

רון הדר

מיקוד 2017

פיזיקה

מהדורה מעודכנת לפי חוזר מפמ"ר ינואר 2017

על פי תכנית הרפורמה ללמידה משמעותית

מכניקה וחשמל

שאלון 036381

הכנה ותרגול לבגרות

קישור לתכנית הלימודים

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Phizika/TochnitLimudim/tochnitlimudim.htm



רכס

פרויקטים חינוכיים בע"מ

מיקוד בפיזיקה

מכניקה וחשמל

שאלון 036381

הכנה ותרגול לבגרות

רון הדר

קרא והעיר: שוקי זכאי

© 2017 כל הזכויות שמורות

לרכס פרויקטים חינוכיים בע"מ ולמחבר

Printed in Israel 2017

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר, כל חלק שהוא מספר זה. שימוש מסחרי, מכל סוג שהוא, בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מן המו"ל.

רכס פרויקטים חינוכיים בע"מ

ת"ד 324 קדימה 6092000

טלפון 073-2550000 פקס. 073-2550055

כתובתנו באינטרנט: www.reches.co.il

E-mail: main@reches.co.il

עשינו כמיטב יכולתנו לאתר את בעלי הזכויות של כל החומר ממקורות חיצוניים. אנו מתנצלים על כל השמטה או טעות. אם יובא הדבר לידיעתנו נפעל לתקנו במהדורות הבאות.

רכס עושה כל שביכולתה כדי למנוע הופעת טעויות בספריה על אף זאת טעויות עלולות להופיע.
כל טעות שתובא לידיעתנו תקבל מענה באתר רכס www.reches.co.il

מסת"ב 978-965-558-241-3 ISBN

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

תוכן העניינים

פרק 1 - וקטורים.....	5
פרק 2 - קינמטיקה.....	9
פרק 3 - דינמיקה, כוחות וחוקי ניוטון.....	29
פרק 4 - עבודה ואנרגיה.....	42
פרק 5 - מתקף ותנע.....	54
פרק 6 - תנועה מעגלית.....	67
פרק 7 - כבידה (גרביטציה).....	78
פרק 8 - תנועה הרמונית פשוטה.....	92
פרק 9 - חוק קולון והשדה האלקטרוסטטי.....	103
פרק 10 - אנרגיה פוטנציאלית חשמלית ופוטנציאל חשמלי.....	120
פרק 11 - הזרם החשמלי ומעגלי זרם ישר.....	135
פרק 12 - קיבול וקבלים.....	165
פרק 13 - השדה המגנטי.....	177
פרק 14 - השראה אלקטרומגנטית.....	197
מבחן 1.....	209
מבחן 2.....	233
מבחן 3.....	256
מבחן 4.....	283
מבחן 5.....	305
מבחן 6.....	330
מבחן 7.....	352
מבחן 8.....	375
מבחן 9.....	399
מבחן 10.....	421
מבחן 11.....	449

478.....	מבחן 12
498.....	מבחן 13
521.....	מבחן 14
545.....	מבחן 15
569.....	מבחן 16
594.....	מבחן 17
620.....	מבחן 18
644.....	נוסחאות ונתונים בפיזיקה

פרק 1 - וקטורים

המושגים שאנחנו נתקלים בהם בלימוד הפיזיקה נחלקים לשתי קבוצות.

- סקלרים: מושגים המתארים כמות בלבד, כמו מסה, זמן, טמפרטורה ואנרגיה.
- וקטורים: מושגים שאפשר לייחס להם כמות וכיוון, כמו כוח, מהירות, תאוצה וכדומה.

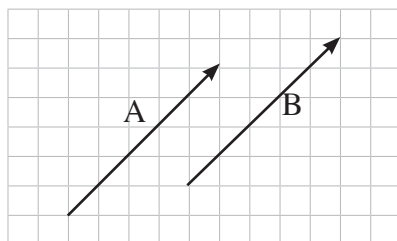
הדרך הפשוטה ביותר לתאר וקטור היא בחץ. אורך החץ מסמל את הכמות, וכיוון החץ מסמל את כיוון הווקטור. למשל מהירות של 8 מטרים לשנייה ימינה תתואר כך:

$$\xrightarrow{8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

הסימון המקובל לווקטור הוא האות המתאימה עם חץ מעליה, או באות מודגשת. לדוגמה: הווקטור $\vec{A}$ או $\mathbf{A}$.

