרכב חשים בכוחות אלה כאשר נגרמים שינויים במהירותם. במקרים רבים כוחות אלה גדולים במידה רבה, לעיתים פי 100, מהכוחות שגוף האדם מסוגל לעמוד בהם, והם עלולים לגרום לאדם ברכב פגיעות קשות עד אובדן חיים. שימוש פעיל באמצעי בטיחות מתאימים מפחית במידה רבה את שקול הכוחות הפועלים על גוף האדם ברכב ואת הסיכוי להיפגע.



התאוצה - עולם של שינויים

מעטים הדברים בעולם שנעים ללא שינוי. סביבנו מתחוללים שינויים ללא הרף בין אם אנו חשים בהם ובין אם לאו. המקומות שבהם אנחנו נמצאים משתנים כל העת, הזמן חולף, תנוחת הגוף משתנה וכיווני התנועה שלנו משתנים ועמם המהירויות. קצב שינויי המהירות וכיווני התנועה נקראים בשם **תאוצה**.

מהי תאוצה?

למדנו כי הכוחות הפועלים על גוף משפיעים על תנועתו. גוף ששקול הכוחות הפועלים עליו הוא אפס מתמיד בתנועתו ואינו משנה את מהירותו: אם היה במנוחה יתמיד במנוחה ואם היה בתנועה ימשיך לנוע במהירות קבועה. אם שקול הכוחות הפועלים על הגוף שונה מאפס, הגוף ישנה את תנועתו וינוע במהירות משתנה. השינויים בתנועת הגוף יבואו לידי ביטוי בגודל המהירות או בכיוונה. תנועה במהירות משתנה היא תנועה בתאוצה. **תאוצת הגוף היא קצב שינוי מהירות התנועה שלו.**

אנו מבחינים בין שלושה מקרים של תאוצה:

- א. תאוצה חיובית – כאשר **הכוח השקול הפועל על גוף הוא בכיוון תנועתו**.
- ב. תאוצה שלילית – כאשר **הכוח השקול פועל נגד כיוון תנועתו של הגוף**.
- ג. תאוצה אפס – כאשר **הכוח השקול הוא 0**.

חשבו:

- באיזה משלושת המקרים תגבר מהירות התנועה?
- באיזה מהמקרים המהירות תפחת?
- באיזה מהמקרים תישאר המהירות ללא שינוי?

כאמור, שינויים במהירות נגרמים כתוצאה מפעולת כוחות על גופים. אם יפעל כוח שווה בגודלו על גופים בעלי מסות שונות תוצאת פעולתו תהיה מגוונת. ככל שמסת הגוף קטנה יותר כן תגדל השפעת הכוח עליו והוא ינוע בתאוצה גבוהה יותר. גובהה של התאוצה מושפע הן מגודל הכוח שפועל על הגוף והן מהמסה של הגוף.

לדוגמה:

אדם שמסוגל להזיז את מכוניתו הפרטית, אם יפעיל עליה כוח וידחף אותה, לא יצליח להזיז משאית ממקומה בהפעלת אותו כוח.



לפניכם דוגמאות אחדות לשינויי תנועה של גופים במצבים שונים.



המטוס מתחיל את תנועתו ממנוחה ומגביר את מהירותו. גלגלי המטוס מתנתקים מהקרקע כאשר מהירותו מגיעה ל-300 קמ"ש. הוא מגיע למהירות זו כעבור 20 שניות מרגע התחלת ההמראה. המראה היא תנועה בתאוצה.



שחקן כדור הבסיס רץ ומחליק על פני המגרש ונעצר בנקודת הבסיס. מהירותו פוחתת עד לעצירתו. מהירותו משתנה, לכן תנועתו היא תנועה בתאוצה.



מכונית המירוץ מתחילה את הזינוק ממצב מנוחה ללא תנועה. תוך זמן קצר מאוד תגיע מהירותה ל-200 קמ"ש. מהירותה גדלה במשך זמן, לכן תנועתה היא תנועה בתאוצה.



מעבורת החלל נוחתת ומפעילה מצנחי בלימה. מהירותה קטנה עד לעצירתה. המעבורת נוחתת בתנועה מואצת.



תאוצה במרחב התעבורתי

כלי הרכב במרחב התעבורתי נעים במקרים רבים בתנועה מואצת, למשל כאשר הם מתחילים לנוע, עוקפים או כשהם בולמים. גם כאשר הם משנים את כיווני הנסיעה שלהם, כמו בסיבובים, הם נעים בתנועה מואצת אפילו אם מד המהירות אינו מראה שינוי במהירות.

שלושת מחוללי התאוצה של הרכב

בכל רכב קיימים שלושה מחוללי תאוצה:

• דוושת הדלק

לחיצה על דוושת הדלק מגבירה את זרימת הדלק למנוע ואת קצב סיבובי המנוע, וכך היא מגבירה את מהירות התנועה של כלי הרכב.

• דוושת הבלם

לחיצה על דוושת הבלם גורמת לרפידות מערכת הבלימה להיצמד בכוח אל צירי הגלגלים כדי לעכב את תנועת הסיבוב שלהם, ואלה גורמים להאטה ולעצירת הרכב.

• ההגה

סיבוב ההגה משנה את כיוון הכוח הפועל על הגלגלים הקדמיים, וכתוצאה מכך על הרכב כולו. כוח זה גורם לשינוי כיוון תנועת הרכב, ושינוי כזה גם הוא סוג של תאוצה.



דוושת הדלק (מימין) ודוושת הבלם



הגה מכונית



כיצד מודדים את התאוצה?

שתי המכוניות שבתרשים ביניהן. שתיהן מתחילות לנוע בקו הזינוק ממצב של מנוחה. הן מגבירות את מהירותן ומגיעות ל-60 קמ"ש.



האחת מגיעה למהירות זו ב-2 שניות והאחרת ב-12 שניות. תאוצתה של מי מהן גבוהה יותר?

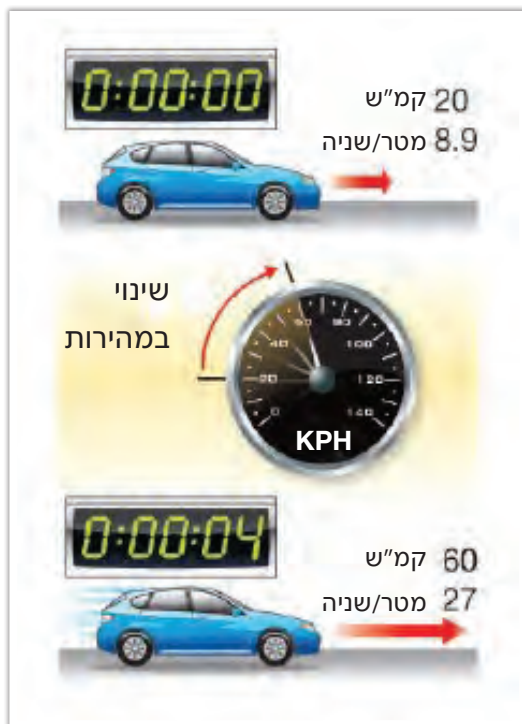
את התאוצה מגדירים כקצב שינויי המהירות בזמן. ערכה של תאוצה נקבע על-ידי שני גורמים: השינוי במהירות ופרק הזמן שבו הוא התרחש. חישוב התאוצה נעשה על-ידי מציאת היחס בין שינוי המהירות לפרק הזמן.

$$\text{תאוצה} = \frac{\text{השינוי במהירות}}{\text{השינוי בזמן}}$$

כך נמצא שתאוצות המכוניות שבתרשים הן:

30 קמ"ש בשנייה והאחרת 5 קמ"ש בשנייה.

בכל שנייה הגבירה המכונית הראשונה את מהירותה ב-30 קמ"ש ואילו האחרת ב-5 קמ"ש בלבד.



דוגמה: בכל מכונית מותקן מד-מהירות. בתחילת המדידה הראה מד-המהירות 20 קמ"ש, או ביחידות אחרות 5.6 מטר/שנייה בקירוב. לאחר 4 שניות הוא הראה 60 קמ"ש שהם 16.7 מטר/שנייה בקירוב. מה ערכה של תאוצת המכונית?

החישוב:

השינוי במהירות ביחידות של מטר/שנייה הוא:

$$16.7 - 5.6 = 11.1$$

השינוי בזמן הוא 4 שניות.

$$\text{לכן, ערך התאוצה הוא } 2.8 = \frac{11.1}{4} \text{ מטר/שנייה}^2.$$

כאשר מודדים את המהירות במטרים לשנייה ואת הזמן בשניות, יחידת המידה של התאוצה היא מטר לשנייה בשנייה, כלומר: מטר/שנייה². זוהי יחידת המידה המקובלת לתאוצה.



1. מהי התאוצה של מכונית שמגיעה ממהירות של 0 מטר לשנייה למהירות של 20 מטר לשנייה בפרק זמן של 10 שניות?

2. בטבלה הבאה נתונים ערכי מהירותו של רוכב אופניים שנמדדו בפרקי זמן קבועים.
- א. כיצד ניתן לחשב את התאוצה של רוכב האופניים על-פי נתוני הטבלה?
- ב. האם התאוצה של רוכב האופניים קבועה? נמקו.
- ג. חשבו את תאוצתו של רוכב האופניים.

זמן (שניות)	מהירות (מטר/שניה)
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8
5	10



בלימה – תנועה בתאוצה

מהי בלימה?

הבלימה היא תהליך של האטת מהירות התנועה. בתהליך הבלימה, מתרחש שינוי במהירות, כתוצאה מפעולת כוח על הגוף, עקב לחיצה על דוושת הבלם, למשל, ומהירות הגוף פוחתת. כלומר זוהי תנועה בתאוצה. ככל שהגוף בעל מסה גדולה, ומהירותו גדולה, כך קשה יותר לעצור אותו. הכוונה היא לכך שדרוש כוח רב יותר כדי לבלום ולעצור אותו. לדוגמה, כדי לבלום משאית כבדה נדרש כוח גדול יותר מאשר לעצור מכונית משפחתית הנוסעת באותה המהירות.

- תארו את תהליך הבלימה באמצעות המושגים: כוח, תאוצה ומהירות, ובאמצעות הרעיון המדעי 'כוח הפועל על גוף משפיע על תנועתו'.



מהי עצירה?

הבלימה היא תהליך האטת מהירות התנועה. כאשר תהליך האטת המהירות של גוף כלשהו מסתיים, והגוף מגיע למצב של מנוחה מוחלטת, התהליך נקרא 'עצירה'. כלומר, עצירה היא תהליך בלימה שבסופו נמצא הגוף ללא תנועה (במהירות אפס).

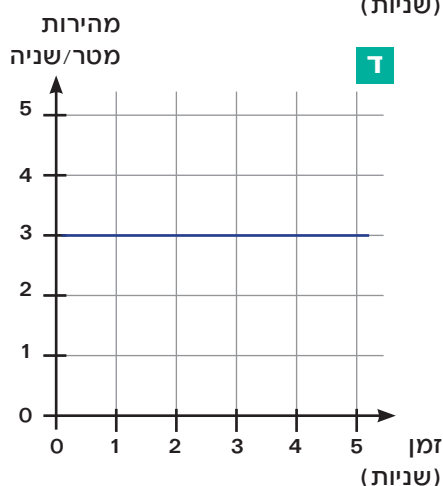
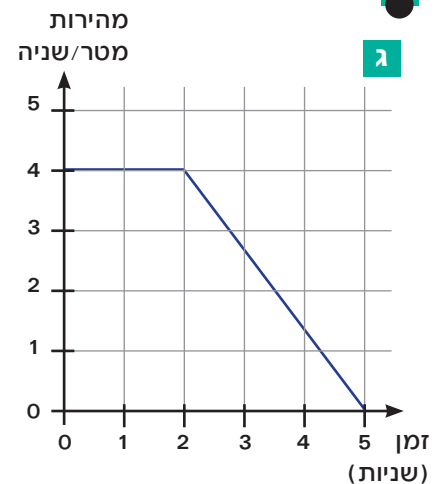
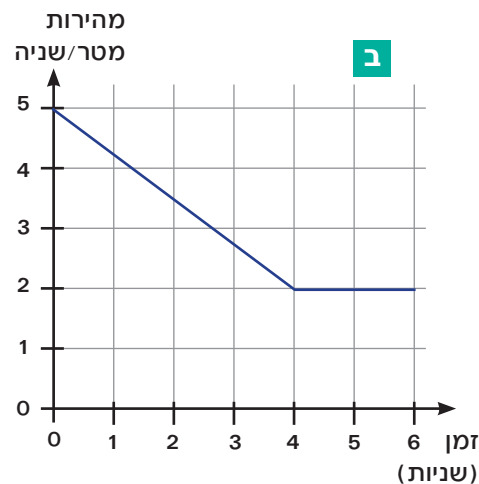
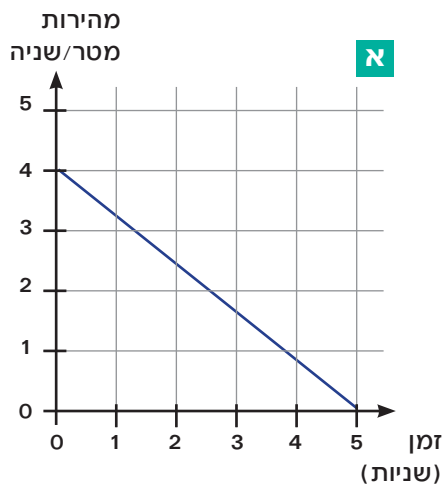
מרחב למידה



היכנסו לסביבת הלמידה* 'חשיבה בתנועה', לפעילות 'אימוני בלימה'. בהדמיה (סימולציה) זו תתנסו במצבים שונים שבהם נדרשת בלימה בנסיעה בתנאים שונים, במהירויות שונות ובתוואי דרך מגוונים, ותבחנו את השפעתם של גורמים שונים על תהליך הבלימה. בכל פעם שתבלמו את הרכב תופיע על המסך טבלה מסכמת שתכלול נתונים על: זמן התגובה שלכם, מרחק הבלימה ומרחק העצירה. פעלו על-פי ההנחיות. * היכנסו לסביבת הלמידה 'חשיבה בתנועה', על פי ההנחיות המפורטות בעמוד 9.

ייצוג גרפי של תהליך הבלימה

התבוננו בארבעת הגרפים הבאים (א, ב, ג, ד) וענו על השאלות הבאות:



1. אילו מבין הגרפים מתארים תהליכים של בלימה?
2. אילו מביניהם מתארים תהליך של עצירה?
3. מי מביניהם מתאר את תהליך הבלימה הקצר ביותר?
4. באיזה מהם השינוי במהירות הוא הגדול ביותר?
5. מהו ההבדל בין התנועה המתוארת בגרף א' לבין גרף ב'?



מהם כוחות הבלימה?

כל כוח הפועל נגד מגמת התנועה של הגוף יכול לשמש ככוח בלימה. שניים מבין סוגי הכוחות הטבעיים שפועלים ככוחות בולמים בדרך כלל על גוף נע הם: כוח הכבידה וכוח החיכוך.

- כאשר גוף עולה במעלה מדרון פועל עליו כוח הכבידה ככוח בלימה.
- כוח החיכוך, הפועל תמיד בין כל גוף נע לבין האוויר שהגוף נע בתוכו וכוח החיכוך הפועל בין הגוף לבין הדרך שעליה הוא נע, פועלים ככוחות בלימה.
- כוחות החיכוך הפנימיים הנוצרים באופן מכוון במערכת הבלימה של הרכב פועלים ככוחות בלימה.



נחיתת מטוס

כל גוף בתנועה יוצר באופן טבעי, אינטראקציה של חיכוך עם האוויר שדרכו הוא עובר. כוח החיכוך עם האוויר איננו מספיק כדי לבלום את כלי הרכב במרחב התעבורתי. מכוניות מרוץ או מטוסים בנחיתה משתמשים לעיתים במצנחי בלימה כדי לנצל את החיכוך באוויר לשם בלימה.

כל מכונית מצוידת במערכת בלימה פנימית, המפעילה כוחות על צירי הסיבוב של הגלגלים. כוחות אלו מסייעים בתהליך הפחתת המהירות של המכונית. הכוחות שמנוצלים למטרה זו במערכת הבלימה של כלי הרכב הם בדרך כלל כוחות החיכוך.

בלימה במרחב התעבורתי

תאונה מחרידה בטבריה: שמונה בני משפחה נהרגו (חיים שקדי, חדשות סרוגים, 22.5.12)

תאונת דרכים מזעזעת התרחשה הלילה בטבריה. משפחה שלמה, הורים ושישה מילדיהם נהרגו בדרך לטבריה בעת שמכונית המיני-ואן שבה נסעו איבדה שליטה בכביש בשל בעיות בבלמים, התהפכה, עלתה באש ושרפה למוות את כל בני המשפחה. ילדה אחת כבת 7 ניצלה ואושפזה.

טרגדיה מזעזעת התרחשה הלילה (ג') בטבריה. משפחה שלמה, הורים ושישה מילדיהם נהרגו בדרך לטבריה בעת שאיבדו שליטה על מכונית המיני-ואן שבה נסעו. הרכב התהפך לוואדי סמוך והתגלגל עשרות מטרים עד שנבלם בקרקע והחל לעלות באש. רק ילדה אחת מבני המשפחה שרדה מן התופת.

התאונה הקשה התרחשה סמוך לשעה 01:30 בלילה, בדרך מנחם בגין - הכביש היורד מצומת פורייה לכיוון העיר טבריה. אבי המשפחה איבד שליטה ברכב מסוג מיצובישי בשל בעיות בבלמים, פגע במעקה בטיחות, הידרדר לוואדי סמוך והרכב החל לעלות באש.

התאונה המחרידה בדרך לטבריה מעוררת תהיות אם היה ניתן לעשות משהו כדי למנוע אותה או לפחות לצמצם את תוצאותיה הקטלניות.



תחושה של 'אין בלמים' בכביש במדרון תלול היא אחד מתסריטי האימה שממנו חושש כמעט כל נהג. אך דווקא מכיוון שהנושא נמצא בתודעה של נהגים רבים ניתן להתכונן אליו ולשנן את סדר הפעולות שיש לנקוט במקרה שנתקלים במצב מפחיד כזה במציאות בעת מצבי חירום ברכב יש לפעול בנחישות ובשיקול דעת ולגרום להאטת הרכב.

מה עושים כשמערכת הבלמים איננה פועלת?

(מעובד על-פי: יואל שוורץ, ירחון אוטו, 23.05.12)

המלצות לנהגים

חשוב שלא לאבד שליטה ולהפעיל שיקול דעת.

אין ספק שמדובר במצב מבהיל, אבל חשוב לזכור שניתן לנקוט פעולות נוספות כדי לבלום ולהביא את הרכב לעצירה גם בלי נזק.

- שימוש בבלם החנייה

- הורדת הילוכים

- מציאת עליות או מסלולי מילוט ויציאה.

עלייה, ולו הקטנה ביותר תאט באופן משמעותי את תנועת הרכב. לעיתים ניתן למצוא בצידי הכביש מסלול מילוט ויציאה המיועד בדיוק לשם כך. בהיעדר כוחות חיכוך לבלימה כוח הכבידה הוא הכוח הטבעי היחיד שיכול לסייע בבלימה. כוח הכבידה ישמש ככוח בולם רק בתנועה בעלייה במעלה כביש.

- חיכוך במעקה בטיחות



מעקה בטיחות

כוח החיכוך משמש ככוח בולם. התחככות במעקה הבטיחות העשוי בטון או מתכת, אומנם יגרום נזק לרכב, אבל כוח החיכוך גם יאט את מהירותו של הרכב. פעולה כזו צריכה להיעשות בשליטה מלאה ובעדינות כשהרכב מקביל ככל האפשר למעקה ולא מתנגש בו.

- שימוש בשולי הכביש להפחתת מהירות

אם אין מעקה בטיחות אפשר להשתמש בשוליים. כוח החיכוך שנוצר בנסיעה על שולי הדרך הוא גבוה יותר מזה שנוצר על פני הכביש, ועשוי לגרום להאטת מהירות התנועה. חשוב שהירידה

לשוליים תיעשה בזהירות רבה ובאופן הדרגתי, ויש להימנע מסיבוב חד של ההגה. אבל, הדרך הטובה ביותר שלא לאבד בלמים היא לדאוג לתקינותם בטרם הנסיעה, לעשות בהם שימוש נכון, והקפדה על טיפול נכון ובדיקות תקופתיות של כלי הרכב.



הגורם האנושי בתהליך הבלימה והעצירה

שינוי במהירות התנועה מתרחש במשך פרק זמן מסוים. לא ניתן לעצור גוף בתנועה באופן מידי ברגע שנדרשת עצירה. תהליך **עצירת הרכב** נעשה בשני שלבים: **שלב קבלת ההחלטה** לבלום, שתלוי באדם, (בכישורי הנהיגה שלו, במידת עירנותו, במצב בריאותו וכדומה) ו**שלב הבלימה**, שהוא תהליך טכנולוגי שמושפע מפעולתן של מערכות הבלימה.

זמן תגובה

במהלך כל תנועה במרחב התעבורתי נוצרים מצבים שבהם נדרשים משתמשי הדרך השונים להגיב, לקבל החלטות ולבצע שינויים בתנועתם. השינויים יכולים להיות: האטה ועצירה, האצה, פנייה. לכל אחת מפעולות נדרש זמן.

הזמן החולף מרגע שמזהים מצב המחייב תגובה ועד לרגע תחילת יישום ההחלטה נקרא בשם 'זמן תגובה'.

זמן התגובה הממוצע של בני האדם נאמד בשנייה אחת. הוא עשוי להשתנות בהתאם למצבו וליכולותיו של כל נהג, לגילו, לחושים שלו, לתגובות ולתנועות הגוף שלו, ליכולת הראייה והריכוז, למיומנות ולשליטה במכונית במצב מפתיע. זמן התגובה מושפע גם מגורמים חיצוניים כמו:

- **שעמום ומונוטוניות** – נסיעה ארוכה או נסיעה בדרך ארוכה חד-גונית בעלת נוף שאין בו שינויים רבים, כמו הדרך לאילת.
- **תנאי מזג אוויר ותנאי ראות** – חמסין, גשם, סנוור, חשיכה, חימום-יתר ברכב.
- **רעש**, שמיעת מוזיקה בעוצמה גבוהה.
- **הסחת דעת** – עיסוק בכמה פעולות בעת ובעונה אחת כמו דיבור בטלפון, כתיבת מסרונים, הרמת חפץ, טיפול בילדים ועוד.
- **עייפות**.
- שימוש **בסמים, באלכוהול ובתרופות**.

במשך זמן התגובה מתמיד כלי הרכב בתנועתו ללא כל שינוי ונע במהירות קבועה. המרחק שהוא עובר בפרק זמן זה נקרא **'מרחק התגובה'**. למרחק התגובה מקובל לקרוא גם בשם **'מרחק חוסר השליטה'**.

מדוע לדעתכם מתאים שם זה למרחק התגובה?



'מרחק חוסר השליטה' הוא המרחק שאותו נעבור מבלי שנבצע כל פעולה לבלימת המכונית או למניעת סיכון. **מרחק זה שווה למכפלת זמן התגובה במהירות התנועה.**

מבחינת הנהגים, זמן התגובה משמעותו מרחק נסיעה ללא שליטה במכונית. איננו מסוגלים למנוע או לפעול למניעתו של כל אירוע שיתרחש בפרק זמן קצר יותר מזמן התגובה שלנו.



לדוגמה,



חתול מזנק אל הכביש במרחק של 2 מטרים לפני רכב הנוסע במהירות של 50 קמ"ש.

אם זמן התגובה של הנהג הוא שנייה אחת, המכונית תמשיך לנוע במהירות של 50 קמ"ש (כ- 13.8 מטר/שנייה) ותעבור מרחק של 13.8 מטרים, לפני שתתחיל בכלל בלימת הרכב. כלומר, דינו של החתול נחרץ מאחר שהמרחק של החתול מהרכב קטן יותר מ'מרחק חוסר השליטה', ולנהג אין כל אפשרות למנוע את הפגיעה בו אפילו אם הוא רוצה בכך!

כל חלק שנייה בזמן התגובה הוא קריטי לבטיחות משתמשי

הדרך ובמיוחד בתנועה במהירויות גבוהות. מחקרים קובעים, כי קיצור זמן התגובה בכמה עשיריות השנייה בלבד עשוי להפחית כ- 90% ממספר התאונות הנגרמות בגלל אי-שמירת מרחק בין כלי רכב בכביש. ככל שזמן התגובה יהיה קצר יותר נהיה כולנו בטוחים יותר. בגלל אי היכולת לקצר משמעותית את זמן התגובה צריך להקפיד ולשמור רוח גדות בכל עת ולהפסיק כל הסח דעת, הגורם לאיחור בהבחנה בסכנה ומאריך עוד יותר את 'זמן אי התגובה'.

משימה - מרחק חוסר השליטה

נתונה טבלת מרחק חוסר השליטה ב'זמן התגובה' של שנייה אחת



מהירות המכונית (קמ"ש)	המרחק שנעבור בשנייה אחת (מטרים)
20	5.5
30	8.3
40	11.1
50	13.8
60	16.6
70	19.4
80	22.2
90	25
100	27.7
110	30.5

בהסתמך על הנתונים המופיעים בטבלה ענו על השאלות הבאות:

1. מהו הקשר בין מהירות התנועה לבין מרחק חוסר השליטה, כאשר זמן התגובה הוא שנייה אחת?



2. מכונית נוסעת במהירות של 80 קמ"ש. הנהג מבחין בהולך רגל היורד מהמדרכה ומתחיל לחצות את הכביש במרחק שלפי הערכתו הוא 60 מטר לפני המכונית. אם זמן התגובה של נהג המכונית הוא 1.5 שנייה, האם יוכל למנוע הנהג את הפגיעה בהולך הרגל?
3. אם הנהג נתון להשפעת אלכוהול זמן התגובה שלו יתארך ויעמוד על 3 שניות. האם אז יצליח למנוע את הפגיעה בהולך הרגל?

תהליך בלימה שמסתיים במנוחה מוחלטת של כלי הרכב נקרא בשם '**תהליך עצירה**'. תהליך העצירה כולל שני שלבים: שלב התגובה ושלב הבלימה. במהלך תהליך זה ממשיך כלי הרכב לנוע ועובר מרחק הנקרא בשם '**מרחק העצירה**'.

$$\text{מרחק העצירה} = \text{מרחק התגובה} + \text{מרחק הבלימה}$$

מרחק התגובה תלוי באופן מלא בנהג – ביכולתו הביולוגית ובאישיותו וכן במהירות נסיעתו. מרחק הבלימה תלוי בטכנולוגיה – במערכת הבלימה של הרכב וביכולתה לפתח כוחות בלימה, בתנאי הדרך, בצמיגי המכונית, בתקינות הבלמים וכו'.

משימה – מרחק עצירה



נתונה טבלת **מרחקי העצירה**, כאשר זמן התגובה הוא שנייה אחת.

מרחק העצירה (מטרים)	מהירות המכונית (קמ"ש)
2	20
5	30
9	40
14	50
20	60
27	70
36	80
46	90
56	100
68	110

בהסתמך על הנתונים המופיעים בטבלה ענו על השאלות הבאות:

- מה יהיה מרחק העצירה של מכונית הנוסעת במהירות של 80 קמ"ש וזמן התגובה של הנהג שנייה אחת?
- מהו הקשר בין מהירות התנועה לבין מרחק העצירה?
- האם הכפלת המהירות פי שניים תגרום למרחק העצירה לגדול פי שניים? הביאו דוגמה.
- מהו הקשר בין יחס המהירויות ליחס מרחקי העצירה?



כשמסמים לא נוהגים!

היכנסו לאתר הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים,

<http://www.youtube.com/rsa>

בחרו את הסרטון: 'כשמסמים לא נוהגים' וצפו בו.

<http://www.youtube.com/user/LearnToSayLo/RSA>



משימה



1. בסרטון נאמר: "כשאת מסמסת, את לא באמת ברכב" – למה הכוונה במשפט הזה?
2. כאשר הנהג/ת עסוק/ה בכתיבת סמס או בדיבור בטלפון,
 - א. אילו גורמים הקשורים לאדם הנוהג מושפעים מכך?
 - ב. אילו גורמים הקשורים לתנועת הרכב מושפעים מכך?
3. מהן הסכנות המתעוררות בעקבות זאת?
4. הסבירו באיזה אופן מושפעים הגורמים השונים שהזכרתם וכיצד הם עלולים להשפיע על תנועת המכונית והסכנות הנובעות מכך?
5. האם ניתן לקשור את הסיסמה כשנוהגים לא מסמים' לרעיון המדעי 'כוח הפועל על גוף משפיע על תנועתו'? הסבירו!
6. התינוק היושב ברכב נמצא בסיכון בגלל אימו המשתמשת בטלפון הנייד בעת נהיגתה, אך המכונית מצוידת באמצעים המגנים עליו.
 - א. ציינו מהם האמצעים המגנים והסבירו כיצד הם תורמים לבטיחותו של התינוק.
 - ב. כיצד קשורה ההוראה לחגירת חגורת בטיחות לרעיון המדעי 'כוח הפועל על גוף משפיע על תנועתו'? והסבירו את הקשר בין רעיון זה לבטיחותו של התינוק.

המשמעות הפיזיקלית של זמן התגובה בניתוח תאונות הדרכים

ננתח מקרה שהתרחש ובאמצעותו נברר לעצמנו את המשמעות המורכבת של זמן התגובה והשלכותיו על גרימת תאונה.

"מר כהן הוא נהג בן 73. הוא התנגש בהתנגשות חזית-צד ברכב אחר שיצא מדרך צדדית וחצה את נתיב נסיעתו. התאונה התרחשה באור יום ובתנאי ראות טובים. לטענתו של מר כהן, הוא התקרב לצומת בזהירות רבה מאוד מאחר שחווה בעבר כמה מצבים של 'כמעט תאונה' בצומת זה. תחושת הסכנה הצפויה הגבירה אצל מר כהן את הדריכות והוא נהג במשנה זהירות כאשר התקרב לצומת. מר כהן נסע במהירות של 54 קמ"ש, מתחת למהירות המותרת על-פי החוק בקטע כביש זה, כך גם על-פי עדותו של חוקר תאונות הדרכים. מר כהן טען, שאחת הפעולות שנקט על מנת להגביר את זהירותו הייתה הנחת כף רגלו על דושת הבלם למקרה שיאלץ להשתמש בה. 30 מטרים לפני הצומת הוא הבחין ברכב החוצה את נתיבו, לחץ על דושת הבלם אך בכל זאת פגע בו. מהי מידת אחריותו של מר כהן לתאונה?"



בהנחה שהנתונים שנמסרו נכונים, נעריך את זמן התגובה המתאים למקרה של מר כהן: זמן התגובה האופייני של נהג במצבים מסוג זה הוא 1.5 שניות. אולם, הנסיבות המיוחדות מחייבות שינוי בהגדרת 'זמן התגובה האופייני'.

ראשית, לדריכות ולציפייה לתאונה השפעה גדולה על קיצור זמן התגובה. מאחר שמר כהן היה מודע לסכנה התקצר זמן התגובה שלו והיה צפוי להיות 1.0 – 1.1 שניות.

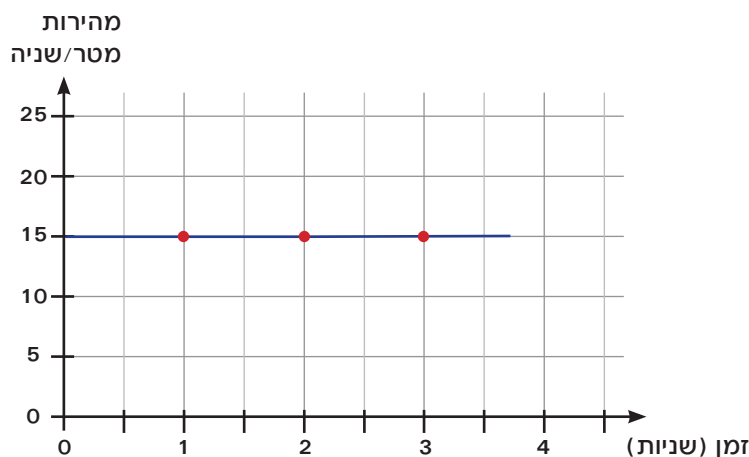
שנית, מר כהן הניח כבר את כף רגלו על דוושת הבלם. פעולה הנמשכת כ- 0.2 שניות כאשר העיתוי בלתי צפוי. את פרק הזמן הזה נחסיר, ונקבל שזמן התגובה עמד על 0.9 – 1.0 שניות.

שלישית, מר כהן בן 73. הגיל מאריך את זמן התגובה. השינוי בזמן התגובה האופייני לגיל זה עומד במוצע על 0.8 – 1.0 שניות. השפעה זו מאריכה את זמן התגובה שלו ל- 2.0 שניות בקירוב.

נתמקד בניסיון לתאר את האירוע בצורה מדויקת ככל האפשר על סמך הנתונים שבידינו. לשם כך ניצור את גרף התנועה והמהירות של מר כהן.

