📋 מרחק עצירה: איך מהירות וכביש רטוב משנים את המקום שמכונית צריכה כדי לעצור (זה״ב ב־STEM, ג׳–ד׳)

כיתה ג׳–ד׳ | 🚦 זה״ב – זהירות בדרכים | 45 דק׳ | מערך שיעור למורה · לפי מעגל הלמידה

מטרה מרכזית: התלמידים/ות יסבירו, על סמך נתונים שרשמו בטבלת הניסויים בסימולטור, כיצד מהירות הרכב ומצב הכביש (יבש או רטוב) משנים את מרחק העצירה, ויבחינו בהסבר בין ראיה (תוצאה מהטבלה) לבין מסקנה.

מטרות אופרטיביות:

- התלמידים/ות יערכו לפחות שלושה ניסויים בסימולטור העצירה, ישנו בכל ניסוי משתנה אחד בלבד וירשמו את התוצאות בטבלה.
- התלמידים/ות יתאימו כל מושג (מרחק תגובה, מרחק בלימה, מרחק עצירה) להגדרתו ויחשבו מרחק עצירה כסכום של מרחק תגובה ומרחק בלימה.
- התלמידים/ות יקראו את הגרף ויזהו שכאשר המהירות גדלה פי 2 (מ־30 ל־60 קמ״ש), מרחק הבלימה גדל בערך פי 4.
- התלמידים/ות יישמו את הממצאים בבעיה חדשה (הכדור שהתגלגל לכביש) וינמקו מהי התנהגות בטוחה של הולך רגל, כולל זיהוי אשליית הביטחון.

עיגון בתוכנית הלימודים: זהירות בדרכים – חינוך תעבורתי ביסודי: הולך הרגל בדרך, השפעת מהירות הרכב על בטיחות הולכי רגל, וחציית כביש בבטחה. בקטעי המקור שהתקבלו (עמוד הניווט של המרחב הפדגוגי) אין ניסוח של הישג או של תקן תוכן לשכבות ג׳–ד׳, ולכן לא הובא ציטוט. השיעור מוגדר בעמוד כהעשרה בין־שכבתית ואינו פרק חובה. הוא נשען על פרק 5 ביחידה "עצמאיים בשטח" (ה׳–ו׳), חציית כביש במקום לא מוסדר, עמ׳ 28, ועל עמוד "מהירות" בשבוע הבטיחות בדרכים. לפני פרסום יש להשלים ציטוט מילולי מתוך מסמך תוכנית הלימודים עצמו.

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

ידע קודם: כפל במספרים חד־ספרתיים (2 × 20, 3 × 3) וחיבור דו־ספרתי. · היכרות עם יחידות מידה: מטר, שנייה, קמ״ש. · כללי חציית כביש בסיסיים: עצירה בשפת המדרכה, הסתכלות לשני הצדדים, חצייה במעבר חצייה. · היכרות ראשונית עם שאלת חקר והשערה.

מושגים: מרחק תגובה · מרחק בלימה · מרחק עצירה · זמן תגובה · חיכוך · השערה · ראיה ומסקנה · משתנה · אשליית הביטחון

חומרים: עמוד השיעור zahav/lessons/braking.html: שלב הפתיחה (בחירת השערה ומחוון מטרים), סימולטור העצירה וטבלת הניסויים, כרטיסי התאמת מושגים, הגרף "מרחק עצירה לפי מהירות", משימת "הכדור שהתגלגל לכביש", התרגול המדורג, כרטיס היציאה, החידות ושאלות הרפלקציה. · דף ההדפסה של העמוד (תלמיד ומורה), מנוקד בחלקי ההנחיות לתלמיד. · מצגת השיעור שבעמוד. · מקרן, ומחשב או טאבלט לכל שלישייה. · כרטיסי תפקיד לשלישיות: נהג, מהנדס, רשם. · פס נייר דבק או סרט מדידה באורך 12 מטר במסדרון או בחצר (אורך אוטובוס עירוני), להמחשת סדר הגודל. ההמחשה נעשית בהליכה בלבד, הרחק מכל דרך. · בנק מילים מודפס: ראיה, מסקנה, ככל ש..., כך..., חיכוך, מרחק תגובה, מרחק בלימה, מרחק עצירה.

