📋 חגורה, קסדה ופיזיקה: זמן עצירה ארוך יותר – כוח קטן יותר (שיעור 1 מתוך 2, כיתות ה–ו, זה"ב בראיית STEM)

כיתה ד'–ו' | 🚦 זה"ב – זהירות בדרכים | 45 דק' | מערך שיעור למורה · לפי מעגל הלמידה

מטרה מרכזית: התלמידים/ות יסבירו, על סמך נתונים שאספו בעצמם בסימולטור ההתנגשות, מדוע הארכת זמן העצירה (בקצף של קסדה או בחגורה שנמתחת מעט) מקטינה את הכוח הממוצע הפועל על הנוסע, כאשר המסה והמהירות קבועות.

מטרות אופרטיביות:

- התלמידים/ות יערכו ניסוי הוגן בסימולטור: ישנו משתנה אחד בלבד (זמן העצירה), ישאירו קבועים את המסה ואת המהירות, וירשמו את הכוח הממוצע בטבלה בשלושה מצבים.
- התלמידים/ות יזהו בטבלת הנתונים את היחס ההפוך בין זמן העצירה לכוח הממוצע (זמן עצירה גדול פי 2 ← כוח קטן פי 2) ויענו נכון על שאלת החוקר א.
- התלמידים/ות ישלימו את 'חוק ההגנה' ויחשבו כוח ממוצע לפי הכלל כוח = תנע ÷ זמן עצירה בתרגיל אחד לפחות.
- התלמידים/ות ישפטו חמישה מצבים מהחיים (חלק א – 'בודקי בטיחות') כתקינים או לא תקינים, וינמקו את השיפוט במונחים 'זמן עצירה' ו'כוח'.

עיגון בתוכנית הלימודים: זהירות בדרכים – חינוך תעבורתי ביסודי (זה"ב, נגישות ואורח חיים בטוח): נוסע/ת ורוכב/ת בטוחים – שימוש נכון בחגורת בטיחות ובקסדה, בשילוב מיומנויות STEM מקלפי המיומנויות שבעמוד: פיתוח מודלים, ורכיבים, תהליכים ויחסים במערכת ('לשער כיצד שינוי באחד הרכיבים ו/או התהליכים ישפיעו על תפקוד המערכת'). קטעי המקור שסופקו הם עמודי ניווט של הפורטל ואינם כוללים ניסוח של הישג או תקן תוכן, ולכן לא צוטט מהם הישג. יש להשלים ציטוט מילולי מתוך מסמך תוכנית הלימודים בחינוך תעבורתי ליסודי שבפורטל.

מקור: משרד החינוך – זהירות בדרכים ליסודי: נושאים נלמדים – https://pop.education.gov.il/tchumey_daat/zehirot-drahim/yesodi/noseem_nilmadim/

ידע קודם: הכרת חגורת בטיחות, מושב בטיחות וקסדה מחיי היום־יום, וחובת השימוש בהם. · כפל וחילוק במספרים עשרוניים פשוטים (חילוק ב־0.1 וב־0.01) – לכיתות ה–ו. · מהו ניסוי הוגן: משנים משתנה אחד בלבד ומשאירים את שאר הגורמים קבועים. · היכרות ראשונית עם המושג 'כוח' (דחיפה או משיכה) ועם יחידת המידה ניוטון.

מושגים: זמן עצירה · כוח ממוצע · ניוטון · תנע (מסה × מהירות) · יחס הפוך · ניסוי הוגן · משתנה · אנרגיית תנועה · אזור קריסה · מודל

חומרים: עמוד השיעור באתר (zahav/lessons/protection.html): פעילות הפתיחה 'שלוש נחיתות, נפילה אחת' עם תיבת ההשערה · סימולטור 'מעבדת ההתנגשות' שבעמוד, כולל טבלת הרישום, הגרף (מלבני כוח–זמן) ושאלות החוקר א–ג · פעילות ההמשגה 'מנסחים את חוק ההגנה' (משימות 1–2) והתרגול המדורג (10 תרגילים) · פעילות היישום 'בודקי בטיחות' (חלק א, 5 מצבים); 'מהנדסי קסדות' (חלק ב) – לשיעור ההמשך · דף העבודה להדפסה והמצגת שבעמוד · להדגמה חיה: שני כדורי פלסטלינה בגודל זהה, ספוג עבה ומשטח שולחן קשה · מחשבים או טאבלטים – אחד לכל זוג; מקרן ללוח

