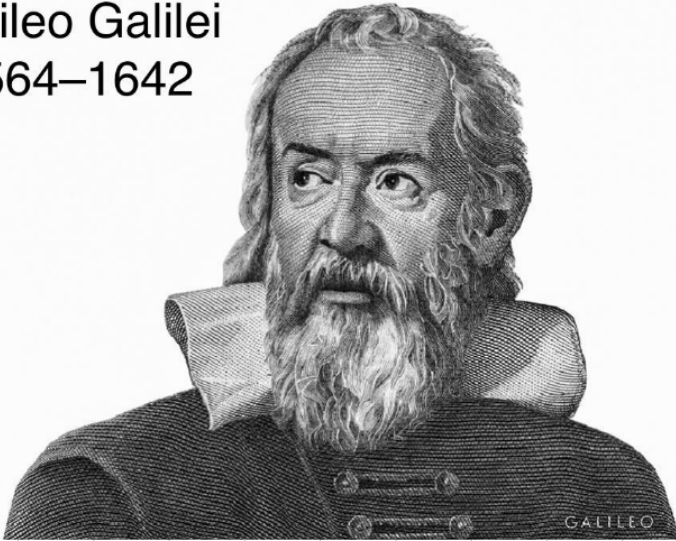


KINEMATICS 1D

• איך גבול פ ערין במרחב? מסן (ד), ומרחב (ל)

• אנתנו עוסקים בגופים נקודתיים שלים בקו ישר
 הגופים שניים

Galileo Galilei
1564–1642



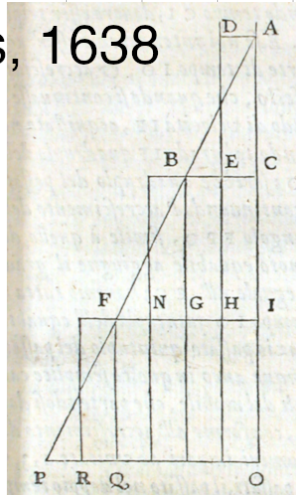
פיקולו

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

$$x(t) = x_0 + vt \quad (1)$$

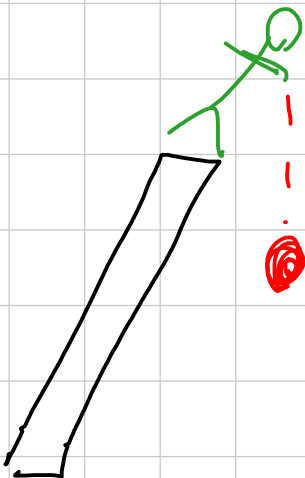
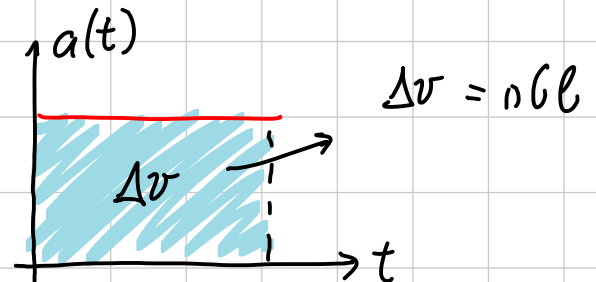
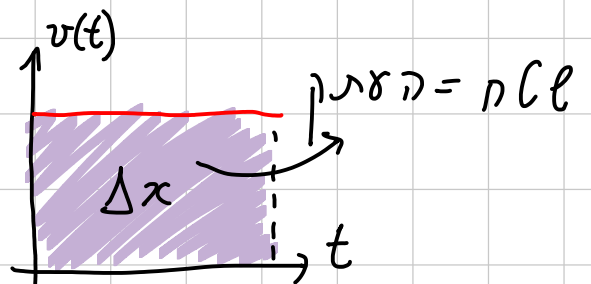
$$v(t) = v_0 + at \quad (2)$$

Two New Sciences, 1638



$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (3)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a \Delta x \quad (4)$$