פעולות חשבון בווקטורים

שוויון וקטורים

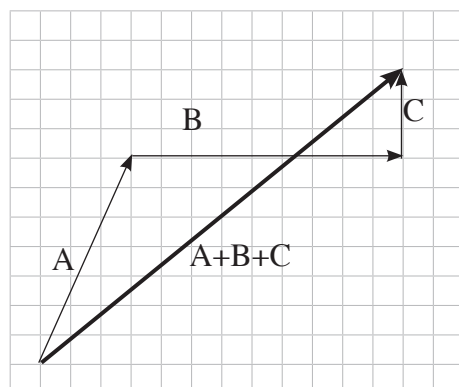


שני וקטורים שווים אם הם שווים בגודלם ובכיוונם. בתרשים שלהלן $\vec{A} = \vec{B}$. כלומר, מותר להעתיק וקטור "העתקה מקבילה".

חיבור וקטורים

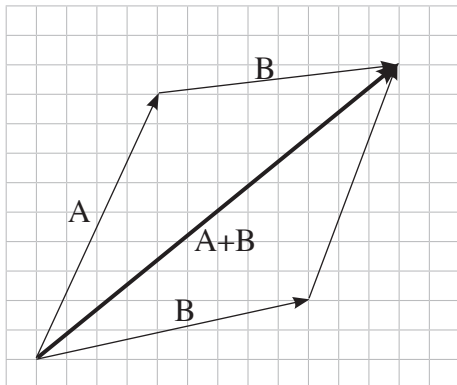
חיבור וקטורים יכול להיעשות בשתי דרכים.

1. חיבור וקטורים **בשיטת השרשרת** (הנקראת גם שיטת המצולע). כדי לחבר מספר וקטורים, מעתיקים אותם העתקה מקבילה בשרשרת, כך שראשיתו של וקטור מתלכדת עם סופו של הווקטור הקודם לו. לסדר החיבור אין חשיבות. ראו בתרשים שלפניכם:



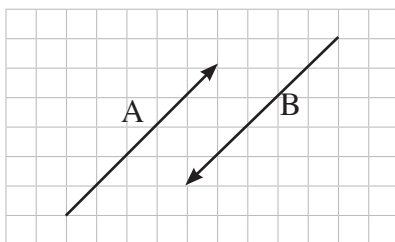
2. חיבור שני וקטורים בשיטת המקבילית.

מעתיקים את שני הווקטורים לראשית משותפת, כך שנוצרת מקבילית. תוצאת החיבור היא אלכסון המקבילית, היוצא מהראשית המשותפת. ראו בתרשים שלפניכם:

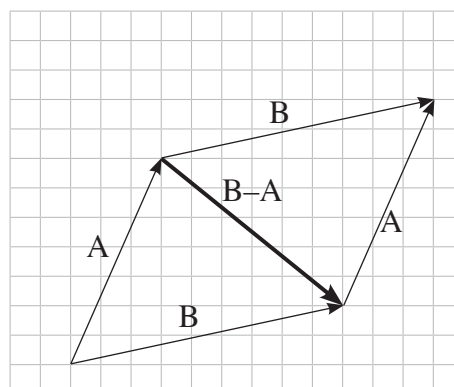
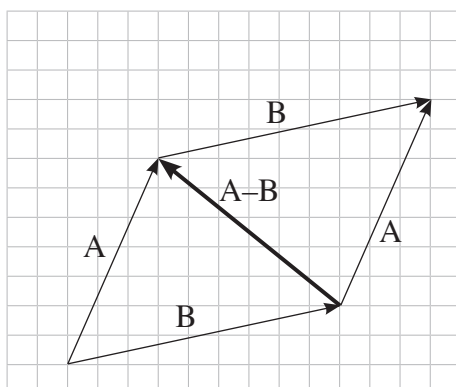


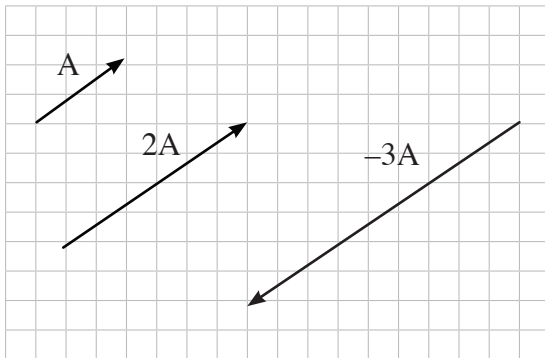
חיסור וקטורים

וקטור נגדי: וקטור נגדי הוא וקטור השווה בגודלו לווקטור הנתון ומנוגד לו בכיוונו. ראו בתרשים שלפניכם:



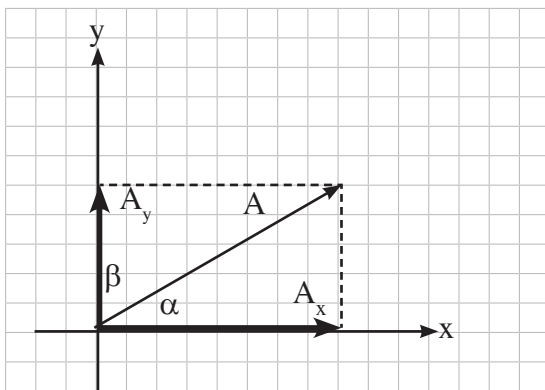
חיסור וקטור הוא חיבור הווקטור הנגדי $\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$. בדרך כלל קל יותר לחסר וקטורים בשיטת המקבילית. הפרש הווקטורים הוא האלכסון השני של המקבילית: ראו בתרשים שלפניכם:





כפל וקטור בסקלר

כאשר מכפילים וקטור בסקלר חיובי, יש להכפיל בסקלר את אורך הווקטור בלי לשנות את כיוונו. כאשר מכפילים וקטור בסקלר שלילי, יש להכפיל בסקלר את אורך הווקטור ולהפוך את כיוונו.



הפרדה ישרת זווית – פירוק וקטור לרכיבים

ברוב המקרים קל יותר לבצע פעולות חשבון בווקטורים על ידי פירוקם לרכיבים במערכת צירים.

רכיב ה-x של וקטור A יסומן ב- A_x , ורכיב ה-y של וקטור A יסומן ב- A_y .

אם α היא הזווית בין הווקטור לבין ציר ה-x, אז

$$A_x = A \cos \alpha$$

$$A_y = A \sin \alpha$$

ואם β היא הזווית בין הווקטור לבין ציר ה-y, אז

$$A_y = A \cos \beta$$

$$A_x = A \sin \beta$$

חיבור מספר וקטורים ומציאת הווקטור השקול

כאשר מחברים מספר וקטורים באותה מערכת צירים, מפרקים כל אחד מהם לשני רכיבים, האחד בכיוון ציר ה-x, והאחר בכיוון ציר ה-y. לאחר מכן מחברים בנפרד את כל רכיבי ה-x ובנפרד את כל רכיבי ה-y. כך מתקבלים רכיבי וקטור הסכום – "רכיב הסכום הוא סכום הרכיבים".

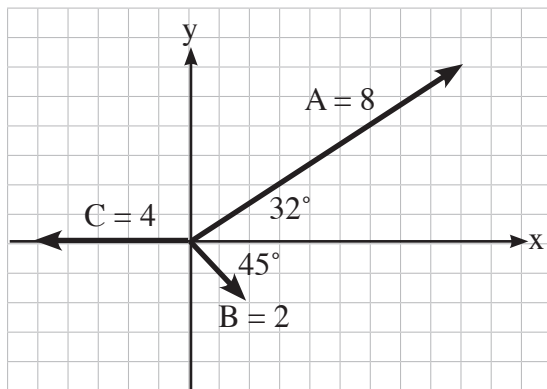
כדי לבנות את וקטור הסכום לאחר שמצאנו את רכיביו, משתמשים במשפט פיתגורס כדי למצוא את

$$|\vec{U}| = \sqrt{U_x^2 + U_y^2} \quad |\vec{U}| \text{ אורך הווקטור השקול:}$$

ומשתמשים בהגדרת הטנגנס $\tan \alpha = \frac{U_y}{U_x}$ כדי למצוא את הזווית בין הווקטור השקול לבין ציר ה-x. כך יוצרים את וקטור הסכום.

לדוגמה: נחבר את שלושת הווקטורים A, B, C ביחידות שרירותיות.

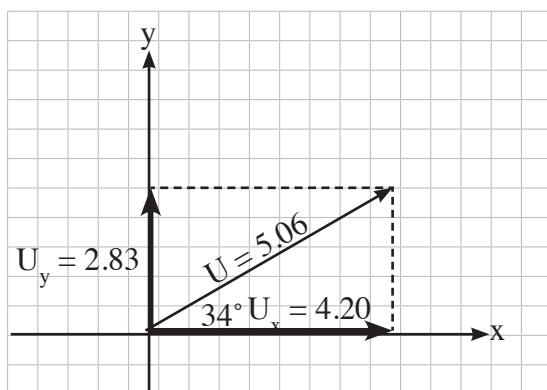
$$\vec{U} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$$



$$U_x = A_x + B_x + C_x = 8\cos 32^\circ + 2\cos 45^\circ - 4 = 4.20$$

$$U_y = A_y + B_y + C_y = 8\sin 32^\circ - 2\sin 45^\circ + 0 = 2.83$$

מצאנו את רכיבי וקטור הסכום U, וכעת נוכל ליצור אותו.



$$|\vec{U}| = \sqrt{U_x^2 + U_y^2} = \sqrt{4.2^2 + 2.83^2} = 5.06$$

$$\tan \alpha = \frac{U_y}{U_x} = \frac{2.83}{4.2} \quad \alpha = 34^\circ$$

העתקה ו/או צילום מספר זה הם מעשה לא חינוכי, המהווה עברה פלילית.