שלב ראשון

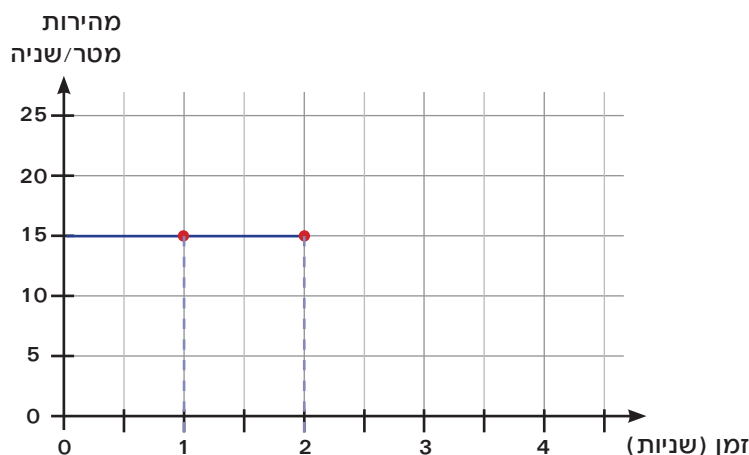
מר כהן נהג לפני ההתנגשות במהירות קבועה של 15 מטרים בכל שנייה (54 קמ"ש). אילו היה ממשיך בתנועתו גרף התנועה שלו היה נראה כך:



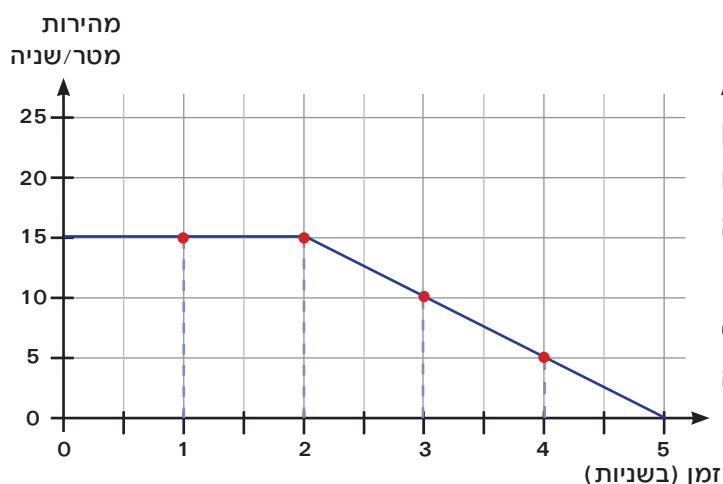
התיאור הגרפי של תנועתו הוא קו ישר אופקי במערכת צירים המתארת את המהירות והזמן. השטח הכלוא בין גרף המהירות לבין ציר הזמן מייצג את מרחק התנועה. ניתן לחשב את המרחקים שעובר מר כהן בכל פרק זמן בתנועתו. כך לדוגמה, בשנייה הראשונה הוא עבר 15 מטרים, במשך 2 שניות 30 מטר וכו'.

תנועתו של מר כהן בשלב זה קצובה ובקו ישר, ללא שינויים במהירות.

לפתע מבחין מר כהן בסכנה! הוא שוקל בדעתו כיצד להגיב ומחליט לבלום. על-פי נתוניו במשך שתי שניות אין לו שליטה במהירות. גרף התנועה השתנה לפתע. תנועתו הקבועה של מר כהן נפסקה.

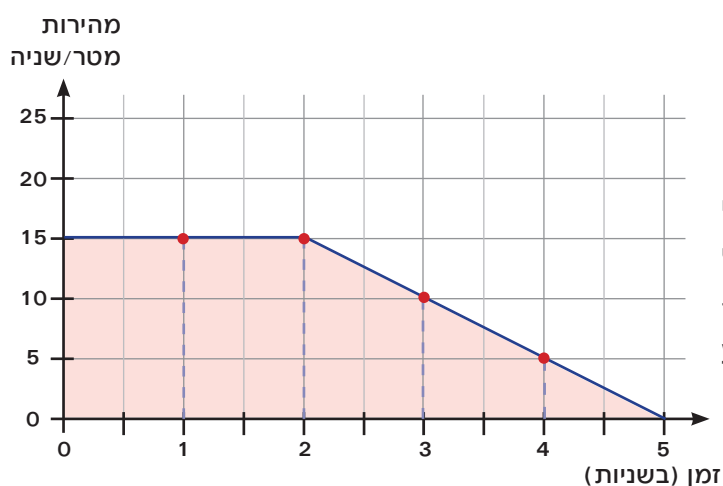


שלב שני



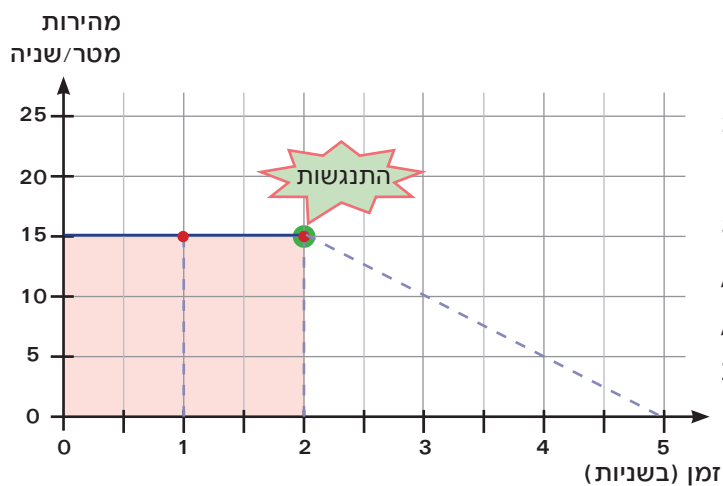
רק כעבור שתי שניות, לאחר שהבחין ברכב החוצה, הוא התחיל בתהליך האטת המהירות. במשך אותן שתי שניות המשיכה מכוניתו לנסוע ללא כל שינויים במהירותה. אז החל תהליך הבלימה עד לעצירה המשוערת.

מהירותו של מר כהן ירדה מ-15 מטר בשנייה עד ל-0 מטרים בשנייה, כלומר עד עצירה מוחלטת. בגרף זה נראים כך הנתונים:



מר כהן נע בתנועה מואטת עד לעצירתו.

מהו המרחק שעבר עד לעצירה המשוערת? מבלי שיהיה צורך לחשב, אפשר לדעת זאת מתוך גרף התנועה. כאמור, המרחק מיוצג בגרף שבחרנו על-ידי השטח הכלוא בין הגרף לבין ציר הזמן. כל ארבע משבצות מייצגות מרחק של 10 מטרים.



ספירה של המשבצות וחלקי המשבצות מעלה כ-21 משבצות שמייצגות 50 מטרים בקירוב.

אבל... על-פי העדויות, מר כהן היה במרחק של 30 מטרים מהצומת שבו התרחשה ההתנגשות. כלומר, על-פי נתוני המקרה ההתנגשות הייתה בלתי נמנעת, והיא התרחשה ברגע שמר כהן החל לבלום את מכוניתו, בתום פרק זמן התגובה שלו.

1. האם וכיצד היה ניתן למנוע את התאונה?

2. האם לדעתכם אשם מר כהן בגרימת התאונה? הסבירו את טענתכם והביאו שלושה נימוקים לפחות.



מרחב למידה



לאחר שתרגלתם מרחקי בלימה ומרחקי עצירה, היכנסו שוב לסביבת הלמידה* 'חשיבה בתנועה', לפעילות 'אימוני בלימה'.
התנסו במצבים שונים שבהם נדרשת בלימה בנסיעה בתנאים שונים, במהירויות שונות ובתוואי דרך מגוונים, ובחנו במיוחד את השפעתם של זמני תגובה שונים על תהליך הבלימה והעצירה. פעלו על-פי ההנחיות.

* היכנסו לסביבת הלמידה 'חשיבה בתנועה', על פי ההנחיות המפורטות בעמוד 9.

מהבנה לתובנה: תאוצה



התאוצה היא הגורם העיקרי למותם של בני האדם בתאונות. גוף האדם אינו עשוי מקשה אחת אלא מורכב מחלקים שונים שלכל אחד מהם מסה שונה. מסות שונות מאיצות במידות שונות בהשפעת אותו כוח. שינויים פתאומיים וחדים במצב התנועה יכולים לגרום לשינויים גדולים במהירות שגורמים להתנתקות אברי הגוף אלה מאלה. כך קורה בזמן תאונות. פרק הזמן שנמשך תהליך הניתוק של אברי הגוף השונים הוא לעיתים קצר יותר מאשר זה הנדרש ממערכות הבטיחות להגיב.

תנועה בסיבוב



עד כה עסקנו בתנועה של גופים הנעים בקו ישר, הנקראת תנועה קווית. אך במרחב התעבורתי לא תמיד נעים משתמשי הדרך בקווים ישרים. בפרק זה נדון בתנועה שאיננה בקו ישר.

זהירות! תנועה בסיבוב לפניך

סיפור ילדותו של פיזיקאי אמריקני



"אני מתגורר במרחק של 15 דקות נסיעה מדיסנילנד. בני משפחתי וחבריי התפלאו מאוד שמאז ימי ילדותי לא ביקרתי באתר שנחשב בעיני כולם פסגת ההנאות וממלכת קסם לילדים. האמת היא, שדיסנילנד עבורי לא היה תענוג כל כך גדול. ההיפך הוא הנכון, הוא היה עבורי חוויה מעוררת פחד. אימא שלי הושיבה אותי בתוך קרונית מעוצבת בצורת טיל, שהסתובבה במהירות סביב עמוד שאליו הייתה מחוברת בכבל חזק, והתרוממה לאוויר. הייתי משוכנע שאני הולך למות. חשתי כיצד כוח איתנים מנסה להשליך אותי מתוך



הקרונות. לא האמנתי שחגורות שבאמצעותן הייתי רתוק למושב יצילו אותי מפני הכוח הנורא. צרתי במלוא כוחי כדי שאימא שלי תעשה משהו להצילי ותוציא אותי ממלכודת המוות. באופן מפתיע היא הייתה סבורה שאני נהנה הנאה מרובה, ושהצרחות שלי הן צרחות של שמחה. נראה היה, שהיא הייתה אדישה לחלוטין לסכנה האיומה שהייתי נתון בה. ידיעותי בפיזיקה לא הספיקו לי בימים ההם להבין שאימא כלל איננה מודעת ואיננה מסוגלת לחוש את הכוח הנורא שעמד לפגוע בי.

הִבְנֵיתִי את התנועה בסיבוב הייתה בחלקה נכונה ובחלקה בלתי נכונה. ראשית, טעיתי בכך שתנועה בסיבוב יוצרת כוח הפועל מכיוון מרכז הסיבוב כלפי חוץ ומבקש להשליך אותי בכיוון זה. צדקתי בכך שהבנתי, שללא פעולה של כוח לא תיתכן תנועה בסיבוב.

כשהעמקתי את ידיעותי מאוחר יותר גיליתי להפתעתי את העובדה הפיזיקלית שבתנועה בסיבוב לא פועל שום כוח הפונה החוצה מציר הסיבוב. זה רק נדמה לנו. זוהי אשליה של כל מי שנמצא בתנועה סיבובית. הנטייה של כל גוף להתמיד בתנועתו היא מקור הטעות. היא מתפרשת בעיני מי שמסתובב כאילו כוח 'מסתורי' זורק את הגוף המסתובב החוצה ממעגל הסיבוב. כלומר, הטעות שלנו מבוססת על הרגשה שאיננה תואמת תמיד את המציאות הפיזיקלית. לא כל מה שאני חש הוא בהכרח מציאות פיזיקלית".

על מנת להבין מדוע טענה זו נכונה, עלינו להבין מהי תנועה בסיבוב ואת הסיבות להיווצרותה.

מהן הסיבות לתנועה בסיבוב?

תנועה בסיבוב היא כל תנועה שאינה נעשית לאורך קו ישר. היא איננה חייבת להיות תנועה מחזורית על פני מסלול מעגלי כמו קרוסלה. התנועה בסיבוב היא גם תנועה על פני עקומות שהן חלקים ממסלולים מעגליים. כל מי שהתנסה בתנועה כזאת משוכנע שאכן 'כוח מסתורי' רב עוצמה דוחף אותו בכיוון מנוגד למגמת הסיבוב. כלומר, אם הסיבוב הוא שמאלה 'הכוח המסתורי' דוחף אותו ימינה.

האם אכן קיימים כוחות כאלה בתנועה בסיבוב?

למרבה הפלא התשובה היא – לא. אם כך, כיצד נוצרת תנועה בסיבוב? למדנו כבר, כי גוף משנה את תנועתו רק כאשר פועל עליו כוח. כלומר, כל גוף מתמיד בתנועתו לאורך קו ישר ובמהירות קבועה אלא אם פועל עליו כוח ומאלץ אותו לשנות את מצבו. כוח שפועל בכיוון התנועה מגביר את המהירות, וכוח שפועל נגד מגמת התנועה מפחית את המהירות. כדי להבין כיצד נגרמת תנועה בסיבוב נתבונן במסלול תנועתו של כדורסל הנזרק לסל.



כדור בתנועה – כדורסל

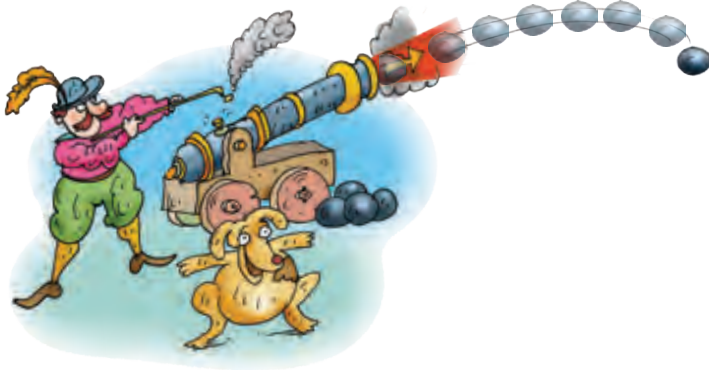
שאלות לדין



1. מהי צורת המסלול של הכדור?
2. מדוע הכדור איננו נע בקו ישר?
3. אילו כוחות פועלים על הכדור בזמן תנועתו באוויר, לאחר שעזב את היד, ומהו מקורו של כל אחד מהם?



4. במה דומה תנועת מכונית בסיבוב לתנועת הכדור בדרכו אל הסל?
5. תארו בתרשים את כיווני הכוחות הפועלים על מכונית בסיבוב ועל הכדורסל במסלולו.
6. נסו לתת הסבר על-פי דוגמה זו לאופן היווצרותה של תנועה בסיבוב ולכיוון הסיבוב.
7. לפניכם תמונת תותח. תותח זה יורה פגז שכיוון יציאתו מהקנה מתואר בעזרת החץ הצהוב.



- א. האם לדעתכם ינוע הפגז בקו ישר? במסלול אחר? שרטטו במחברת את מהלך תנועתו של הפגז מרגע יציאתו מקנה הפגז ועד לפגיעתו בקרקע.
- ב. למדנו, כי הכוחות הפועלים על גוף משפיעים על תנועתו. מהם הכוחות הפועלים על הפגז בעת מעופו ומהם כיווני פעולתם?

ג. מסלול תנועת הפגז הוא תוצאת

פעולתם של כוחות אלו. הסבירו את צורת המסלול שתוארתם.

- ד. אם תותח זה היה יורה את הפגז בחלל, האם גם אז מסלול תנועתו היה כפי שציירתם? הסבירו וציירו את המסלול שבו לדעתכם ינוע הפגז בחלל, בהזנחת כוחות כבידה.

8. נסו לתת הסבר על-פי דוגמה זו לאופן היווצרותה של תנועה בסיבוב.

תנועה בסיבוב נגרמת כתוצאה מפעולת כוח על גוף שנמצא בתנועה, שלא בכיוון תנועתו. **תנועה מעגלית** נוצרת כאשר כוח זה פועל במשך כל זמן תנועתו של הגוף בכיוון ניצב לכיוון תנועתו. התנועה הנגרמת כתוצאה מפעולת כוח כזה היא תנועת סיבוב סביב נקודה אחת הנקראת בשם 'נקודת מרכז הסיבוב'. **הכוחות המסובבים פועלים בכיוון מרכז הסיבוב.**



דויד, גוליית ותנועה סיבובית

כולנו מכירים את הסיפור המקראי על אבן הקלע במלחמת דויד בגוליית. וַיִּשְׁלַח דָּוִד אֶת-יָדוֹ אֶל-הַפְּלִי, וַיִּקַּח מִשָּׁם אֶבֶן וַיִּקְלַע, וַיַּךְ אֶת-הַפְּלִשְׁתִּי, אֶל-מַצְחוֹ; וַיִּטְבַּע הָאֶבֶן בְּמַצְחוֹ, וַיַּפֵּל עַל-פְּנָיו אֶרְצָה. (שמואל א, פרק י"ז, פסוק מ"ט)

בואו נחשוב כיצד שיגר דויד את אבן הקלע בדיוק למצחו של גוליית הענק הפלישתי.

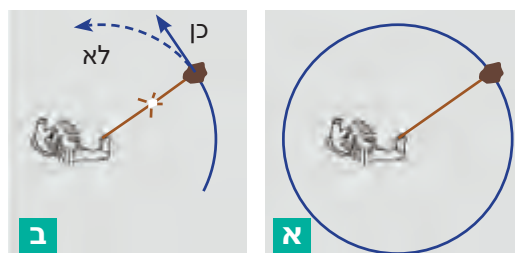
דויד הניח את האבן בכף הקלע. הוא החזיק בידו את שתי הרצועות של כף הקלע. בשלב הזה היו הרצועות רפויות והאבן – ללא תנועה. בהדרגה החל דויד לסובב את הרצועות והאבן החלה לנוע בתנועה סיבובית מעל לראשו. שתי הרצועות נמתחו והאבן החלה לנוע בתנועה סיבובית. היא הגבירה את מהירות הסיבוב שלה ככל שהשקיע דויד כוח רב יותר במתיחת הרצועות של הקלע.



שימו לב:

- איזה כוח פעל על אבן הקלע ומי הפעיל אותו?
- האם יכול היה דויד לשלוט במהירות הסיבוב של אבן הקלע? כיצד?

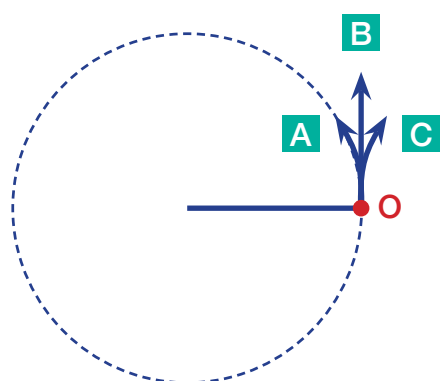
האבן נמשכה לכיוונו של דויד כתוצאה ממתחת הרצועות. משיכה בכוח רב יותר של הרצועות גרמה להגדלת מהירות הסיבוב של הקלע. שימו לב, כיוון משיכת הקלע הוא ככיוון פעולת הכוח שפעל עליו, כלומר לכיוונו של דויד, לא בכיוון ההפוך. אילו דויד לא היה משקיע כוח באמצעות הרצועות לכיוון כף ידו, לא הייתה נוצרת התנועה הסיבובית של הקלע.



כיצד שיגר דויד את אבן הקלע?

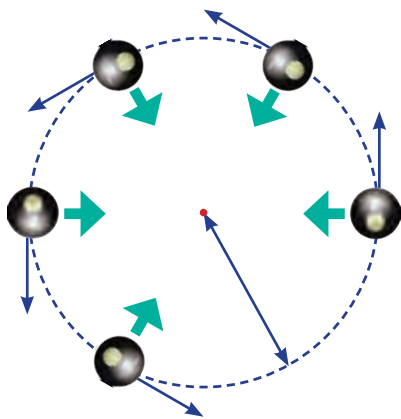
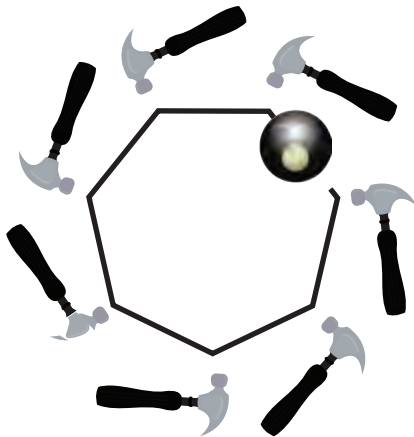
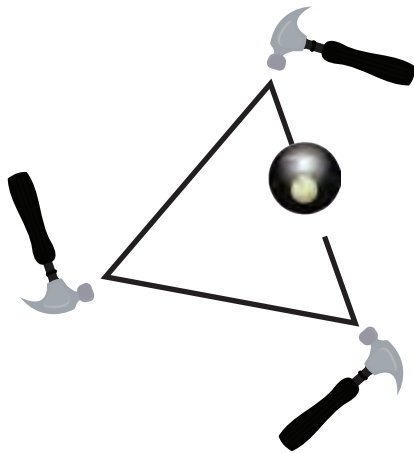
בעת ובתנאים המתאימים לתחושתו של דויד שהאבן אכן תיפגע בנקודה שאליה הוא כיוון, הוא שחרר את אחת הרצועות, והקלע שוגר לדרכו.

שאלות לדין



1. כיצד הגביר דויד את מהירות הסיבוב של הקלע?
2. כיצד ידע דויד מהם התנאים המתאימים לשחרור הקלע?
3. לאיזה כיוון פעל הכוח שסובב את הקלע?
4. לאיזה כיוון A, B או C נע הקלע ברגע שדויד שיגר אותו? נמקו את בחירתכם.
 - א. המשיך להסתובב
 - ב. כיוון C - בתנועה סיבובית ימינה
 - ג. בכיוון A - בתנועה סיבובית שמאלה
 - ד. בכיוון B - לפנים, בתנועה ישרה
5. על-פי הרעיון המדעי 'כוח הפועל על גוף משפיע על תנועתו', לאיזו מטרה דרוש הכוח שמפעילות הרצועות על הקלע?
 - א. לשינוי בכיוון התנועה
 - ב. לשינוי בקצב הסיבוב
 - ג. לשינוי במהירות הסיבוב
 - ד. כל התשובות נכונות
6. ברגע ששיגר דויד את הקלע, איזה כוח חדל לפעול על הקלע?
 - א. כוח המשיכה
 - ב. הכוח שהרצועות הפעילו עליו
 - ג. כוח הסיבוב
 - ד. כוח התנועה





7. התבוננו בתרשים שבצד שמאל, המתאר מסלול תנועה משולש ומסלול תנועה משובע בעל שבע צלעות. לצורך הפשטות תנועת הכדור על גבי המסלולים נעשית ללא חיכוך. בתרשים מבקשים להניע את הכדור ברציפות וללא הפסק לאורכם של המסלולים באמצעות חבטות פטיש. כיצד עושים זאת?

חשבו וענו על השאלות הבאות:

א. כמה חבטות פטיש דרושות כדי שהכדור ינוע לאורך המסלול המשולש?

ב. כמה חבטות דרושות על מנת שהכדור ינוע במסלול המשובע?

ג. אילו היה לפניכם מסלול בעל 12 צלעות, כמה חבטות פטיש היו דרושות כדי שהכדור ינוע לאורך כל המסלול? ב-20 צלעות? ב-100 צלעות?

ד. לאיזו צורת מסלול מתקרב מסלול בעל מספר גדול מאוד של צלעות? כמה חבטות דרושות ולאיזה כיוון כדי להניע את הכדור במסלול זה?

ה. התבוננו בכיוון תנועת הכדור ובכיוון חבטות הפטישים. האם

חבטות הפטיש הן בכיוון תנועת כדור?

ו. מהו הכיוון הכללי של כל חבטות הפטישים?

ז. מהי תוצאת הפעולה של כל חבטה?

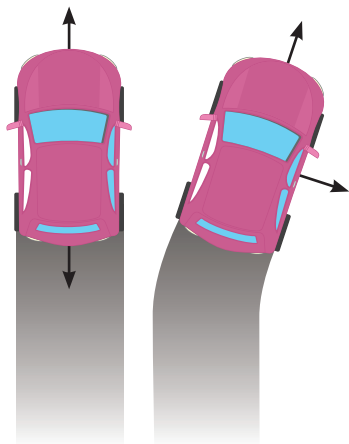
ח. במה דומה פעולת חבטות הפטיש לפעולתן של הרצועות באבן הקלע של דויד?

ט. האם הכדור יכול לשנות את כיון תנועתו בלי חבטות הפטיש?

8. מה מסמנים כיווני החיצים הכחולים והירוקים שבתרשים משמאל?

9. התרשים שבצד שמאל מתאר כדור שנע במסלול מעגלי. מהו הקשר שבין כיוון התנועה של הכדור בכל נקודה ונקודה לבין כיוון הכוחות הפועלים עליו?





10. בתרשים מתוארת מכונית שנעה בתנועה ישרה, ואותה מכונית כאשר הנהג מסובב את ההגה ימינה והמכונית נעה בסיבוב.

- איזה מבין החיצים מייצג את כיוון התנועה ואיזה את כיוון הכוח?
- מהו סוג הכוח הגורם למכונית לנוע בסיבוב והיכן נוצר כוח זה?
- מהו כיוון הפעולה שלו בהשוואה לכיוון התנועה של המכונית?

זכרו! תנועה בסיבוב לא נוצרת ללא הפעלה של כוח



כוח המשיכה שבין כדור הארץ לירח גורם לירח לנוע בסיבוב מסביב לכדור הארץ.



כוח החיכוך שבין גלגלי המכונית לבין כביש גורם לסיבוב המכונית.



הכוח שדוד הפעיל באמצעות הרצועות על אבן הקלע גרם לאבן לנוע בסיבוב.

למדנו, כי **'התמדה'** מתקיימת כאשר סכום הכוחות הפועלים על הגוף (הכוח השקול) שווה לאפס. במקרה כזה תנועת הגוף לא תשתנה, כלומר, אם היה במנוחה, לא ינוע בכלל ואם היה בתנועה הגוף ימשיך לנוע במהירות קבועה ולאורך קו ישר. פעולת כוח נוסף על גוף שנמצא בתנועת התמדה תגרום לו לשינויים במהירותו. מאחר שהמהירות היא גודל וקטורי (בעלת כיוון וערך) יכולים לחול שינויים הן בגובה (ערך) המהירות והן בכיוון. **כוחות הפועלים בכיוון התנועה** מגדילים או מקטינים את **ערך** המהירות. **כוחות שאינם פועלים בכיוון התנועה** גורמים לשינויים בכיוון המהירות, כלומר בכיוון התנועה.



למעשה, **סיבוב** הוא **שינוי בכיוון מהירות התנועה** של הגוף כתוצאה מפעולת כוח שקול בכיוון הניצב לכיוון התנועה. כשיחדל הכוח מלפעול, הגוף יחדל להסתובב ויתחיל לנוע בתנועת התמדה לאורך קו ישר. כוח זה נקרא **'כוח צנטריפטלי'**.

- כשדויד הרפה מהרצועות הוא הפסיק את פעולת הכוח על הקלע, והקלע המשיך את תנועתו לאורך קו ישר.
- כשיחדל לפעול כוח המשיכה בין כדור הארץ לבין הירח ימשיך הירח בתנועה ישרה אל עבר החלל.
- כשיחדל לפעול החיכוך בין גלגלי המכונית לבין הכביש היא תמשיך לנוע לאורך קו ישר.

הסיבוב במרחב התעבורתי

המכוניות ומשתמשי הדרך האחרים הנעים בסיבוב במרחב התעבורתי אינם קשורים בחוט למרכז הסיבוב וגם אין מכים בהם בפטיש כדי לגרום להם להסתובב. אם כך, מהו הכוח הגורם לסיבוב של כלי הרכב בכבישים?

האם החיכוך הוא הגורם לסיבוב המכונית?

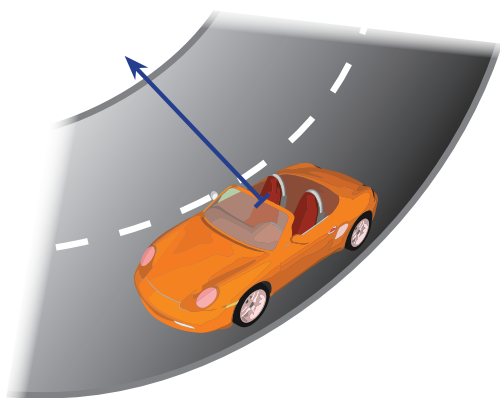
אנחנו כבר מבינים, שהחיכוך הוא הכוח המאפשר את תנועת המכונית בתנועה ישרה קדימה. האם ייתכן שהוא גם הגורם לסיבוב שלה?

כדי לענות על שאלה זו נתנסה בתנועה בסיבוב באמצעות ההדמיה **'תנועה בסיבוב'**.

מרחב למידה

היכנסו לסביבת הלמידה* **'חשיבה בתנועה'** לפעילות **'תנועה בסיבוב'**. במסלול זה תתרגלו תנועה במסלול סיבובי בתנאי דרך משתנים. במהלך התנועה בסיבובים ובפניות תבחנו את השפעתן של התכונות הפיזיקליות של הכביש ושל כלי הרכב על היכולת להשלים בהצלחה סיבובים ופניות. פעלו על-פי ההנחיות בדפי המשימה.

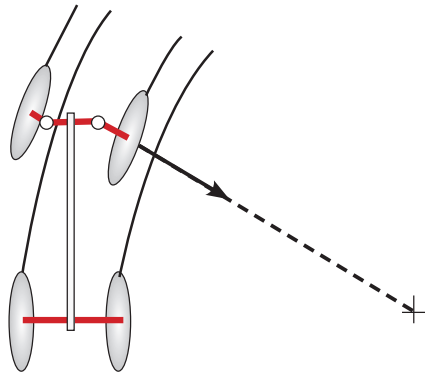
* היכנסו לסביבת הלמידה **'חשיבה בתנועה'**, על פי ההנחיות המפורטות בעמוד 9.



כפי שלמדנו, סיבוב נגרם כתוצאה מפעולת **כוח צנטריפטלי**, שכיוונו אל מרכז הסיבוב של התנועה. הכוח הצנטריפטלי מונע מהמכונית מלהמשיך לנוע בכיוון ההתמדה שלה, וגורם לשינוי כיוון התנועה שלה. כוח צנטריפטלי יכול להיות כל כוח שאיננו פועל בכיוון התנועה. כל זמן שהמכונית נעה בסיבוב פועל עליה כוח מסוג זה. ברגע שיחדל מלפעול תחזור המכונית ותתמיד בתנועה ישרה.

כוח צנטריפטלי פירושו כוח הפועל בכיוון מרכז הסיבוב. מקור המלה בלטינית, centrum - מרכז ו- 'petere' שואף אל.



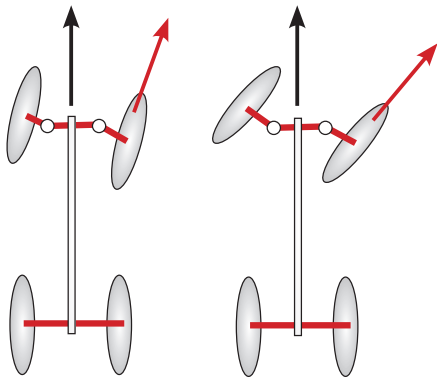


כדי לסובב את המכונית משתמש הנהג בהגה. ההגה מציב את הגלגלים בכיוון שונה מהכיוון של תנועת המכונית באותו זמן. כאשר הנהג מסובב את ההגה ימינה גלגלי המכונית פונים ימינה וכיוון התנועה משתנה בהתאם לכך. כתוצאה מסיבוב ההגה נוצר הכוח הצנטריפטלי הגורם לכך שהמכונית תסתובב.

כיצד?

היווצרות הכוח הצנטריפטלי הגורם לסיבוב המכונית

התבוננו באיורים משמאל. האיורים מתארים את מצב הגלגלים כאשר המכונית מסתובבת ימינה. שימו לב למצבם של הגלגלים הקדמיים.



החץ השחור מייצג את כיוון התנועה של המכונית

החץ האדום מייצג את כיוון הכוח המניע

מתוך התבוננות במצבם של שני חיצים אלה, ברור שהכוח המניע אינו פועל בכיוון התנועה. הכוח הפועל על הגלגלים משפיע על תנועת המכונית בשני אופנים בו-בזמן: חלקו של הכוח מניע את המכונית קדימה וחלקו פועל עליה בכיוון הניצב לכיוון תנועתה ומסובב אותה. חלק זה של הכוח פועל ככוח צנטריפטלי. כלומר, הוא הכוח המסובב.

מכיוון שהכוח המניע הוא תוצאה של כוח החיכוך, ניתן להסיק מכך שחלקו של כוח החיכוך הוא זה שגורם לסיבוב. בהיעדר החיכוך לא ניתן לבצע על פני הכביש תנועה בסיבוב.

שאלות למחשבה



1. לעיתים קשה או לא ניתן לבצע סיבוב בכביש.
 - א. מנסיונכם, ציינו דוגמאות למצבים כאלה.
 - ב. מהם הגורמים שיכולים להשפיע על תנועת המכונית בסיבוב?
2. בתמונות שלפניכם שתי מכוניות הנעות בעיקול הכביש.
 - א. מהם הכוחות הפועלים על המכוניות? שרטטו במחברתכם תרשים כוחות המתאר את הכוחות הפועלים על כל אחת מן המכוניות ואת כיוונם, ורשמו באשר לכלל כוח – מי הגוף שמפעיל אותו.
 - ב. מה יקרה כשכוח החיכוך בין גלגלי המכונית לכביש יפסיק לפעול?



מכוניות נעות בסיבוב





מכונת מחליקה בסיבוב

4. בתמונה הבאה נראית מכונת שאיננה מצליחה לנסוע בסיבוב.
- א. מה קורה למכונת?
ב. מה גורם לכך שהיא אינה מצליחה לנוע בסיבוב?
ג. הסבירו מדוע אין המכונת מצליחה לנוע בסיבוב על סמך הרעיונות המדעיים שלמדתם עד כה.

מהן מגבלותיו של כוח החיכוך בסיבוב?

למדנו, שכוח החיכוך הוא הגורם לסיבוב המכונת. סיבוב ההגה והגלגלים גורם לכוח החיכוך לפעול בכיוון שאיננו כיוון תנועת המכונת, וכך מניע אותה בסיבוב. ככל שמהירות המכונת גבוהה יותר והמסה שלה גדולה יותר, כן דרוש כוח חיכוך רב יותר על מנת לסובב אותה. על מנת לסובב משאית דרוש כוח חיכוך רב עוד יותר מאשר לסובב מכונת משפחתית הנעה באותה מהירות. כמו כן, למכונת שמגבירה את מהירותה דרוש כוח חיכוך רב יותר על מנת שתסתובב.

והנה הבעיה: אחת מתכונותיו של כוח החיכוך היא שהוא **מוגבל בערכו**. הוא יכול להתפתח עד **ערך מקסימלי** שממנו איננו גדל יותר. את ערכו המקסימלי של כוח החיכוך קובעים בין השאר איכותם של הצמיגים ופני הכביש שעליו נוסעת המכונת.

כאשר כוח החיכוך איננו מספיק לשמור על התנועה הסיבובית הדבר דומה לרצועות שאינן מסוגלות לסובב את אבן הקלע של דויד, או לכוח הכובד בין הארץ לירח שאיננו מספיק כדי להניע את הירח סביב כדור הארץ.

התחושות הנגרמות לבני האדם בזמן תנועה בסיבוב

עתה, משלמדנו כיצד נוצרת תנועה בסיבוב, ניזכר שוב בסיפורו של הפיזיקאי האמריקני (בעמוד 91) שחש כי כוח מסתורי דוחף אותו בעת הסיבוב.