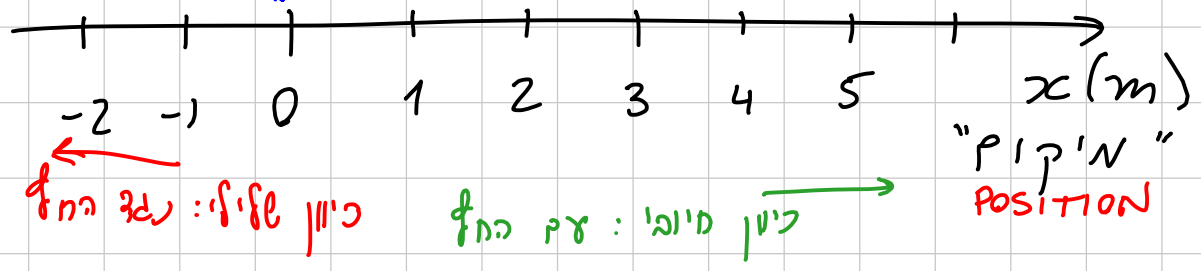


מערכת צירים

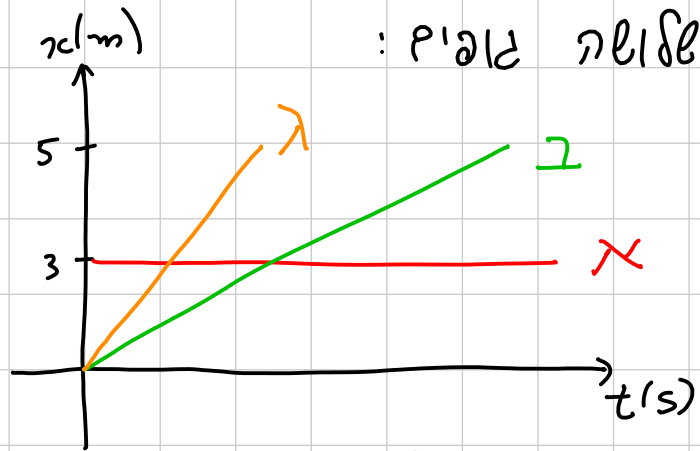
מיקום : איפה האובייקט נמצא?
POSITION



כאשר הציר

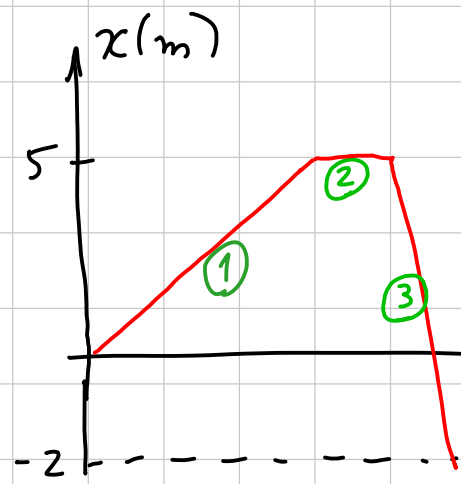


נבחן את המנועה של שלושה גופים : שינוי המיקום



כמה שהמירות גבוהה יותר, כך השינוי של הקו יהיה חזק יותר.

שינוי ~ מהירות



תרגיל : עם-סמך
התנועה שהמרה עושה עם העוק, לציון את הכתף הזה:

DISPLACEMENT

היציאת ק

final
initial

הגדרה: היציאת ק היא היציאת x בין שני מצבים

$$\Delta x = x_f - x_i$$

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

$$\Delta x = 5 - 0 = 5m$$

$$\Delta x = 5 - 5 = 0m$$

$$\Delta x = -2 - 5 = -7m$$

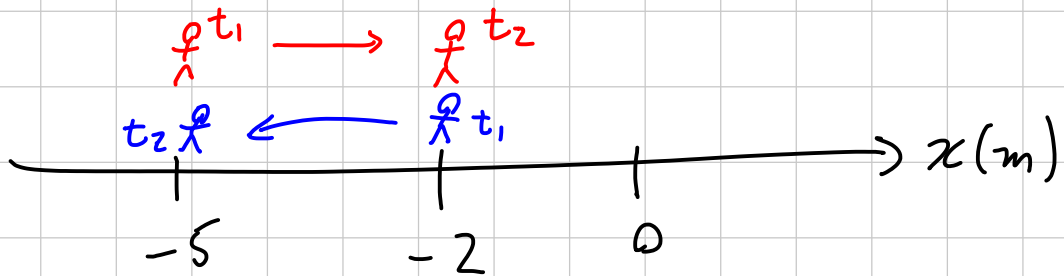
① קטע

②

③

תרגיל

האם ייתכן שהעתק של גוף הנע ממיקום שלילי למיקום שלילי אחר יהיה חיובי?



$$\Delta x = x_2 - x_1 = -2 - (-5) = -2 + 5 = 3m \checkmark$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = -5 - (-2) = -5 + 2 = -3m$$