פרק 2 - קינמטיקה

חלק א: תנועה בקו ישר

הגדרות

מקום

כדי לתאר מקום בקו הישר, יש להקצות עליו ציר מספרים. בדרך כלל ציר x לישר אופקי, וציר y לישר אנכי. היחידה הסטנדרטית של מקום היא מטר - m . עלינו לבחור בצייר נקודת ראשית x_0 ולבחור כיוון חיובי. למשל, $x = -5m$ היא נקודה הנמצאת 5 מטרים מנקודת הראשית בכיוון השלילי. השימוש בסימנים פלוס ומינוס חוסך את הצורך להשתמש בווקטורים.

זמן

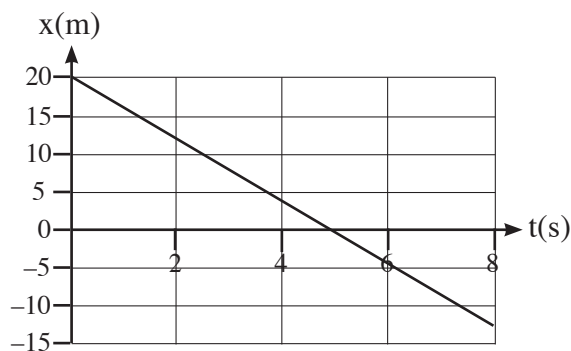
הזמן מסומן באות t . יחידת המידה הסטנדרטית של הזמן היא שנייה, וסימנה s .

העתק: Δx

העתק הוא שינוי המקום. כאשר גוף נע מנקודה x_1 לנקודה x_2 , ההעתק שהוא מבצע הוא $\Delta x = x_2 - x_1$ (המקום בסוף, מינוס המקום בהתחלה, לכן הוא יכול להיות חיובי, שלילי או אפס). הסימן Δ מסמל הפרש.

תנועה של גוף היא למעשה מקום הגוף כפונקציה של הזמן. אפשר לתאר את התנועה במספר דרכים (בכל המקרים מדובר באותו קשר בין המקום לזמן):

• גרף מקום-זמן



• טבלה

t(s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
x(m)	20	16	12	8	4	0	-4	-8	-12

• נוסחה: $x = 20 - 4t$ ביחידות של מטרים ושניות.

מרחק: גודל ההעתק (המרחק תמיד חיובי): $d = |\Delta x|$.

דרך: אורך המסלול.

מהירות ממוצעת: $\bar{v}$ (קו עליון, גג, מסמל ממוצע) מהירות ממוצעת היא ההעתק חלקי פרק הזמן. יחידות המהירות הסטנדרטיות הן מטרים לשנייה - $\frac{m}{s}$. יש לשים לב שלא מדובר בדרך חלקי הזמן, כפי שלומדים במתמטיקה. למשל, אדם שהולך 10 מטרים ימינה, ואחר כך חוזר למקום מוצאו, עובר דרך של 20 מטרים, אבל מבצע העתק 0. לכן המהירות הממוצעת שלו היא 0.

המרת יחידות של קילומטר לשעה ליחידות של מטר לשנייה:

בקילומטר יש 1,000 מטרים, ובשעה יש 3,600 שניות. לכן:

$$\frac{km}{h} = \frac{1000m}{3600s} = \frac{1}{3.6} \frac{m}{s}$$

לכן כדי להמיר יחידות של קילומטר לשעה ליחידות של מטר לשנייה יש לחלק ב-3.6.

$$9 : 3.6 = 2.5 \frac{m}{s} \text{ ק"מ לשעה הם } 2.5 \frac{m}{s}$$

חישוב המהירות הממוצעת נעשה על פי ההגדרה: $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$. את המהירות הממוצעת בגרף מקום-זמן מייצג שיפוע הגרף.

העתקה ו/או צילום מספר זה הם מעשה לא חינוכי, המהווה עברה פלילית.

מהירות רגעית

הגדרה פורמלית של המהירות הרגעית היא $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$. אבל הגדרה זו אינה שימושית. יש דרכים פשוטות יותר לחישוב המהירות הרגעית, לדוגמה: בגרף מקום-זמן בעזרת ערך שיפוע המשיק לגרף.