כיצד ניתן להסביר את תחושתו?

ההסבר קשור להבנת הקשר בין עקרון ההתמדה לבין התנועה בסיבוב.

כיצד קשורה תנועת ההתמדה לתחושה שלנו בזמן הסיבוב?

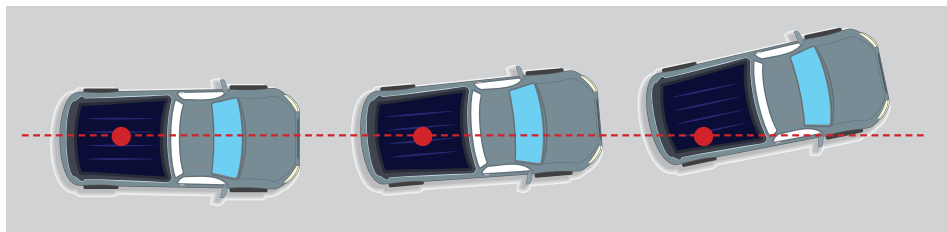
כאמור, התמדה היא הנטייה של כל גוף חומרי להישאר במצב תנועתו לאורך קו ישר ולהתנגד לשינויים במהירותו או בכיוון תנועתו, כל עוד לא פועל עליו כוח חיצוני. גופים הנעים בסיבוב משנים כל זמן תנועתם את הכיוון שבו הם נעים בהשפעת כוח מסובב הנקרא **כוח צנטריפטאלי**.

בכל רגע ורגע בתנועת הסיבוב באה לביטוי גם נטייתו של הגוף להתמיד בתנועה ישרה. בדומה למכונת, גם לגופו של נוסע היושב במכונת מסתובבת הנטייה להמשיך בתנועה ישרה בזמן שהמכונת מסתובבת.

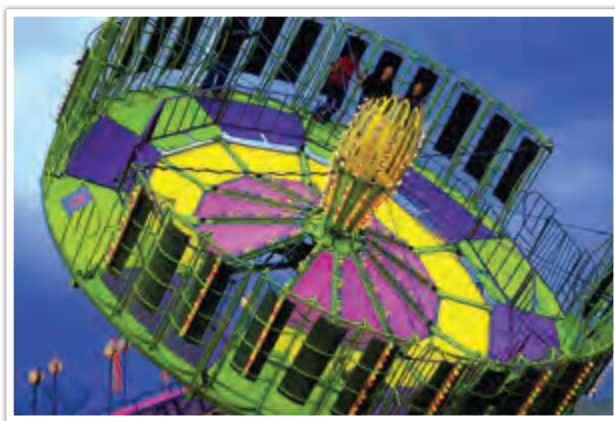


בואו ונראה מה קורה כתוצאה מכך.

נתבונן בנוסע הנמצא באמצע מכונית מסתובבת ואינו מחובר אליה. כמו כל גוף, גם לנוסע זה יש נטייה להתמיד בתנועה ישרה וקבועה גם כאשר המכונית שבה הוא נמצא מסתובבת. התחושה של הנוסע היא שהוא נצמד לדופן המכונית, כפי שמראה הציור.



מכיוון שהמכונית מסתובבת והנוסע ממשיך לנוע בתנועה ישרה, נראה למי שנמצא בתוך המכונית שהוא לא נשאר במקומו באמצע המכונית אלא נע לכיוון הדופן שלה. עד אשר דופן המכונית פוגע בו, מפעיל עליו כוח. כוח זה מונע ממנו להתמיד בתנועתו, וגורם לו לנוע בסיבוב יחד עם המכונית.



במצב זה נוטים רבים לחשוב שקיים כוח המניע את הנוסע בכיוון המנוגד לכיוון הסיבוב. הם גם זיכו אותו בשם **כוח צנטריפוגלי. זו טעות, לא קיים כוח כזה!** קיימת רק תנועת ההתמדה של הנוסע ושל כל יתר החפצים שבמכונית בשעה שהמכונית מסתובבת.

במתקן הסיבוב הנראה בתמונה צמודים כל הילדים אל הדופן. הם חשים בכוח שהדופן מפעילה עליהם ומונעת מהם מלהמשיך לנוע בתנועת ההתמדה שלהם בקו ישר וגורמת להם לנוע בסיבוב.

מה יקרה לילדים אם נסיר את הדופן לפתע?



שאלות לדין



1. בהסתמך על הרעיונות המדעיים שלמדתם מהו הפירוש המדעי של התופעה והאמירה "המכונית לא לקחה את הסיבוב" או "לא לקחת את הסיבוב", ובשל אילו תנאים היא נגרמת?
2. מה קורה למכונית שלא הצליחה "לקחת את הסיבוב"?
3. היכן מוצאת את עצמה מכונית שלא "הצליחה לקחת את הסיבוב"?
4. התבוננו בתמרור המופיע בתמונה.
 - א. מפני מה מזהיר התמרור הבא וכיצד הוא קשור לכוח החיכוך?
 - ב. באילו תנאים לא יצליח נהג מכונית להימנע מן הסכנה שהתמרור מזהיר מפניה?



אובדן שליטה בסיבוב



אובדן שליטה בסיבוב

אחת מתאונות הדרכים הנפוצות היא תוצאה של אובדן שליטה וחוסר אפשרות לנוע בסיבוב כאשר כלי הרכב נע במהירות גבוהה.

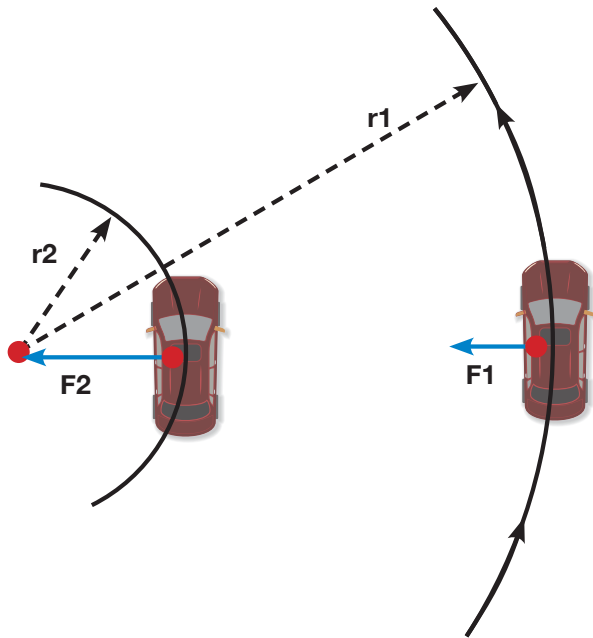
משתני הדרך המשפיעים על התנועה בסיבוב הם:

- מחוג (רדיוס) הסיבוב שבו מבקשים לנוע
- המהירות שבה מתחילים להסתובב
- טיב הדרך (פני הכביש, רטיבות, יובש וכו')
- איכות הצמיגים ואחיזת הרכב בכביש

נרחיב על כמה מהם.

מחוג (רדיוס) הסיבוב

ככל שמחוג הסיבוב קטן יותר נדרש כוח צנטריפטלי גדול יותר לקיום התנועה במסלול העקום. מחוג סיבוב קטן (סיבוב חד) פירושו שינוי גדול בכיוון התנועה, ולכן נדרש כוח רב לשם כך. ככל שמחוג הסיבוב גדול יותר נדרש כוח צנטריפטלי קטן יותר. צמיגים שאינם תקינים מקשים על תמרון ועל סיבובים חדים יותר מאשר על סיבובים רחבים.



פני הכביש

פני הכביש משפיעים על כוחות החיכוך של הצמיגים עם הכביש. כאשר הכביש רטוב, בוצי או מכוסה בחומר כלשהו כוח החיכוך הנוצר בין הגלגל לכביש קטן. כתוצאה מכך מחליק הרכב על הכביש ויכולת הבלימה וההאצה של הרכב נפגעת. במצב זה, הסכנה היא איבוד השליטה ברכב.



איכות הצמיגים



כוח החיכוך שבין הצמיגים לבין הכביש נקבע על-פי איכות הצמיגים ופני הכביש. כפי שלמדנו, כוח זה מאפשר את התנועה בסיבוב. איכות הצמיגים נקבעת על-פי כמה מדדים:

- עומק החריצים שעל פני הצמיג
- מידת השחיקה הפיזית של הצמיג
- מידת הניפוח של הצמיג
- מידת האלסטיות של הגומי שממנו עשוי הצמיג
- מידת התאמתו של הצמיג לכלי הרכב ולמשקלו

אי-הקפדה על איכות הצמיגים ועל מצבם פוגעת בשליטה וביציבות של כלי הרכב. צמיגים בלתי תקינים אינם מאפשרים לנוע כהלכה בסיבוב במיוחד במהירויות גבוהות.

חישובו מהו הקשר בין טיב הצמיגים ומידת שחיקתם לבין הכוח הצנטריפטלי ויכולת הסיבוב של כלי רכב?



מהירות התנועה בסיבוב



מכוניות מרוץ בסיבוב

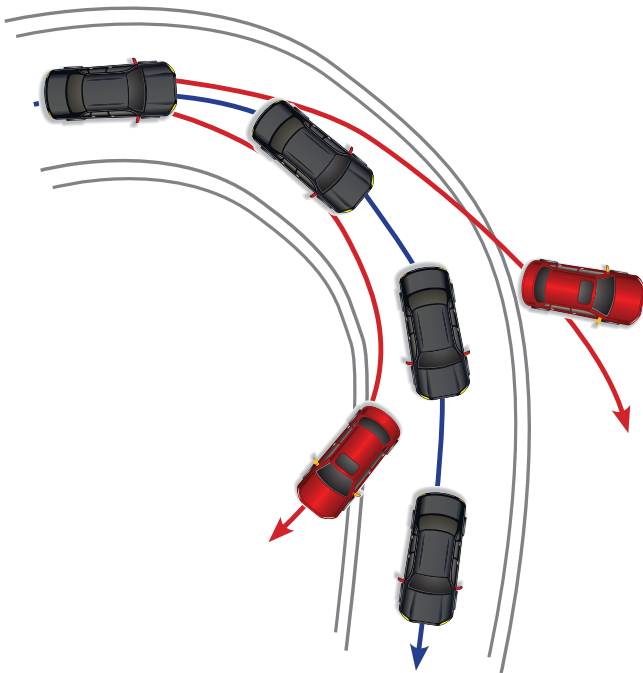
יכולתו של הנהג לנוע בסיבוב בצורה מדויקת מותנית ביכולתו להתאים את מהירות התנועה של כלי הרכב שלו לתנאי הסיבוב. מרבית הנהגים ייכשלו ללא ספק במבחן נהיגה במכונית מירוץ שנעה בסיבובים חדים במהירויות גבוהות מאוד, וימצאו את עצמם ודאי מחוץ למסלול המירוץ נעוצים בערימות הקש או הצמיגים שמונחים שם בדיוק למטרה זו. הסיבה לכך היא חוסר ניסיונם בהתאמת המהירות לתנאי הסיבוב. יכולתם של נהגי המרוצים להתאים לכל

סיבוב את המהירות הדרושה היא סוד הניצחונות שלהם במסלולי המירוצים. הם גם יודעים לכלכל את ההיבטים הסביבתיים הקשורים למירוץ כמו קרבתם של נהגים אחרים, מזג האוויר, תכונות כלי הרכב שלהם ומגבלותיו.

חוקי הפיזיקה קובעים מהירות מקסימלית לתנועה במסלול מעגלי מבלי לחרוג ממנו. כלומר, לכל סיבוב מתאימה מהירות מקסימלית שונה. חריגה ממהירות זו תגרום לסטייה ממסלול הנסיעה.



מהירות קריטית בסיבוב



בכל מקרה של נסיעה על פני כביש שטוח ואופקי כוח החיכוך בין צמיגי המכונית לכביש הוא הגורם לסיבוב של כלי הרכב. על מנת לנוע בסיבוב בעל רדיוס קטן ובמהירות גבוהה נדרש כוח רב. כזכור, כוח החיכוך מוגבל בערכו. במקרים שבהם כוח החיכוך המקסימלי שונה מהכוח המתאים לנוע בסיבוב בכביש לא תוכל המכונית להסתובב, ויקרה אחד משני המצבים:

- המכונית תסטה מהכביש בצידו החיצוני
- המכונית תסטה מהכביש בצידו הפנימי

חשבו וענו:



באילו תנאים של פעולת כוח החיכוך יקרה כל אחד מהאירועים הנ"ל? כיתבו את האפשרות הנכונה והסבירו את בחירתכם:

- א. המכונית תרד מהכביש בצידו החיצוני כאשר כוח החיכוך גדול / קטן מהנדרש, כי ...
- ב. המכונית תרד מהכביש בצידו הפנימי כאשר כוח החיכוך מותאם / גדול / קטן מהנדרש, כי ...
- ג. המכונית תנוע בסיבוב כנדרש כאשר כוח החיכוך מותאם / גדול / קטן מהנדרש, כי ...

מהירות הנסיעה הגבוהה ביותר האפשרית לתנועה בסיבוב מבלי להתהפך נקראת בשם **המהירות הקריטית** של הסיבוב. המהירות הקריטית תלויה במידה רבה מאוד בחיכוך שבין הצמיגים לבין כביש וברדיוס הסיבוב.

- כאשר מהירות הרכב קטנה מהמהירות הקריטית אין לרכב כל בעיה לנוע בסיבוב בכביש.
- כאשר מהירות הרכב זהה למהירות הקריטית יתחיל הרכב לאבד את אחיזה שלו בכביש, והנהג לא יוכל לבלום או לשלוט בכיווני נסיעתו.
- כאשר מהירות הרכב גבוהה מהמהירות הקריטית, יסטה כלי הרכב ממסלול נסיעתו בכביש, ירד אל השול החיצוני ויתהפך לצידו החיצוני של הסיבוב.





שאלות

1. לפני כל סיבוב או עקום בכביש מותקן תמרור המזהיר את הנהגים מפניו. אילו סכנות צפויות לנהג הנוסע בסיבוב? חשבו על סיבות רבות ככל האפשר ורשמו אותן.



2. מה לדעתכם קרה לאופנוע הנראה בתמונה? שימו לב לסימני ההחלקה של גלגלי האופנוע על הכביש, והסבירו את שאירע בעזרת הרעיונות המדעיים שלמדתם.



יציבות

האם הייתם מוכנים לנסוע ברכב עמוס כדוגמת זה המתואר בצילום? מהי הבעיה שבפניה היה ניצב מוביל האופניים לו ביקש לרכוב על אופניו?



שאלות לדיון

1. מהו המשותף לשני המצבים המתוארים?
2. מהן הסכנות שבנסיעה במכונית ובאופניים במצבים כאלה?
3. האם ניתן לנהוג או לכוון כלי רכב במצב כזה?
4. מה עלול לקרות לרכב במצב כזה בזמן תנועה בסיבוב?



עומס-יתר

שני המקרים המתוארים בצילומים מעלה הם דוגמאות למצבים שבהם הועמסו כלי הרכב בעומס-יתר.

עומס-יתר הוא מצב שבו כלי הרכב עמוס במשקל הגדול מזה שמותר לו לשאת על-פי הוראות היצרן, וחלוקת המשקל על גלגליו מסכנת את היכולת לשלוט בו.

משקל הרכב והמטען שהוא נושא מתחלק בין כל הגלגלים וכתוצאה מכך פועלים כוחות פעולה ותגובה בין הגלגלים לבין הכביש בנקודות המגע שלהם. ככל שהמטען כבד יותר כן גדולים יותר הכוחות הפועלים.

ככל שהכוחות הפועלים על הגלגלים הקדמיים גדולים יותר, קשה יותר לסובב את ההגה של המכונית, מכיוון שכוח החיכוך בין הגלגלים לבין הכביש גדל. ככל שכוחות אלה קטנים כן קל יותר לסובב את ההגה. אבל, מכיוון שכוח החיכוך קטן יותר אנו עלולים לאבד את היכולת לבצע את תנועת הסיבוב של כלי הרכב. במקרים קיצוניים כאשר הגלגלים הקדמיים מתנתקים מהכביש אין כל אפשרות לשלוט ברכב ובכיווני התנועה שלו.



לשם המחשה נתבונן במקרה הבא:



המשקל הכולל של המערכת הנראית באיור משמאל מתחלק על פני רגליו הקדמיות והאחוריות של החמור וגלגלי העגלה.

1. על מי מהם פועל הכוח הרב ביותר?
2. מהו הכוח הפועל בין הרגליים הקדמיות של החמור לבין הדרך?
3. במה דומה מצב זה למצב של כלי רכב שהמטען שהוא נושא מרוכז בחלקו האחורי?



4. האם ניתן לשלוט בכיווני תנועתו של רכב במצב כזה? הסבירו מדוע.

עומס-יתר הוא הגורם המשפיע במישרין על בטיחות הנסיעה בכביש. משקל המטען מפעיל על הצמיגים כוח רב המקשה על השליטה בכלי הרכב ויוצר בעיות קשות בהיגוי ובבלימה. בנוסף לכך, גורם עומס-יתר לשקיעת הכבישים וליצירת מהמורות בהם. השמירה על איכותם ועל תקינותם של נתיבי התעבורה היא אחד מהתנאים החשובים לבטיחות בדרכים.

משרד התחבורה קבע ש: "כלי רכב הנע בעומס-יתר מהווה סכנת מוות ברורה ומוחשית".

קביעה זו נעשתה בעקבות ריבוי המקרים שבהם היו מעורבים נהגי משאיות רבים בתאונות בגלל אובדן שליטה בכלי רכבם. גורמי האכיפה הגיעו למסקנה, שמשאיות אלה היו עמוסות בעומס-יתר שלא אפשר לנהגים למנוע את התאונות. לנוכח ממצאים אלו הוחלט להגביר את האכיפה של החוק העוסק בעומס-יתר על משאיות. בין היתר, למטרה יש זכות להחרים את הרכב שבו הובל מטען בעומס יתר.

כיצד יכול עומס-יתר לגרום לתאונת דרכים? הסבירו.



עומס-יתר איננו בעיה של נהגי משאיות בלבד. היא נוגעת לכל מי שמנסה להוביל ברכבו מטען שמשקלו גדול מכפי שהרכב מסוגל לשאת.

עומס-יתר משפיע על יכולת השליטה בכלי הרכב, והיכולת לשלוט קשורה לתכונת ה**יציבות** שלו.



מרחב למידה



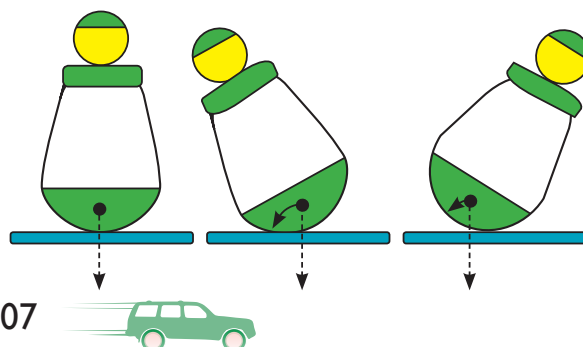
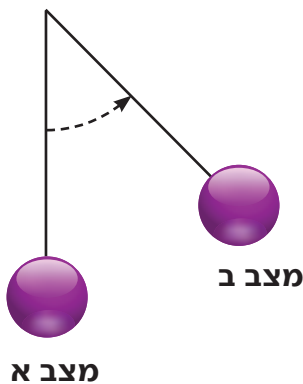
היכנסו לסביבת הלמידה * 'חשיבה בתנועה', לפעילות 'אימוני יציבות'. במסלול זה תתרגלו נהיגה בכלי רכב עמוס מטען בתוואי דרך מאתגר. עליכם לשמור על יציבות הרכב ולהגיע לנקודת הסיום מבלי שהוא יתהפך ומבלי לאבד את כל המטען. לשם כך עליכם להתאים את נסיעתכם לגודלו של המטען שמועמס על הרכב, למשקלו ולמיקומו. פעלו על-פי ההנחיות. * היכנסו לסביבת הלמידה 'חשיבה בתנועה', על פי ההנחיות המפורטות בעמוד 9.

יציבות מהי?

בהיבט המעשי יציבות פירושה היכולת לשלוט בתנועת כלי הרכב בכל תנאי הנסיעה בדרך: בתנועה מהירה, בזמן תנועה בסיבובים, ובזמן תמרונים בלתי צפויים של התחמקות מתאונה או מהתנגשות. השליטה בתנועה פירושה היכולת לבלום, להאיץ ולשמור על כיווני הנסיעה של הרכב. יציבותו של הרכב מאפשרת לנהג לפעול כנדרש בדרך ובמצבי חירום וכן, לחזור ולשלוט בו כאשר הוא חש אובדן יציבות רגעי. כאשר הרכב אינו יציב לא ניתן לשלוט בכיווני תנועתו ובמהירותו. חוסר יציבות גורם לאי יכולת לבלום ולהחלקה. חוסר יציבות מוחלט יגרום להתהפכותו. לכן נהוג להציג את היציבות כהיפוכה של ההתהפכות. יציבות רבה פירושה סיכוי נמוך להתהפכות, יציבות גרועה פירושה סיכוי גבוה להתהפכות. בהיבט של השליטה ברכב משמעותה של היציבות היא התאמה בין פעולות הנהג לבין תנועת הרכב בפועל. בהיבט הפיסיקאלי יציבות היא הנטיה של כל גוף לשמור על מצבו ולחזור אליו באופן טבעי אחרי שהוציאו אותו ממנו. גוף יציב חוזר באופן טבעי למצבו זה. גוף בלתי יציב לא חוזר למצבו והוא עובר ממצב זה למצבים אחרים. נטייה טבעית פירושה שפועלים על הגוף כוחות חיצוניים המחזירים אותו למצבו היציב (כוחות מחזירים).

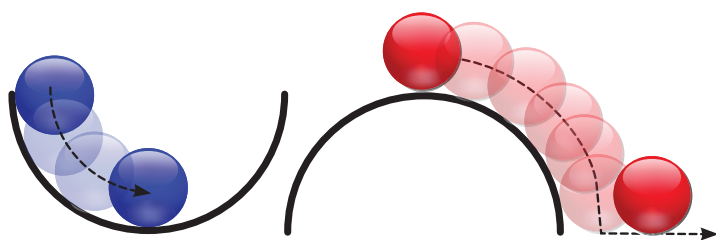
לדוגמה:

מטוטלת התלויה על חוט נמצאת במצב יציב בנקודה הנמוכה ביותר שלה (מצב א'). כאשר נשנה את מצבה (למצב ב') היא תחזור למצבה הקודם (מצב א'). בנקודה הנמוכה שלה המטוטלת יציבה, היא נמצאת במצב יציב.



'נחום תקום', הבובה שתמיד נעמדת על בסיסה, היא דוגמה למערכת שנמצאת במצב יציב.





גולה בתחתית קערה היא דוגמה למצב יציב, לעומת המצב שבו היא נמצאת בראש קערה הפוכה (משטח קמור) אז היא איננה במצב יציב. אם נזיז את הגולה מתחתית הקערה ונרפה, היא תחזור למצב הראשוני.

יציבות הרכב

רכב במצב יציב הוא רכב שבו נשמר מגע קבוע בין גלגליו לבין הכביש בכל תנאי הנסיעה, גם כאשר פועלים עליו כוחות חיצוניים.

מכונית עומדת או מכונית שבתנועה שכל גלגליה נוגעים בכביש היא מכונית במצב יציב. בדומה לגולה, מכונית יציבה היא מכונית שחוזרת למצב שבו ארבעת גלגליה נוגעים בכביש גם לאחר שפעלו עליה כוחות חיצוניים שגרמו להם להתנתק.

התהפכות כלי רכב היא דוגמה לסטייה ממצב יציב, ומעבר למצב שבו הכוחות המחזירים אינם מספיקים כדי להשיב אותו למצבו היציב.

אובדן היציבות משמעותו היעדר יכולת לשמור על מצב קיים או לחזור אליו.

הגורמים המשפיעים על יציבות הרכב

יציבותם של גופים מושפעת מהכוחות הפועלים עליהם בזמן תנועתם. כוחות אלו הם:

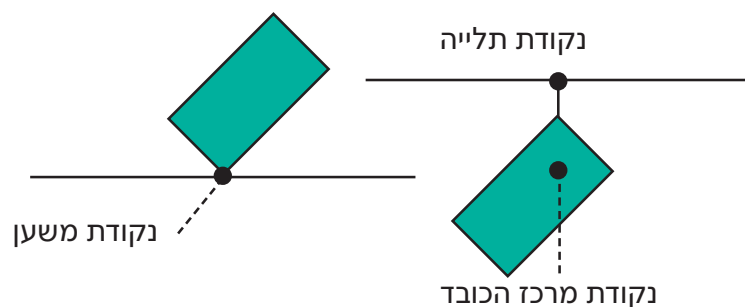
- כוח הכובד – משקלו של הרכב והמטען שאותו הוא נושא
- כוחות צנטריפטליים הנוצרים בזמן תנועה בסיבוב
- כוחות הנוצרים כתוצאה משיפועי הדרך
- כוחות המופעלים על-ידי רוחות חזקות

הגדרת המושג מרכז הכובד

כל גוף הוא בעל מרכז כובד.

‘מרכז הכובד’ של גוף הוא הנקודה שאליה אפשר להתייחס כאילו כל משקלו של הגוף נתון בה.

זוהי הנקודה שאם תומכים בה או תולים בה את הגוף, הוא יעמוד יציב מבלי ליפול או להסתובב. נקודה זו יכולה להימצא מחוץ לגוף או בתוכו.



גוף שומר על שיווי משקל יציב רק אם מרכז הכובד שלו יהיה נמוך מנקודת התלייה שלו או מהנקודה עליה הוא נשען – **נקודת המשען**.

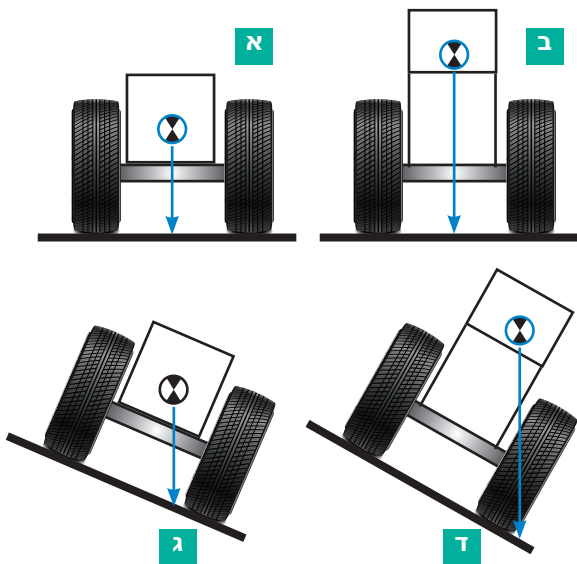
משום כך אי-אפשר להעמיד מלבן, למשל, על אחד מקודקודיו. לעומת זאת, אין כל קושי לתלות את המלבן בנקודת הקודקוד, כי במצב זה מרכז הכובד שלו נמצא מתחת לנקודת התלייה.



במקרים רבים במקום לדון בהשפעתם של כוחות חיצוניים על גוף ממשי בעל נפח וצורה, נוח יותר לדון בהשפעת הכוחות על נקודת מרכז הכובד בלבד, כיוון שמסת הגוף כולו מתנהגת כאילו היא מרוכזת בנקודה זו.

משקלו של גוף הוא הכוח הפועל בין כדור הארץ לבין הגוף. כוח זה פועל תמיד בין שני מרכזי הכובד של הגוף ושל כדור הארץ. כלומר, הקו הישר המחבר בין שני מרכזי הכובד הוא קו הפעולה וכיוונו של משקל הגוף. כיוונו של המשקל הוא תמיד בניצב (מאונך) לפני כדור הארץ, והוא נקרא 'קו הפעולה של כוח הכובד'.

לכל גוף שטח משען שעליו הוא מונח. שטח משען של מכונית הוא השטח שבין ארבעת גלגליה. שטח המשען של בני האדם במצב עמידה או הליכה הוא השטח שבין כפות הרגליים. שטח המשען של מגדל פיזה הוא שטח הבסיס שעליו ניצב המגדל.



בכל אחד מהתרשימים משמאל מתוארים: רכב, נקודת מרכז הכובד שלו וקו הפעולה של משקלו. נקודות המשען של הרכב הן בתחום שבין שני גלגלי הרכב. מצב א' מתאר את הרכב במצבו הרגיל ללא מטען. כאשר מעמיסים מטען על הגג (מצב ב'), נקודת מרכז הכובד עולה וקו הפעולה עדיין עובר דרך תחום המשען. כאשר מטים את הרכב (מצבים ג' ו-ד') קו הפעולה של משקלו משנה את מקומו יחסית לנקודות המשען ונוצר מצב בלתי יציב. מתי יתהפך הרכב? הוא יתהפך כאשר קו הפעולה יחרוג מגבולות תחום המשען של הרכב (מצב ד').

מהו הקשר ליציבות?

גוף נמצא במצב יציב כאשר נקודת מרכז הכובד שלו נמצאת מעל לתחום שטח המשען שלו, או ש'קו הפעולה של כוח הכובד' עובר דרך שטח המשען של הגוף.

כוחות חיצוניים עלולים לשנות את מיקומה של נקודת מרכז הכובד.

כאשר נקודת מרכז הכובד של הגוף חורגת מתחום המשען יאבד הגוף (כלי רכב, למשל) את יציבותו ויתהפך.

מתי ייפול מגדל פיזה ומדוע לא נפל עד כה?

כאשר נשרטט את קו הפעולה של משקלו של המגדל ('קו הכובד' מסומן באיור באדום) נראה, שהוא עובר עדיין דרך שטח המשען של המגדל. זוהי הסיבה שעדיין לא נפל. ככל שתגדל נטייתו של המגדל כן יתקרב קו הפעולה של המשקל לקצה שטח המשען. כאשר הקו יחצה את גבולות שטח המשען, המגדל יתמוטט. לכן כדי לשפר את יציבותו, מרחיבים את בסיסו ומנמיכים את מרכז הכובד שלו על ידי הוספת מטען כבד בשטח הקרוב לבסיסו.



מגדל פיזה, איטליה

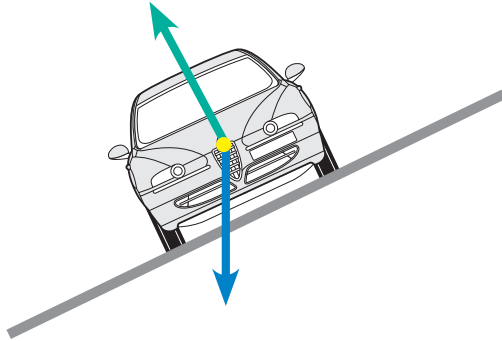
המושגים 'משקל הגוף' ו'כוח הכובד' שקולים זה לזה.



איך כל זה קשור למרחב התעבורתי?

דבר דומה עלול לקרות גם לכלי רכב במרחב התעבורתי.

ברכבי שטח, לדוגמה, נקודת מרכז הכובד גבוהה מאד, והם נוסעים בשיפועים חדים הן קדימה, הן אחורה והן לצדדים. לכן, לעיתים תכופות הם מאבדים את יציבותם ומתהפכים.



דוגמה נוספת, כאשר מכונית ניצבת על פני כביש אופקי, קו הפעולה של משקלה עובר דרך שטח המשען שלה ולכן היא יציבה. כאשר נציב אותה על פני דרך משופעת עלול קו הפעולה לחרוג מתחום המשען והמכונית תתהפך.

גם כאשר נושבת רוח צד חזקה עלול מקומה של נקודת מרכז הכובד (ביחס לקרקע) להשתנות, וקו הפעולה של המשקל יחרוג מעבר לשטח הבסיס, והמכונית תתהפך.

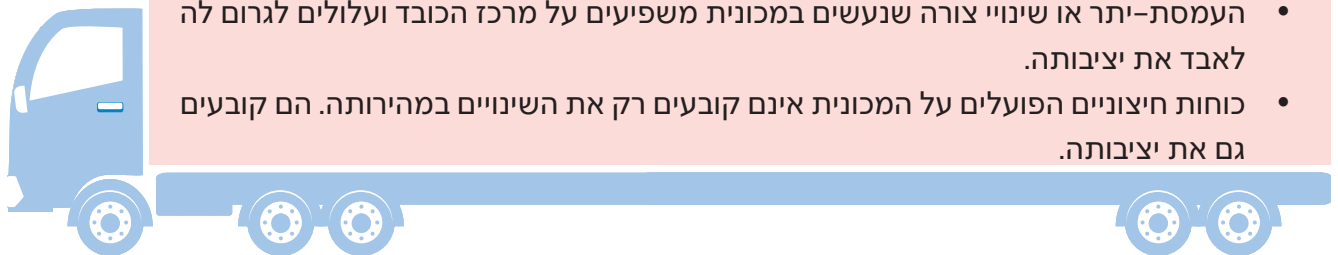
ישנם תמרומים המזהירים את הנהגים מפני משבים של רוחות צד העלולים לפגוע ביציבותו של כלי הרכב.



גם בסיבוב חלים שינויים במקומה של נקודת מרכז הכובד כתוצאה מהכוחות הפועלים עליה במצבים אלה. כאשר תחרוג נקודת מרכז הכובד ממקומה מעל לשטח המשען של המכונית, שני הגלגלים הפנימיים ינתקו את המגע שלהם עם הכביש, וכל משקל המכונית יעבור אל הגלגלים החיצוניים. כאשר נקודת מרכז הכובד תחרוג מעבר לכך – המכונית תתהפך.

לסיכום, חשוב לזכור!

- כוחות חיצוניים הפועלים בנוסף לכוח הכובד עלולים לשנות את מקומו של מרכז הכובד.
- כאשר קו הפעולה של מרכז הכובד חורג מתחום המשען כל גוף או כלי רכב מאבדים את יציבותם ומתהפכים.
- כוחות הפועלים בסיבוב גורמים למרכז הכובד לזוז אל מחוץ לסיבוב. כאשר קו הפעולה של מרכז הכובד חורג מגבולות שטח המשען הרכב יתהפך.
- העמסת-יתר או שינויי צורה שנעשים במכונית משפיעים על מרכז הכובד ועלולים לגרום לה לאבד את יציבותה.
- כוחות חיצוניים הפועלים על המכונית אינם קובעים רק את השינויים במהירותה. הם קובעים גם את יציבותה.