בטיחות: המספרים בסימולטור הם מודל לימודי משוער (זמן תגובה 1 או 2 שניות; מקדם חיכוך 0.7 ביבש ו־0.4 ברטוב), ואינם הבטחה לבטיחות. לעולם אין לבדוק מרחקי עצירה בכביש, ליד מכוניות או על אופניים. המחשת 12 המטרים נעשית בהליכה בלבד, במסדרון או בחצר בית הספר. המסר לתלמידים/ות: חוצים רק כשהכביש פנוי או כשהרכבים עצרו לגמרי.

הלימה: מטרה – פעילות – עדות

מטרה	פעילות	עדות להשגה
עריכת שלושה ניסויים לפחות בשינוי משתנה אחד ורישום בטבלה	התנסות: חקר מודרך בשלישיות בסימולטור העצירה	טבלת הניסויים שבעמוד: לפחות 3 שורות, ובשתיים מהן שונה רק מצב הכביש.
התאמת מושג להגדרה וחישוב מרחק עצירה כסכום	המשגה: כרטיסי התאמת מושגים והנוסחה מרחק תגובה + מרחק בלימה = מרחק עצירה; תרגיל ⭐⭐	התאמה נכונה של שלושת המושגים; תשובה 39 מטר בתרגיל הבינוני.
קריאת גרף וזיהוי היחס פי 4 במרחק הבלימה	המשגה: שאלת הגרף (30 ← 60 קמ״ש); תרגיל אתגר ⭐⭐⭐	בחירה ב״גדל בערך פי 4״; תשובה ״פי 9״ בתרגיל האתגר.
יישום בבעיה חדשה ונימוק התנהגות בטוחה	יישום: משימת הכדור (30 מטר) בזוגות; סגירה: משפטי נכון/לא נכון והמושג אשליית הביטחון	יבש: 50 קמ״ש, רטוב: 40 קמ״ש; סימון נכון של חמשת המשפטים.
מטרה מרכזית: הסבר מבוסס נתונים שמבחין בין ראיה למסקנה	המשגה: ״הכלל במילים שלי״; סגירה: כרטיס יציאה כתוב	כרטיס היציאה: ראיה מספרית אחת מהטבלה ומסקנה אחת שמנוסחת ככלל ומשתמשת במילה ״חיכוך״.