בטבלה יש למצוא שתי

נקודות זמן סמוכות לרגע המבוקש, לפניו ואחריו, ולחשב מהירות ממוצעת בקטע קטן (יש להשתמש

$$\text{בנוסחה } \bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}.$$

תאוצה a

התאוצה היא קצב שינוי המהירות, והגדרתה היא: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$. יחידות התאוצה הסטנדרטיות הן

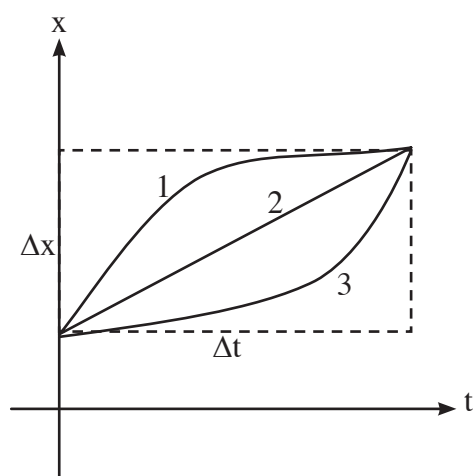
$\frac{m}{s^2}$. ההגדרות של תאוצה ממוצעת ורגעית דומות להגדרות של המהירות.

גרפים

גרף מקום-זמן

בגרף מקום-זמן שיפוע הגרף מייצג את המהירות. גרף של קטע ישר מייצג מהירות קבועה. גרף עקום מייצג מהירות משתנה.

בדוגמה שלפנינו יש מערכת צירים אחת, ונראים בה שלושה גרפים מקום-זמן המתארים תנועה של שלושה גופים.



גוף 1 נע במהירות הולכת וקטנה, כי שיפוע הגרף הולך וקטן.

גוף 2 נע במהירות קבועה, כי שיפוע הגרף קבוע.

גוף 3 נע במהירות הולכת וגדלה, כי שיפוע הגרף הולך וגדל.

לשלושת הגופים מהירות ממוצעת זהה, כי הם עוברים את

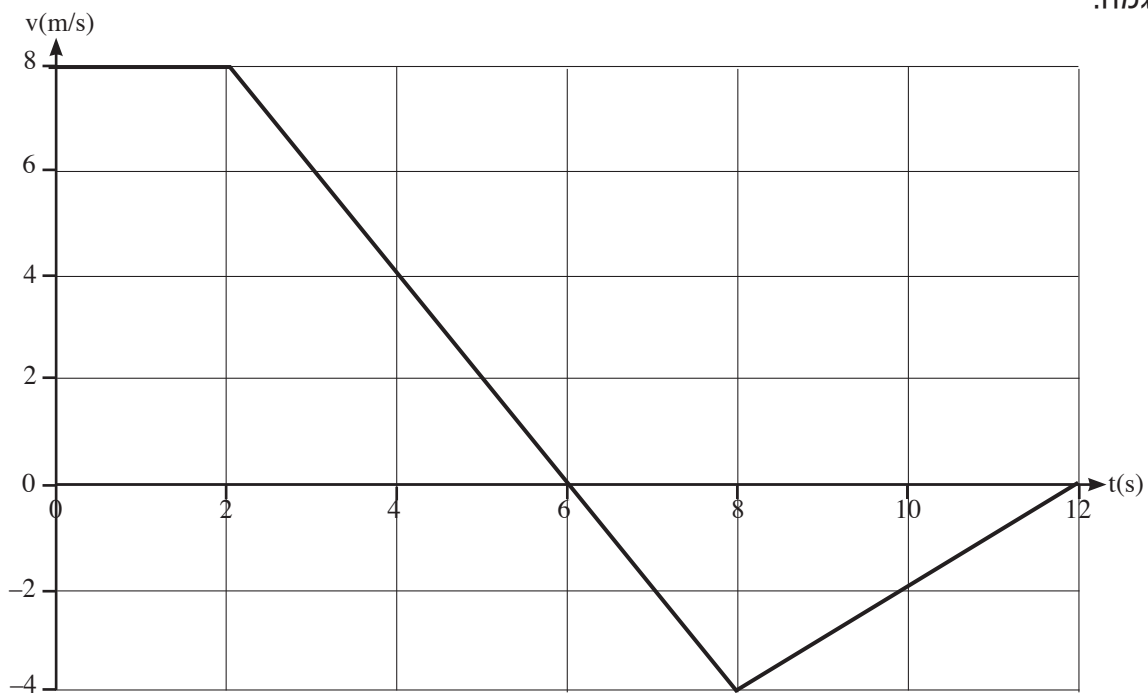
אותו העתק Δx באותו פרק זמן Δt .