כוחות בסיבוב, יציבות והתהפכות

רכב יציב הוא רכב שמשקלו מחולק במידה נכונה בין כל גלגליו, כך שניתן לשלוט בו. במרחב התעבורתי נוצרים מצבים מסוכנים שבהם מאבדים נהגים את היכולת לשלוט ברכבם כתוצאה מחלוקת משקל לא נכונה בין גלגלי הרכב.

המצבים שבהם הרכב אינו יציב כתוצאה מכך שמשקלו של הרכב איננו מתחלק במידה שווה בין גלגליו הם:

- תנועה בסיבוב
- בלימה
- האצה

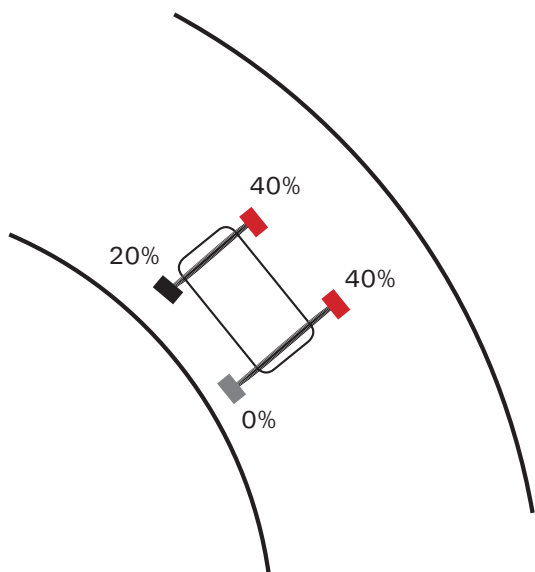
יציבות בזמן תנועה בסיבוב

כפי שלמדנו, תנועה בסיבוב נגרמת כתוצאה מהכוח הצנטריפטלי הפועל על כלי הרכב שלא בכיוון תנועתו. כוח זה פועל על צידו של כלי הרכב וגורם לו להסתובב.

1. התבוננו בתצלום של הטרקטור במצב בלתי יציב הנע בסיבוב, וענו על השאלות הבאות:



- א. האם הטרקטור נמצא בתנועת סיבוב לצד שמאל או לצד ימין?
- ב. אילו גלגלים נושאים בנטל משקל הטרקטור?
- ג. מהן לדעתכם הסיבות שבגללן התהפך הטרקטור?
- ד. האם ניתן לשלוט בכיוון תנועתו של הטרקטור במצב כזה?



2. בתרשים מתוארת באחוזים חלוקת המשקל של הרכב על פני הגלגלים בזמן שהוא נע בסיבוב שמאלה.
- א. אילו גלגלים נושאים במרבית המשקל של כלי הרכב?
 ב. איזה גלגל סביר שניתק כבר מגע עם הכביש? נמקו.
 ג. לאיזה צד עומד כלי הרכב להתהפך, ימינה או שמאלה?
 ד. מהי הסיבה הסבירה ביותר להתהפכות במקרה זה?



3. התבוננו בתצלום המכונית במגרש ניסויים לבדיקת יציבותם של כלי רכב הנעים בסיבוב.
- הסבירו:
- א. מה יכולה להיות מטרת הניסוי במקרה זה?
 ב. אילו גדלים פיזיקליים מבקשים לבדוק בניסוי?
 ג. מהי השפעתם של גדלים פיסיקליים אלו?

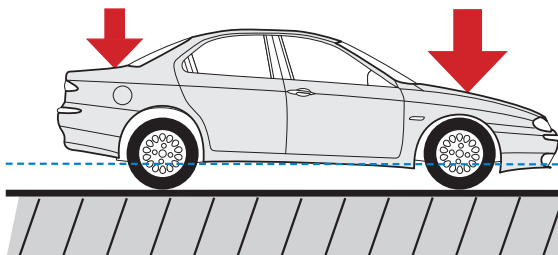


יציבות בזמן תהליך הבלימה

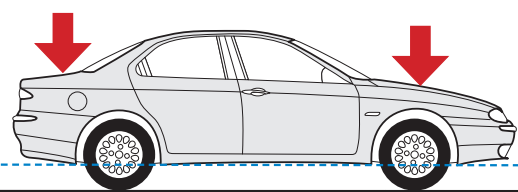
תהליך הבלימה הוא תהליך של האטה. כאשר האטה מבוקרת לא ייווצר קושי לבלום ולשלוט בכלי הרכב. אולם, כאשר הבלימה היא פתאומית ומהירה מאוד עלולות להתעורר בעיות בשליטה.

בזמן בלימה מועבר משקלו של הרכב אל חלקו הקדמי, כפי שניתן לראות בתרשים, כך שהמשקל איננו מתחלק במידה שווה בין הגלגלים, ועל הגלגלים הקדמיים מועמס משקל רב יותר מאשר על האחוריים. תופעה זו מתרחשת עקב התמדת המכונית, על-פי עקרון ההתמדה.

בלימה



נסיעה במהירות קבועה



העברת משקל ברכב דו גלגלי

ברכב דו-גלגלי תגרום תופעת העברת המשקל בבלימה לניתוק המגע בין הגלגל האחורי לבין הקרקע, וכל משקל האופנוע והרוכב יעבור לגלגל הקדמי. במקרים קיצוניים יזרק הרוכב אל הכביש מעל לכידון של האופנוע.

במצב שבו ניתק המגע עם הכביש של חלק מהגלגלים, לא מסוגל הרוכב לשלוט בתנועת האופנוע.

יציבות בזמן האצה

בתצלום מתוארת מכונית בעלת הינע אחורי, המאיצה בכוח רב מאוד. כפי שניתן לראות, גלגליה הקדמיים של המכונית ניתקו מהכביש.

1. האם ניתן לנהוג או לכוון את המכונית במצב הזה?

2. מהי הסיבה שמצב כזה נוצר?



העברת משקל במכונית מאיצה





מכונית מרוץ

בתמונה מצולמת מכונית מירוץ, שאמורה להישאר יציבה במהירות של 300 קמ"ש.

1. כיצד משרת תכנון צורתה של המכונית את יציבותה ואת בטיחותה? הסבירו.



אוטובוס קומותיים

2. אוטובוס קומותיים אינו יכול לתמרן כמו מכונית המירוץ. הסבירו מדוע.

3. כיצד משפיע אכלוס מרבית הנוסעים בקומה השנייה על יציבותו של אוטובוס הקומותיים?

המכונית השחורה שבצילום 1 מבצעת ניסוי של תנועה בסיבוב במהירויות גבוהות.



מכונית בסיבוב

4. מהו כיוון הסיבוב בכביש, ומהו הכיוון שאליו מכוונים הגלגלים? האם שני הכיוונים זהים?

5. כיצד לדעתכם נוצר מצב כזה?

6. מה יקרה כאשר יתחדש המגע של הגלגלים הקידמיים עם הכביש? מדוע נהגים מאבדים שליטה במצב זה?

המכונית האדומה שבצילום מבצעת ניסוי תנועה בסיבוב.



מכונית בסיבוב

7. לאיזה כיוון, ימינה או שמאלה, מנסה נהג המכונית האדומה להסתובב?

8. אילו גלגלים ניתקו ראשונים את המגע עם הכביש, אלה שמצדו הפנימי או החיצוני של הסיבוב? הסבירו את תשובתכם.

9. מרבים לכתוב בעיתונים על כך, שתאונות דרכים נגרמות בשל איבוד השליטה ברכב. מתוך מה שלמדתם, הסבירו באילו נסיבות מאבד הנהג את השליטה ברכב, וכיצד הוא יכול להימנע ממצבים כאלה.



מערכות טכנולוגיות לשמירת היציבות

כיצד מתמודדים עם אובדן היציבות של כלי רכב?

אחת מהשיטות להתגבר על אובדן היציבות היא התקנת מערכת טכנולוגית לבקרת היציבות.

מערכות לבקרת יציבות

מערכת לבקרת יציבות, או בשמה האנגלי ESP- (Electronic Stability Program) נחשבת למערכת המתקדמת ביותר בתחום הבטיחות האקטיבית במכונית המודרנית. המערכת מסייעת ליציבות המכונית בכל מצב, בין אם הוא משתנה עקב תנאי כביש קשים או בגלל טעויות של נהג. המערכת מתחילה לפעול בכל מצב שבו סוטה הרכב ממסלול הנסיעה בניגוד לפעולת ההיגוי של הנהג, עם זיהוי מצב החלקה או אובדן שליטה. המערכת מייצבת את אחיזת המכונית על-ידי האטת פעולת המנוע והפעלת הבלמים של כל אחד מגלגלי המכונית באופן נפרד במידת הצורך. כל זאת מבלי שהנהג ילחץ על דוושת הבלם. הפעולה מאפשרת לנוהג לחמוק ממצבי היגוי מסוכנים או ממכשול ולמנוע תאונה.

דרך נוספת לשמור על יציבות כלי הרכב היא התאמה של משקל המטען לכלי הרכב.

טכנולוגיות מתקדמות לאכיפת המשקל

טכנולוגיית השקילה במהלך הנסיעה Weigh-in-Motion או בקיצור (WIM SYSTEMS) כבר מוכרת ופועלת זה שנים רבות. מדובר בתהליך שבו נהגי המשאיות אינם נדרשים כלל לעצור לצורך שקילה, אלא לנסוע בנתיב מיוחד שבו מזוהה המשאית ונשקלת בצורה אוטומטית לחלוטין. השקילה נעשית באמצעות חיישני משקל הטמונים בתשתית הכביש, ואלה מעבירים אות חשמלי בהתאם לעומס ולשינויי הצורה בצמיגים שנוצרים עקב הלחץ שהם מפעילים על פני הכביש. במרחק מתאים מנקודת השקילה יעצרו גורמי החוק כל משאית שנמצאה בה חריגה במשקל המטען המותר ולא יאפשרו לה להמשיך בדרכה.

1. מדוע נוטים נהגי המשאיות להעמיס את כלי רכבם עומס-יתר?
2. לאילו תוצאות הקשורות ליציבות ולבטיחות הרכב גורמת נסיעה עם עודף משקל?
3. גם לאופן שבו מסודר המטען על גבי המשאיות יש השפעה על יציבותן. מהי ההשפעה?
4. מהו יתרונה של שיטת מדידת המשקל בתנועה?





פרק ג

אנרגיה והתנגשויות במרחב התעבורתי



מהי אנרגיה?

אנרגיה היא התכונה המאפיינת את כל המערכות, בכל סדרי הגודל, המאפשרת להן להתקיים, לפעול ולהשתנות. האנרגיה של המערכת היא משתנה בעל ערך כמותי. האנרגיה איננה ניתנת למדידה ישירה, אך ניתן לחשב את כמות האנרגיה הטמונה בכל מערכת.

אנרגיה מופיעה בצורות שונות, שאחת מהן היא זו המתבטאת בתנועה. בחיי היום-יום היא באה לידי ביטוי בתחבורה, בהנעת מכונות בתעשייה ועוד. גוף הנמצא בתנועה אוצר בתוכו אנרגיה רבה יותר מאשר גוף דומה הנמצא במנוחה.

למדנו כבר, כי על מנת לשנות את תנועתו של גוף יש צורך להפעיל כוח. מהירותו של גוף יכולה להשתנות רק בהשפעתו של כוח, וכתוצאה משינוי מהירותו יהיה גם שינוי באנרגיה שלו. למשל, כאשר מחזיקים כדור ברזל והודפים אותו בכוח – כוח הזרוע במקרה זה – הוא ינוע במהירות מסוימת, וכך הוא בעל אנרגיה רבה יותר מאשר אילו נשאר במצב מנוחה.



הדיפת כדור ברזל

סוגי אנרגיה

התבוננו בתמונות וציינו מהו סוג האנרגיה האגורה בכל אחד מהדימויים המתוארים בהן.

1



2



3



4



5



6



נהוג למיין את האנרגיה לשני סוגים: אנרגיה קינטית (אנרגית תנועה) ואנרגיה פוטנציאלית.

- **אנרגיה קינטית** היא זו שאוצרים גופים בתנועה. היא קיימת בכל מערכת שבה גופים בעלי מסה נמצאים בתנועה, ולא משנה מה גודלם, ועוברת מגוף לגוף במהלך התנגשויות ביניהם. חשיבותה של האנרגיה הקינטית היא **בזמינותה**, וביכולת המיידית של בני אדם להשתמש בה, כמו למשל ניצול האנרגיה הקינטית של האוויר לשם סיבוב טורבינות רוח והפקת חשמל.
- **אנרגיה פוטנציאלית** היא זו האגורה בגופים שונים, אך איננה ניתנת לשימוש מידי, ונדרש תהליך כדי להפיק אותה ולהפוך אותה לאנרגיה קינטית זמינה. האנרגיה הפוטנציאלית במערכת יכולה להיות אגורה בצורות שונות: כאנרגיה כימית בחומרי דלק או במזון, כאנרגיה חשמלית בסוללות, כאנרגיה גרעינית בתוך האטום וכאנרגיה פוטנציאלית כובדית (אנרגיית גובה).

צורות שונות של אנרגיה פוטנציאלית



פיות של משאבות דלק

- **אנרגיה פוטנציאלית כימית** היא אנרגיה האגורה **בחומרים אורגניים** והיא אחת מצורות האנרגיה העיקריות בתאים חיים. אנרגיה זו אגורה בקשרים הכימיים שבין חלקיקי החומר, והיא משתחררת והופכת לאנרגיה זמינה בתהליך כימי, כמו למשל האנרגיה הנפלטת משריפת חומרי דלק.

- **אנרגיה פוטנציאלית אֶלֶסְטִית** נצברת בגוף כתוצאה משינויים אלסטיים בצורתו. אלסטיות היא היכולת של גופים לשנות את צורתם המקורית ולחזור אליה ללא עיוותים או שבירה.



רשת חשמל

- **אנרגיה פוטנציאלית חשמלית** היא האנרגיה האצורה במטענים חשמליים, הנמצאים בשדה חשמלי. האנרגיה החשמלית היא צורת אנרגיה הזמינה ביותר לשימוש לאדם. האנרגיה החשמלית יכולה לעבור בדרך של הולכת זרם חשמלי או בדרך של קרינה, כגלים, ללא כל צורך בתיווך של חומר שיעביר אותה. האנרגיה החשמלית העוברת ממקום למקום מלווה תמיד בתופעות מגנטיות, ולכן נהוג לקרוא לה בשם 'האנרגיה האלקטרומגנטית'. אנרגיה זו משמשת אותנו להפעלת מכשירי החשמל בבית.

- **אנרגיה פוטנציאלית כובדית** (אנרגיית גובה) היא אנרגיה שגוף צובר כתוצאה משינויים בגובה שבו הוא נמצא.

חומר אורגני הוא תרכובת המכילה בעיקר אטומי פחמן ומימן הקשורים זה לזה. חומרים אורגניים יכולים להיווצר בגוף יצורים חיים, סוכר למשל, או מיוצרים על ידי האדם, כמו פלסטיק.
מתוך: הלקסיקון למדעי הטבע, הספרייה של מט"ח.



מה משותף לכל הגופים האוצרים אנרגיה פוטנציאלית?

צבירת אנרגיה פוטנציאלית נעשית כאשר מפעילים על גופים כוחות המנוגדים בכיוונם לכוחות שפועלים עליהם בסביבתם. האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית נצברת כאשר מניעים גוף נגד כיוון כוח הכובד, אנרגיה פוטנציאלית של האלאסטיות נצברת כאשר מפעילים כוח על גוף אלאסטי נגד מגמת הכוח המחזיר אותו למצבו הקודם אנרגיה פוטנציאלית חשמלית נצברת כאשר מניעים את המטען החשמלי נגד מגמת הכוח הפועל עליו בסביבתו.

אנרגיה פוטנציאלית כובדית

בין כל הגופים שהם בעלי מסה מתקיימת אינטראקציה של משיכה הדדית. אינטראקציה זו נקראת בשם **גרביטציה או כבידה**. התחום שסביב הגופים שבו פועל כוח הכבידה נקרא בשם '**שדה הכבידה**' או '**שדה הכובד**'. לכל גוף יש שדה כובד. גופים בעלי מסה גדולה כדוגמת כדור הארץ הם בעלי שדות כובד חזקים במיוחד.

גוף הנתון להשפעה של שדה כבידה הוא בעל אנרגיה פוטנציאלית הנקראת גם בשם '**אנרגיה פוטנציאלית כובדית**'. האנרגיה הפוטנציאלית של גוף תלויה במשקלו. משקלו של הגוף תלוי במסתו ובעוצמת שדה הכבידה שבו הוא מצוי.



גולש סקי

ככל שהמסה גדולה יותר האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית גדולה יותר, וככל שעוצמת הכבידה גדולה יותר כן גדלה גם האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית. האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הגוף תלויה גם בגובהו היחסי של הגוף (H). ככל **שגובהו היחסי** רב יותר כן תהיה האנרגיה שלו גדולה יותר. לדוגמה, כאשר גולש סקי נמצא בגובה של 3 מטרים מעל פני השלג, יש לו כמות אנרגיה פוטנציאלית גדולה פי שלושה מכמות האנרגיה שתהיה לו כאשר יהיה בגובה של מטר אחד מעל לשלג.

כיצד מחשבים את כמות האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית?

כאמור, שני גורמים משפיעים על כמות האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית: משקל הגוף וגובהו היחסי. אם כך, מחשבים את האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית על-ידי המכפלה של משקל הגוף בגובה שבו הוא נמצא, כאשר משקל הגוף הוא מכפלת מסת הגוף (M) בעוצמת הכבידה (g) של שדה הכובד שבו הוא נמצא.

אנרגיה פוטנציאלית כובדית של גוף = גובה הגוף X משקלו.

$$E_h = W \cdot H = m \cdot g \cdot H \quad \text{בשפת הסימנים:}$$

$$g = 10 \text{ N/m} = \text{עוצמת הכבידה. בכדור הארץ}$$

$$W = \text{משקל הגוף ביחידות ניוטון (N)}$$

$$H = \text{גובה הגוף ביחידות מטר}$$

$$m = \text{מסת הגוף ביחידות קילוגרם}$$

$$E = \text{כמות האנרגיה ביחידות ג'ול}$$

או כפי שהפיזיקאים נוהגים לכתוב: **השינויים באנרגיית הגובה של גוף נובעים מהשינויים בגובה שבו הוא נמצא.**

גובה יחסי: הגובה ביחס לרמת האפס שהוגדרה. ניתן להגדיר את רמת האפס באופן שרירותי.

$$\Delta E_h = m \cdot g \cdot \Delta H$$

האות היוונית דלתא Δ מסמלת את המילה שינוי.

ΔH מייצג את השינוי בגובה.



יחידת המידה לאנרגיה

יחידת המידה למדידת אנרגיה היא **ג'ול**.

הגדרה: 1 ג'ול (Joule), הוא כמות האנרגיה הפוטנציאלית שיש לגוף שמסתו 100 גרם (0.1 ק"ג) הנמצא בהגבהה של 1 מטר.

יחידת אנרגיה אחת (ג'ול אחד) שקולה לכמות האנרגיה בהתנגשות של גוף בעל מסה של ק"ג אחד (ליטר מים, למשל), שנופל מגובה של 10 ס"מ, או בהתנגשות של גוף בעל מסה של מאה גרם (חבילת חמאה, למשל), הנופל מגובה של מטר אחד.

אנרגיה קינטית

כאמור, אנרגיה של גופים בתנועה נקראת בשם אנרגיה קינטית או אנרגיית התנועה. ככל שהגוף בעל מסה גדולה יותר והוא נע במהירות רבה יותר כן גדלה אנרגיית התנועה שלו. בהתנגשות בין גופים מתרחש תהליך של מעבר אנרגיה מגוף לגוף, וכתוצאה מכך משתנות מהירויות התנועה של הגופים.

כיצד מחשבים את כמות האנרגיה הקינטית?

האנרגיה הקינטית של גוף תלויה במהירותו ובמסה שלו, והיא ניתנת לחישוב באמצעות הנוסחה:

$$\text{האנרגיה הקינטית} = \frac{\text{מסה} \times \text{מהירות}^2}{2}$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

או בשפת הסימנים:

m = מסת הגוף בקילוגרמים

V = מהירות הגוף ביחידות מטר/שנייה.

E = כמות האנרגיה ביחידות ג'ול

גורם המהירות בחישוב האנרגיה הקינטית הוא בעל השפעה רבה. כל שינוי קטן במהירות גורם לשינוי גדול מאוד באנרגיה הקינטית שהגוף הנע נושא עמו, לדוגמה: אם מהירות המכונית גדלה פי שתיים כמות האנרגיה הקינטית שלה גדלה פי ארבע. לכמות האנרגיה הקינטית ישנן השלכות רבות על רמת הסיכונים והבטיחות במרחב התעבורתי. רכב הנוסע במהירות הגבוהה פי שתיים מרכב אחר, זקוק למרחק בלימה גדול פי ארבע ממנו. גם תוצאות התנגשות תהיינה חמורות הרבה יותר ככל שאנרגיית התנועה גדולה יותר.

יחידת המידה **ג'ול** משמשת למדידת כל סוגי האנרגיה (ולא רק למדידת אנרגיית גובה).



צורות של אנרגיה קינטית



טורבינות רוח להפקת אנרגיה חשמלית

• אנרגיית הרוח

הרוח היא תנועה של אוויר, לכן אנרגיית הרוח היא בעצם אנרגיית התנועה של חלקיקי אוויר. ניתן לנצל את האנרגיה הזו להפקת אנרגיה חשמלית.



גלגל מופעל על ידי אנרגיית מים

• אנרגיה של תנועת מים

אנרגיית המים היא אנרגיה של זרם המים. ניתן לנצל אנרגיה זו לסיבוב ולהנעת גלגלים של מכונות שונות.

• אנרגיית הקול

קול הוא תוצאה של רעידות. כאשר משמיעים קול גורמים לתנודות מחזוריות של חלקיקי החומר (התווך) שבאמצעותו מועבר הקול. תנועת החלקיקים גורמת לשינויי לחץ בתווך. כך לדוגמה, שינויי לחץ, הנגרמים בגלל התפשטות הקול באוויר, מרעידים את עור התוף שבאוזן. רעידות אלו מתורגמות על-ידי האוזן לאותות חשמליים, שמתורגמים במוח לצלילים (קול נשמע). כאשר מטוס סילון מנמיך טוס מעלינו אנו מרגישים היטב באנרגיית הקול של רעש המנועים, הגורמת לכל הסביבה לרעוד ולעצמים מסוימים אפילו להישבר.



"הצעקה", אדוורד מונק



המרות אנרגיה

כאשר מעלים רכבת הרים לגובה מסוים ביחס לקרקע היא צוברת אנרגיה פוטנציאלית כובדית. כאשר משחררים אותה משתחררת האנרגיה הפוטנציאלית שנצברה והיא באה לידי ביטוי בתנועת הרכבת.

הרכבת מתחילה לנוע כלפי מטה לאורך המסלול. ככל שגובהה נמוך יותר כן קטנה האנרגיה הפוטנציאלית (אנרגיית הגובה) שלה. אך יחד עם הירידה בגובה גדלה מהירותה ואיתה גדלה גם כמות אנרגיית התנועה שלה (האנרגיה הקינטית). כלומר, ככל שהיא מאבדת אנרגיית גובה היא צוברת אנרגיית תנועה. תהליך זה נקרא המרת אנרגיה – אנרגיית הגובה מומרת לאנרגיה קינטית.

אנרגיית אור השמש מומרת לאנרגיית חום בקולטים של דודי השמש, ויכולה אף להיות מומרת לאנרגיית חשמל בתאים סולריים, כמו במחשבון הסולרי. במנועים חשמליים מומרת אנרגיה אלקטרומגנטית לאנרגיה מכנית של תנועה, האנרגיה המכנית של מפלי המים מומרת לאנרגיה אלקטרומגנטית בתחנות כוח הידרואלקטריות, ובסוללה מומרת אנרגיה כימית לאנרגיה אלקטרומגנטית.

אם כך, אנרגיה יכולה לעבור מגוף לגוף או להיות מומרת מצורה אחת לצורה אחרת. מעברי אנרגיה אלו נקראים בשם **המרות אנרגיה**.

תרשים המרות ומעברי אנרגיה

ניתן לתאר את תהליכי המרות האנרגיה באמצעות תרשים מלבנים במקום התיאור המילולי. בתרשים כזה מייצג כל מלבן צורה אחת של אנרגיה, וכל חץ מתאר המרה או מעבר של אנרגיה. לדוגמה, כאשר חץ נורה מקשת ופוגע בפעמון מתרחשות המרות האנרגיה הבאות: האנרגיה האלסטית של מיתר הקשת מומרת לאנרגיה קינטית (תנועה) של החץ, וזו מומרת לאנרגיית קול ברגע הפגיעה בפעמון. ניתן לתאר זאת באמצעות תרשים המלבנים הבא:



- מרבית המרות האנרגיה נעשות בין צורות שונות של אנרגיה פוטנציאלית אגורה לאנרגיה קינטית של תנועה.
- תנו דוגמה למערכת שנעשית בה המרה של צורה כלשהי של אנרגיה פוטנציאלית לאנרגיה קינטית.
- תארו באמצעות תרשים מלבנים את המרות האנרגיה המתרחשות כאשר מכונת נוסעת במעלה הר.



המרות האנרגיה של רכבת ההרים



נוסעים ברכבת ההרים

האם שאלתם את עצמכם פעם מדוע לרכבת ההרים בגני שעשועים אין מנוע? רוב הנוסעים ברכבת אינם יודעים זאת. מסתבר, שלא כל כלי התחבורה זקוקים למנוע כדי לנוע, אבל הם לא יוכלו לנוע אם לא תהיה להם אנרגיה.

רכבת ההרים מתחילה את תנועתה במקום גבוה. הגדולות שברכבות ההרים מתחילות את תנועתן בגובה של קרוב ל-100 מטר. מנוע חשמלי מעלה אותן לגובה זה, ומשם מתחיל כל הכיף...

האנרגיה החשמלית שהושקעה בגרירת הרכבת מעלה לא נעלמה. היא נוצלה לשינוי הגובה של הרכבת. שינויי הגובה של רכבת ההרים הם אחת מצורות אגירת האנרגיה הפוטנציאלית. כלומר, האנרגיה החשמלית הומרה לאנרגיה פוטנציאלית (אנרגיית גובה).

מדוע שמה פוטנציאלית?

פוטנציאל מבטא סוג של יכולת שנצברה בעבר ומיועדת לשימוש בעתיד. האנרגיה הפוטנציאלית של הרכבת תתבטא בהמשך בהשגת תנועה מהירה במורד, להנאתם של הנוסעים בה. רכבת ההרים תמשיך לנוע בעזרת אנרגיה זו ותגלוש בתנועה מהירה עתירה לולאות וסיבובים עד אשר תעצור.

1. מדוע הרכבת תעצור? האם האנרגיה של הרכבת מתכלה? הסבירו מה קורה בעת גלישת הרכבת לאורך מסלולה.



2. תארו בשפת האנרגיה ובעזרת תרשים מלבנים את שרשרת המרות האנרגיה המתרחשת בעת תנועת הרכבת.

בתחילת התנועה צברה הרכבת כמות מסוימת של אנרגיה פוטנציאלית. כאשר הרכבת נמצאת בתנועה כלפי מטה – אנרגיה פוטנציאלית מומרת לאנרגיה קינטית, ואילו במצבים שבהם הרכבת צוברת גובה מתרחש התהליך של המרת האנרגיה הקינטית לאנרגיה פוטנציאלית. בכל המצבים כמות האנרגיה לא גדולה יותר מכמות האנרגיה המקורית שהייתה לרכבת משהתחילה לנוע. ככל שמהירותה לאורך המסלול גדלה כן פוחת הגובה שלה, וככל שהגובה שלה על פני המסלול גדל, כן קטנה מהירותה.

כמות האנרגיה הכוללת של הרכבת איננה משתנה, וסכום האנרגיה הקינטית והפוטנציאלית הוא קבוע ושווה לכמות אנרגיה הכוללת. כמות אנרגיה זו תישאר קבועה ולעולם לא תוכל הרכבת לצבור בתנועתה אנרגיה רבה יותר מכפי שהייתה לה בהתחלה. אין זה משנה כלל מה יהיה אורך המסילה או צורתה: עליות, מורדות, סיבובים או תנועה ישרה. בכולם נשמרת האנרגיה ההתחלתית, וכל העת מתחוללות המרות בלתי פוסקות של האנרגיה הפוטנציאלית לאנרגיה קינטית, ולהפך.

האם אכן מתקיים תנאי זה תמיד ובכל מערכת?



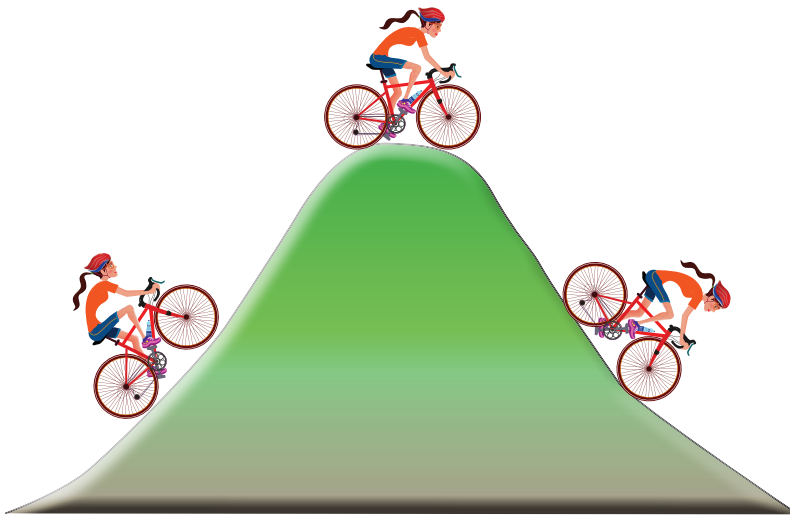
עקרון שימור האנרגיה

אם נניח לכדור ליפול באופן חופשי מגובה של מטר, הוא יפגע ברצפה ויחזור לגובה של 80 ס"מ. כלומר, אנרגיית הגובה של הכדור בסוף התהליך היא קטנה מאנרגיית הגובה שהייתה לו לפני הנפילה. מדוע? האם האנרגיה נעלמה? מה קרה לכמות האנרגיה? בתהליכי ההמרה של האנרגיה היא איננה הולכת לאיבוד ואיננה נוצרת יש מאין. היא מומרת לצורות שונות או עוברת מגוף לגוף, כך שכמות האנרגיה הכוללת נשאר קבועה. עיקרון זה נקרא בשם 'שימור האנרגיה'. על-פי עקרון שימור האנרגיה:

במערכות סגורות אנרגיה אינה יכולה להתווסף או להיעלם בתהליכים השונים, היא יכולה רק לשנות את צורתה. כמות האנרגיה הכוללת במערכת נשמרת קבועה.

דוגמה – רכיבת הרים

אנרגיה פוטנציאלית



1. כאשר רוכבת האופניים עולה במעלה הגבעה היא משקיעה את האנרגיה של שריריה. כאשר היא גולשת במורד היא משחררת אנרגיה. אילו המרות אנרגיה מתחוללות בתהליך הזה?
2. מהו מקור האנרגיה שמשקיעה רוכבת האופניים?
3. באיזו נקודה לאורך המסלול מהירותה היא הגדולה ביותר?

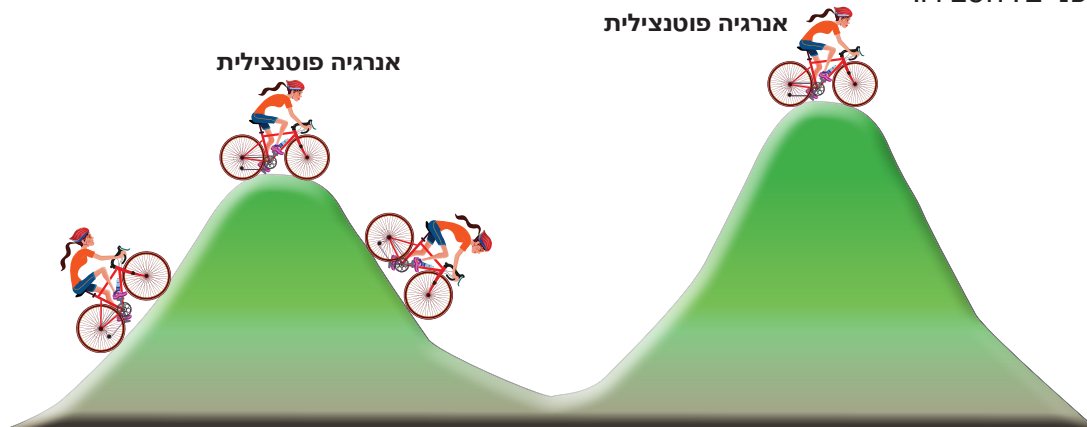
4. באיזו נקודה מהירותה היא הקטנה ביותר? מה ערכה של מהירותה בנקודה זו?

5. למה מתכוונים במשפט "האנרגיה של רוכבת האופניים נשמרת לאורך מסלול תנועתה על פני הגבעה"?

6. האם, לדעתכם תצליח רוכבת האופניים להגיע לראש הגבעה השנייה, כנראה בציור 2, מבלי להניע את דוושות האופניים? הסבירו.

אנרגיה פוטנציאלית

אנרגיה פוטנציאלית



החיכוך כתהליך המרת אנרגיה

מניסיוננו בחיי היום-יום למדנו, שכאשר גופים מתחככים זה בזה הטמפרטורה שלהם עולה. למשל כאשר אנחנו מחככים ידיים בחורף. עליית הטמפרטורה הזו נובעת מעלייה בכמות האנרגיה הקינטית של חלקיקי החומר שמהם מורכבים הגופים. לאנרגיה זו של חלקיקי החומר קוראים בשם 'אנרגיה פנימית'. כך, שלמעשה החיכוך הוא תהליך של המרת אנרגיה לאנרגיה פנימית של חלקיקי החומר בגופים.

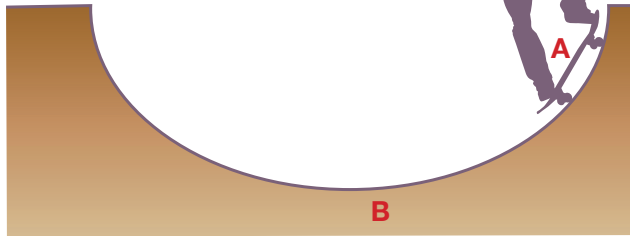
האם תופעת החיכוך סותרת את חוק שימור האנרגיה? הסבירו.