$|\Delta x|$

אורך ההעתק

$$|\Delta x| = |+3| = 3m$$

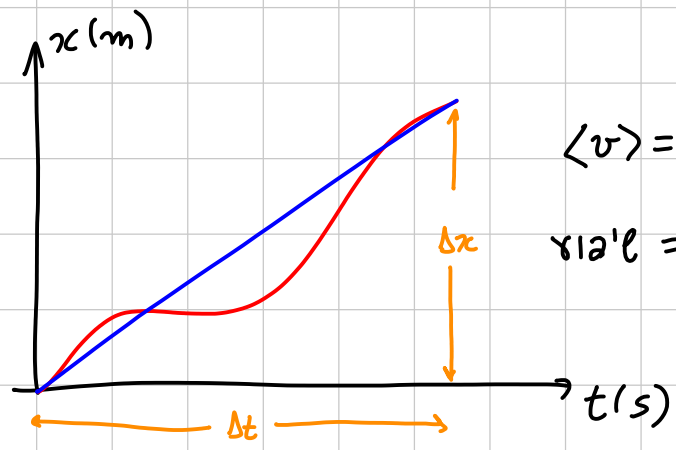
$$|\Delta x| = |-3| = 3m$$

ערך מוחלט

מהירות ממוצעת

אם הגדרה

$$\langle v \rangle \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \text{ליבוז}$$



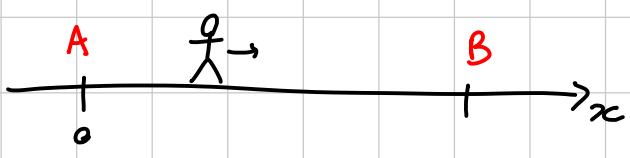
$$\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

ליבוז = $\frac{\Delta y}{\Delta x}$

$$[v] = \frac{[\Delta x]}{[\Delta t]} = \frac{L}{T} \left(\frac{m}{s} \right)$$

מטייל הלך בקו ישר במשך 40 דקות במהירות ממוצעת של 1.25 m/s
 א. איזה מרחק הוא עבר בזמן הזה?
 ב. נניח שאותו מטייל הלך במהירות קבועה. שרטטו שני גרפים:
 מיקום כתלות בזמן ומהירות כתלות בזמן.

תרגיל



$$\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\langle v \rangle = 1.25 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 40 \text{ min} \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) = 2400 \text{ s}$$

$$\Delta x = ?$$

$$\Delta x = \langle v \rangle \cdot \Delta t = 1.25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2400 \text{ s} = 3000 \text{ m} = 3 \text{ km}$$

X

ב

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

$$\Delta x = v \Delta t$$

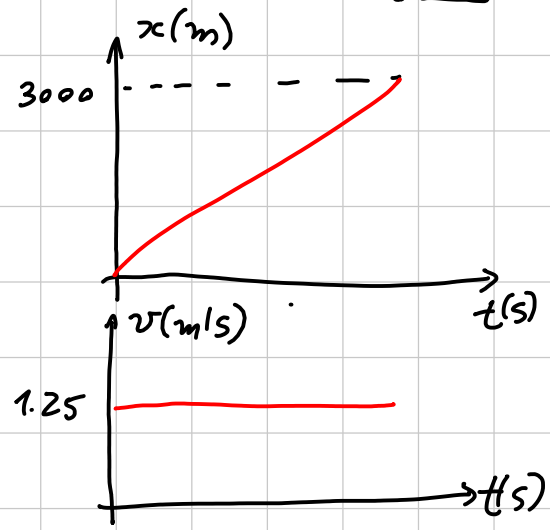
$$x_f - x_i = v(t_f - t_i)$$

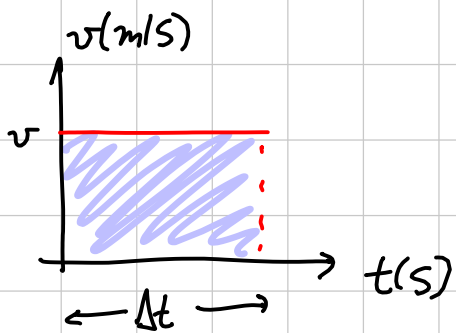
הנחות

$t_i = 0$
 $t_f = t$
 $x_i = x_0$
 $x_f = x$ פשוט

$$x_f = x_i + v t$$

$$x(t) = x_0 + v t$$





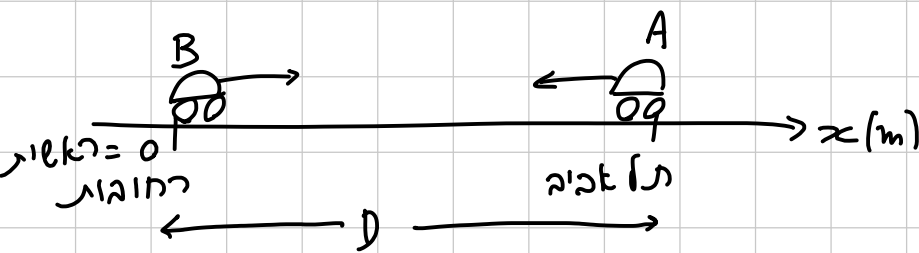
השטח של המלבן :

הזיגן $\Delta x = v \Delta t$

שטח מלבן
זעקומה $v(t)$

תרגיל

מכונית A יוצאת מתל אביב לכיוון רחובות במהירות קבועה 72 km/h , ומכונית B יוצאת מרחובות לכיוון תל אביב במהירות 90 km/h , בדיוק באותו הזמן. בהינתן שהמרחק בין שתי הערים הוא 30 km , מתי שתי המכוניות יעברו זו לצד זו?