גרף מהירות-זמן

בגרף מהירות-זמן שיפוע הגרף מייצג את התאוצה. וההעתק מייצג את השטח הכלוא בין הגרף לציר האופקי. למעשה, לא מדובר בשטח ממשי כי הוא נמדד במטרים ולא במטר מרובע, והוא יכול להיות גם שלילי, כאשר הגרף מתחת לציר האופקי.

כלומר: כאשר הגרף מעל הציר האופקי, הגוף נע קדימה, לכיוון החיובי של ציר ה-x. כאשר הגרף מתחת לציר האופקי, הגוף נע לכיוון השלילי של ציר ה-x.

דוגמה:



- בפרק הזמן $0 \leq t \leq 2$ s הגוף נע לכיוון החיובי במהירות קבועה של $8 = \frac{m}{s}$. התאוצה היא 0, כי השיפוע 0.
- בפרק הזמן $2 \leq t \leq 6$ s הגוף נע לכיוון החיובי במהירות הולכת קטנה. התאוצה היא שיפוע הקטע $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0-8}{6-2} = -2 \frac{m}{s^2}$.
- בזמן $t = 6$ s המהירות הרגעית היא 0. הגוף משנה את כיוון תנועתו, ומתחיל לנוע לכיוון השלילי של ציר ה-x.
- בפרק הזמן $6 \leq t \leq 8$ s המהירות יורדת מ-0 ל- $-4 \frac{m}{s}$. זאת אומרת שהגוף נע לכיוון השלילי.

העתקה ו/או צילום מספר זה הם מעשה לא חינוכי, המהווה עברה פלילית.

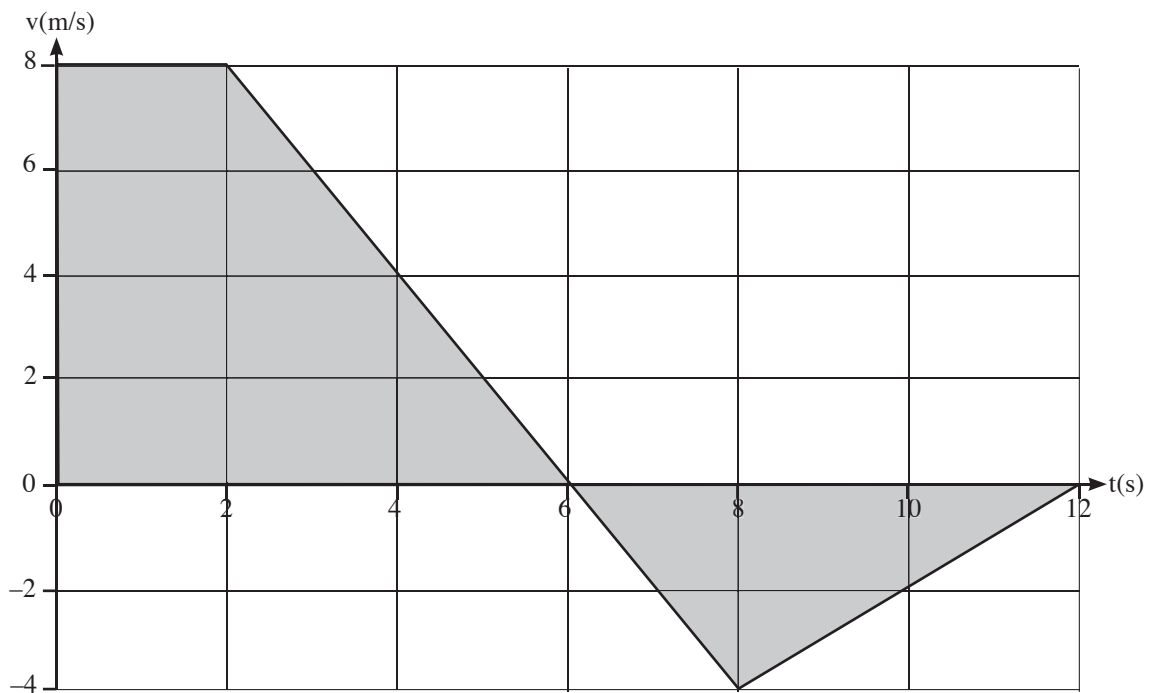
במהירות ההולכת וגדלה. התאוצה נשארת כמו בקטע הקודם, כי השיפוע לא השתנה

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-4 - 0}{8 - 6} = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- בפרק הזמן $8\text{s} \leq t \leq 12\text{s}$ המהירות עולה מ- $-4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ל-0. זאת אומרת שהגוף נע לכיוון השלילי

במהירות ההולכת וקטנה. התאוצה חיובית, כי שיפוע הגרף חיובי $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - (-4)}{12 - 8} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

לחישוב הדרך שבה עבר הגוף או לחישוב ההעתק, יש לחשב את השטח הכלוא בין הגרף לציר האופקי. נחלק את השטח בדוגמה לטרפז הנמצא מעל הציר האופקי, ולמשולש הנמצא מתחתיו.