מהלך השיעור

1. פתיחת המעגל – איתור ידע קודם **5 דק׳**	*לעורר את שאלת החקר, לאתר ידע קודם ולרשום השערה לפני הניסוי.* 1. מציגה את שלב 1 ואומרת: ״היום אתם חוקרי וחוקרות תנועה. מכונית נוסעת, ופתאום ילד רץ לכביש. הנהג צריך לראות, להחליט ולבלום. כל זה לוקח זמן ומקום.״ 2. שואלת: ״מכונית אחת נוסעת 30 קמ״ש, ומכונית שנייה 60 קמ״ש, פי 2 מהר יותר. כמה מקום תצטרך המכונית המהירה כדי לעצור?״ 3. מבקשת מכל תלמיד/ה לבחור תשובה בעמוד ולהזיז את המחוון: ״כמה מטרים צריכה מכונית כדי לעצור ב־50 קמ״ש בכביש יבש?״ ומזכירה: ״אוטובוס עירוני ארוך בערך 12 מטר.״ 4. אומרת: ״מה שרשמתם עכשיו הוא השערה. מדענים ומדעניות לא יודעים מראש. הם משערים, בודקים ומשווים.״ **התלמידים:** בוחרים/ות השערה (אותו מרחק / בערך פי 2 / יותר מפי 2), מסמנים/ות מספר מטרים במחוון ולוחצים/ות ״שמרו ניחוש״. · משתפים/ות במליאה מה גרם להם לבחור כך. **תשובות צפויות:** • תשובה צפויה: ״בערך פי 2, כי המהירות פי 2.״ ← המורה לא מתקנת בשלב זה: ״זו השערה הגיונית. נבדוק אותה בסימולטור.״ • תפיסה שגויה: ״הנהג עוצר מיד כשהוא רואה.״ ← ״נבדוק בניסוי מה קורה בשנייה שבין הרגע שהנהג רואה לבין הרגע שהוא לוחץ על הבלם.״ • השערות בטווח 5–15 מטר ל־50 קמ״ש הן נפוצות (במודל המרחק הוא כ־28 מטר). ← רושמים את טווח ההשערות של הכיתה על הלוח, כדי להשוות בהמשך.
2. התנסות **12 דק׳**	*לאסוף נתונים בסימולטור העצירה בשינוי משתנה אחד בכל פעם, לפני כל הגדרה פורמלית.* 1. מחלקת לשלישיות ומקצה תפקידים: נהג/ת (בוחר/ת מהירות ולוחץ/ת ״בלמו!״), מהנדס/ת (בוחר/ת כביש ונהג ובודק/ת שרק דבר אחד השתנה), רשם/ת (מוודא/ת שהשורה נרשמה בטבלה). 2. מדגימה ניסוי אחד במקרן: 50 קמ״ש, כביש יבש, נהג ערני. אומרת: ״תסתכלו על הפסים: הכתום הוא הדרך שהמכונית עוברת לפני שהנהג לוחץ על הבלם. הכחול הוא הבלימה. כל קו הוא 10 מטר.״ 3. נותנת הנחיה: ״בצעו 3 ניסויים לפחות. בשניים מהם שנו רק את הכביש: יבש ורטוב. כלל של מדענים: משנים רק דבר אחד בכל פעם.״ 4. עוברת בין השלישיות ושואלת: ״מה שיניתם בין שורה 1 לשורה 2? ומה נשאר אותו דבר?״ 5. מפנה לתיבת ״מתמטיקה בשיעור״: ״ב־36 קמ״ש המכונית עוברת 10 מטר בכל שנייה. כמה מטרים עובר נהג מוסח, שמגיב אחרי 2 שניות?״ **התלמידים:** מבצעים/ות לפחות 3 ניסויים: יבש ורטוב באותה מהירות, ואחר כך מהירות אחרת או נהג מוסח. · רושמים/ות בטבלה: מהירות, כביש, נהג, מרחק תגובה, מרחק בלימה ומרחק עצירה. · משווים/ות את התוצאה להשערה מהפתיחה. **תשובות צפויות:** • תוצאות צפויות במודל ב־50 קמ״ש, נהג ערני: ביבש כ־14 מטר תגובה וכ־14 מטר בלימה, כלומר כ־28 מטר עצירה. ברטוב כ־14 מטר תגובה וכ־25 מטר בלימה, כלומר כ־39 מטר. נהג מוסח: כ־28 מטר תגובה. • תפיסה שגויה: שלישייה משנה גם מהירות וגם כביש באותו ניסוי. ← ״אם שיניתם שני דברים, איך תדעו מי מהם הגדיל את המרחק? שנו רק אחד וערכו את הניסוי שוב.״ • תפיסה שגויה: ״כביש רטוב משנה גם את מרחק התגובה.״ ← ״הסתכלו בטבלה: באיזה עמודה המספר השתנה ובאיזו לא? מה זה אומר על הנהג ומה על הכביש?״ **שאלות מסדר חשיבה גבוה:** • השוואה: ״השוו שתי שורות בטבלה שבהן רק הכביש שונה. איזה חלק של המרחק השתנה, ואיזה נשאר אותו דבר? למה?״