בטיחות: אין לערוך ניסויים עם אופניים, רכב, קסדות על הראש או נפילות של אנשים. ההדגמות מתבצעות בחפצים בלבד (כדורי פלסטלינה על ספוג ועל שולחן). יש להדגיש שהסימולטור הוא מודל לימודי ולא בדיקת תקן: קסדה אמיתית נבחרת רק עם תו תקן ונחבשת צמודה עם רצועת סנטר סגורה; היא מפחיתה את הסיכון לפגיעה אך אינה מבטיחה שלא תהיה פגיעה. ההסבר על תאונות נעשה בשפה עניינית, בלי תמונות פגיעה ובלי סיפורים מפחידים.

הלימה: מטרה – פעילות – עדות

מטרה	פעילות	עדות להשגה
עריכת ניסוי הוגן ורישום הכוח בטבלה	התנסות: 'מעבדת ההתנגשות' בזוגות (מפעיל/ה ורושם/ת), שלושה מצבים מוכנים בלי לשנות מסה ומהירות	טבלה עם שלוש שורות שבהן המסה והמהירות זהות ורק זמן העצירה שונה; תצפית המורה בסבב בין הזוגות
זיהוי היחס ההפוך בין זמן העצירה לכוח	התנסות ושיח בסופה: השוואת עמודת הכוח, שאלת החוקר א, מלבני הגרף	תשובה נכונה לשאלה א ('קטן פי 2'); ניסוח בעל פה: 'יותר זמן – פחות כוח'
השלמת חוק ההגנה וחישוב כוח ממוצע	המשגה: הדגמה של המורה, תרגיל משותף, תרגיל עצמאי; משימה 1 'השלימו את חוק ההגנה'	משימה 1 מושלמת נכון; תרגיל עצמאי פתור (תרגילי ⭐ מהתרגול המדורג)
שיפוט מצבים מהחיים ונימוקם	יישום: 'בודקי בטיחות' – חלק א, 5 מצבים בקבוצות	שיפוט נכון ונימוק הכולל 'זמן עצירה' ו'כוח' ב־4 מתוך 5 המצבים לפחות
מטרה מרכזית: הסבר מבוסס נתונים להגנה שמספקת הארכת זמן העצירה	המשגה (משימה 2) וסגירה	כרטיס היציאה, לפי מחוון ההצלחה