שטח הטרפז: $S = \frac{2+6}{2} \cdot 8 = 32\text{m}$. הגוף נע במשך $t = 6\text{s}$, כלומר 32 מטרים לכיוון החיובי. שטח

המשולש: $S = \frac{6 \cdot 4}{2} = 12\text{m}$. הגוף נע מ- $t = 6\text{s}$, כלומר, 12 מטרים לכיוון השלילי. יש לשים לב שהדרך

בקטע זה היא חיובית, אבל ההעתק שלילי, כי הגוף נמצא מתחת לציר האופקי: $\Delta x = -12\text{m}$.

ההעתק הכולל שעבר הגוף הוא $32 - 12 = 20\text{m}$, והדרך הכוללת היא $32 + 12 = 44\text{m}$.

גרף תאוצה-זמן

בגרף תאוצה זמן השטח שמתחת לגרף מייצג את שינוי המהירות Δv .

נוסחאות התאוצה הקבועה

בעיות הקשורות בגוף או במספר גופים הנעים בתאוצה קבועה אפשר לפתור בעזרת נוסחאות המופיעות בדף נוסחאות ונתונים בפיזיקה, הניתן בבחינה.

סימונים מוסכמים:

x - מקום הגוף בזמן t .

x_0 - מקום הגוף בזמן $t = 0$.

v - מהירות הגוף בזמן t .

v_0 - מהירות הגוף בזמן $t = 0$.

t - פרק הזמן שעבר מהרגע $t = 0$.

a - התאוצה.