גלישה בגלגשת (סקייטבורד)

גולש בגלגשת (סקייטבורד) על משטח קעור נתון להשפעות החיכוך.

בזמן הגלישה מומרת אנרגיית גובה לאנרגיית תנועה, וזאת מומרת חזרה לאנרגיית גובה. בסוף כל תנודה הגולש מסיים בגובה מעט נמוך יותר מהגובה ההתחלתי.



1. איזה סוג אנרגיה יש לגולש הגלגשת בראש המסלול (בנקודה הגבוהה ביותר)?



2. אילו סוגי אנרגיה יש לגולש במצב A המתואר בתמונה?

3. אילו סוגי אנרגיה יש לגולש בתחתית המסלול (בנקודה B הנמוכה ביותר)?

4. האם הגולש ימשיך להחליק ללא עצירה וללא מאמץ לנצח? הסבירו.

5. האם יש בדוגמה זו סתירה לחוק שימור האנרגיה? נמקו והסבירו.

כמסקנה מן הנאמד עד כה, נסכם וננסח את הרעיונות המדעיים הבאים:

קיימים סוגים שונים של אנרגיה.

כל פעם מהחוקים מעבר אנרגיה מחוץ לחץ והפך אנרגיה מסוג אחד לסוג אחר.

כמות האנרגיה הכוללת במערכת מבודדת נשמרת (עקרון שימור האנרגיה).



אנרגיה במרחב התעבורתי

סוגי האנרגיה הנפוצים במרחב התעבורתי

המרחב התעבורתי כולל, כפי שכבר למדנו, מערכות סטטיות – מערכות של גופים ללא תנועה ומערכות דינמיות – מערכות של גופים בתנועה.

בדרך כלל האנרגיה במערכות סטטיות היא **האנרגיה הפוטנציאלית**, והאנרגיה במערכות דינמיות היא **האנרגיה הקינטית**. יחד הן נקראות **האנרגיה המכנית** של המערכת.

אלו הן שתי צורות האנרגיה הזמינות ששימשו את האדם להנעה של מערכות טכנולוגיות לפני שהחל להשתמש באנרגיה חשמלית. אלו הן גם **שתי צורות האנרגיה העיקריות במרחב התעבורתי**. מרבית המרות האנרגיה נעשות בין סוגים שונים של אנרגיה פוטנציאלית אגורה לאנרגיה קינטית של תנועה.



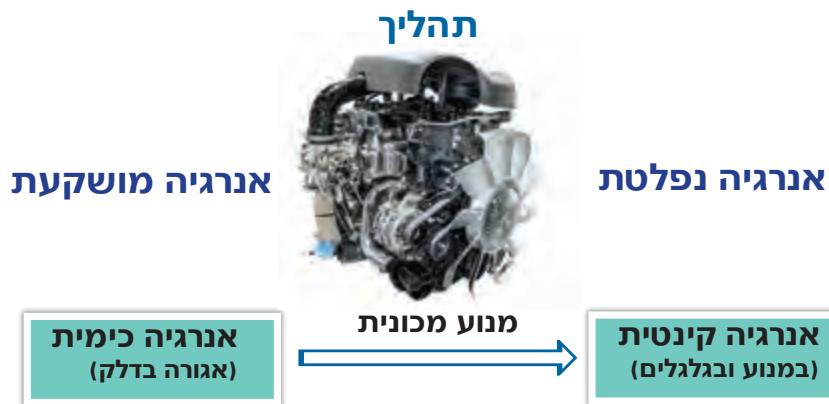
תאונת שרשרת

1. אילו סוגי אנרגיה נוספים שאתם מכירים קיימים במרחב התעבורתי? פרטו ותנו דוגמאות.
2. אילו המרות אנרגיה התרחשו בתהליך המתואר בתמונה?



תיאור המרות אנרגיה בפעולת המכונית

אם נתייחס למכונית כאל מערכת המבצעת תהליך מסוים, נוכל לתאר את המרות האנרגיה באמצעות תרשים, המציג את סוג האנרגיה הנכנסת למערכת, את התהליך, ואת סוג האנרגיה הנפלטת מן המערכת.

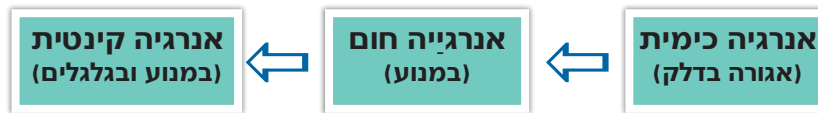


- הערה: כאשר המכונית נעה על פני מסלול לא מישורי יש המרה של חלק מהאנרגיה הקינטית גם לאנרגיה פוטנציאלית (אנרגיית גובה).

מכניקה: תחום של הפיזיקה שבו נחקרת השפעת כוחות על מערכות המורכבות מגופים בתנועה או במנוחה. תחום המכניקה נחלק לשניים: הסטטיקה – מערכות של גופים ללא תנועה, הדינמיקה – מערכות של גופים בתנועה.



את **המרות האנרגיה בתהליך תנועת המכונית** ניתן לתאר כך:
האנרגיה המושקעת היא אנרגיה פוטנציאלית כימית אגורה שמקורה בחומר הדלק. במנוע מומרת האנרגיה הכימית של חומרי הדלק לאנרגיית חום, שמומרת לאנרגיה קינטית, הבאה לידי ביטוי בתנועה פנימית בתוך המנוע. באמצעות **מערכת תמסורת** מומרת התנועה הפנימית לאנרגיית תנועה חיצונית של הגלגלים ושל המכונית. או באמצעות תרשים:



הבלימה כתהליך של המרת אנרגיה

בלימה היא אחד התהליכים החשובים של המרת אנרגיה במרחב התעבורתי. בתהליך הבלימה מומרת אנרגיית התנועה לצורות אנרגיה אחרות. מכיוון שבתהליך הבלימה המהירות פוחתת, הרי שגם האנרגיה הקינטית של הגוף פוחתת. כלומר, הבלימה היא תהליך שבו מופחתת כמות האנרגיה הקינטית של גופים. מכיוון שאנרגיה איננה יכולה להיעלם, על-פי חוק שימור האנרגיה, אנרגיית התנועה של הרכב עוברת ומומרת לצורות אחרות של אנרגיה. לאן ולמי עוברת האנרגיה החסרה של הגוף?
במקרה שהכוח הבולם הוא כוח הכבידה, מומרת אנרגיית התנועה לאנרגיית הגובה של הגוף.
במקרה של החיכוך עם האוויר הופכת האנרגיה לאנרגיית תנועה של האוויר. במקרה שכוח הבלימה הוא כוח החיכוך שנוצר במערכת הבלימה, מומרת אנרגיית התנועה של המכונית לאנרגיה פנימית של חלקיקי החומר בכל חלקי הבלמים. כתוצאה מכך עולה הטמפרטורה שלהם במידה ניכרת.

מרחב למידה



בסימולציה 'אימוני בלימה' עסקתם בבלימה כתהליך של הפחתת מהירות. חזרו שוב על הדמיה זו, וחיקרו את תהליך הבלימה כתהליך של המרת אנרגיה. שימו לב לקשר שבין המהירות לבין האנרגיה ומרחקי הבלימה והעצירה.



בלם במכונית

איך פועלת מערכת הבלמים?

מערכת הבלמים פועלת באמצעות לחיצה על דוושת הבלימה. פעולה זו גורמת להיצמדות בכוח של רפידות אסבסט לתוף מתכת או לדיסקה מתכתית המחוברים לצירי הגלגלים. לכל גלגל בָּלָם משלו.

מערכת תמסורת: מנגנון (של גלגלי-שיניים) המשמש להעברת אנרגיה מכנית. קיימות תמסורות ליצירת תנועה ותמסורות אחרות להמרת תנועה סיבובית בתנועה קווית. ברכב בעל תיבת הילוכים ידנית תפקיד התמסורת הוא להעביר תנועה מן המנוע אל הגלגלים.



בזמן השימוש בבלמים נוצר חיכוך בין צירי הגלגלים לבין רפידות הלחיצה הנצמדות אליהן. בשלב זה מתרחש תהליך שבו אנרגיית התנועה של צירי הגלגלים מומרת לאנרגייה פנימית (חום) של הבלמים, וכתוצאה מכך עולה הטמפרטורה שלהם. אם תהליך הבלימה מתחולל בשעה שכלי הרכב נע במהירות גבוהה, וכמויות אנרגיה גדולות מומרות לחום, עליית הטמפרטורה עלולה לפגוע ביעילותה של מערכת הבלימה ולהפסיק את פעולתה.

במקרים שבהם הלחיצה על הבלמים חזקה נוצר מצב, שבו הגלגלים מפסיקים להסתובב, והרכב ממשיך לנוע על פני הכביש בתנועת החלקה עד לעצירתו המוחלטת. החלקה כזאת מותירה סימני צמיגים על פני הדרך, מכיוון ששכבת הגומי שלהם נמרחת על פני הכביש. סימני ההחלקה הם מהממצאים החשובים העומדים לרשות חוקרי תאונות הדרכים לביורור סיבות התאונה.

החלקה היא מצב מסוכן שבו אובדת השליטה בכיוון תנועתו של הרכב. לשם כך מותקנות כיום בכלי הרכב מערכות בלימה מתקדמות המונעות את ההחלקה בעת הבלימה. מערכת (ABS) (ANTILOCK Braking System) – "מערכת למניעת נעילה בבלימה", לדוגמה, היא מערכת המונעת את נעילת גלגלי הרכב בזמן בלימה, ובכך מונעת את איבוד השליטה של הנהג ברכב.

חשבו וענו



1. תארו את תהליך הבלימה בשפת האנרגיה – הסבירו את המתרחש בתהליך תוך שימוש במושגים הקשורים באנרגיה, ותארו אותו באמצעות תרשים מלבנים.
2. על מה מעידים סימני בלימה ישרים וארוכים? על מה מעידים סימני בלימה ישרים וקצרים?
3. על מה מעידים סימני בלימה מתפתלים?
4. על מה מעיד היעדר סימני בלימה בתאונה? מדוע בתאונה מסוג כזה סביר שתוצאותיה חמורות יותר?



תרגום תמרורים לשפת האנרגיה

זהירות אנרגיה פוטנציאלית!



- מפני מה מזהיר התמרור, וכיצד זה קשור לאנרגיה הפוטנציאלית?
- מה מקור האנרגיה הפוטנציאלית שהוא מזהיר מפניה?



שמור על האנרגיה הקינטית שלך!

שמור על כמות מתאימה של האנרגיה הקינטית שלך כך שתקטין או תימנע את הנזקים במקרה שתיפגע במשהו.

- מהו הקשר בין מהירות לבין אנרגיה?



זהירות! ישנם מעברים מהירים מאנרגיה קינטית לאנרגיה פוטנציאלית.

- הסבירו מהי התופעה, ומדוע יש להזהיר מפניה?



צבעי הרמזור בשפת האנרגיה

הצבע האדום – הישאר ברמת אנרגיה פוטנציאלית בלבד

הצבע הצהוב – כאשר האור ברמזור צהוב, הורד את רמת האנרגיה הקינטית לאפס. כאשר הצהוב מתחלף לירוק המר את האנרגיה הפוטנציאלית של הרכב באנרגיה קינטית.

הצבע הירוק – המר את האנרגיה הפוטנציאלית של רכבך לאנרגיה קינטית

כמות האנרגיה הקינטית של כלי רכב במרחב התעבורתי היא במרבית המקרים המקור והסיבה לתוצאות החמורות של תאונות הדרכים במרחב זה. נרחיב על כך בהמשך.



התנגשויות במרחב התעבורתי

התנגשות היא אינטראקציה בין שני גופים שמפעילים כוחות חזקים אחד כלפי השני במשך פרקי זמן קצרים. כתוצאה מכך חל שינוי במהירות הגופים המתנגשים (תאוצה) ובצורתם (עיוות). מרבית מקרי ההתנגשות במרחב התעבורתי מתרחשים בתוך פרק זמן קצר מאוד, וכאשר מתבוננים לעיתים בממדי הנזקים שנגרמו כתוצאה מהתנגשות, קשה להאמין שהם קרו בתוך שניות או עשיריות השנייה.

בהתנגשות מתחוללים מעברי אנרגיה והמרות אנרגיה. תוצאות ההתנגשות תלויות בכוחות הפועלים ובכמות האנרגיה הקינטית של כלי הרכב המתנגשים. כמות האנרגיה תלויה בממדי כלי הרכב ובמהירותם. כאשר לא חל כל עיוות בצורתם והגופים ממשיכים לנוע בנפרד זה מזה נשמרת האנרגיה הקינטית. אם במהלך ההתנגשות חל עיוות בצורת הגופים פירוש הדבר הוא, שחלק מהאנרגיה הקינטית הומר לאנרגיה אלסטית ולחום.

בהתנגשויות שאורכות פרק זמן קצר ממשיכים שני הגופים לנוע בנפרד זה מזה מיד לאחר ההתנגשות ביניהם. במקרים שבהם הגופים נצמדים זה לזה, ונשארים צמודים גם לאחר ההתנגשות, פרק הזמן שארכה ההתנגשות הוא ממושך יותר. הגופים שנעים בנפרד זה מזה לאחר ההתנגשות יכולים להמשיך לנוע באותו כיוון, או בכיוונים מנוגדים, או בכיוונים שונים מאלה שנעו בהם לפני ההתנגשות.

סוגי התנגשויות

ישנם שלושה סוגי התנגשויות עיקריים במרחב התעבורתי:

- התנגשות אלסטית לחלוטין
- התנגשות אי-אלסטית
- התנגשות פלסטית לחלוטין



התנגשות כדורי ביליארד – התנגשות אלסטית

התנגשות אלסטית לחלוטין היא זו שבה נשמרת האנרגיה הקינטית. האנרגיה הקינטית שהייתה לגופים לפני ההתנגשות שווה לאנרגיה הקינטית שיש להם אחריה. זוהי התנגשות שבה שומרים הגופים המעורבים על צורתם המקורית ולא מתעוותים. בהתנגשות כזו האנרגיה הקינטית היא צורת האנרגיה היחידה הקיימת לפני ההתנגשות ואחריה.

הדוגמה המייצגת התנגשות אלסטית: שני כדורים קשיחים, כמו שני כדורי ביליארד, מתנגשים, נפרדים, וממשיכים לנוע בנפרד זה מזה לאחר ההתנגשות.

במרחב התעבורתי לא מתחוללות כמעט התנגשויות שהן אלסטיות לחלוטין.





התנגשות אי-אלסטית

התנגשות אי-אלסטית היא זו שבה חלק מהאנרגיה הקינטית הופך לצורות אנרגיה אחרות במהלך ההתנגשות. בכל התנגשות בין עצמים בקנה מידה גדול יהפוך חלק מהאנרגיה בזמן ההתנגשות לאנרגיה הפנימית של החומר בגופים המעורבים בהתנגשות ולצורות אחרות של אנרגיה. דוגמה המייצגת התנגשות אי-אלסטית: שני כדורי פלסטלינה המתנגשים, נצמדים זה לזה וממשיכים לנוע יחד. ההתנגשות המתוארת בתמונה היא התנגשות אי-אלסטית. הרכבת פוגעת במכונית וגוררת אותה במהלך ההתנגשות למרחק רב עד לעצירה.



התנגשות פלסטית

התנגשות פלסטית לחלוטין - הגופים משנים את צורתם ומפסידים את כל האנרגיה הקינטית שהייתה להם. התנגשות פלסטית לחלוטין היא התנגשות שבה שני הגופים נצמדים זה לזה ואינם נעים כלל אחריה. הדוגמה המייצגת להתנגשות פלסטית: חץ נורה מקשת פוגע במטרה ונתקע בה.



חשוב לזכור: בכל מקרה, התנגשויות במרחב התעבורתי הן אינטראקציות שאורכות לעיתים פרקי זמן קצרים מאוד, ונוצרים בהן כוחות חזקים מאוד בין הגופים המתנגשים. הן מערבות אנרגיה רבה ומתרחשים בהן המרות ומעברי אנרגיה. בהתנגשויות עלולים להיות מעורבים גם בני אדם שייפגעו קשות כתוצאה מכמויות האנרגיה הגדולות. כדי למנוע או לצמצם את הנזקים הנגרמים לבני האדם בזמן התנגשות אנו משתמשים באמצעים טכנולוגיים כדוגמת חגורת בטיחות, כרית אוויר או קסדה.

כיצד אמצעים אלו מסייעים בהפחתת נזקי הפגיעה בעת התנגשות?



מרחב למידה



היכנסו לסביבת הלמידה* 'חשיבה בתנועה', לפעילות 'מסלול התנגשויות'. בהדמיה זו תתנסו בחוויות התנגשות בכלי רכב אחרים או בעצמים נייחים, ותבחנו את השפעתם של משתנים שונים, כמו: המהירות בזמן ההתנגשות, מסת הגופים המתנגשים והתכונות האלסטיות שלהם, ותבחנו את תוצאות ההתנגשות וחומרת תוצאותיה. תוצאות ההתנגשות מוצגות באמצעות טבלה המפרטת את אומדן הנזק שנגרם לבני אדם באירוע, את הנזק לרכב, ואת הכוח המרבי שפעל על הגופים בהתנגשות. פעלו על-פי ההנחיות. * היכנסו לסביבת הלמידה 'חשיבה בתנועה', על פי ההנחיות המפורטות בעמוד 9.

התנגשות כתהליך של המרת אנרגיה – חקר אירועים

לפניכם שתי דוגמאות של אירועים המתרחשים במרחב התעבורתי. קראו את תיאור המקרה ו/או התבוננו בתמונות המצורפות. ענו על השאלות הבאות בהתייחס לכל אחד מהמקרים.

1. מהו התהליך המתרחש באירוע זה?

2. אילו אנרגיות מעורבות בתהליך זה?

א. מהי האנרגיה ההתחלתית בתהליך?

ב. מהי האנרגיה בסופו של התהליך?

3. תארו את האירוע כתהליך המרת אנרגיה באמצעות תרשים מלבנים.

רשמו מתחת לכל מלבן את שם הגוף בעל האנרגיה.

4. האם התרחשה בתהליך זה המרת אנרגיה או מעבר אנרגיה מגוף לגוף? הסבירו!

5. אילו גורמים השפיעו על האנרגיה בתאונה?

6. כיצד השפיעה האנרגיה בתאונה על תוצאותיה? השתמשו בהסבר בעקרון המרת האנרגיה ובחוק שימור האנרגיה.

דוגמה 1 – התנגשות

עדותו בבית-משפט של עד ראייה לתאונת דרכים

"המכונית הפרטית דהרה לתוך הצומת כשהנהג מתעלם מהרמזור ומהתמרורים המוצבים בו. הוא נהג במהירות גבוהה בהרבה מ-50 קמ"ש, זו המותרת על-פי החוק. את זאת אני יודע, מכיוון שהוא חצה את הצומת שרוחבו כ-100 מטר ב-5 שניות. הוא פגע בחלק הקדמי של המשאית שהתחילה את נסיעתה בפנייה שמאלה. הנהג כלל לא ניסה לבלום. המכונית הפרטית נזרקה לגובה של כ-10 מטרים באוויר. הנוסעים, שכנראה לא היו חגורים, וחלקים של המכונית הושלכו ממנה. המכונית נחתה על הגג, והמשיכה לנוע בתנועת החלקה על פני הכביש כשהיא מעלה אש ועשן. תוך כדי החלקתה היא פגעה בשתי מכוניות נוספות שהמתינו ברמזור, והתלקחה. לאיש לא היה סיכוי לצאת שלם מהתאונה."



עדותה של רונית

נסעתי לכיוון צפון. בהתקרבי לצומת הבחנתי ברמזור האדום. האטתי את נסיעתי, ולבסוף עצרתי כשלפני עמדו עוד שתי מכוניות.

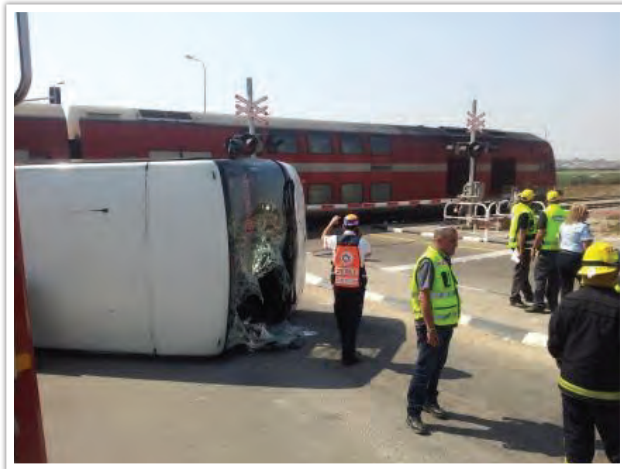
בעומדי ברמזור הסתכלתי במראה וראיתי, כי מאחורי עצרה מכונית נוספת. לפתע הופיעה במראה דמותה של מכונית שחורה שנראתה נוסעת במהירות גבוהה לכיווננו. בעודי חושבת לעצמי שהנהג הזה מסכן את המכונית שאחרי, שמעתי את הבום, הרגשתי מכה חזקה, ועוד לפני שהבנתי מה קורה מצאתי את עצמי נוסעת קדימה.... המכונית השחורה התנגשה במכונית שמאחורי, וזו הועפה קדימה ופגעה במכונית.

איני יודעת כמה זמן חלף (ודאי שבריר שנייה), עד שהתעשתתי והבנתי שעלי לבלום, ואכן עשיתי זאת. אז קלטתי, שלמזלי התחלף בדיוק הרמזור לירוק, והמכוניות שעמדו לפני הספיקו להתקדם, וכך ניצלתי מפגיעה נוספת. אלמלא כן הייתה פוגעת מכוניתי במכונית שעמדה לפני.

משימה – הקשר בין האנרגיה בהתגשות לתוצאותיה



חזרו לעמוד 75 בפרק "כוחות ותנועה", וקראו את הכתבה: 10 פצועים בהתנגשות בין אוטובוס לבין רכבת ליד ניצנים. נחזור ונדון באירוע המתואר בכתבה בהיבטים הקשורים לאנרגיה.



התנגשות אוטובוס ורכבת ליד ניצנים, 22.06.2012

הכתבה והתמונה מתארות את תוצאותיה של התנגשות בין רכבת לבין אוטובוס.

א. תארו את מעברי האנרגיה והמרות האנרגיה המתרחשים בהתנגשות המתוארת בכתבה.
ב. האם תוצאות התאונה היו שונות אילו הרכבת הייתה נוסעת במהירות אחרת?
אם כן, באיזה אופן?

ג. הסבירו את השפעת גורם המהירות על האנרגיה ועל הכוחות הפועלים בהתנגשויות, וכתוצאה מכך על תוצאת ההתנגשות. בססו את הסברכם על הרעיונות המדעיים הבאים:

- כוח הפועל על גוף משפיע על תנועתו
- קיימים סוגים שונים של אנרגיה. כל העת מתחוללים מעברי אנרגיה מגוף לגוף והמרות אנרגיה מסוג אחד לסוג אחר.
- כמות האנרגיה הכללית במערכת מבודדת נשמרת (עקרון שימור האנרגיה).



אנרגיה כחומר למחשבה

כאשר מכונית נוסעת במהירות היא בעלת אנרגיה קינטית. כאשר היא מתנגשת בגוף אחר חלק מהאנרגיה של המכונית עובר אל הגוף האחר. על-פי הנוסחה לחישוב כמות האנרגיה הקינטית **הכפלת המהירות תגרום להגדלת כמות האנרגיה הקינטית פי ארבעה.**



כאשר מכונית שמסתה 1000 ק"ג ומהירותה 100 קמ"ש מתנגשת בקיר, תוצאת ההתנגשות שקולה לנפילה חופשית של המכונית מקומה 11 של בניין רב-קומות, אם גובה כל קומה הוא 4 מטר. לעומת זאת, אם תיסע אותה מכונית במהירות של 50 קמ"ש ותתנגש באותו קיר, תוצאת התנגשות זו תהיה שקולה לנפילה מגובה של 3 קומות לערך באותו בניין. כלומר, למכונית הנמצאת בגובה של 11 קומות יש כמות אנרגיה זהה לזו של מכונית הנעה במהירות של 100 קמ"ש, ולכן מידת הנזק שייגרם כתוצאה מהתנגשות בקיר שקולה למידת הנזק שייגרם כתוצאה מהנפילה.

תרגיל - כמות האנרגיה והגורמים המשפיעים עליה
התבוננו בטבלה הבאה:



טבלת השוואה בין אנרגיה קינטית לפוטנציאלית

מספר הקומה בקירוב	שקול לנפילה מגובה של... (ביחידות מטר)	כמות האנרגיה הקינטית (ביחידות ג'ול)	המהירות בקירוב ביחידות מ"ש (מטר לשנייה)	המהירות ביחידות קמ"ש (קילומטר לשעה)
1	1.8	18,000	5.6	20
2	7.2	72,000	11.1	40
4	16.2	162,000	16.7	60
7	28.8	288,000	22.2	80
11	45.0	450,000	27.7	100
16	64.8	648,000	33.3	120
22	88.2	882,000	38.9	140
28	115.2	1,152,000	44.4	160



בהסתמך על נתוני הטבלה, ענו על השאלות והשלימו את החסר:

1. מהי כמות האנרגיה של מכונית הנוסעת במהירות של 100 קמ"ש?
2. כמות אנרגיה זו שקולה לנפילת המכונית מהקומה ה- _____.
3. כמות האנרגיה שיש למכונית הנוסעת במהירות של 80 קמ"ש שקולה לנפילה מהקומה ה- _____ ובמהירות של 40 קמ"ש לנפילה מהקומה ה- _____.
4. כאשר מגדילים את מהירות הנסיעה פי שניים, פי כמה גדלה כמות האנרגיה הקינטית, ופי כמה גדל גובה הנפילה בהתאם לקומות הבית?
5. בהסתמך על נתוני הטבלה, האם נכון שהכפלת מהירות הנסיעה מכפילה את כמות האנרגיה בהתנגשות?
6. האם אתם מסכימים לכך, ששינוי קטן במהירות לא משפיע באופן משמעותי על תוצאת ההתנגשות? נמקו את תשובתכם, בהסתמך על נתונים מטבלת השוואה.

המהירות הורגת

במחקרים* נמצא שמהירות משפיעה על בטיחות בדרכים בשני אפיקים:
האחד – ההסתברות להיות מעורב בתאונה, כלומר, **הקשר בין מהירות לשיעור התאונות**
השני – **חומרת התאונה**, כלומר, עוצמת הפגיעה בעת תאונה.
על-פי הממצאים, המהירות איננה הסיבה העיקרית להיקרות של תאונות דרכים, אבל היא בעלת השפעה מכרעת על חומרת תוצאותיהן.

משימה: החיים תלויים במהירות שלך.

בתשדיר של הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים משנת 2013, נאמר: "כל קמ"ש, שאתה מוריד, מעלה את הסיכוי של הולך הרגל להישאר בחיים".

מדוע?



היכנסו לאתר הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים, בחרו בסרטון 'החיים תלויים במהירות שלך' וצפו בו.

1. הסבירו את שם הסרטון בהקשר לתוכנו.

2. כעת, לחצו על האיקון מימין בראש המסך 'החיים תלויים במהירות שלך' או היכנסו ישירות לכתובת

הבאה: <http://www.rsa.gov.il/mishtamaheyderech/nhageirechev/mehirut/Pages/default.aspx>

קראו את המידע המובא בפניכם בדף זה וענו:

* מתוך: מהירות – גורמים, סכנות ודרכי התערבות, הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים, 2010.



3. בפסקה הראשונה נאמר כי: "ההסתברות למעורבות בתאונה עולה עם העלייה במהירות הנסיעה (בהנחה שכל שאר התנאים שווים), וככל שהמהירות גבוהה יותר, גם הפגיעה הגופנית והנזק מהתאונה יהיו חמורים יותר".

א. מהי המשמעות הפיזיקלית של השינוי במהירות הנסיעה (עלייה או ירידה במהירות) ומה גורם לכך?

ב. על-פי הקטע, אילו השלכות יש לכך על הנהיגה והנסיעה ברכב?

ג. הסבירו, על סמך הרעיונות המדעיים שלמדתם, מדוע:

1. ההסתברות למעורבות בתאונה עולה עם הגברת מהירות הנסיעה?

2. ככל שהמהירות גבוהה יותר גם הפגיעה הגופנית והנזק מהתאונה יהיו חמורים יותר?

להזכירכם, הרעיונות שלמדנו הם:

- כוח הפועל על גוף משפיע על תנועתו (או שינוי בתנועת גוף נגרם כתוצאה מכוח הפועל עליו).
- קיימים סוגים שונים של אנרגיה. כל העת מתקיימים מעברי אנרגיה מגוף לגוף והמרות אנרגיה מסוג אחד לסוג אחר.

4. מדוע צוינה ההנחה, שכל שאר התנאים (מלבד הגברת המהירות) שווים? לאיזה עיקרון מדעי זה מתקשר? הסבירו.

5. א. אילו גורמים נוספים משפיעים על ההסתברות למעורבות בתאונה? מנו לפחות 5 גורמים נוספים.

ב. בחרו 2 מבין הגורמים שמניתם, והסבירו כיצד הם עלולים לגרום לתאונה או להגדיל את הסיכוי להתרחשות תאונה. בססו את הסברים על הרעיונות המדעיים.

6. בסוף קטע המידע נאמר כי "הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים פועלת לשינוי של התנהגות הנהגים ולהורדת מהירות הנסיעה בדרכים עירוניות ולא-עירוניות באמצעות פעולות שונות בתחום ההסברה, החינוך וההכשרה, החקיקה, התשתיות והאכיפה".

הציעו פעולה אחת אפשרית באחד מהתחומים הנזכרים (הסברה, חינוך, חקיקה ותשתיות), והסבירו כיצד היא תתרום להאטת מהירות הנסיעה ולמניעת תאונות דרכים.

7. הסבירו את הסיסמה המוכרזת בסרטון: **"כל קמ"ש, שאתה מוריד, מעלה את הסיכוי של הולך הרגל להישאר בחיים"**.

בהסברכם קשרו בין הסיסמה לרעיונות המדעיים שעל אודותם למדתם, והשתמשו במושגים מהרשימה הבאה: מהירות, אנרגיה, אנרגיה קינטית, בלימה, מרחק בלימה, מרחק עצירה, כוח, מהירות נסיעה.

8. באחרונה שונה החוק במדינת ישראל, ומהירות הנסיעה המותרת בכבישים מהירים הועלתה מ-90 ל-100 קמ"ש ואף ל-110 קמ"ש.

א. רשמו שני נימוקים בעד ושני נימוקים נגד השינוי בחוק.

ב. האם, לדעתכם, החלטה זו היא נבונה? נסחו פסקת טיעון המציגה את דעתכם.

9. נניח שהנכם חברים בוועדה עירונית למניעת תאונות דרכים והוטל עליכם להוביל מסע הסברה להורדת מהירות הנסיעה בכבישי העיר שלכם.

הציעו סיסמאות למסע ההסברה ועצבו כרזה או עלון מידע (בהתאם למחווון להכנת כרזה או עלון מידע שתקבלו מהמורה) להפצה בקרב תושבי העיר.



האנרגיה היא סיבת כל ההתרחשויות והשינויים בטבע ובמרחב התעבורתי. ככל שהאנרגיה באירוע מסוים רבה יותר, האינטראקציות הקשורות לאותו אירוע מתרחשות בעוצמה רבה יותר. האנרגיה הכללית בכל אינטראקציה שווה לסכום האנרגיות שכל אחד מהגופים השותפים בה נשא איתו טרם האינטראקציה. כל גוף בתנועה נושא עימו אנרגיית תנועה ומעביר אותה בעת התנגשותו עם גופים אחרים.

כל שינוי קטן במהירותם של גופים מתנגשים יגרום לשינוי גדול באנרגיית התנועה שלהם ובתוצאות ההתנגשות שלהם זה בזה. גם כאשר מהירות תנועתו של גוף אינה גדולה, כמות האנרגיה הקינטית שהוא רוכש בזמן התנועה עלולה לגרום לו, או לגוף אחר שיפגע בו, נזק רב מאוד. אפילו כשכלי הרכב נעים במהירות נמוכה כמות האנרגיה שלהם עלולה להיות גדולה מספיק כדי גרימת נזק רב. בהתנגשות בין מכונית להולך רגל עוברת האנרגיה של המכונית או חלקה לגוף האדם. כמות אנרגיה זו היא גדולה מאוד ועלולה לגרום להתרסקות גוף האדם.

לא כל הגופים במרחב התעבורתי מותאמים לספיגת כמויות אנרגיה גדולות. גוף האדם מוגבל מאוד ביכולתו לספוג אנרגיה מבלי להיפגע, ולכן בני האדם הם הפגיעים ביותר במרחב התעבורתי. כמות אנרגיה מסדר גודל של עשרות ג'ולים, העוברת בהתנגשות, גורמת נזק מועט ביותר לכלי רכב, אך עלולה לגרום לפגיעה קשה בגוף האדם ואפילו למוות. בחלק מההתנגשויות במרחב התעבורתי גדולות כמויות האנרגיה פי 1000 מכך. זו מהות הסכנה הנשקפת לאנשים במרחב זה.



גוף האדם בהתנגשויות

אם הייתם מעורבים בתאונת דרכים שבמהלכה חוויתם התנגשות במכונית אחרת או בעצם נייח כלשהו אתם יודעים עד כמה החוויה יכולה להיות מפחידה, אפילו אם ההתנגשות היא במהירות נמוכה. החבטה, הטלטול, הרעש, הפחד וחוסר האונים יוצרים תגובה רגשית עזה שמלווה כל אדם שהתנסה בכך לאורך זמן רב. ההתאוששות מחוויה זו היא לעיתים איטית ואיננה מאפשרת לנו לחזור לשגרת חיינו תקופה ארוכה. אצל בני אדם רגישים במיוחד משפיעה התגובה על התנהגותם לאורך כל ימי חייהם.