מהלך השיעור

1. פתיחת המעגל – איתור ידע קודם **5 דק׳**	*לעורר את הידע הקודם ולנסח השערה אישית לפני ההתנסות* 1. המורה מציגה את 'שלוש נחיתות, נפילה אחת' ואומרת: 'בובת ניסוי נופלת מאותו גובה על בטון, על מזרן ספוג עבה ועל דשא ואדמה. בכל המקרים היא נעצרת. האם היא מרגישה בכל פעם את אותו כוח?' 2. 'כל אחד ואחת מסדרים את המשטחים מהכוח הגדול ביותר לקטן ביותר וכותבים: אני חושב/ת ש... כי... ואז לוחצים שמירת ההשערה.' 3. הדגמה חיה מהירה: המורה מפילה כדור פלסטלינה על השולחן וכדור זהה על ספוג, מאותו גובה. 'הסתכלו על השקע בכל כדור. מה אתם מבחינים?' 4. מציגה את שאלת החימום על הלוח: 'למה תופסים ביצה או כדור מים כשמושכים את הידיים אחורה?' – ומבקשת להשאיר את התשובה פתוחה עד סוף השיעור. **התלמידים:** מסדרים את שלושת המשטחים בעמוד וכותבים השערה אישית בתבנית 'אני חושב/ת ש... כי...'. · צופים בהדגמת הפלסטלינה ומתארים את ההבדל בשקע. · משתפים את בן/בת הזוג בהשערה (דקה אחת). **תשובות צפויות:** • תשובה צפויה: 'בבטון הכי כואב, במזרן הכי פחות, כי המזרן רך.' • תפיסה שגויה: 'במזרן הבובה נופלת לאט יותר.' ← תגובת המורה: 'בכל המקרים הבובה הגיעה לקרקע באותה מהירות בדיוק. נבדוק בסימולטור מה כן שונה בין המשטחים.' 🎬 **סרטון:** משפחה בטוחה בדרך (הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים) youtube.com/watch?v=EGMr59tCaKA · דקות 0:00–1:00
2. התנסות **12 דק׳**	*לאסוף נתונים בניסוי הוגן ולגלות בעצמם את הקשר בין זמן העצירה לכוח, לפני כל הגדרה* 1. המורה מקרינה את הסימולטור ומציגה בקצרה את המסך: 'כאן קובעים מסה, מהירות וזמן עצירה. היום משנים רק דבר אחד – את זמן העצירה. את המסה ואת המהירות לא נוגעים.' 2. קובעת תפקידים: 'בכל זוג – מפעיל/ה ורושם/ת. מתחלפים אחרי כל ניסוי.' 3. מפנה להוראות 'שלב אחרי שלב' שבעמוד: פגיעה בחומר קשה ← רישום בטבלה; קצף של קסדה ← רישום; חגורה + אזור קריסה ← רישום. 4. בסבב בין הזוגות שואלת: 'מה שיניתם בין ניסוי לניסוי? מה השארתם קבוע? למה זה חשוב?' 5. בדקות האחרונות של השלב: 'הסתכלו על עמודת הכוח. מה קורה לכוח כשזמן העצירה מתארך? ענו על שאלת החוקר א.' 6. מזכירה את ההערה שבעמוד: 'זה מודל לימודי. אף פעם לא בודקים בטיחות בניסוי אמיתי בכביש.' **התלמידים:** מפעילים את הסימולטור בשלושת המצבים המוכנים ורושמים את התוצאות בטבלה. · משווים את עמודת הכוח ואת גודל המלבנים בגרף. · עונים על שאלת החוקר א; זוגות שסיימו עונים גם על ג (שינוי המסה). **תשובות צפויות:** • תשובה צפויה: 'בחגורה הכוח הכי קטן, והזמן הכי ארוך.' • תפיסה שגויה: זוג משנה גם את המהירות וגם את זמן העצירה באותו ניסוי. ← תגובת המורה: 'אם שיניתם שני דברים, איך תדעו מה מהם גרם לשינוי בכוח? אפסו והשאירו את המהירות כפי שהייתה.' • תפיסה שגויה: 'הקסדה מקטינה את המהירות.' ← תגובת המורה: 'בדקו בסימולטור את שורת שינוי המהירות: היא זהה בשלושת המצבים. מה כן השתנה?' **שאלות מסדר חשיבה גבוה:** • השוואה: 'זמן העצירה בחגורה ארוך בערך פי 30 מזמן העצירה בחומר קשה. מה קרה לכוח? באיזה יחס?'