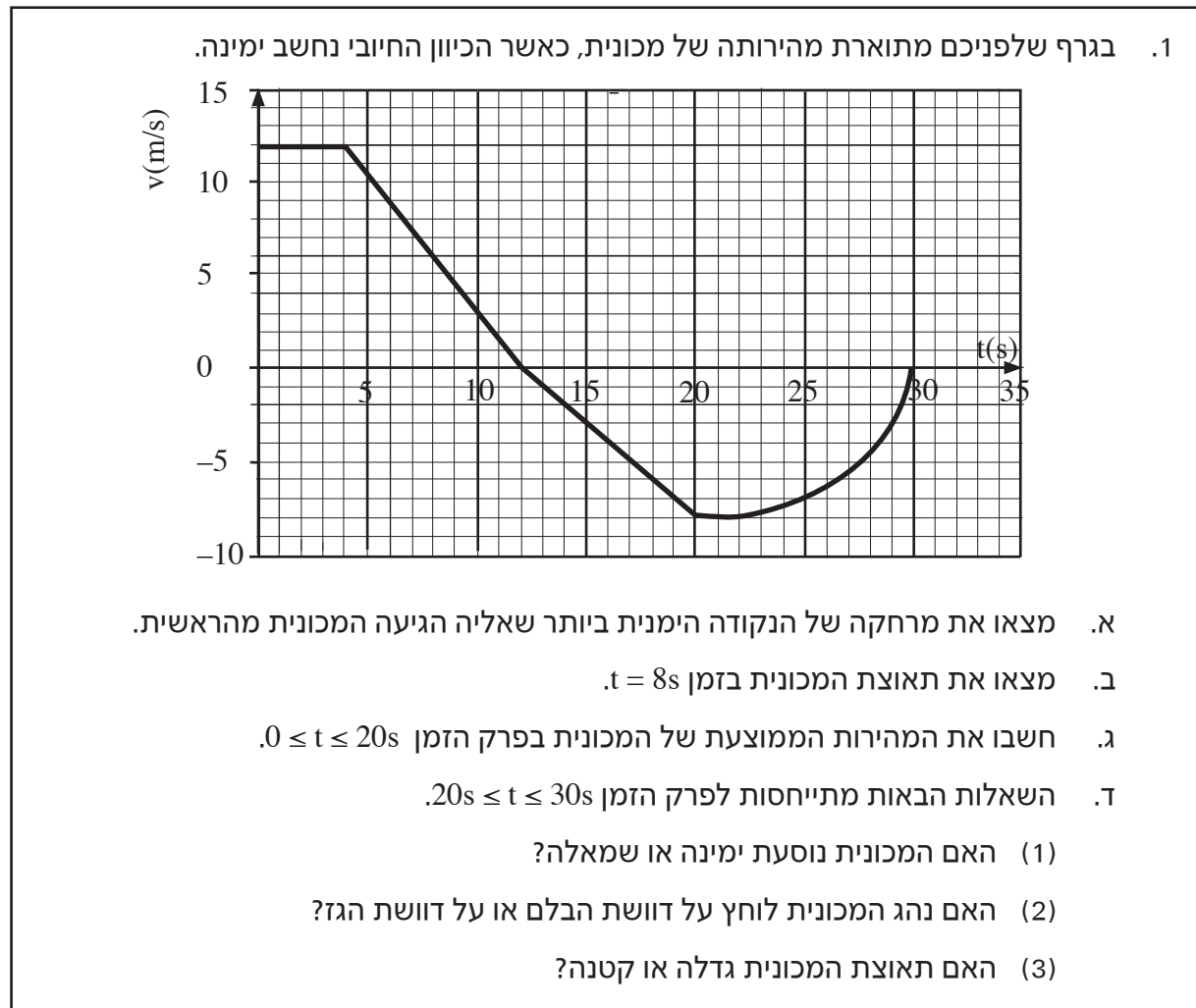
1. פונקציית מהירות-זמן: $v = v_0 + at$

2. פונקציית מקום-זמן: $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

3. ההעתק על פי המהירות הממוצעת: $\Delta x = \frac{v_0 + v}{2} t$

4. נוסחת ריבועי המהירויות: $\Delta x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$

שאלות לדוגמה



הפתרון

1. א. עד לזמן $t = 12\text{ s}$ המכונית נעה קדימה, כי המהירות חיובית. לכן יש למצוא את ההעתק שעברה המכונית עד לנקודה זו. העתק זה מיוצג בשטח הטרפז הכלוא בין הגרף לבין הצירים.

$$x = \frac{12 + 0}{2} \cdot 12 = 96\text{ m}$$

מרחקה של המכונית מהנקודה הימנית ביותר הוא 96 m .

ב. שיפוע הגרף מייצג את התאוצה. התאוצה קבועה בפרק הזמן $4\text{ s} \leq t \leq 12\text{ s}$. לכן נמצא את

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{0 - 12}{12 - 4} = \frac{-12}{8} = -1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad : 4\text{ s} \leq t \leq 12\text{ s}$$

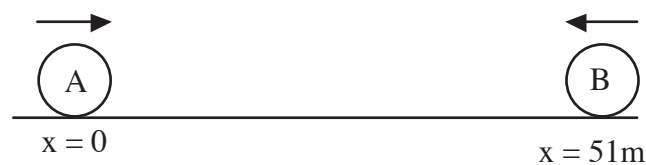
תאוצת המכונית בזמן $t = 8\text{ s}$ היא $-1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

- ג. **יש לשים לב בסעיף זה!** המהירות הממוצעת היא ההעתק חלקי הזמן, ולא הדרך חלקי הזמן. עלינו **להפחית** מההעתק שמצאנו בסעיף א את שטח המשולש הכלוא בין הגרף לציר האופקי בתחום $12s \leq t \leq 20s$ כלומר יש להחשיב את השטח כשלילי $x_2 = \frac{8 \cdot 8}{2} = -32m$. ההעתק הכולל בפרק הזמן $0 \leq t \leq 20s$ הוא $\Delta x = 96 - 32 = 64m$, והמהירות הממוצעת היא $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{64}{20} = 3.2 \frac{m}{s}$.
- ד. פרק הזמן $20s \leq t \leq 30s$.
- (1) המכונית נוסעת שמאלה כי המהירות שלילית והכיוון החיובי ימינה. לכן הכיוון השלילי הוא שמאלה.
- (2) נהג המכונית לוחץ על דוושת הבלם, כי גודל המהירות הולך וקטן.
- (3) תאוצת המכונית גדלה, כי השיפוע המשיק לגרף הולך וגדל.

2. שני כדורים מתגלגלים זה אל זה לאורך קו ישר. כדור A מתחיל לנוע ממנוחה, ימינה, בתאוצה

קבועה

של $2 \frac{m}{s^2}$, מהנקודה $x = 0$. כדור B מתחיל לנוע בו בזמן עם כדור A, מהנקודה $x = 51m$ שמאלה, במהירות קבועה של $2.5 m/s$ כמתואר בתרשים שלפניכם:



- א. בטאו את מקומו של כל אחד מהכדורים כפונקציה של הזמן (כתבו את הפונקציה מקום-זמן), כאשר הכיוון החיובי נחשב ימינה.
- ב. כעבור כמה זמן ייפגשו הכדורים?
- ג. במערכת צירים אחת שרטטו גרפים שיציינו את מקומם של כל אחד מהכדורים כפונקציה של הזמן.