3. המשגה **10 דק׳**	*להגדיר את שלושת המרחקים, לנסח את הקשר ביניהם ולהמשיג את היחס פי 4 ואת תפקיד החיכוך, מתוך הנתונים שנאספו.* 1. אני מדגימה: ״בניסוי שלנו ב־50 קמ״ש ביבש, הפס הכתום היה כ־14 מטר. זה מרחק התגובה: המרחק שהרכב עובר מרגע ההבחנה בצורך להגיב ועד התחלת התגובה. הפס הכחול, עוד כ־14 מטר, הוא מרחק הבלימה. יחד: 14 + 14 = 28 מטר. זה מרחק העצירה.״ כותבת על הלוח: מרחק תגובה + מרחק בלימה = מרחק עצירה. 2. נעשה יחד: ״בכרטיסי ההתאמה בעמוד, לחצו על מושג ואחר כך על ההגדרה המתאימה. הגדרה ראשונה: נקרא יחד. מאיזה רגע ועד איזה רגע? איזה מושג מתאים?״ 3. עכשיו לבד, בתבנית חשוב־התייעץ־שתף: ״קראו את הגרף. מה קורה למרחק הבלימה כשהמהירות עולה מ־30 ל־60 קמ״ש?״ אחר כך מדגימה על הגרף: ״ב־30 קמ״ש ביבש הבלימה היא בערך 5 מטר. ב־60 קמ״ש היא בערך 20 מטר. 5 × 4 = 20. המהירות גדלה פי 2, והבלימה גדלה פי 4, כי 2 × 2 = 4.״ 4. מסבירה את החיכוך: ״חיכוך הוא הכוח שפועל בין הצמיג לכביש, והוא עוזר למכונית לעצור. מים על הכביש מקטינים את החיכוך, ולכן הבלימה ארוכה יותר. מהירות הנהג לא קשורה לכביש, ולכן מרחק התגובה לא השתנה.״ 5. מבחינה בין ראיה למסקנה: ״׳ברטוב מדדנו 39 מטר וביבש 28 מטר׳ היא ראיה, כלומר תוצאה. ׳בכביש רטוב מכונית צריכה יותר מקום כדי לעצור, כי יש פחות חיכוך׳ היא מסקנה, כלומר כלל שהסקנו מהתוצאות.״ מבקשת למלא את ״הכלל במילים שלי״ ולהשתמש במילה ״חיכוך״. **התלמידים:** מתאימים/ות מושג להגדרה בכרטיסים. · קוראים/ות את הגרף לבד, מתייעצים/ות עם בן/בת זוג ומשתפים/ות. · כותבים/ות כלל במילים שלהם לפי הפתיח: ״גילינו שככל שהמהירות… ובכביש רטוב… מרחק העצירה… כי…״ **תשובות צפויות:** • תשובה צפויה לשאלת הגרף: ״גדל בערך פי 4.״ • תפיסה שגויה: ״גדל פי 2, כי המהירות פי 2.״ ← ״בדקו בגרף: כמה מטרים ב־30 וכמה ב־60? כמה פעמים 5 נכנס ב־20?״ ומבהירה: ״מרחק התגובה גדל פי 2, אבל מרחק הבלימה גדל פי 4.״ • בלבול בין מרחק בלימה למרחק עצירה. ← ״שאלו את עצמכם: מתי זה מתחיל? אם זה מתחיל ברגע שהנהג רואה, זה מרחק עצירה. אם ברגע הלחיצה על הבלם, זה מרחק בלימה.״ **שאלות מסדר חשיבה גבוה:** • הכללה: ״נסחו כלל שמתאים לכל המהירויות שבדקנו: מה קורה למרחק הבלימה כשהמהירות גדלה?״ • הסקה: ״למה מים על הכביש מאריכים את מרחק הבלימה, אבל לא את מרחק התגובה?״ 🎬 **סרטון:** רישיון ליהנות בטוח 😎 | תשתיות (הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים) youtube.com/watch?v=wal3bXNWecI · דקות 0:00–1:03