3. המשגה **10 דק׳**	*לנסח את חוק ההגנה מתוך הנתונים ולהקנות את כלל החישוב בהוראה מפורשת* 1. שיח קצר: המורה מציגה על הלוח את שני המלבנים מהגרף ושואלת: 'מה נשאר קבוע ומה השתנה?' ומכוונת אל התשובה: השטח (השינוי בתנע) זהה, הצורה שונה – מלבן גבוה וצר או נמוך ורחב. 2. הגדרה: 'תנע הוא כמות התנועה של גוף: מסה כפול מהירות. כדי לעצור, הגוף צריך לאבד את כל התנע שלו. החומר שבו פוגעים לא משנה את התנע – הוא קובע רק כמה זמן נמשכת העצירה.' 3. אני מדגימה: 'ילד במסה 20 ק״ג נוסע 18 קמ״ש, כלומר 5 מטר בשנייה. התנע: 20 × 5 = 100. אם הוא נעצר תוך 0.1 שנייה: 100 ÷ 0.1 = 1,000 ניוטון.' 4. נעשה יחד: 'אותו ילד, אבל העצירה נמשכת 0.01 שנייה – עצירה קצרה פי 10. מה התנע? (100) ומה הכוח? (10,000 ניוטון). הכוח גדל פי 10.' 5. עכשיו לבד: 'פתרו את תרגיל הדוגמה: 10 ק״ג, 4 מ׳/ש׳, זמן עצירה 0.1 שנייה. אחר כך השלימו את משימה 1 – חוק ההגנה.' 6. חשוב-התייעץ-שתף על משימה 2: 'הסבירו לתלמיד/ה בכיתה ב למה חגורה מגינה – השתמשו במילים זמן וכוח.' **התלמידים:** מזהים בגרף שהשטח קבוע והצורה משתנה. · עוקבים אחרי ההדגמה, פותרים יחד את התרגיל השני ולבד את תרגיל הדוגמה (התשובה: 400 ניוטון). · משלימים את משימה 1 ומנסחים בזוגות את משימה 2. **תשובות צפויות:** • תשובה צפויה למשימה 2: 'החגורה נמתחת קצת, אז העצירה לוקחת יותר זמן, ולכן הכוח על הגוף קטן יותר.' • תפיסה שגויה: 'החגורה בולעת את התנע.' ← תגובת המורה: 'התנע שהגוף מאבד זהה בכל המקרים – תלוי רק במסה ובמהירות. החגורה מפזרת את העצירה על פני זמן ארוך יותר.' • תפיסה שגויה בחישוב: חילוק ב־0.1 מקטין את המספר. ← תגובת המורה: 'כמה פעמים 0.1 נכנס ב־1? עשר פעמים. לכן חילוק ב־0.1 שווה לכפל ב־10.' **שאלות מסדר חשיבה גבוה:** • הכללה: 'נסחו כלל אחד שמתאים גם לבובה על המזרן, גם לקסדה וגם לחגורה.' • הסקה: 'אם זמן העצירה מתארך פי 3, מה תהיה ההשערה שלכם לגבי הכוח? נמקו.'
4. יישום – ביצועי הבנה **11 דק׳**	*להעביר את חוק ההגנה להקשרים חדשים מהחיים ולנמק שיפוט בטיחותי* 1. מחלקת לקבוצות של 3–4 ומפנה ל'בודקי בטיחות' (חלק א): 'קראו כל מצב, החליטו תקין או לא תקין, ורק אחר כך קראו את ההסבר המדעי.' 2. דורשת נימוק לפני הלחיצה: 'לפני שלוחצים – כל קבוצה אומרת משפט אחד עם המילים זמן עצירה וכוח.' 3. בסיום שבה לשאלת החימום: 'עכשיו, למה מושכים את הידיים אחורה כשתופסים ביצה?' 4. מציגה את חלק ב ('מהנדסי קסדות') כמשימת הפתיחה של שיעור ההמשך. **התלמידים:** שופטים בקבוצה חמישה מצבים ומנמקים כל שיפוט במונחי זמן עצירה וכוח. · משווים את הנימוק שלהם להסבר המדעי שבעמוד ומתקנים לפי הצורך. · עונים מחדש על שאלת הביצה בעזרת חוק ההגנה. **תשובות צפויות:** • תשובה צפויה לשאלת הביצה: 'כשמושכים את הידיים, הביצה נעצרת לאט יותר, ולכן הכוח עליה קטן והיא לא נשברת.' • תפיסה שגויה: 'אם הקסדה קשה מאוד היא מגינה יותר.' ← תגובת המורה: 'חומר קשה מאוד כמעט לא נמעך, לכן העצירה קצרה והכוח גדול. הקצף בקסדה צריך להימעך מעט.' **שאלות מסדר חשיבה גבוה:** • העברה להקשר חדש: 'למה כריות אוויר ומושב בטיחות לילדים מגינים לפי אותו חוק?' • הערכה: 'חגורה שעוברת על הצוואר במקום על הכתף – האם היא עדיין בטוחה? נמקו.'

5. סגירת המעגל – הערכה וסיכום **7 דק׳**	*לבדוק את השגת המטרה המרכזית ולשקף את שינוי ההשערה* 1. 'שבו להשערה ששמרתם בפתיחה. האם היא השתנתה? מה שכנע אתכם?' 2. מציגה את קריטריוני ההצלחה של כרטיס היציאה על הלוח ומחלקת אותו (שאלה פתוחה אחת + שאלת הקסדה שבעמוד). 3. סיכום בעל פה: 'יותר זמן עצירה – פחות כוח. לכן חוגרים תמיד וחובשים קסדה צמודה עם רצועת סנטר סגורה.' 4. משימת בית מהעמוד: 'בדקו עם מבוגר/ת בבית שהחגורה עוברת על הכתף והאגן ולא על הצוואר, ושהקסדה צמודה.' **התלמידים:** עונים על כרטיס היציאה בכתב באופן אישי. · עונים על שאלה אחת לפחות מתוך שאלות הרפלקציה שבעמוד וממלאים את ההערכה העצמית 1–4. **תשובות צפויות:** • תשובה צפויה לשאלת הקסדה: 'להחליף אותה, כי הקצף כבר נמעך ובלע אנרגיה.' • תפיסה שגויה: 'הקסדה שלמה, אפשר להמשיך.' ← תגובת המורה: 'הקצף בתוך הקסדה נמעך פעם אחת ולא חוזר לצורתו, גם כשהמעטפת נראית שלמה. בפגיעה הבאה העצירה תהיה קצרה יותר.' 🎟 **כרטיס יציאה:** נוסע חגור נעצר בתאונה. החגורה נמתחת מעט. הסבירו במשפט או שניים למה החגורה מגינה עליו. השתמשו במילים 'זמן עצירה' ו'כוח'. • מציין/ת שהחגורה מאריכה את זמן העצירה (ולא מקטינה את המהירות או את התנע). • מקשר/ת נכון: זמן עצירה ארוך יותר ← כוח ממוצע קטן יותר על הגוף. • (למתקדמים) מזכיר/ה שהשינוי בתנע זהה, או נותן/ת דוגמה מספרית מהטבלה. המורה ממיינת את הכרטיסים לשלוש קבוצות: עומד/ת בשני הקריטריונים; מקשר/ת זמן וכוח אך בכיוון שגוי או חלקי; טוען/ת שהחגורה מקטינה את המהירות. בפתיחת שיעור ההמשך הקבוצה השנייה והשלישית חוזרות על הדגמת הפלסטלינה ועל השוואת שני המלבנים בגרף עם המורה, והקבוצה הראשונה מתחילה ישירות במשימת 'מהנדסי קסדות' (חלק ב).