מותה של הנסיכה דיאנה - סיפור המקרה

בחודש אוגוסט בשנת 1997 נהרגה בתאונת דרכים הנסיכה האנגלית דיאנה. הנסיכה דיאנה הייתה אשתו של יורש העצר האנגלי הנסיך צ'ארלס בנה של מלכת אנגליה אליזבת. היא הייתה אהובה מאוד על תושבי אנגליה. מותה הכה אותם בהלם, והמדינה כולה שקעה באבל. מיד לאחר מותה החלה להיווצר חרושת שמועות בדבר מותה.

נסיבות התאונה של דיאנה עניינו חוקרים

רבים והן נחקרו בדקדקנות. ב-30 לאוגוסט שנת 1997, בשעה 00:30, נהרגה הנסיכה דיאנה בתאונת דרכים קשה בזמן שהמכונית בה נסעה, מכונית מהודרת ובטיחותית, התנגשה בעמוד בטון בתוך מנהרת תנועה במבואות העיר פאריז שבצרפת. במכונית נהג נהג הפרטי של דיאנה והיו עוד שני נוסעים מלבדה. כאמור, סיפור התאונה נחקר רבות ותמצית חקירת האירוע מוגשת לכם כאן.

הנסיכה בילתה במועדון הלילה של מלון בפריז. היא עזבה את המלון מלווה בשומר ראשה האישי, נהגה הפרטי וגבר נוסף. בבדיקות שנעשו להם לאחר מותם, התברר כי כולם היו שתויים ובדמו של הנהג נמצאו גם שרידים של תרופות פסיכוטיות שונות וסמי הרגעה. ביציאה מהמלון ארבו להם צלמי פפראצי רכובים על גבי אופנועים, שעקבו ללא הרף אחר אורחות חייה של הנסיכה, תיעדו וצילמו כל תנועה מתנועותיה.

שומר הראש של הנסיכה הורה לנהג להימלט מצלמי הפפראצי. הנהג הגביר את מהירות המכונית על מנת להימלט ולחמוק מצלמי העיתונות שעקבו אחרי המכונית ונכנס למנהרה, בה מוגבלת מהירות הנסיעה ל-50 קמ"ש, במהירות של 110 קמ"ש. בכניסה למנהרה פגעה מכוניתה של הנסיכה בצידו של רכב מסחרי שנסע לפניה. כתוצאה מכך איבד הנהג את השליטה ברכב, סטה בחדות לצד שמאל ופגע בעמוד בטון שתומך את תקרת המנהרה. מכוניתה של הנסיכה נמחצה בעמוד הבטון, וחלקה הקדמי נמערך כמעט כולו. הנהג והנוסע שלצידו נהרגו מיד. הם נמצאו עם סימני פציעות בראשיהם. הנוסע, שישב לצד הנסיכה במושב האחורי, נמצא פצוע ומדמם, והנסיכה נמצאה שוכבת על רצפת המכונית, עם שטף דם זעיר מאפה וללא סימני פגיעה חיצוניים אחרים.

איש מנוסעי המכונית לא היה חגור בחגורת בטיחות, ולא נמצאו כל סימני בלימה על הכביש. בזמן התאונה כל כריות האוויר ברכב התנפחו, ונמצאו לאחר מכן רפויית במקומן.



השאלה שהטרידה רבים הייתה: כיצד זה לא מנעו כריות האוויר ברכב המשוכלל את מותם של כל הנוסעים?
התשובה שמצאו חוקרי התאונה הייתה חד-משמעית. דיאנה נהרגה עוד לפני שכריות האוויר התנפחו.
מה, אם כן, גרם למותה של הנסיכה במשך פרק זמן כה קצר?

כדי להבין את תוצאות התאונה הקשה נלמד תחילה מה קורה לגוף האדם בזמן התנגשות ואת עקרונות הפעולה של אמצעי הבטיחות השונים. בהמשך נחזור לסיפור התאונה וננתח את אשר אירע וגרם לתוצאות הקשות.

מה קורה לגוף האדם במהלך התנגשויות

התנגשות של מכונית היא למעשה מאורע שמתרחשים בו שלושה אירועי התנגשות נפרדים:

א. התנגשות של המכונית בעצם נייד או נייח שנמצא מחוץ למכונית. בהתנגשות זו מתרחש מעבר אנרגיה שיכול לגרום לשינויים גדולים במהירות הגופים המעורבים. כלומר, נוצרת תאוצה גבוהה במהלך תנועת ההתמדה קדימה של הרכב ושל הנוסעים בתוכו, ותוצאותיה עלולות להיות התפרקות חלקי הגוף השונים של האדם, עד כדי ניתוק חוליות הצוואר של עמוד השדרה מהגולגולת, וזאת גם במקרה שחוגרים חגורת בטיחות. לרכב עצמו נגרמים נזקים כדוגמת כיפוף, מעיכה, שברים וריסוק. במקרים שבהם הנוסעים אינם חגורים הם עלולים להיפגע מן ההתנגשות בכביש עצמו כאשר הם נזרקים מתוך הרכב החוצה.

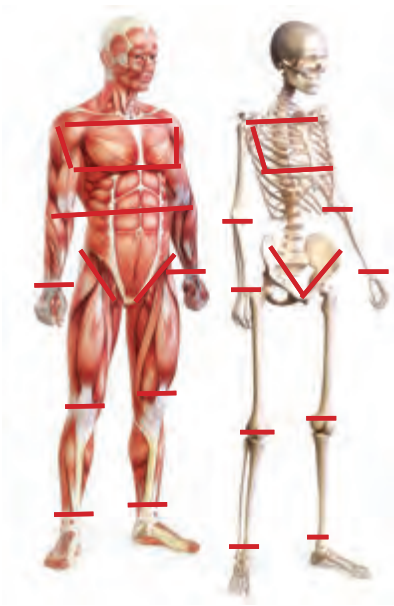
ב. התנגשות בין גופים שאינם רתוקים לגוף המכונית וממשיכים לנוע בתוכה במהירות הדומה לזו של מהירות המכונית לפני ההתנגשות, כמו נוסעים שאינם חגורים או חלקי מטען שונים שאינם רתוקים למכונית. במיוחד קשה פגיעתם של נוסעים שאינם חגורים הפוגעים באלה שחגורים. נוסעים שאינם חגורים פוגעים גם בעצמם נייחים שונים שבתוך הרכב, כמו: המושבים, שמשות החלון, חגורת הבטיחות או מתקני בטיחות אחרים.



צילום רנטגן - עצמות הגולגולת ועמוד השדרה באדם

ג. התנגשות פנים-גופית. האיברים הפנימיים בתוך גוף האדם מתנגשים אלה באלה. במיוחד חמורה פגיעתן של רקמות קשות ברקמות רכות, כמו הצלעות בריאות, עצמות הגולגולת במוח ועצמות הגפיים ברקמות השרירים. מהלכה של כל אחת מההתנגשויות שתיארנו עלול לגרום למוות לנוסעי המכונית.



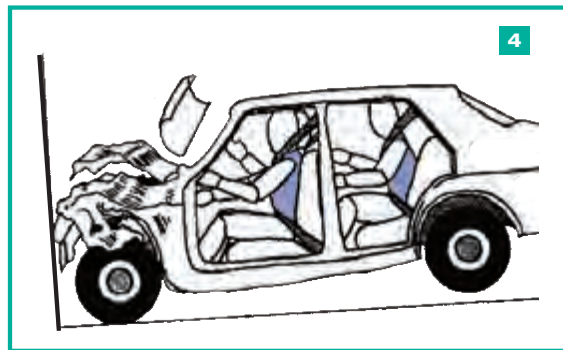
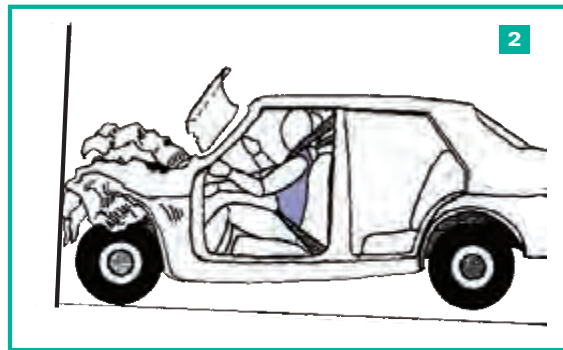


גוף האדם איננו עשוי חטיבה אחת. התרשים משמאל מתאר את גוף האדם כמערכת פיזיקלית של גופים (איברים ופרקים, המסומנים בקווים אדומים) בעלי מסה שונה. בגלל מסתם השונה, האיברים השונים ינועו בתאוצות שונות, בהשפעת הכוחות שנוצרים במהלך התנגשות. כתוצאה מכך, עלולים איברים שונים להתנתק ממקומם, בעיקר האיברים הפנימיים, ואף לפגוע באיברים אחרים במהלך התנגשות.

משימה - האדם בהתנגשות



בתרשים הבא מתוארים ארבעה מצבי התנגשות חזיתית בקיר של מכוניות זהות, הנעות במהירות שווה. במצב 1 הנוסעים והנהג אינם חגורים, במצב 2 הנהג חגור ללא נוסעים, במצב 3 הנהג חגור והנוסעים אינם חגורים ובמצב 4 הנהג והנוסעים חגורים.



1. תארו מה קורה לנהג ולנוסעים בתוך המכונית בכל אחד מן האירועים.
2. מדוע השמשה הקדמית נשארה שלמה באירועים 2 ו-4?
3. מדוע השמשה הקדמית של המכונית נשברה באירועים 1 ו-3, ומי גרם לשבירתה בכל אחד מהמקרים?
4. מדוע הנזק החיצוני שנגרם למכונית, למעט השמשה הקדמית, דומה בכל האירועים?
5. האם הדרישה מהנוסעים לחגור חגורת בטיחות מכוונת להגנה על חייהם בלבד? הסבירו!



מהו תפקידה של חגורת הבטיחות וכיצד היא מצילה את חיינו?



חגירת חגורת בטיחות

חגורת הבטיחות היא אביזר בטיחות מציל חיים ומאות אלפי בני אדם ברחבי העולם ניצלו הודות לפעולת החגורה.

חגורת הבטיחות היא אביזר בטיחות מציל חיים ומאות אלפי בני אדם ברחבי העולם ניצלו הודות לפעולתה. חגורת בטיחות תקינה מאפשרת לנו לנוע קדימה בחופשיות, כאשר משיכת החגורה איטית, אך היא ננעלת באופן מיידי כאשר המשיכה היא מהירה ופתאומית, כמו במקרה של עצירה פתאומית או התנגשות. במצב זה היא מפעילה על גוף האדם כוח המונע את תנועת ההתמדה של הגוף. כתוצאה מכך, הנוסע החגור בחגורת בטיחות מרותק למושב, ובאופן זה נמנעת היפגעותו מחלקים אחרים הנעים בתוך הרכב או פגיעתו בחלקים פנימיים קשיחים של הרכב, או הדיפתו של הנוסע אל מחוץ לרכב בזמן תאונה.

כיצד חגורת הבטיחות פועלת?

עקרון הפעולה של החגורה מבוסס על עקרון ההתמדה. כפי שלמדנו, התמדה היא הנטייה של כל גוף להמשיך בתנועתו, עד אשר פועל עליו כוח המונע זאת ממנו. כל הגופים הנמצאים בתוך מכונית הנוסעת במהירות מסוימת – הנהג, הנוסעים, המטען שהמכונית נושאת וכל האביזרים המותקנים בה, נעים

באותה מהירות. מאחר שכולם נעים באותה מהירות, הם נראים לנוסעים בתוכה כאילו הם קבועים במקומם ללא תנועה. כאשר המכונית עוצרת לפתע או מתנגשת בעצם כלשהו, כל הגופים יתמידו בתנועתם במהירות זו עד שיפעל עליהם כוח, שיגרום להאטת מהירותם ולעצירתם המוחלטת.

מאחר שמסתם של הגופים ברכב היא שונה, נדרש כוח שונה על מנת לעצור כל אחד מהם. לכן, ההאטה שלהם נעשית בקצב (תאוצה שונה). מנגנון הנעילה של החגורה מושפע מהתאוצות בהן הוא נתון. במצבים בהם התאוצה גדולה המנגנון של החגורה נעל ומונע את מתיחתה, ובכך מונע מגוף האדם לנוע בתוך המכונית בזמן התנגשות. חגורת הבטיחות נשארת רפויה כל זמן שהכוחות הפועלים עליה הם חלשים והתאוצה קטנה, והיא ננעלת כאשר פועלים עליה כוחות חזקים והתאוצה גדולה.



כיצד בודקים את יעילותן של חגורות הבטיחות?

בניסויי בטיחות בודקים את תוצאות ההתנגשות באמצעות בובות. תיעוד וצילום ההתרחשויות שאורכות פרקי זמן קצרים ביותר מספקים את המידע כיצד לתכנן אמצעי הגנה יעילים.

לפניכם סדרת תמונות המתארות שתי התנגשויות שנעשו בתנאים שווים. באחת מהן הבובה היתה חגורה בחגורת בטיחות ובאחרת הבובה ללא חגורת בטיחות. רווחי הזמן שבין התמונות הם של מאית השנייה (0.01 שניה).

א. תוצאות התנגשות עם חגורת בטיחות

כיוון התנועה



0.00 שניות 0.02 שניות 0.04 שניות 0.05 שניות 0.06 שניות 0.08 שניות 0.09 שניות 0.10 שניות

ב. תוצאות התנגשות ללא חגורת בטיחות

כיוון התנועה



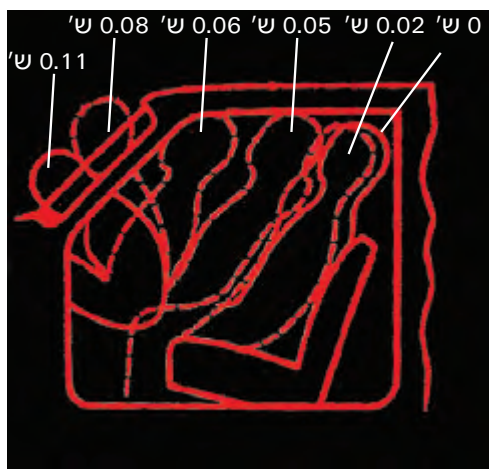
0.00 שניות 0.02 שניות 0.04 שניות 0.05 שניות 0.06 שניות 0.08 שניות 0.09 שניות 0.10 שניות

שאלות:



1. מהו משך זמן ההתרחשות שני האירועים המתוארים בתרשימים?
2. האם אתם מזהים שתי התנגשויות שונות של הבובה שאיננה חגורה (תרשים ב')? ציינו אותן.
3. כעבור כמה זמן מרגע תחילת ההתנגשות מפעילה חגורת הבטיחות את הכוח הרב ביותר על הבובה? נמקו.
4. באיזה כיוון פועל הכוח שהחגורה מפעילה על הנוסעת? מהי תוצאת פעולתו של כוח זה?
5. מדוע מתנגשת הבובה שאיננה חגורה בשמשה הקדמית של הרכב? הסבירו באמצעות המושגים והרעיונות המדעיים שלמדתם.





מצב גופו של הנהג בזמנים שונים במהלך ההתנגשות

תוצאות ניסוי התנגשות במעבדה

לפניכם ניתוח של תוצאות ניסוי מעבדה, במהלכו בוצעה התנגשות חזיתית של מכונית בקיר. האירוע בשלמותו התרחש במהלך 0.2 שניות. זהו משך הזמן הממוצע של התנגשות. במקרה שלפנינו עוסק הניתוח בתוצאות הפגיעה בנהג ובנוסעים שבתוך המכונית ללא כריות אוויר, כאשר אלה אינם חגורים בחגורת בטיחות. לפניכם הנתונים:

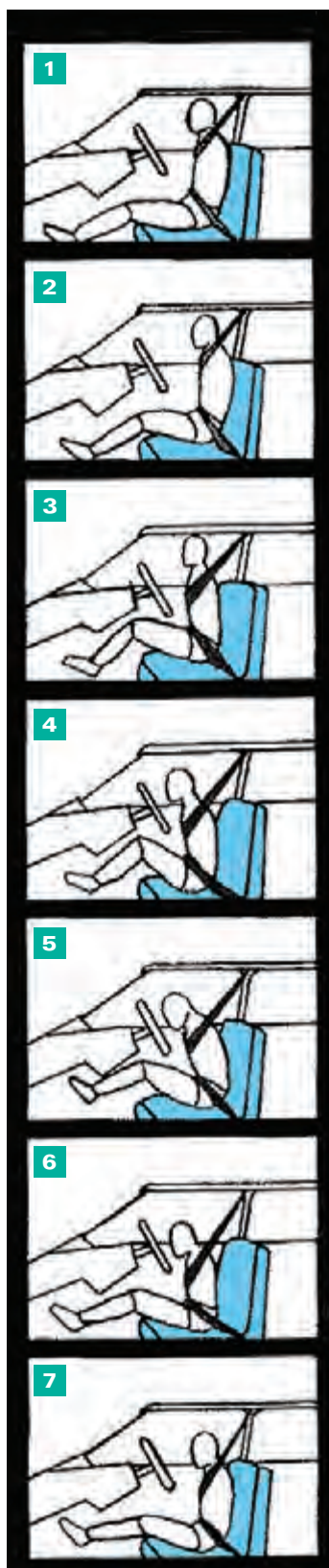
מה מתרחש?	הזמן מרגע ההתנגשות (בשניות)
פגושי המכונית מתכופפים	0.026
הנהג נחבט בגלגל ההגה	0.044
הכוחות הפועלים על המכונית בשיאם	0.050
ראשו של הנהג פוגע בשמשה הקדמית	0.075
הנהג קרוב לוודאי כבר מת	0.100
מכסה המנוע נמערך, הנוסעים היושבים מאחור פוגעים בנהג ובשמשה הקדמית, ובחלקו הקדמי של תא הנהג.	0.110
הסתיים תהליך מערכת המכונית	0.150
כל התנועות פסקו	0.200

הערה: שימו לב לכך שנתוני הטבלה מתייחסים לכך שהנוסעים אינם חגורים ולא מותקנות כריות אוויר ברכב. כרית האוויר מתוכננת לפעול יחד עם חגורות הבטיחות. הכרית מגיעה לניפוח מירבי רק כעבור 35 אלפיות השניה מרגע ההתנגשות. היא אמורה למנוע פגיעה ולבלום את גוף הנהג או הנוסע רק לאחר 40 אלפיות השנייה מרגע ההתנגשות. במקרים בהם הנוסעים לא חגורים המיפגש עם כרית האוויר עלול להתרחש תוך כדי ניפוח הכרית, ובכך נשקפת סכנה גדולה עד כדי פגיעה קטלנית בנוסעי הרכב, עקב שחרורה של הכרית בלחץ גבוה ופתיחתה במהירות המתקרבת ל-200 קמ"ש.





שאלות



בהסתמך על הנתונים שבטבלה ועל תמונות הרצף של ההתנגשות (משמאל), חשבו וענו על השאלות הבאות. נמקו את תשובתכם.

1. זמן התגובה הממוצע של אדם הוא 0.5 שניות. האם נהג הרכב יכול היה להמנע מתוצאות ההתנגשות? הסבירו.

2. לכל חגורת בטיחות יש זמן תגובה טכנולוגי בהתאם לתכונותיה. מהו זמן התגובה הארוך ביותר האפשרי לחגורת בטיחות, כך שתימנע פגיעתו של הנהג?

3. מדוע הנוסעים שאינם חגורים במושב האחורי של הרכב עלולים לפגוע בנהג?

4. יש הסוברים שחגורת הבטיחות מונעת מהנהג לזוז והוא נשאר קבוע במקומו. מה מלמדות אותנו התמונות? מדוע זה קורה?

5. הורים רבים מחזיקים את ילדיהם הקטנים בידיהם ומאמינים שכך יוכלו למנוע את פגיעתם בזמן התנגשות בתאונה. מה תאמרו להורים אלה וכיצד תשכנעו אותם, שבדרך זו אין להם כל יכולת להציל את ילדיהם? בססו את תשובותיכם על המידע שבטבלה שבעמוד הקודם ועל נתונים ועקרונות מדעיים נוספים שלמדתם.

6. בארה"ב נהרגים בשנה 600 ילדים בממוצע ולמעלה מ-7000 נפצעים בתאונות דרכים, מפני שהוריהם לא הקפידו חגירת שהילדים יחגרו חגורת בטיחות במושבים האחוריים. במקרים רבים ילדים שלא היו חגורים במושב האחורי אף גרמו למותם של הוריהם שישבו במושבים הקדמיים. בישראל, קרוב לאחד מכל ארבעה ילדים (22%) מוסע ברכב לא חגור בחגורת בטיחות במושב האחורי, כך עולה מסקר תצפיות ארצי שערכה הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים (שנת 2014).

השתמשו בתמונות משמאל ובנתוני הניסוי בטבלה, ונסחו פסקת טיעון שמטרתה לשכנע הורים בדבר חשיבותה של חגורת הבטיחות.



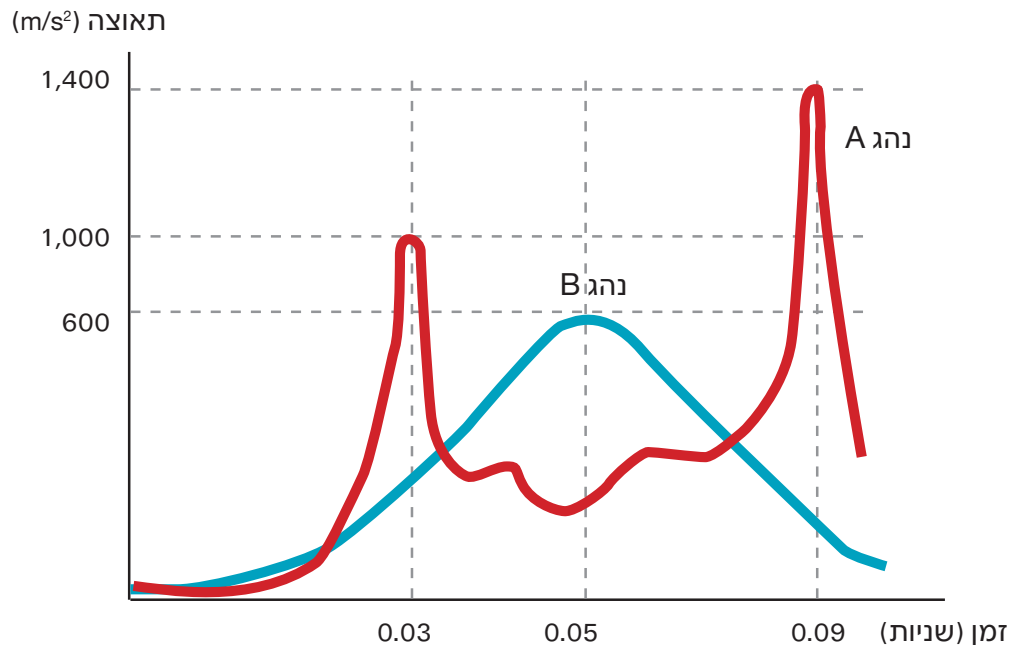
כעת, לאחר שלמדנו מה קורה לגוף האדם בזמן התנגשויות ועל חשיבותה ואופן פעולתה של חגורת הבטיחות, נחזור לסיפור התאונה של הנסיכה דיאנה.



הסתמכו על הידע שרכשתם ועל סיפור התאונה וענו על השאלות הבאות:

1. בהסתמך על הנתון שגופת הנסיכה דיאנה נשארה ללא פגיעה חיצונית איזו התנגשות מבין השלוש (ראו עמוד 140) עלולה הייתה לגרום למותה של הנסיכה?
2. איזו השפעה הייתה להתנגשות ברכב המסחרי - ההתנגשות שקדמה להתנגשות בעמוד הבטון - על התרחשות התאונה? בהסברכם התייחסו לכוחות הפועלים, ציינו לאיזה רעיון מדעי זה קשור ומהו הקשר.
3. אילו נסיבות חברתיות והתנהגותיות השפיעו על התרחשות התאונה ותוצאותיה, ובאיזה אופן?
4. הגרף שבתרשים מתאר תאוצות שונות של שתי בובות דמה בזמן, המדמות שני נהגים, ניסוי בהתנגשות חזיתית במהירות של 75 קמ"ש. האחת חגורה בחגורת בטיחות (גרף B), והשנייה ללא חגורה (גרף A).

תאוצות נהגים, עם ובלי חגורת בטיחות, בהתנגשות חזיתית במהירות של 75 קמ"ש.



התבוננו בגרפים וערכו השוואה בין שני המקרים.

א. מלאו את הטבלה על סמך הנתונים המופיעים בגרף:

נהג B (עם חגורת בטיחות)	נהג A (ללא חגורת בטיחות)	קריטריון
		משך הזמן הכולל של מאורע ההתנגשות
		מספר התנגשויות מסכנות חיים
		התאוצה המרבית של גוף הנהג
		עוצמת ההתנגשות
		השפעת חגורת הבטיחות על הנהג



- ב. מהם ההבדלים שבין התנגשות כאשר לא חוגרים חגורת בטיחות להתנגשות שבה חוגרים בחגורת בטיחות?
- ג. בגרף B ניתן לראות כי עוצמת ההתנגשות הייתה גבוהה מעוצמת ההתנגשות הראשונה. מה יכולה להיות הסיבה לכך?
- ד. באיזה פרק זמן במהלך ההתנגשות צפויה הייתה בובה A להיות בסיכון גדול לחייה? הסבירו.
5. על פי הנתונים, מכוניתה של הנסיכה התנגשה בעמוד בטון במהירות של 110 קמ"ש.
- א. תארו את המרות האנרגיה בהתנגשות.
- ב. מי ספג בהתנגשות את מרבית האנרגיה? הסבירו את טענתכם.
- ג. האם התוצאה הייתה שונה לו המכונית נסעה במהירות נמוכה יותר?
6. בהנחה שזמן התגובה הטכנולוגי של כריות האוויר הוא כ-4 מאיות השנייה (0.04 שניה), האם הן יכולות לספק הגנה לנוסעי הרכב בכל מקרה? נמקו את תשובתכם.

מהבנה לתובנה: חגורת בטיחות

בזמן התנגשות, קצב ההאטה של הגופים הנעים בתוך המכונית הוא שונה. הם נעים במהירויות שונות ומתנגשים אלה באלה. חלקם אף יהדפו אל מחוץ לרכב וייעצרו רק בקרקע או בעת שיתקלו בעצם אחר מחוץ למכונית. כך נפגעים גם נוסעי הרכב כאשר הם אינם חגורים, ובמקרים רבים הם אף עלולים להיות מושלכים אל מחוץ לרכב. חגורת הבטיחות היא זו שמפעילה עלינו, הנוסעים ברכב, את הכוח שעוצר אותנו ומונע מאיתנו מלהיפגע או להיות מושלכים מחוץ לרכב. חגורת הבטיחות גורמת להאטת הנוסע החגור עוד לפני ההתנגשות, אם הרכב נבלם ע"י הנהג. באופן זה מסלול ההאטה של הנוסעים החגורים מתארך, והתאוצה הפועלת עליהם בעת ההתנגשות קטנה יותר מאשר הייתה לולא חגרו הנוסעים חגורת בטיחות. אלמלא חגורת הבטיחות עצירת גופנו תתרחש בעת התנגשות הראש במשענות המושבים שלפנינו או על-ידי שמשות החלון הקדמי של המכונית, שעלולה לגרום למותנו.



התקני בטיחות

מטרתם של התקני הבטיחות במרחב התעבורתי היא להפחית את הסיכוי של בני האדם להיפגע באירועים כדוגמת התנגשויות.

אחד מהתקני הבטיחות במרחב התעבורתי הוא מעקה הבטיחות. מעקה הבטיחות נועד למלא שני תפקידים: למנוע מהרכב לסטות מנתיב התנועה שלו למסלול התנועה הנגדי או להתדרדר מן הדרך, ולהפחית למינימום את הפגיעה בנוסעי הרכב.

כפי שלמדנו, בזמן התנגשות מתרחשים שינויי מהירות גדולים ונוצרת תאוצה גבוהה. התאוצה הגבוהה היא אחת הסיבות העיקריות למותם של בני האדם בתאונות. מידת ההיפגעות של בני האדם בהתנגשות תלויה במידה רבה בתאוצה שנוצרת. ככל שמשך זמן ההתנגשות יהיה ארוך יותר, תהליך שינוי המהירות בעת ההתנגשות יהיה ממושך יותר והתאוצה קטנה יותר. ככל שהתאוצה קטנה, כך גם מידת הסיכון שייפגעו וגם מידת הנזק שייגרם לאנשים תהייה קטנות יותר. אחת ממטרותיו של מעקה הבטיחות היא להאריך את משך זמן ההתנגשות ולהקטין את התאוצה.

חומרת הפגיעה של בני אדם במהלך התנגשויות תלויה בכמות האנרגיה שגופם עלול לספוג. בעת התנגשות של כלי רכב בהתקן בטיחות חלק מהאנרגיה הקינטית של כלי הרכב עוברת להתקן, ונבלעת בו. כתוצאה מכך פוחתת כמות האנרגיה שעלולה לפגוע בגופם של בני האדם המעורבים והנזק שעלול להיגרם לגופם קטן. כך יכולים להינצל חייהם של בני אדם המעורבים באירועים מסוג זה.



מעקה בטיחות עשוי בטון

קיימים מעקות בטיחות מסוגים שונים, ישנים וחדשים. מעקות הבטיחות הישנים עשויים פלדה או בטון יצוק לאורך הדרך. מעקה הפלדה אינו חזק מספיק ולא מונע את סטיית הרכב מנתיב נסיעתו אל הנתיב הנגדי ואילו מעקה הבטון הוא קשיח מאד ומונע את סטיית הרכב למסלול הנגדי, אך בגלל מבנהו הקשיח אין הוא תורם להפחתת הפגיעה בנוסעי הרכב בעת התנגשות בו.

הפחתת הפגיעה בנוסעים מושגת על ידי שימוש במעקות בטיחות חדשים, הבנויים ממערכת של גדר ומוטות גמישים הנשברים כאשר רכב פוגע בהם. אלו מכונים בשם מעקות בטיחות 'סופגי אנרגיה'.



התקני בטיחות סופגי אנרגיה

סופגי אנרגיה הם התקנים בטיחותיים המוצבים לפני עצמים קשיחים בצדי הדרך, כמו עמודים ומעקות בטיחות מעבר לשול הדרך, או מותקנים על מעקות הפרדה קשיחים (בין נתיבי דרך), ותפקידם לבלום רכב שסטה מדרכו עד לעצירתו המוחלטת.

התקנת 'סופגי אנרגיה' בדרך היא אחת הדרכים להגברת הבטיחות של בני האדם. כשכלי רכב פוגע במחסום קשיח רק חלק מהאנרגיה שלו עובר למחסום ולכן מרבית הנזקים נגרמים לרכב. בהתנגשות של כלי רכב בהתקן סופג אנרגיה, מרבית האנרגיה שלו תעבור אל ההתקן ורק חלק קטן ממנה יגרום נזקים לרכב ולנוסעים בו. בכך, התקן זה מפחית את הסיכונים לנוסעי המכונית. המכונית תעצור כאשר כל האנרגיה הקינטית תעבור אל סופג האנרגיה.



מעקה סופג אנרגיה לדרכים עירוניות, שמותאם למהירויות של 50 עד 90 קמ"ש

1. מדוע לדעתכם עדיפה בלימה איטית ומתונה על פני בלימה חדה וקצרה? הסבירו במונחים הקשורים לאנרגיה.
2. ציינו התקני בטיחות נוספים בשימוש במרחב התעבורתי. מה משותף לכל התקני הבטיחות שבמרחב?



מעקה בטיחות סופג אנרגיה

מהו הרעיון המדעי שבבסיס הקמתו של מעקה בטיחות 'סופג אנרגיה'?

התקנים סופגי אנרגיה מוצבים בעיקר על קו הפרדה בין נתיבים וביציאות ממחלפים בדרכים מהירות. תפקידם הוא לספוג את מירב האנרגיה הקינטית של רכב שסטה מנתיבו והתנגש בהם, באמצעות האטה הדרגתית של תנועת הרכב הפוגע. מטרתו העיקרית של מעקה הבטיחות היא להאריך את משך זמן ההתנגשות. מעקה הבטיחות סופג האנרגיה בנוי ממספר יחידות מעיכות המחוברות זו לזו. האנרגיה העוברת אליו במהלך ההתנגשות בו, עוברת מיחידה ליחידה וגורמת למעיכתן בזו אחר זו. באופן זה השינויים באנרגיה של הרכב ובכיוון התנועה שלו מתונים



מעקה סופג אנרגיה לדרכים מהירות שמותאם למהירויות שבין 60 ל-120 קמ"ש

יותר ומשך זמן ההתנגשות ארוך יותר. יש הטוענים שב-30 השנים האחרונות הצילו סופגי האנרגיה חיים יותר מאשר חגורות הבטיחות. כל מתקן סופג אנרגיה מותאם למהירות הנסיעה בכביש ולמסתם של כלי הרכב שעל בטיחותם הוא מופקד.

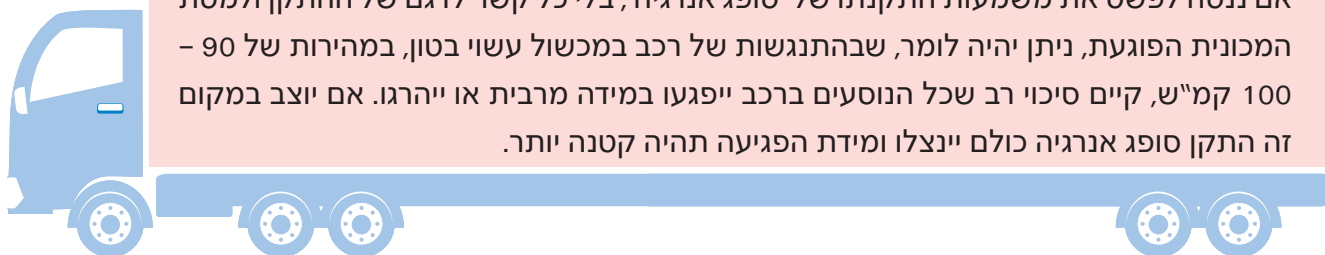
תאונות שבהן רכב פוגע בקצה מעקה בטיחות, שבדרך כלל מסתיימות בהרוגים ופצועים, יכולות להיפך לתאונות עם פצועים קל ואף ללא פצועים בכלל, כאשר מוצב לפניו סופג אנרגיה.



לסיכום,

התקנים סופגי אנרגיה אינם מונעים תאונות דרכים, אך הם בהחלט משנים את תוצאתן הסופית מבחינת חומרת התאונות וצמצום במספר הנפגעים.