4. יישום – ביצועי הבנה **11 דק׳**	*להעביר את הממצאים לבעיה חדשה ולנמק בחירה במהירות בטוחה ביבש וברטוב.* 1. מציגה את משימת שלב 4: ״ליד בית הספר כדור מתגלגל לכביש, 30 מטר לפני מכונית. הנהג ערני. מה המהירות הגבוהה ביותר שבה המכונית עוד מספיקה לעצור לפני הכדור? בדקו ביבש וברטוב.״ 2. מדגימה בדיקה אחת: ״40 קמ״ש ביבש: מרחק העצירה הוא כ־20 מטר, פחות מ־30. עכשיו בדקו אתם מהירויות נוספות.״ 3. מבקשת מכל זוג לכתוב משפט נימוק: ״בחרנו ___ קמ״ש, כי מרחק העצירה היה ___ מטר, פחות מ־30.״ 4. מפנה לתרגול המדורג לפי בחירה ומוודאת שכל תלמיד/ה פותר/ת לפחות את התרגיל הקל ואת הבינוני. 5. מקשרת לתיבת הנדסת התנועה: ״למה מהנדסי תנועה בונים ליד בתי ספר מעבר חצייה מוגבה ופסי האטה?״ **התלמידים:** בודקים/ות בזוגות מהירויות שונות בכפתור ״בדיקה״ ובוחרים/ות את המהירות הגבוהה ביותר ביבש וברטוב. · כותבים/ות משפט נימוק אחד שמבוסס על מספר מהבדיקה. · פותרים/ות את התרגול המדורג: ⭐ קל, ⭐⭐ בינוני, ⭐⭐⭐ אתגר. **תשובות צפויות:** • תשובה צפויה במודל: ביבש 50 קמ״ש (כ־28 מטר; ב־60 קמ״ש כ־37 מטר, ולכן לא מספיקה). ברטוב 40 קמ״ש (כ־27 מטר; ב־50 קמ״ש כ־39 מטר, ולכן לא מספיקה). • תרגול מדורג: קל: 20 מטר. בינוני: 14 + 25 = 39 מטר. אתגר: פי 9 (3 × 3). • תפיסה שגויה בתרגיל האתגר: ״פי 6.״ ← ״כשהמהירות גדלה פי 2 כתבנו 2 × 2. איך נכתוב את זה למהירות פי 3?״ • תפיסה שגויה: ״המכונית עוצרת בדיוק על 30 מטר, אז זה בסדר.״ ← ״במציאות המרחק משתנה, למשל בגלל צמיגים, ירידה או עייפות. לכן צריך מרווח ביטחון.״ **שאלות מסדר חשיבה גבוה:** • העברה להקשר חדש: ״ברחוב ליד בית הספר המהירות המותרת נמוכה יותר. היעזרו בנתונים שלכם והסבירו למה זו החלטה הגיונית.״ • הערכה: ״זוג אחר טוען: ׳ברטוב אפשר לנסוע 50 קמ״ש, כי ביבש זה עבד.׳ האם הטענה נכונה? נמקו בעזרת מספר.״
5. סגירת המעגל – הערכה וסיכום **7 דק׳**	*לבדוק את המטרה המרכזית, לקשר את הממצאים להתנהגות של הולך רגל ולערוך רפלקציה על ההשערה.* 1. מבקשת לסמן ״נכון״ או ״לא נכון״ לחמשת המשפטים בשלב 5, ודנה במליאה במשפט ״אם אני במעבר חצייה, אני מוגן ולא צריך להסתכל״. 2. מציגה את המושג אשליית הביטחון: ״אמונת שווא של הולך הרגל שלפיה הוא מוגן בדרך, ולכן הוא משוחרר, כביכול, מנקיטת אמצעי זהירות.״ שואלת: ״איך מה שמדדנו היום מראה שזו טעות?״ 3. מחלקת כרטיס יציאה כתוב (ראו exit_ticket), בנוסף לשאלת הבחירה שבעמוד. 4. שואלת רפלקציה בעל פה: ״מה הפתיע אתכם לעומת ההשערה שלכם בתחילת השיעור?״ **התלמידים:** מסמנים/ות נכון או לא נכון ועונים/ות על כרטיס היציאה שבעמוד. · כותבים/ות את כרטיס היציאה: ראיה אחת ומסקנה אחת. · עונים/ות על שאלת רפלקציה אחת לבחירתם. **תשובות צפויות:** • תשובות צפויות: לא נכון, נכון, נכון, לא נכון, נכון. בשאלת הבחירה: ״מחכה שהרכב יעצור לגמרי ורק אז חוצה״. • תפיסה שגויה: ״אם אני רץ מהר, אני מספיק.״ ← ״הנהג צריך זמן ומקום כדי לעצור, ואתם לא יכולים לדעת כמה. בטוחים רק כשהרכב עצר לגמרי.״ 🎟 **כרטיס יציאה:** במעבדה שלנו, ב־50 קמ״ש: בכביש יבש המכונית עצרה אחרי 28 מטר, ובכביש רטוב אחרי 39 מטר. כתבו ראיה אחת ומסקנה אחת. השתמשו במילה ״חיכוך״. • הראיה היא תוצאה מספרית מהנתונים (למשל: ״ברטוב 39 מטר וביבש 28 מטר״). • המסקנה היא כלל כללי (למשל: ״בכביש רטוב מכונית צריכה יותר מקום כדי לעצור״), והיא מנוסחת בנפרד מהראיה. • המסקנה מנומקת בחיכוך (מים מקטינים את החיכוך) או מקושרת להתנהגות בטוחה של הולך רגל. ממיינים את הכרטיסים לשלוש קבוצות: עומד/ת בשלושת הקריטריונים, מבלבל/ת בין ראיה למסקנה, או לא מנמק/ת. בפתיחת השיעור הבא נערכת פעילות מיון של 5 דקות: משפטים על כרטיסיות, ״ראיה או מסקנה?״. משפטים מהכרטיסים (בלי שמות) משמשים דוגמאות. תלמידים/ות שעמדו בכל הקריטריונים מנסחים/ות משפטים חדשים למיון.