התאמה לשונות

תמיכה	• כרטיס בנק מילים על השולחן: זמן עצירה, כוח, ארוך, קצר, גדול, קטן, נמתח, נמעך – ותבנית משפט: 'כש__ ארוך יותר, ה__ קטן יותר.' • טבלה מודפסת שבה עמודות המסה והמהירות כבר ממולאות, כך שהתלמיד/ה מתמקד/ת בזמן ובכוח בלבד. • עבודה עם המלבנים בגרף במקום חישוב: מסמנים בצבע את המלבן הגבוה ואת הנמוך ואומרים מה כל אחד מייצג. • לכיתה ד או לתלמידים/ות המתקשים בחישוב: הבנה איכותית בלבד (יותר זמן ← פחות כוח) ותרגילי ⭐ בלבד.
ליבה	• שלושת המצבים בסימולטור, שאלות חוקר א ו־ג, משימות ההמשגה 1–2, תרגילי ⭐ ו־⭐⭐ ושיפוט חמשת המצבים בחלק א.
העשרה	• שאלת חוקר ב: מה קורה לאנרגיית התנועה כשהמהירות גדלה פי 2 – ונימוק מדוע זו הסיבה שמהירות נמוכה ברחוב מגורים חשובה כל כך (האנרגיה גדלה פי 4). • תכנון ניסוי משלהם בסימולטור: לבחור זמן עצירה שבו הכוח יהיה בדיוק חצי מהכוח במצב 'קצף של קסדה', ולבדוק את ההשערה. • התחלת חלק ב ('מהנדסי קסדות') כבר בשיעור זה, עם הנמקה כתובה לפשרה בין עובי, משקל ונוחות.

מחוון

- ניסוי הוגן: בטבלה שלוש שורות שבהן רק זמן העצירה משתנה (2 = שלוש שורות תקינות; 1 = שורה אחת עם שינוי של שני משתנים; 0 = אין רישום).
- זיהוי היחס ההפוך: תשובה נכונה לשאלת חוקר א וניסוח 'יותר זמן – פחות כוח'.
- חישוב: השלמה נכונה של חוק ההגנה ופתרון נכון של תרגיל כוח ממוצע אחד לפחות.
- נימוק: שיפוט נכון ונימוק במונחי זמן עצירה וכוח ב־4 מתוך 5 מצבי 'בודקי בטיחות', ובכרטיס היציאה.

רב-תחומיות

- מתמטיקה: התלמידים/ות מפעילים בפועל חילוק וכפל במספרים עשרוניים (חילוק ב־0.1 וב־0.01 כשקול לכפל ב־10 וב־100) כדי לחשב כוח ממוצע, ומזהים יחס הפוך בין שני גדלים בטבלה ובגרף (שטח מלבן קבוע: גובה × רוחב).
- מדע וטכנולוגיה: בניית הסבר מבוסס ראיות מתוך מודל (סימולטור), עריכת ניסוי הוגן עם משתנה אחד, והכרת מושגי כוח ואנרגיה; הקשר טכנולוגי לחגורות נמתחות, לכריות אוויר ולאזורי קריסה ברכב.