אם ננסה לפשט את משמעות התקנתו של 'סופג אנרגיה', בלי כל קשר לדגם של ההתקן ולמסת המכונת הפוגעת, ניתן יהיה לומר, שבהתנגשות של רכב במכשול עשוי בטון, במהירות של 90 - 100 קמ"ש, קיים סיכוי רב שכל הנוסעים ברכב ייפגעו במידה מרבית או ייהרגו. אם יוצב במקום זה התקן סופג אנרגיה כולם יינצלו ומידת הפגיעה תהיה קטנה יותר.



פרק ד

סוף מעשה במחשבה תחילה... האדם במרחב התעבורתי



האדם במרחב התעבורתי

מאז ראשית ימיו היה חייב האדם לנוע בסביבתו כדי לספק את צרכיו, בעיקר כדי לצוד ולהשיג מזון. תנועתו במרחב הייתה מותאמת לממדיו הגופניים וליכולותיו הפיזיות, כשהוא מסתייע לצורך כך באנרגיה של גופו ובשריריו. התפתחות כישורי התנועה שלו, ויכולות כמו: יכולת אומדן זמן, מרחק ומהירות, יכולת זיהוי תנועה, זמן התגובה, תפיסת הסיכונים וכישורי קבלת החלטות, אפשרו לאדם לשרוד.

בשלבים מאוחרים יותר למד האדם להשתמש בכוח ובאנרגיה של בעלי החיים שגידל, ורתם אותם לצרכיו. אלה אפשרו לו לנוע במהירות גבוהה יותר ולמרחקים גדולים יותר. עם המצאת מנוע הקיטור, השתחרר האדם מהתלות בכוח שריריו או כוחם של בעלי החיים. הודות להמצאת כלי תחבורה, כמו מכונית הקיטור והרכבת, התאפשרה לאדם תנועה במהירויות גבוהות עוד יותר ובכלי רכב בעלי ממדים גדולים יותר. ניצול מקורות אנרגיה, כמו הדלק והחשמל אפשרו, בהמשך, את פיתוח כלי הרכב שאנחנו מכירים כיום. הם מהירים מאוד ביחס למהירותו הטבעית של האדם ומשמשים למטרות מגוונות. התנועה בהם מתקיימת בתשתית תחבורתית שנבנתה עבורם, הכוללת כבישים, גשרים ומסילות ברזל ומאפשרת להם לנוע במלוא מהירותם.

מרבית מצבי הסיכון שבהם מעורב האדם בדרך הם תולדה של הפער בין יכולותיו הטבעיות, כמו זמן התגובה למשל, לבין מהירות תנועתם של כלי הרכב שבהם הוא משתמש ומהירות התרחשותם של האירועים בדרך, שאליהם הוא נקלע.



כרזה שעוצבה על ידי שרון אורניק, תלמידת י"ב בתיכון רבין בקרית ים (2014).
זכתה במקום הראשון בתחרות כרזות שיזמה עמותת "אור ירוק" למלחמה בתאונות הדרכים.



מהבנה לתובנה: מגבלות האדם במרחב התעבורתי

בני האדם אינם יכולים לנוע במהירויות גבוהות כמו אלה שבהן מסוגלות לנוע מכונות. כמו כן זמני התגובה הנדרשים מבני האדם אינם מתאימים לקצב האירועים במרחב התעבורתי. פרקי הזמן שאורכים האירועים הם קצרים מכדי יכולתו הטבעית של האדם להגיב להם. כתוצאה מכך, מתקשים בני האדם למנוע ברגע האחרון מצבים מסוכנים או לסגת מהחלטות שגויות שקיבלו. נהיגה היא תהליך המלווה בקבלת החלטות רציפה. חשיבה והבנה מוקדמת של מהות המרחב שבו הם נעים עשויה לעזור לבני האדם לקבל החלטות נכונות ולהימנע ממצבים מסוכנים. חלק קטן מכלל משתמשי הדרך, אלה שאינם מסוגלים לקבל החלטות נכונות, מסכנים את עצמם ורבים ממשתמשי הדרך האחרים.



ביחידת לימוד זו עסקנו במהותה של תנועה, בכוחות הפועלים על הרכב, באנרגיה של כלי הרכב, בבלימה ובתאוצה. למדנו מהן יציבות ותנועה בסיבוב, ומה קורה במהלך התנגשויות. הכרנו את הרעיונות המדעיים שבבסיס כל התופעות במרחב התעבורתי והעוזרים לנו להבין ולהסביר לעצמנו את המצבים השונים בו. בתרגילים הבאים נתייחס לאירועים אחדים וננסה לפענח כל אחד מהם ולברר מדוע התרחשו באופן שהתרחשו, וכיצד היה ניתן למנוע את התרחשותם. את כל זה ננסה לעשות באמצעות התובנות המדעיות אשר רכשנו במהלך הלימוד. קראו בעיון את כל הפרטים הקשורים לכל אירוע, מצאו את הגורמים שהשפיעו על עצם התרחשותו ועל תוצאותיו וחשבו כיצד ניתן היה לנהוג אחרת...



משימה שיתופית בשיטת הג'יקסו: הגורם האנושי במרחב התעבורתי – ניתוח אירועים



שלב א – בקבוצת האם

בכל יום מתרחשות בארץ ובעולם תאונות דרכים רבות. מקובל לחשוב שכל תאונה היא סוג של כישלון. חשבו על תאונות דרכים שכיחות בארץ והסבירו מהן, לפי דעתכם, הסיבות לכישלונות, לאור הידע והתובנות שרכשתם במהלך הלמידה. ערכו רשימה של מסקנותיכם.

שלב ב – במליאה

- לפני שתתפצלו לקבוצות ההתמחות, נקיים דיון במליאה.
- הציגו במליאה את מסקנותיכם העיקריות.
- צרפו לרשימה שלכם מסקנות נוספות שהוצגו על-ידי הקבוצות האחרות.

שלב ג – בקבוצת ההתמחות

- קראו על אודות האירוע, דונו בו וענו על השאלות שבדף המשימה.
- חשבו והחליטו כיצד תלמדו את חבריכם בקבוצת האם את שהתרחש באירוע זה ואת משמעויותיו.

שלב ד – בקבוצת האם

- כל משתתף יציג את אירוע התאונה שחקר בקבוצת ההתמחות, ויתאר אותו תוך שימוש במושגים ורעיונות מדעיים.
- דונו במשותף וענו על השאלות הבאות, עליכם לכלול בתשובותיכם את הידע שרכש כל אחד מכם בקבוצת ההתמחות שלו.

שאלות:

- דונו במשותף בכל האירועים על פי הנקודות הבאות:
 - זהו דפוסי התנהגות שגויים באירוע וציינו מי מהמעורבים באירוע שגה בהם.
 - מה הייתה תוצאת האירוע?
 - כיצד ניתן היה לנהוג אחרת?
- רכזו את מסקנותיכם בטבלה הבאה:

אירוע 5	אירוע 4	אירוע 3	אירוע 2	אירוע 1	
					דפוסי התנהגות שגויים של המעורבים
					התוצאת האירוע
					כיצד ניתן היה לנהוג אחרת



היעזרו במידע המופיע בטבלה וענו על השאלות הבאות:

2. האם יש דפוסי התנהגות שגויים האופייניים לכל האירועים?
3. בחרו 3 דפוסי התנהגות שגויים שזיהיתם והסבירו באיזה אופן הם תרמו להתרחשות האירוע ולתוצאותיו.
4. איזו מבין התובנות המדעיות שרכשתם במהלך הלימוד חסרה למעורבים בהתרחשויות או שלא התממשה בפעולותיו של נהג הרכב והייתה יכולה לסייע במניעת התאונה?
5. בעקבות ניתוח האירועים ובהסתמך על המידע בטבלה והרעיונות המדעיים שלמדתם, נסחו כמה עקרונות בטיחות, שלדעתכם יתרמו להגברת הבטיחות במרחב התעבורתי. הסבירו מדוע כל עיקרון חשוב לבטיחות ומה הוא דורש מהמשתמש בדרך.
6. הכינו תוצר קבוצתי להצגה במליאה. התוצר יהיה כרזה מדעית או מצגת, שתסכם ותציג את מסקנותיכם ותובנותיכם המדעיות והבטיחותיות. על הכרזה לכלול:
 - א. סיכום דפוסי התנהגות שגויים העלולים לגרום לתאונות
 - ב. דפוסי התנהגות שכדאי לאמץ על מנת למנוע תאונות
 - ג. עקרונות בטיחות שיתרמו להגברת הבטיחות במרחב התעבורתי

שלב ה - במליאה

- כל קבוצה בתורה תציג את תוצריה ויתקיים דיון מסכם בנושא עקרונות ההתנהגות הבטיחותית בדרך.



מקרה א': הכול בגלל החברה...

תמצית האירוע

תאונת דרכים שתוצאותיה היו הרוג ושני פצועים קשה מאוד התרחשה בשעת לילה מאוחרת ליד יישוב בארץ. התאונה קרתה בסביבות השעה 02:00 בכביש דו-סטרי, כביש ישר, תקין, עם תאורת רחוב ושדה ראייה טוב. מאחר שמדובר בכניסה לשטח עירוני מהירות הנסיעה המותרת בו היא 50 קמ"ש. רכב שיצא לעקיפה סטה מנתיבו, חצה את הנתיב הנגדי, ירד לשול הדרך ופגע בעץ שבצד הכביש בעוצמה רבה. כוחות החילוץ שהגיעו למקום מצאו את מנוע הרכב כמה מטרים מכלי הרכב עצמו, ואת השלדה שלו מעוכה וכרוכה סביב גזע העץ. מדובר בשלושה כלי רכב שהסיעו קבוצת חברים אשר יצאה ממועדון בדרכה הביתה. הם נסעו בשיירה. במכונית הראשונה בשיירה נהג עומר, בשנייה נהג דוד, ובשלישית - גלעד (כל השמות בדויים). לא התגלו סימני אלכוהול אצל הנהג וגם אצל חבריו, והם העידו שהנהג לא שתה באותו ערב.

שחזור התאונה

משחזור התאונה ניתן להבין שהיא התרחשה בשלבים הבאים:

שלב א': הרכב שניסה לעקוף התקרב מאוד לרכב הנעקף. הוא סטה באופן חד שמאלה, איבד שליטה, ובעצם הסתובב נגד כיוון השעון.

שלב ב': נהג הרכב ניסה לתקן והסיט את ההגה ימינה בחוזקה, והסתובב באופן חד ימינה עם כיוון השעון, ניסה לתקן שוב, וסטה באופן חד שמאלה. בינתיים, הוא חצה את המסלול הנגדי, וירד לשול הדרך, ובדיוק כשסטה באופן חד שמאלה פגעה הדלת הימנית האחורית בעוצמה אדירה בעץ שבשולי הדרך.

שלב ג': הרכב נתפס בעץ כאשר מרכז הכובד שלו משמאל לעץ, והוא החל להסתחרר סביב העץ בכיוון הפוך לכיוון הקודם, ימינה, עם כיוון השעון, עד שנעצר סופית בצד השני של העץ.

שלב ד': המנוע הועף מהרכב בכיוון חבטת התנגשות הרכב בעץ, ונחת במרחק של 11 מטר מהעץ.

שלב ה': כלי הרכב נעצר לאחר הסחרור סביב העץ, הנהג הועף לכיוון המושב האחורי, משם הוצא על-ידי צוותי החירום.

העדויות

סיפר דוד, אחד הנהגים:

"כל הדרך אני הייתי שני בשיירה עד שגלעד עקף אותי ונסע מאחורי עומר. אני נהגתי במהירות של 60 - 70 קמ"ש והוא עקף במהירות גבוהה הרבה יותר, בסביבות 100 קמ"ש. הספקתי לראות אותו מתקרב מאוד למכונית של עומר...".



סיפור אלון, אחד הנוסעים במכונית של גלעד, שנפצע קשה בתאונה:

"נסעתי במכונית של גלעד. גלעד נסע די מהר, לא זוכר באיזו מהירות, ישבתי במושב האחורי. גלעד עקף איזשהו רכב (אחר כך נודע לי שזה הרכב של דוד), ואז ראיתי את גלעד נצמד מאוד לכלי הרכב הבא שהיה לפניו, ופתאום הוא יצא לעקיפה חדה, כנראה שאיבד שליטה, ניסה לתקן חזק ימינה ואחר כך חזק לשמאל, ופגענו בעץ. מאז אני לא זוכר דבר... אני יכול רק לספר לך, שגלעד רב במועדון עם החברה שלו, שלא רצתה לנסוע איתו, הוא היה עצבני ומיהר אליה..."

שאלות לדין

1. כיצד התרחשה התאונה?
2. מה היה יכול לגרום לסטייה מהנתיב?
3. מדוע הנהג איבד את השליטה על הרכב?
4. מה ניתן ללמוד מסימני ההחלקה של הצמיגים על פני הכביש?
5. מה ניתן ללמוד ממקום הימצאותו הסופי של מנוע הרכב?
6. מה ניתן ללמוד מכך שהמכונית הסתובבה כמעט סיבוב מלא סביב העץ שבו התנגשה?
7. מדוע היו תוצאות התאונה כה חמורות?
8. מה ניתן ללמוד מעדויות הנוסעים ברכב על נסיבות התאונה?
9. אילו מסקנות חשובות צריכים לדעתכם להסיק נוסעי המכונית שנותרו בחיים?



שאלות למחשבה

1. במה תרמה נסיעתו של הנהג בצמוד מאוד לרכב שלפניו להתרחשות התאונה?
2. במה תרמה הסטייה המהירה מהנתיב והירידה לשוליים להתרחשות התאונה?
3. מהו הקשר בין מצבו הרגשי של הנהג להתרחשות התאונה?
4. למה לדעתכם נוסעי הרכב לא התערבו ולא העירו לנהג על אופן נהיגתו?
5. האם תוכלו להסביר את הכותרת של הסיפור? מהו הקשר לחברה?
6. כיצד ניתן היה למנוע את התאונה?



מקרה ב': המכונית האדומה

תמצית האירוע



גברת כהן החנתה את מכוניתה לאורך המדרכה ויצאה לערוך קניות במרכז המסחרי הסמוך. כאשר חזרה אליה היא הבחינה, כי מכוניתה מעוכה בין משאית לבין עמוד חשמל. המשאית פגעה ברכב החונה במהירות לא גבוהה לאחר שהנהג ביצע תמרון התחמקות מפני פגיעה בילדים שהתפרצו לכביש.

העדויות

עדויות של הגברת כהן בעלת המכונית האדומה

החניתי את מכוניתי האדומה ברחוב בערך בשעה 14:00, והתכוונתי לערוך קניות במרכז המסחרי הסמוך. כאשר חזרתי בשעה 15:45 הבחנתי בשוטרים בכל מקום, והרחוב היה חסום לתנועה. מרחוק ראיתי משאית, שככל הנראה הייתה מעורבת בתאונה כלשהי. שוטרת עצרה אותי ושאלה אותי מי אני ומה אני מחפשת במקום. עניתי לה שהחניתי את מכוניתי ברחוב, והיא שאלה אותי איזו מכונית יש ברשותי. משעניתי לה שמכוניתי אדומה, היא לקחה אותי איתה והראתה לי מחזה שלא אשכח. המכונית הייתה מחוצה בין משאית לבין עמוד חשמל גדול. הבנתי מיד שלעולם כבר לא אשוב להשתמש בה.



עדויות של נהגת עדת ראייה לאירוע

ראיתי את התאונה כשהחניתי את מכוניתי. בזמן שנסעתי לאחור חלפה על פני המשאית. לדעתי, נהג המשאית נסע במהירות גבוהה, שחורגת מזו המותרת ואיננה מתאימה לנסיעה בתנאי רחוב זה.



עדויות של נהג המשאית

נסעתי לאורכו של הרחוב, והבחנתי בקבוצת ילדים שהתגודדה על המדרכה מעבר לשורת המכוניות שחנו לאורך הרחוב. הבחנתי גם במכונית האדומה שחנתה ובלטה במרחק של כחצי מטר מהמדרכה בסמוך מאוד למקום שבו התגודדו הילדים. כאשר התחלתי לעקוף בזהירות את המכונית החונה, התפרצה לפתע בריצה ילדה אחת לתוך נתיב הנסיעה שלי. כדי להימנע מפגיעה בילדה סובבתי בחוזקה את ההגה, ולרוע המזל פגעתי במכונית החונה.



עדותו של חוקר המשטרה

בזירת האירוע נראתה משאית קלה שחזיתה נפגעה בצורה קלה בלבד. המכונית האדומה נפגעה בצורה קשה מאוד באותה מידה בחזיתה ובצידה האחורי. הנזק בחזית נגרם ככל הנראה על-ידי המשאית, והנזק בחלקה האחורי נגרם בגלל עמוד החשמל. לא נראו כל סימני עצירה על הכביש (סימנים שחורים שמשאירים צמיגים של מכונית המחליקים על פני הכביש בזמן בלימת חירום). היעדר סימני הבלימה העידו על כך, שנהג המשאית לא ניסה כלל לבלום את המשאית לפני שפגע במכונית האדומה. בבדיקה ראשונית התברר, שלא היו נפגעים בתאונה, והיא נגרמה ככל הנראה מפגיעת המשאית במכונית חונה. מיד סגרנו את הרחוב וקראנו לתגבורת משטרתית.

מהירות נסיעתה של המשאית, כפי שנרשמה במד-המהירות שלה, הייתה 40 קמ"ש, וסביר להניח, שזו הייתה גם מהירותה ברגע התאונה. למרבה המזל נסעה המשאית ללא מטען ומסתה הייתה 2,000 ק"ג בלבד. אילו המשאית הייתה עמוסה הייתה התוצאה חמורה הרבה יותר.



שאלות לדין

1. כיצד הסביר הנהג את הסיבוב הפתאומי של ההגה שביצע?
2. איך קבע השוטר את מהירות המשאית לפני הפגיעה במכונית האדומה?
3. מה הייתה הסיבה שהביאה את עדת הראייה למסקנה, שהמשאית נסעה במהירות גבוהה מהמהירות האמיתית בה נסעה?
4. מדוע נפגעה המכונית האדומה גם מלפנים וגם מאחור? מה גרם לנזק בכל אחד מצידוי המכונית?
5. מדוע מידת הנזק בשני צידי המכונית דומה? הסבירו באמצעות הרעיונות המדעיים שלמדתם.
6. כיצד הסביר השוטר, שתוצאות התאונה היו יכולות להיות חמורות יותר? האם צודק השוטר לדעתכם? הסבירו מדוע.
7. מדוע לא נמצאו סימני בלימה על הכביש? הסבירו כיצד ייתכן הדבר?
8. האם זו דוגמה לתאונה שאין בה אשמים?



שאלות למחשבה

1. מהי מידת אחריותה של הגברת כהן להתרחשות התאונה?
2. כיצד היה ניתן למנוע את התרחשות התאונה?



מקרה ג': המקרה של יסמין

תמצית האירוע

ביום קיץ יצאה נהגת צעירה מביתה לביקור אצל חברים הגרים במרחק לא רב מביתה. היא חגרה חגורת בטיחות ונסעה על פני כביש משובש. לפתע, איבדה את השליטה על רכבה, ירדה אל השול, חזרה אל הכביש, המשיכה אל צידו האחר של הכביש ופגעה בעמוד חשמל. כתוצאה מהפגיעה נמעכה המכונית סביב העמוד, והנהגת נלכדה בתוכה. היא נפצעה קשה, הצליחה להיחלץ בכוחות עצמה מהמכונית ופונתה לבית-החולים. כעבור עשרים יום שוחררה הנהגת מבית-החולים, ורק כעבור שלושה חודשים החלימה לחלוטין.

העדויות

עדות הנהגת

בקיץ בשנת 2008 נסעתי על פני כביש משובש בדרכי לבקר כמה חברים. לפתע, מבלי כל סימנים לכך, מצאתי את המכונית שבה נסעתי מרוסקת ומעוכה סביב עמוד חשמל שניצב בצד הכביש. ההתנגשות בעמוד גרמה למכונית להתקפל סביבו. לאחר מאמצים רבים נחלצתי מבין שברי המכונית. גופי היה לכוד בין גלגל ההגה שיצא ממקומו ונילחץ אלי מלפנים לבין משענת הגב של המושב שנשברה. מכיוון שהייתי לכודה בין גלגל ההגה לבין משענת הגב נמנעה ההתנגשות בין הראש שלי לבין תקרת המכונית שקרסה פנימה. הרכב נטה על צידו, פנה כלפי מעלה, ויכולתי לראות את השמים דרכו. התפתלתי בשארית כוחותיי בין השברים עד שיצאתי דרך החלון האחורי של מושבי הנוסעים. מאוחר יותר נאמר לי מפי אלה שראו את התאונה, שמסיבה כלשהי איבדתי את השליטה על הרכב, שהחל לנוע בתנועות מהירות ימינה ושמאלה עד שפגע בעמוד החשמל וממש נכרך סביבו. אני מאמינה, שלרגע ירדתי אל שולי הכביש המשובש שעליו נסעתי, מאחר שרציתי להימנע מנסיעה על המהמורות שהיו על פניו, ואז איבדתי את השליטה ברכב.

עדות המחלצים

כשהגענו לרכב המעוך ראינו את הנהגת מנסה להיחלץ ממנו. היא השתחררה מחגורת הבטיחות ומושב הנהג היה נטוי לאחור. למזלה, היא הייתה חגורה בחגורת בטיחות. עובדה זו מנעה ממנה פגיעה בשמשה הקדמית של הרכב. הודות לחגורה הנהגת לא נפגעה גם מההגה וממשענת הראש שביניהם הייתה לכודה.

עדות הרופא בחדר המיון

יסמין הגיעה לבית-החולים לאחר שנפגעה בתאונת דרכים. אובחנו אצלה שש צלעות שבורות, תזוזה של חוליות עמוד השדרה, חתכים בפנים, ריאות מנוקבות ושבר בקרסול. לאחר עשרה ימי אשפוז בבית-החולים ועשרה ימי החלמה נוספים שוחררה יסמין לביתה. עברו עוד שלושה חודשים עד אשר היא החלימה לחלוטין ושבה לאיתנה.



לפניכם צילומים מהאירוע:



שאלות לדין

1. מדוע איבדה יסמין את השליטה ברכב שלה?
2. מהי לדעתכם הסיבה העיקרית לכך, שתוצאות ההתנגשות היו כה חמורות?
3. מדוע אמרו המחלצים שהיה ליסמין מזל שהיא היתת חגורה בחגורת בטיחות?
4. כיצד הצילה חגורת הבטיחות את חייה של יסמין? הסבירו באמצעות הרעיונות המדעיים שלמדתם.



שאלות למחשבה

1. אילו מסקנות חשובות צריכה לדעתכם להסיק יסמין מהחוויה הקשה שחוותה?
2. כיצד היה ניתן למנוע תאונה זו או לצמצם את חומרת תוצאותיה?



מקרה ד': תאונה מזעזעת בחזרה מחופשה

תמצית האירוע

נחום ובני משפחתו היו בדרכם הביתה מחופשה. החופשה הסתיימה באסון. הרכב שבו נסעו התהפך מסיבה בלתי ברורה. ההורים ושלוש האחיות בגילאים חודשיים, 6 ו-13, נפצעו קל ופוננו על-ידי מד"א לבית-החולים. הבן נחום, כבן 9, נפלט מתוך הרכב, נחבט בקיר סלע ונהרג במקום. האב, שנהג ברכב, איבד שליטה מסיבה בלתי ברורה. הוא סטה מהכביש והתנגש בקיר סלע חצוב בצד הדרך. לרכב המשפחתי נגרם נזק כבד מאוד וחלקים רבים ממנו הושלכו למרחק של עשרות מטרים. מזוודות, עגלת תינוק וחפצים אישיים של המשפחה היו מפוזרים בכל זירת התאונה.

העדויות

עדות חוקר התאונות

מחקירה ראשונית עולות כמה הערכות ביחס לגורם שהביא להתהפכות העצמית של הרכב. הכביש שבו נסעה המכונית הוא כביש חדש, בעל 2 נתיבים בכל כיוון ותנאי ראות טובים. לדעתי, אבי המשפחה, שנהג ברכב בזמן התאונה, נרדם, או הפנה את מבטו לאחור לילדיו או שהתעסק במכשיר הטלפון הנייד שלו, ואלה גרמו לירידת הרכב מהכביש לשול ולהתהפכותו.

להערכתי, הילד שנהרג עף מהרכב, מכיוון שלא היה חגור בחגורת בטיחות. לדעתי, גם אחיותיו לא היו חגורות. מן העובדה שחלקי הרכב היו מפוזרים על פני שטח נרחב ובמרחק גדול ממקום האירוע ניתן להסיק, שברגע ההתנגשות הרכב נסע במהירות גבוהה והנהג לא ניסה כלל לבלום.

עדות אחת הבנות

ישבנו ארבעתנו במושב האחורי כשאנו לא חגורים. נחום קם ונעמד בין הכיסאות הקדמיים. היה לנו כיף בדרך, אכלנו, שרנו, השתוללנו ושיחקנו. ההורים ביקשו מאיתנו להירגע ולא להרעיש. אחותי ניסתה לקחת לי את החטיף שאכלתי, התחלנו לריב. אבא הסתכל עלינו דרך המראה, כעס עלינו וביקש שנפסיק. באותו רגע המכונית התהפכה, התגלגלנו בתוך המכונית, שמעתי בום ומאז אני לא זוכרת כלום.

עדות הרופא בחדר המיון

לבית-החולים הגיעו הורים ושלוש בנותיהם נפגעי תאונת דרכים. שלוש הבנות הפצועות הגיעו למרכז הרפואי כשהן חבולות וסובלות משפשושים בעקבות התהפכות הרכב. הן נשארו להשגחה במחלקה הכירורגית בבית-החולים. האב והאם נפגעו פגיעות קלות בלבד ושחררו לביתם. בבית-החולים נקבע מותו של הילד בן ה-9.



שאלות לדין



1. מהו העיקרון המדעי שעליו מושתת ההסבר לעובדה שהילד הושלך מתוך המכונית?
2. מה גרם למותו של הילד?
3. מה ניתן להסיק מהתפרקות הרכב לשברים כתוצאה מההתנגשות?
4. מדוע ירידה אל השול עלולה לגרום לנהג לאבד את השליטה ברכב?
5. במסקנות של חקירת התאונה נאמר: "הסיבה העיקרית לתאונה היא חוסר הבנה של גורמי הסיכון, התנהגות רשלנית ומיומנויות נהיגה באיכות ירודה". הסבירו ונמקו את מסקנותיהם של החוקרים.

שאלות למחשבה



1. לו ניתנה לכם ההזדמנות, אילו שאלות הייתם שואלים את אבי המשפחה?
2. על-פי השערת החוקרים איש מבין הילדים לא היה חגור בחגורת בטיחות. מה לדעתכם גורם להורים לנהוג כך?
3. כיצד היה ניתן למנוע את התאונה או לשנות את חומרת תוצאותיה?



מקרה ה': התאונה הקטלנית בכביש מעוקל

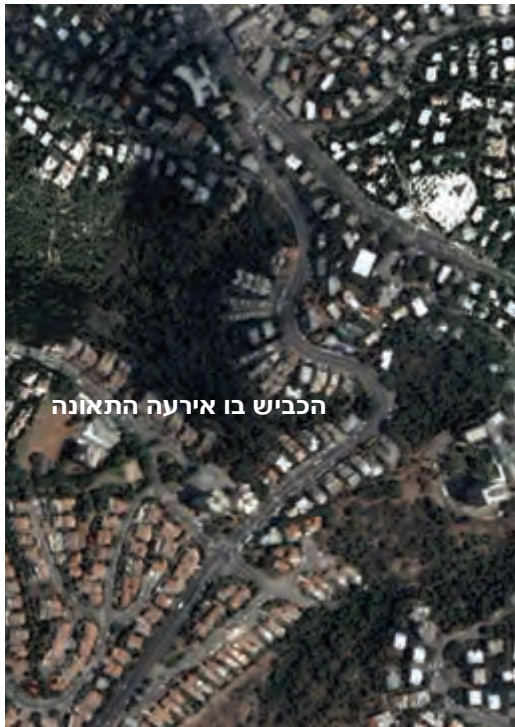
תמצית האירוע

נהג צעיר נהג במהירות 140 קמ"ש בכביש שבו מותר לנסוע במהירות של 70 קמ"ש, והרג זוג הורים לארבעה ילדים. בית-המשפט המחוזי הרשיע אותו רק בגרימת מוות ברשלנות, ודן אותו לעבודות שירות. אבל, בית-המשפט העליון שינה את ההחלטה, והרשיע אותו בהריגה: "הוא בחר באופן מודע לנהוג בצורה מסוכנת", כתבו השופטות.

התאונה הקטלנית אירעה כאשר בני הזוג עשו את דרכם לביתם בתום ביקור באזור המרכז. באותה השעה נסע הנהג הצעיר, שהיה אז בן 18, במורד הדרך, כשהוא נוהג במכונית של אביו. הוא סטה מנתיבו, חצה את הכביש לנתיב הנגדי והתנגש ברכב משפחה שבאה ממול. כתוצאה מההתנגשות נהרגו בני הזוג. ארבעת ילדיהם נשארו יתומים. הנהג הפוגע ושני הנוסעים שהיו עמו ברכב נחבלו. בית-המשפט העליון דחה את גרסת ההגנה, שלפיה כשל מכני במערכת הרכב - קרע ברצועת המנוע, גרם לתאונה הקטלנית. הוא קבע, כי הצעיר נהג ברשלנות ובצורה עבריינית, וכי אופן נהיגתו הוא זה שהביא לאובדן השליטה ברכב ולהתנגשות ברכבם של בני הזוג.

ממצאי בית-המשפט

מדובר בכביש מעוקל, שבו עקומות חדות המחייבות האטה ממשית. המהירות המרבית המותרת לנסיעה בכביש היא 70 קמ"ש. אולם, במהלך המשפט הצליחה התביעה להוכיח שהצעיר נהג במהירות מופרזת של 140 קמ"ש.



התאונה אירעה לאחר שהנהג הצעיר, שנסע בנתיב השמאלי מתוך שניים, וביקש לעקוף רכב שנסע לפניו באותו נתיב. כאשר הרכב לא סטה מנתיבו, עקף אותו הצעיר מימין במהירות גבוהה, על-אף שהיה זה במקום הסמוך לעקומה בכביש. לאחר מכן עקף במהירות גבוהה, הפעם משמאל, רכב שנסע בנתיב הימני. הצעיר הגיע לעקומה נוספת, מסוכנת מאוד, אשר הכניסה אליה מחייבת האטה. על-פי הממצאים של בית-המשפט המחוזי, הוא לא הוריד הילוך, לא האט כמתחייב מתנאי הדרך, ואיבד שליטה על הרכב. כתוצאה מכך מצא עצמו מול צלע ההר שבימין הדרך, ואז הסיט את הרכב בחדות שמאלה, עלה על אי תנועה המפריד בין שני מסלולי הכביש, עבר למסלול הנגדי, והתנגש בעוצמה רבה ברכב של בני הזוג, שנע במסלול הנגדי. בפסק דינו של בית-המשפט העליון כתבו השופטות: "המערער נהג בצורה פזיזה ובקלות דעת, תוך נטילת סיכון בלתי סביר לאפשרות גרימת התוצאות הקטלניות, גם אם מתוך תקווה להצליח למונען".

השופטות הוסיפו, כי "המערער בחר באופן מודע לנהוג בצורה מסוכנת בכביש שתנאיו קשים לנהיגה וטומנים סיכון לעצמו ולאחרים המשתמשים בדרך ועלולים להיפגע מנהיגה פזיזה של אחרים".



שאלות לדין



1. כיצד השפיעה צורת הכביש (העקומות) על התרחשותה של התאונה? הסבירו.
2. האם העובדה שהנסיעה הייתה במורד הדרך משמעותית להתרחשות התאונה? הסבירו באיזה אופן.
3. מהי השפעתן של העקיפות שביצע הנהג על התרחשותה של התאונה? מדוע העקיפות הן כה קריטיות דווקא בכביש שיש בו עקומות?
4. הסבירו את הקשר בין מהירות הנסיעה לבין עצם התרחשות התאונה וחומרת תוצאותיה.
5. מתוך עיון בכתבה, מה יכול להעיד על חוסר ניסיונו והיעדר המיומנות של הנהג הצעיר?

שאלות למחשבה



1. כיצד היה על הנהג לנהוג בנסיבות אלה? נסחו את הקשר בין ארבעת המשתנים המוזכרים ואת משקלם בהקשר להתרחשות התאונה ולתוצאותיה.
2. מעבר לחוסר הניסיון והיעדר המיומנות, אילו גורמים נוספים היו יכולים להשפיע על אופן נהיגתו של הנהג?
3. מדוע, לדעתכם, נוסעי הרכב לא התערבו ולא העירו לנהג על אופן נהיגתו? האם, לדעתכם, היו יכולים נוסעי הרכב למנוע את התאונה?



העקרונות הבסיסיים להתנהגות בטיחותית

לעקרונות ההתנהגות הבטיחותית, אשר גובשו אצל מומחי התחבורה והבטיחות בדרכים בכל העולם זיקה ישירה לרעיונות המדעיים שנלמדו בתוכנית ונובעים מהם. נמנה כמה מהם:*

- 1. עקרון הבולטות:** כל עוברי הדרך צריכים להיראות ולבלוט בהיותם בדרך.
- 2. עקרון ההתייחסות הכוללת לסביבה התעבורתית:** עובר דרך חייב לסקור את סביבתו בעקביות ובשיטתיות, בתבונה ובתשומת לב, ולהבחין בכל דבר שעשוי להיות לו השפעה על בטיחותו.
- 3. עקרון השוני והרב-גוניות:** עובר הדרך צריך להכיר את מגבלותיו של עובר הדרך האחר, ואת חוסר הסימטרייה שבין נקודת המבט של האחר (הזולת) לבין נקודת המבט שלו.
- 4. עקרון אי-הוודאות והספקנות:** עובר הדרך צריך להטיל ספק באשר למעשיהם של עמיתיו בדרך. אסור לו לסמוך על האמצעים הטכניים של הרכב או על התנהגותו של אדם אחר.
- 5. עקרון מעטפת הבטיחות (הפער):** כל עוברי הדרך צריכים לשמור על מעטפת בטיחות שתקנה להם מקדמי בטיחות של מרחק, זמן, מהירות והתייחסות לתנועה.