התאמה לשונות

תמיכה	• בנק מילים מודפס ופתיח כתוב לכלל: "ככל שהמהירות ___, מרחק העצירה ___, כי ___." • כרטיס עזר: ציור של שני פסים, כתום (תגובה) וכחול (בלימה), ועליו סימן החיבור לנוסחת מרחק העצירה. • משימת היישום מפורקת לצעדים: (1) בדקו 40 ביבש. (2) האם המספר קטן מ־30? (3) נסו 50. • הקראה בקול של ההגדרות על ידי המורה, ותפקיד הרשם/ת לתלמיד/ה שמתקשה בהפעלת המכשיר.
ליבה	• שלושה ניסויים בשינוי משתנה אחד, רישום בטבלה, התאמת מושגים, קריאת הגרף, משימת הכדור והתרגילים הקל והבינוני.
העשרה	• מהירות פי 3: לפי הכלל, מרחק הבלימה גדל פי 9. בדקו בסימולטור ב־30 וב־90 קמ"ש (אם הטווח מאפשר) ובדקו אם הכלל מתקיים. אם לא, הסבירו מה ההבדל. • תכנון ניסוי: "איזה משתנה נוסף, שאינו בסימולטור, עשוי להאריך את מרחק הבלימה?" (ירידה, צמיגים שחוקים, משקל הרכב). נסחו השערה ונמקו אותה, בעזרת ההערה למורה ולסקרנים. • השוואה בין נהג ערני לנהג מוסח: פי כמה גדל מרחק התגובה? למה מרחק הבלימה לא משתנה?

מחוון

- תכנון ניסוי: בטבלה יש לפחות 3 ניסויים, ובשניים מהם שונה משתנה אחד בלבד (כביש).
- מושגים: התאמה נכונה של מרחק תגובה, מרחק בלימה ומרחק עצירה, וחישוב נכון של מרחק העצירה כסכום.
- קריאת גרף ויחס: זיהוי שהמהירות גדלה פי 2 ומרחק הבלימה גדל בערך פי 4.
- הסבר מבוסס נתונים: בכרטיס היציאה יש הבחנה בין ראיה למסקנה ונימוק בעזרת חיכוך.

רב-תחומיות

- מדע וטכנולוגיה: התלמידים/ות מפעילים/ות את מיומנויות החקר: ניסוח השערה, שינוי משתנה אחד, רישום תוצאות והבחנה בין ראיה למסקנה. הם מסבירים/ות בעזרת המושג חיכוך למה הבלימה בכביש רטוב ארוכה יותר.
- מתמטיקה: התלמידים/ות מחשבים/ות מרחק עצירה כסכום, מכפילים/ות מטרים לשנייה בזמן תגובה ($2 \times 20 = 40$), קוראים/ות ערכים מגרף ומזהים/ות יחס כפלי (פי 2 ← פי 4, פי 3 ← פי 9).