עקרון הבולטות

כלל זהב של התנהגות בטיחותית בדרך הוא הצורך להיראות ולבלוט. לכל 'שחקן' במגרש התחבורתי – נוהג, רוכב או הלך רגל – יש יתרון בהיותו נראה על-ידי ה'שחקנים' האחרים במרחק מרבי ומוקדם ככל האפשר. רוב התאונות מתקשרות לגורם ההפתעה, לאירוע פתאומי בלתי צפוי ולחוסר יכולת לפעול ברגע האחרון כדי למנוע, בגלל זמן תגובה וטווח מרחק לא מספיקים. הבולטות חשובה הן לנהג והן להולך הרגל כדי למנוע תאונות. ככל שיראו אותך טוב יותר ויבינו את כוונותיך ביחס לכיווני הנסיעה שלך או להאטה ולבלימה של רכבך, יוכלו המשתמשים האחרים בדרך להיערך, לארגן את התייחסותם אליך, לחפש דרכי מילוט, לבלום או לפנות את הציר כדי למנוע פגיעה.

בניגוד להתנהגותן של חיות שונות בטבע, שמסתירות את נוכחותן באמצעות צבעי הסוואה, כמו זיקית או כמו ארנבות, המסתתרות בשיחים כדי לא להיחשף, מי שלוקח חלק בתנועה חייב להפגין את נוכחותו באמצעות אור, צבע וקול. וזאת, מכיוון שהסכנה נובעת בעיקר ממי שאיננו רואה אותך ושאתה אינך מודע לנוכחותו; המכונת המסתתרת מעבר לעיקול, הילד המוסתר בין שתי מכונות חונות או האופנוע המגיה מאחורי משאית.

הבולטות בדרך יכולה להתבטא בפנסי תאורה וסימון, בניגודי צבעים, בהבדלי גודל, בלבוש צבעוני או בהיר ובמחזירי אור בשעות החשיכה.

עקרון ההתייחסות הכוללת לסביבה התעבורתית

עובר דרך חייב להבחין בכל דבר שעשויה לו להיות השפעה על בטיחותו בדרך, ולצורך זה עליו לסקור את סביבתו בדרך בעקביות, בתבונה ובתשומת לב.

אפשר לומר, שהעיקרון הזה משמעותו, שלכל עובר דרך צריך להיות תמיד 'ראש גדול' בעת השימוש בדרך. עליו

* על פי ד"ר דן מוקוואס, חינוך לבטיחות בדרכים, מדריך למורה לכיתות ט-י, אגף זה"ב, משרד החינוך



לסרוק את הסביבה בכללותה ולהתייחס בתשומת לב לכל אירועי התחבורה הנראים וגם לאלו המתחוללים מעבר לסביבה הקרובה והמיידית הנראית לעיני המשתמש בדרך, החל מהבחנה במועד בתמרורים וברמזורים המנחים את עוברי הדרך, וכלה באירועי היום-יום הצפויים, שגם עליהם נותנים דיני התעבורה את הדעת.

לדוגמה: נהג רכב ברחוב עירוני שבו חונות מכוניות בצידי הכביש צריך להביא בחשבון, שחנייתן של מכוניות מעידה על הימצאות בני אדם בסביבה, בהם ילדים שקומתם נמוכה מגובהה של מכונית נוסעים. לפיכך, על הנהג להאט במידה שיוכל, לבלום ולעצור את מכוניתו במרחק קצר.

נוהג רכב חייב להאט את מהירות הנסיעה, ובמידת הצורך אף לעצור את רכבו, בכל מקרה שבו צפויה סכנה לעוברי דרך או לרכוש, לרבות רכבו הוא, ובמיוחד במקרים אלה:

בתוך שטחים בנויים מאוכלסים ובקטעי דרך שבתים בנויים בצדם ותנועת הולכי רגל מצויה בהם, בדרך שאיננה פנויה, כשהראות בדרך מוגבלת מכל סיבה שהיא, בהיכנסו לעקומות חדות ובנוסעו בהן, בקרבת קבוצת ילדים או בקרבת התקהלות, בהתקרבו למעבר חצייה, בהתקרבו אל אוטובוס העומד בתחנה ובעוברו על ידו.

על עוברי הדרך להתייחס באופן פעיל לדברים שהם קולטים מהסביבה בעת הסריקה המתמדת, ולבחור התנהגות מתאימה, כדי להימנע מלהיקלע למצב חירום או לאירוע תאונה.

עקרון השוני והרבגוניות

כל אחד מהמשתתפים בדרך הוא בעל יכולת שונה ומגבלות ייחודיות. המשתמשים השונים בדרך נמצאים בדרך כלל בתנאי נראות שונים. נקודת הגובה ושדה הראייה של נהג אוטובוס, למשל, שונה משל רוכב אופנוע. שדה הראייה שלהם מתוחם בצורה שונה, והמשימה שהם מבצעים מעסיקה אותם וגוזלת את תשומת ליבם במידה שונה. משאית עמוסה איטית מרכב קל, במיוחד בעת הזינוק, והיא מעכבת את זרימת התנועה. אוטובוס מיועד להסעתם של עשרות נוסעים הראויים לעדיפות על פני רכב נוסעים, שבמקרים רבים מוביל את הנהג לבדו.

מצד אחד, לא יכולים הולכי רגל ורוכבי אופניים להתחרות במכונית, מפני שהיא נעה במהירות גבוהה משלהם. מצד אחר, אין ביכולתו של נהג לשנות את כיוון נסיעתו באופן מידי או לעצור את רכבו במקום כמו הולך רגל. רוכב אופניים נע מהר יותר מהולך רגל, אך הוא פחות יציב ונחוץ לו מרווח תנועה כאשר הוא נע במהירות נמוכה. אחד העקרונות החשובים בהתנהגות בטיחותית הוא היכולת להבין את מגבלותיו של המשתמש האחר בדרך, ולזכור, שאין בהכרח סימטרייה בין נקודת המבט של המשתמשים השונים ב'משחק' התעבורתי בדרך. כושרו של ילד להבין את מגבלות האחר תלוי בגילו. מן הראוי לזכור, שילדים צעירים (מתחת לגיל 10) עדיין אינם מסוגלים לשער מראש את תגובותיו של הנהג הבא ממולם.

עקרון אי-הוודאות והספקנות

העובר בדרך חייב להיות ספקן ולפעמים אפילו חשדן באשר למעשיהם ולכוונותיהם של המשתמשים האחרים בדרך, עד אשר שוכנע שאין הם מסכנים אותו.

הנהג ברכב שנע ממול אינו מוכר לנו כלל. הוא יכול להיות מנוסה ומתון, אך ייתכן שהוא נהג חדש שקיבל את רשיונו זה לא מכבר, או אולי איננו בקיא בהפעלת הרכב, או שדעתו מוסחת בגלל עייפות או קוצר רוח.



עקרון אי-הוודאות מתייחס לפעולות מוצלחות פחות של אנשים שונים בדרך. עובר הדרך צריך לשאול את עצמו אם נהג זה או אחר ראה אותו והאם הוא הבין את כוונתו והאם נשקפת לו סכנה מנהג זה.

הכלים הקוגניטיביים של האדם – תפיסה, חשיבה והערכה – צריכים לעזור לו להימנע גם מהסתכנות הנובעת מהסתמכות נרחבת מדי על תקינות המערכת הטכנית.

לדוגמה: כשהרמזור למכוניות מראה אור ירוק הרמזור להולכי הרגל מראה אדום. מן הראוי שהנהגים יבחנו היטב את מעבר החצייה וסביבתו ובמידת הצורך יאטו ואף יעצרו, שמא הולך רגל מסתכן וחוצה באדום. גם נהגים במכוניות והמשתמשים בכלי רכב דו-גלגליים עלולים להמשיך את דרכם כשמופע הרמזור אדום בגלל חוסר תשומת לב או חיפזון.

דוגמה נוספת נמצא בתקנה 47(ד) האומרת: נוהג רכב לא יעקוף רכב, אלא אם הדרך פנויה במרחק מספיק כדי לאפשר לו את ביצוע העקיפה ואת המשכת הנסיעה בבטיחות ללא הפרעה וללא סיכון לנסיעתו של רכב אחר, וללא הפרעה אחרת לתנועה מכל כיוון שהוא.

עקרון מעטפת הבטיחות (הפער)

גוף בתנועה לא יכול לעצור בו במקום. זמן התגובה של האדם המפעיל את הגוף וכוח ההתמדה הפועל עליו גורמים לגוף להמשיך בתנועה, לעיתים בניגוד לרצונו של המפעיל – נהג, רוכב או הולך רגל. לפיכך, כל עוברי הדרך חייבים לשמור על מעטפת בטיחות.

מעטפת הבטיחות מתייחסת אל אירועי התנועה בדרך ואל מערכת התגובות וההתנהגויות של האדם, והיא חייבת לכלול מרווח – פער – במונחים של מרחק, זמן ומהירות. הפער ומעטפת הבטיחות מאפשרים תחום ספיגה של טעות אנוש או של כשל טכני-מכני. תחום הספיגה של טעות עשוי להתבטא בטווח המרחק שבין כלי רכב, או בין הרכב להולכי הרגל, זמן ההמתנה בתמרור עצור, ובפער הזמן והמהירות לפני השתלבות בזרם התנועה בתחילת נסיעה, אחרי פנייה איטית וכד'. מעטפת הבטיחות אינה קבועה בממדיה. היא תלויה במהירות ובנסיבות, ועלולה להיות גדולה מאוד בנסיבות חמורות. למשל: בכביש חלק יש לשמור על מעטפת בטיחות גדולה בהרבה (גם במרחק, גם בזמן וגם במהירות) מאשר בכביש יבש.

עיקרון זה חל גם במקרים של מזג אוויר גרוע, ראות לקויה, עייפות, נהיגה ברכב כבד וכיו"ב. גם הולכי רגל חייבים לפעול על-פי כללי מעטפת בטיחות גדולה יותר בנסיבות קשות, כולל תנאי מזג אוויר מכבידים או תנועה מהירה של כלי רכב בכביש.

מעטפת הבטיחות נדרשת מלפנים – למקרה שהנהג במכונית שמלפנים יבלום בחוזקה מסיבה כלשהי, או שחפץ יפול מהמכונית שמלפנים וכד'; מאחור – למניעת פגיעה על ידי כלי הרכב שמאחור, ומהצדדים – כהכנה לכניסה למעטפת של רכב או של הולך רגל מהצד.

דוגמה: תקנה 49(א) אומרת: לא ינהג אדם רכב בעקבות רכב אחר אלא תוך שמירה על רווח המאפשר לעצור בכל עת את הרכב ולמנוע תאונה, בהתחשב במהירות הנסיעה של שני כלי הרכב, במצב הדרך ובמצב הראות והתנועה בה.



חוקי הדרך

עד עתה הכרנו את העקרונות המדעיים המסבירים את המתרחש במרחב התעבורתי ואת העקרונות להתנהגות בטיחותית בדרך, אשר גובשו על-ידי אנשי הבטיחות בדרכים. כל אלה אינם מספיקים להבטחת שלומם ובטיחותם של עוברי הדרך למיניהם – הולכי רגל, רוכבי אופניים, נהגים ונוסעים ברכב. יש להסדיר את ההתנהגות בדרך ולנסח עבור כולם 'שפה אחידה'. לשם כך נוצרו חוקי התעבורה ותקנות התעבורה אשר נגזרים מהעקרונות שבהם עסקנו – העקרונות המדעיים והעקרונות להתנהגות בטיחותית בדרך. במילים אחרות, אותם עקרונות תורגמו לכללים ולחוקים אשר האדם מחויב לציית להם. לעיתים נראים החוקים הללו שרירותיים, מכבידים ומגבילים ללא צורך את התנהלות הפרט. רק כאשר נזהה את הקשר שלהם לעקרונות שלמדנו נבין, שהם נועדו לסייע לבטיחותנו ולשמור על חיינו.

משימה – ההגיון שבבסיס החוק



- לפניכם תקנות תעבורה אחדות הלקוחות מתוך ספר תקנות התעבורה. נתחו את תוכנם של כל חוק או תקנה, ואת הזיקה שלהם לעקרונות ההתנהגות הבטיחותית.
- אילו עקרונות בטיחותיים באים לידי ביטוי בכל אחת מן התקנות.
 - שייכו לכל תקנה את העקרונות המתאימים, וסמנו X בעמודה המתאימה.
- ייתכן שניתן להתאים יותר מעיקרון אחד לתקנה.

עקרון מעטפת הבטיחות (הפער)	עקרון אי-הוודאות והספקנות	עקרון השוני והרב-גוניות	עקרון ההתייחסות הכוללת	עקרון הבולטות	החוק או התקנה	חובתו של עובר דרך
					<p>כל עובר דרך חייב להתנהג בזהירות כל עובר דרך חייב להתנהג באופן שלא: - יקפח זכותו של אדם להשתמש שימוש מלא באותה דרך - יגרום נזק לאדם או לרכוש, ולא ייתן מקום לגרום נזק כאמור - יפריע את התנועה ולא יעכבנה - יסכן חיי אדם.</p> <p>לא ינהג אדם ברכב בקלות ראש או בלא זהירות, או ללא תשומת לב מספקת בהתחשב בכל הנסיבות, ובין השאר בסוג הרכב, במטענו, בשיטת בלמיו ובמצבם, באפשרות של עצירה נוחה ובטוחה ובהבחנה בתמרורים, באותות שוטרים בתנועת עוברי דרך, ובכל עצם הנמצא על פני הדרך או בסמוך לה ובמצב הדרך.</p>	



עקרון מעטפת הבטיחות (הפער)	עקרון אי- הוודאות והספקנות	עקרון השוני והרב- גוניות	עקרון ההתייחסות הכוללת	עקרון הבולטות	החוק או התקנה
					<p>מהירות סבירה</p> <p>לא ינהג אדם ברכב אלא במהירות סבירה בהתחשב בכל הנסיבות ובתנאי הדרך והתנועה בה, באופן שיקיים בידו את השליטה המוחלטת ברכב.</p>
					<p>האטה</p> <p>חייב נוהג רכב להאט את מהירות הנסיעה, ובמידת הצורך אף לעצור את רכבו, בכל מקרה שבו צפויה סכנה לעוברי דרך או לרכוש, לרבות רכבו הוא, ובמיוחד במקרים אלה:</p> <ul style="list-style-type: none"> - בתוך שטחים בנויים מאוכלסים ובקטע דרך שבתים בנויים לצדו, ושתנועת הולכי רגל מצויה בהם - כשהראות בדרך מוגבלת מכל סיבה שהיא - בקרבת קבוצת ילדים או בקרבת התקהלות - בהתקרבו למעבר חצייה - בהתקרבו לפסגה או למקום שבו שדה ראייה מוגבל - בהתקרבו אל אוטובוס העומד בתחנה ובעוברו על ידו
					<p>אין פנייה אלא בבטחה</p> <p>נוהג רכב לא יפנה ימינה או שמאלה תוך כדי נסיעה או כשהוא מתחיל לנסוע, ולא יסטה מקו נסיעתו, אלא במהירות סבירה, במידה שהוא יכול לעשות זאת בבטחה מבלי להפריע את התנועה ומבלי לסכן אדם או רכוש.</p>
					<p>חובה לאותת ודרך האיתות</p> <p>נוהג רכב העושה אחד מאלה:</p> <ul style="list-style-type: none"> - מתכוון לנוע או להפנות את רכבו - מתכוון לסטות מנתיב נסיעתו - עוצר את רכבו <p>ייתן אות בזמן ובמרחק מספיקים כדי להזהיר עוברי דרך אחרים, ובצורה המבטיחה כי האות ייראה לעיניהם, זולת אם סיבה סבירה מנעה אותו מלתת אות כאמור.</p>



החוק או התקנה	עקרון הבולטות	עקרון ההתייחסות הכוללת	עקרון השוני והרב-גוניות	עקרון אי-הוודאות והספקנות	עקרון מעטפת הבטיחות (הפער)
עקיפה	נוהג רכב לא יעקוף רכב, אלא אם הדרך פנויה במרחק מספיק כדי לאפשר לו את ביצוע העקיפה ואת המשך הנסיעה בבטיחות ללא הפרעה וללא סיכון לנסיעתו של רכב אחר, וללא הפרעה אחרת לתנועה מכל כיוון שהוא. נוהג רכב לא יעקוף, לא ינסה לעקוף ולא יסיט את רכבו שמאלה או ימינה כדי לעקוף רכב במקרים האלה: - הראות לקויה או שדה הראייה חסום או מוגבל - הוא נמצא אחרי התמרור א-30 לפני מפגש מסילת ברזל, ועד אחרי מפגש מסילת ברזל - הוא מתקרב אל מעבר חצייה להולכי רגל המסומן על פני הכביש או על-ידי תמרור המציין מקום מעבר חצייה להולכי רגל, ועד שעבר את מקום מעבר החצייה				
רכב שנעקף	נוהג רכב שנעקף יסיט את רכבו עד כמה שאפשר לשפת הכביש, כדי לאפשר לרכב העוקף לעקוף בבטחה, ולא יגדיל את מהירות נסיעתו עד לאחר שהרכב העוקף עבר על פניו.				
עלייה לרכב וירידה ממנו	לא יעלה לרכב אדם, למעט הנהג, ולא ירד ממנו ולא יניח הנהג או הממונה על הרכב לעלות אליו או לרדת ממנו, אלא כשהרכב עומד: - מצידו הימני של הרכב כשהוא עומד בצד ימין של הדרך - מצידו השמאלי של הרכב כשהוא עומד כדין מצד שמאל של הדרך. אולם, מי שיושב לצד הנהג רשאי לצאת מצידו הימני של הרכב לאחר שנקט את אמצעי הזהירות הדרושים - במקום המיועד לעלייה ולירידה, אם יש ברכב מקום כזה				
חובת חגירה של חגורת בטיחות	לא ינהג אדם ולא יסע ברכב אלא אם כן הנוהג והנוסעים בו חגורים בחגורת בטיחות או רתומים בהתקן ריסון, כאמור בתקנה 83א, לפי העניין.				



עקרון מעטפת הבטיחות (הפער)	עקרון אי- הוודאות והספקנות	עקרון השוני והרב- גוניות	עקרון ההתייחסות הכוללת	עקרון הבולטות	החוק או התקנה	
					ההולך בכביש ילך סמוך לשפתו, מצידו השמאלי כשפניו אל התנועה הבאה לקראתו. כאשר קבוצת אנשים צועדת בזמן תאורה בכביש בלתי מואר, חייבים הצועד ראשון והצועד האחרון בקבוצה לצד התנועה לשאת אור נייד או מחזיר אור, הנראה לנהגי כלי רכב ממרחק סביר. האחריות לקיום הוראה זו מוטלת הן על מי שארגן את צעידת הקבוצה והן על האחראי עליה בצעידתה.	הליכה בכביש
					לא יחצה אדם כביש אלא לאחר שבדק את מצב התנועה בו ונוכח שאפשר לחצותו בבטיחות. אם יש בקרבת המקום מעבר חצייה, מנהרה או גשר המיועדים למעבר הולכי רגל, לא יחצה הולך רגל את הכביש אלא בהם. אם אין בקרבת המקום מעבר חצייה, מנהרה או גשר כאמור, אך יש בקרבת מקום צומת, יחצה הולך הרגל את הכביש בקרבת צומת. בכל מקרה יחצה הולך רגל כביש במהירות סבירה ובקו ישר והקצר ביותר בין קצות הכביש, ולא יתעכב בכביש שלא לצורך.	חציית הכביש
					לא ינהג אדם רכב ולא ילך עובר דרך בכביש כשלאזניו צמודות אוזניות המחוברות למכשיר להשמעת צלילים או קולות, למעט אוזניות המחוברות למכשיר שמיעה רפואי.	איסור שימוש באוזניות בדרך
					לא ישתמש אדם ברכב אלא אם מערכת האורות שבו מותקנת ופועלת כהלכה.	חובת החזקת מערכת האורות במצב תקין



					<p>הנוהג ברכב מנועי שפנסיו מאירים באור דרך, יעמעם אורותיו בכל אחד מאלה:</p> <ul style="list-style-type: none"> - הוא נוסע לקראת רכב אחר באותה דרך עד שיעבור אותו רכב אחר, או כשהוא נוסע לקראת רכב אחר הנמצא בדרך סמוכה ועלול לסנוור נוהג אחר. - הוא עוצר. - הוא נוסע מאחורי רכב ואלומת אור הדרך שלו מאירה את חלקו האחורי של רכב הנוסע לפניו, אולם מותר לאותת קצרות על-ידי הבהוב אור הדרך, כדי להזהיר את נוהג הרכב שלפניו כי בכוונתו לעוקפו או לעבור על פניו, ובלבד שלא יאותת כאמור, אם הוא עלול לסנוור נוהג רכב אחר הבא לקראתו 	עמעום
					<p>לא יעצור אדם רכב, לא יעמידנו, לא יחנהו ולא ישאירו עומד, כולו או חלק ממנו, באחד המקומות המנויים להלן, אלא לשם מניעת תאונה או לשם מילוי אחרי הוראה מהוראות תקנות אלה, או אם סומן בתמרור אחר. ואלה המקומות:</p> <ul style="list-style-type: none"> - בצד שמאל של הדרך, אלא אם הכביש הוא חד-סטרי או בניגוד לכיוון הנסיעה. לעניין תקנת משנה זו לא יראו בכביש חד-סטרי כביש שהוא חלק מדרך המחולקת על-ידי שטח הפרדה. - על מדרכה, למעט במקום שהוסדר להעמדת רכב והחנייתו לפי חוק עזר שהותקן על-פי סעיף 77 לפקודה, ובלבד שנותר מעבר להולכי רגל. - במקום כניסה לשטח המיועד לכלי רכב, פרט להעלאת נוסעים והורדתם. - בתוך מעבר חצייה או בתחום שנים-עשר מטר לפניו. 	מקומות אסורים בעצירה, בהעמדה ובחנייה
					<p>הרוכב על אופניים ישמור על ריווח בינו לבין רכב הנוסע לפניו, כדי שיספיק להיעצר מיד וללא חשש מתאונה, במקרה של עצירה או מתן אות על-ידי הרכב שלפניו.</p>	ריווח בין אופניים לרכב אחר
					<p>הרוכב על אופניים ירכב קרוב ככל האפשר לשפתו הימנית של הכביש, וינהג בזהירות, ובמיוחד בעוברו רכב העומד או בעוקפו רכב הנע באותו כיוון.</p>	נסיעה בצד ימין



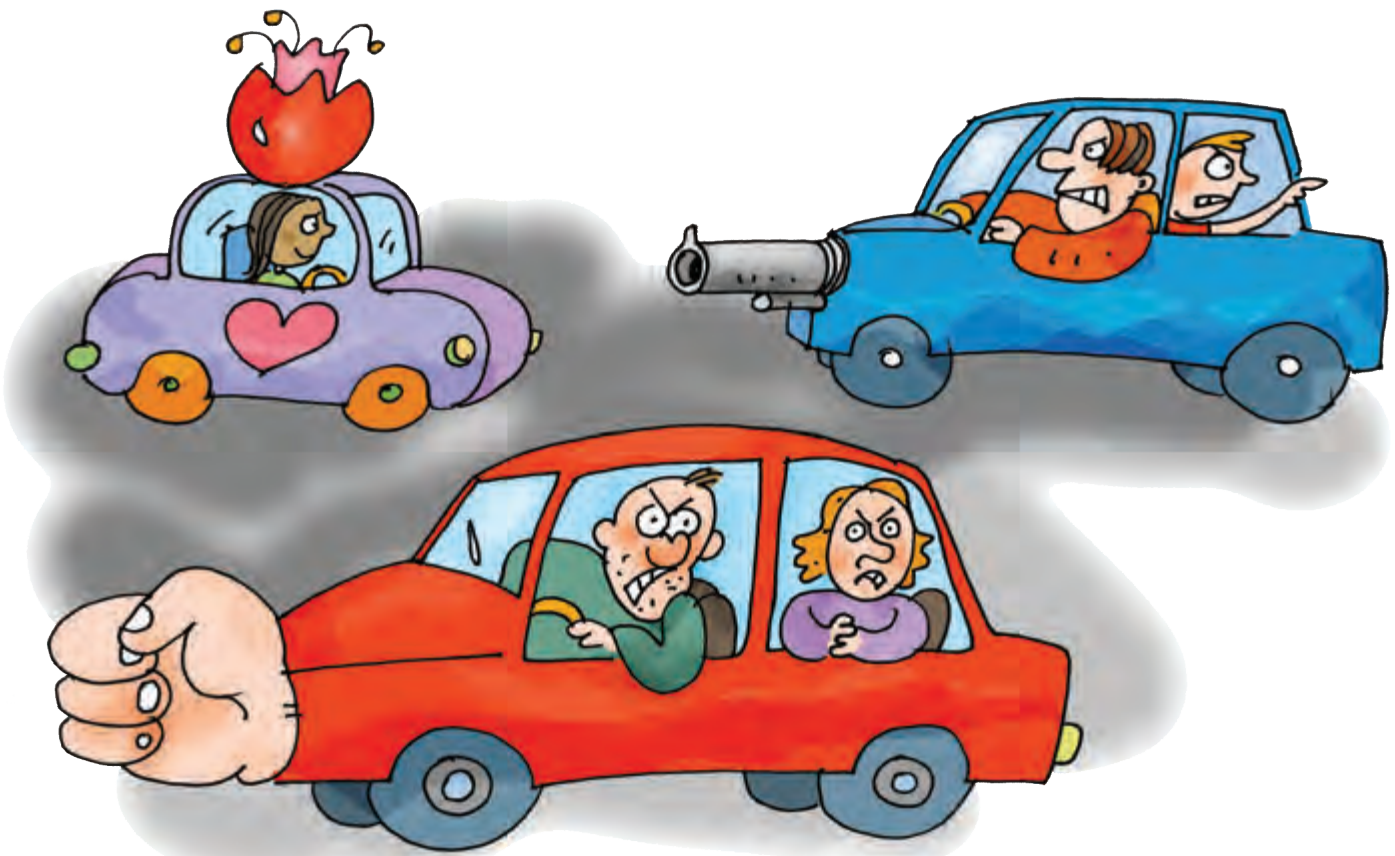
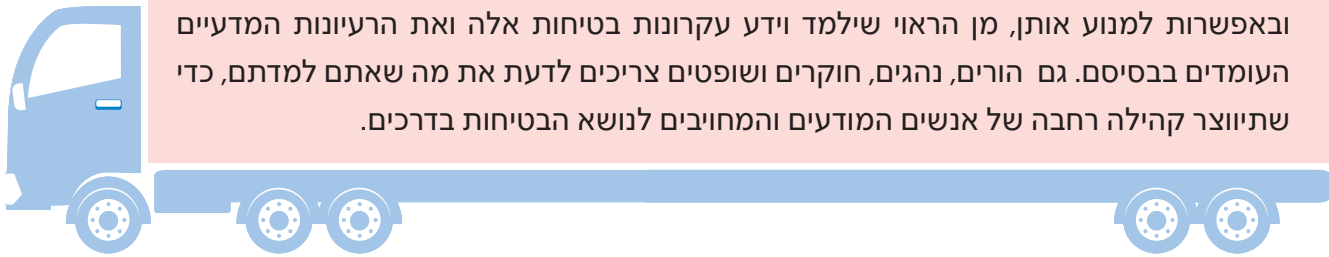
עקרון מעטפת הבטיחות (הפער)	עקרון אי-הוודאות והספקנות	עקרון השוני והרב-גוניות	עקרון ההתייחסות הכוללת	עקרון הבולטות	החוק או התקנה
					<p>רכיבה על אופניים במקומות</p> <p>לא ירכב אדם על אופניים על מדרכה או על חלק מהדרך המיועד להולכי רגל בלבד. אולם, מותר להולך רגל להסיע אופניים על המדרכה אם אין בכך הפרעה להולכי רגל. הוקצה בדרך שביל מיוחד לאופניים וסומן בתמרור מתאים, לא ירכב רוכב אופניים בכל חלק אחר של הדרך אלא באותו שביל.</p>
					<p>ריווח בין רכב</p> <p>לא ינהג אדם ברכב בעקבות רכב אחר, אלא תוך שמירה על ריווח המאפשר לעצור בכל עת את הרכב ולמנוע תאונה, בהתחשב במהירות הנסיעה של שני כלי הרכב, במצב הדרך ובמצב הראות והתנועה בה. בלי לגרוע מן האמור בתקנת משנה (א), לא ינהג אדם ברכב בעקבות רכב אחר הנוסע לפניו באותו נתיב, אלא אם כן הוא שומר על מרווח זמן של שנייה אחת לפחות כדי לעבור, במהירות נסיעתו אותה שעה, את המרחק שבין שני כלי הרכב.</p>
					<p>רכב המתקרב או הנכנס לצומת או דרך</p> <p>לא הוצב תמרור המורה על מתן זכות קדימה בצומת או על עצירה לפני הצומת בכיוון הנסיעה של נוהג הרכב, יחולו הוראות אלה: נתקרבו לצומת כמה כלי רכב מצדדים שונים, ייתן נוהג הרכב את זכות הקדימה לכלי רכב הבאים מימין. נוהג רכב היוצא מדרך עפר ועומד להיכנס לדרך סלולה או לחצותה, ייתן זכות קדימה לרכב המתקרב בדרך הסלולה. נוהג רכב היוצא מחצרים, מדרך גישה לבית, מתחנת דלק, מתחנת שירות, ממקום חנייה לכלי רכב וכיוצא באלה, או מכל מקום שאינו דרך, והוא עומד להיכנס לדרך או לחצותה: יאט ואף יעצור במידת הצורך, כדי לאפשר להולכי רגל לעבור בבטחה, לפני שיעלה על המדרכה או על שול הדרך. יאט וייתן זכות קדימה לכלי רכב המתקרבים באותו כביש לפני שייכנס לכביש.</p>



אחרית דבר...

המילים 'נהיגה' ו'התנהגות' נגזרות מאותו שורש. נהיגה היא אחד מאופני ההתנהגות. אדם נוהג בכבישים כפי שהוא מתנהג בחייו הפרטיים. לעיתים הנסיעה בכבישים מעצימה מאוד את התגובות הרגשיות וההתנהגותיות של הנהג עד כדי אובדן שיקול הדעת, ותוצאותיו הן תאונות דרכים רבות, שלהן אנו מייחסים את אחריותו של הגורם האנושי. אך הגורם האנושי נושא באחריות גם לנסיעה הבטוחה, הוא זה שמאמץ את כוח הידיעה והמחשבה ומנווט את עצמו במרחב התעבורתי. הוא מצויד במטען גדול של ידע והבנה הדרושים לו, ומצליח להימנע מטעויות ולחמוק מטעויותיהם של אחרים.

התובנות הבטיחותיות שסיגל לעצמו הנהג הבטוח וגם הולך רגל נבון מושתתות על העקרונות ועל הרעיונות המדעיים שלמדתם ביחידת לימוד זו. כל אחד שמכיר בפורענות של תאונות הדרכים ובאפשרות למנוע אותן, מן הראוי שילמד וידע עקרונות בטיחות אלה ואת הרעיונות המדעיים העומדים בבסיסם. גם הורים, נהגים, חוקרים ושופטים צריכים לדעת את מה שאתם למדתם, כדי שתיווצר קהילה רחבה של אנשים המודעים והמחויבים לנושא הבטיחות בדרכים.



Ellis, J. W. (2004). **Understanding bodily Injuries due to motor vehicle collision**. The University of Oklahoma.

Monash University Australia (Accident Research Centre). (2004). **What happens to your body In a crash?**

Nordhoff, L. S. (2005). **Motor vehicle collisions injuries, diagnosis and management**, Jones and Bartlett publishers California.

Young, H. D. (2004). University physics, **Cars in collisions**. Addison wesley publication company.

Tao, P. K. (1989) , **The physics of traffic accidents investigation**. Oxford University press.

Human tolerance of g-force. Retrieved from the Web, 2015. <https://en.wikipedia.org/wiki/G-force>.

Official Autopsy Report. (2014). Princess Diana's Death.

How staff works, Seat-belt and car safety. Retrieved from the Web, 2015. <http://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/seatbelt1.htm>.

אסטרייכר, י. (1995). **הפיסיקה של הנהיגה. פיסיקה של מערכות טכנולוגיות**. הטכניון: המרכז הישראלי להוראת מדעים.

אסטרייכר, י., שולמן, י., סיוון, ג., אברהם, י. **אדם תנועה ונהיגה**. מוסד הטכניון למחקר ופיתוח. מהדורת ניסוי.

בקר, מ. ואחרים. (2012). **דו"ח מערכי השיעור של תוכנית ההעשרה לחינוך תעבורתי**. הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים. לא פורסם.

לוטן, צ., גרימברג, ע. (2011). **מעורבות נהגים צעירים בתאונות דרכים נתונים, מגמות ומחקרים**. עמותת אור ירוק. זמין ב: https://www.oryarok.org.il/webfiles/audio_files/YongDrivers2011.pdf

מוקווס, ד. **חינוך לבטיחות בדרכים, מדריך למורה**. אגף זה"ב, משרד החינוך.

מהירות – גורמים, סכנות ודרכי התערבות. הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים. (2010). עמותת אור ירוק.

אתר האינטרנט של הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים. [/http://www.rsa.gov.il](http://www.rsa.gov.il)



המבנית "חשיבה בתנועה" פותחה בהתאם לתכנית הלימודים של "מדע וטכנולוגיה לכל", ועוסקת ברעיונות מדעיים הקשורים בנושאים "כוחות ותנועה" ו"אנרגיה" שבתחום הפיסיקה. על-פי הגישה הפדגוגית הנהוגה בהוראת המקצוע משולבים בלמידה ידע מדעי, ידע טכנולוגי וכן היבטים חברתיים, רגשיים, ערכיים והתנהגותיים. תהליך הלמידה מתמקד בהבנה של רעיונות חשובים במדע ובטכנולוגיה תוך חשיפת התלמידים למגוון תופעות ודוגמאות מחיי היום-יום, ומתן ייצוגים שונים לרעיונות מדעיים אלה במציאות.

הידע המדעי הנלמד בהקשר של המרחב התעבורתי מהווה בסיס להבנת העקרונות להתנהגות בטיחותית בדרך, ליצירת תובנות ודפוסים יציבים של התנהגות בטיחותית ולהפחתת סיכונים במרחב התעבורתי.