$v_A = -72 \text{ km/h} \left(\frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) \left(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right) = -20 \text{ m/s}$
 $v_B = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$

$D = 30 \text{ km} = 3 \cdot 10^4 \text{ m}$

$T = ? = \text{הזמן} \text{ / } \text{NS}$

$x_{0A} = D = 3 \cdot 10^4 \text{ m}$

$x_{0B} = 0 \text{ m}$

$x_A(t) = x_{0A} + v_A \cdot t$

$x_B(t) = x_{0B} + v_B \cdot t$

$x_A(T) = x_B(T)$: עכ"ל

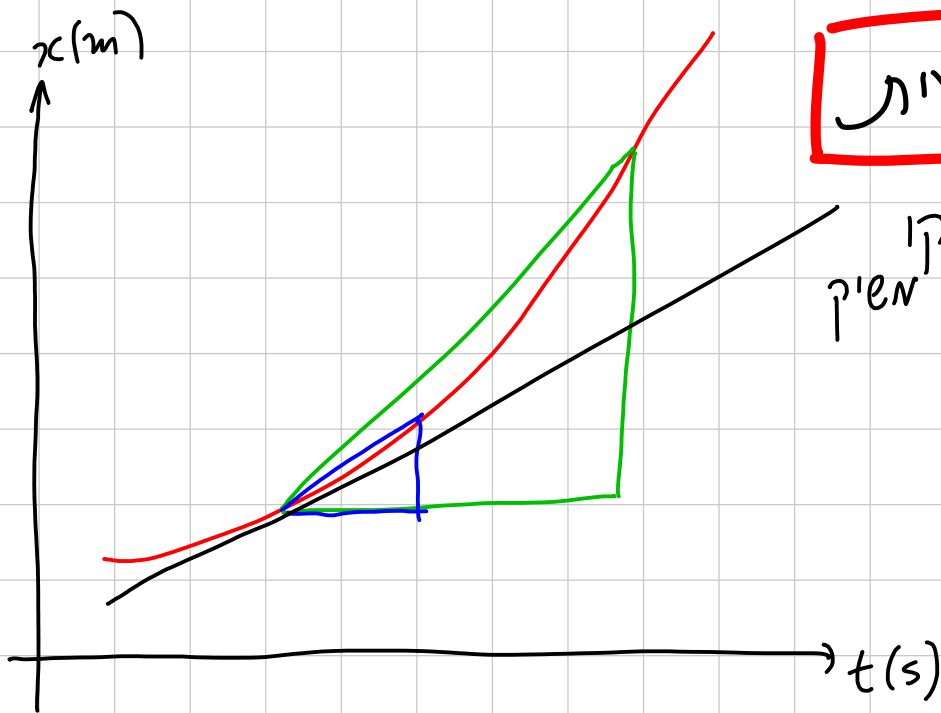
$x_{0A} + v_A T = x_{0B} + v_B T$

$v_B T - v_A T = x_{0A}$

$T(v_B - v_A) = x_{0A}$

$T = \frac{x_{0A}}{v_B - v_A}$

$T = \frac{3 \cdot 10^4}{25 - (-20)} = \frac{3 \cdot 10^4}{45} = 666.6 \text{ s} \approx 11 \text{ min}$



מהירות רגעית

INSTANT VELOCITY

קו ישר

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

קצב השינוי
המהירות

תאוצה ממוצעת

AVERAGE ACCELERATION

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad [a] = \frac{L/T}{T} = \frac{L}{T^2} \quad \left(\frac{m}{s^2} = \frac{m/s}{s} \right)$$

$a = \text{CONST}$ ככל

$$\Delta v = a \Delta t$$

$$v_f - v_i = a \Delta t$$

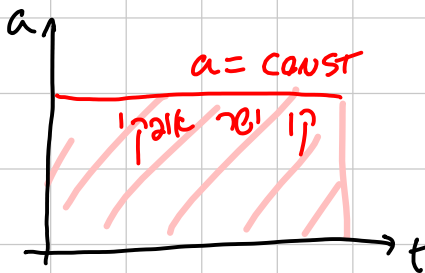
$$v_f = v_i + a(t_f - t_i)$$

$$v(t) = v_0 + at$$

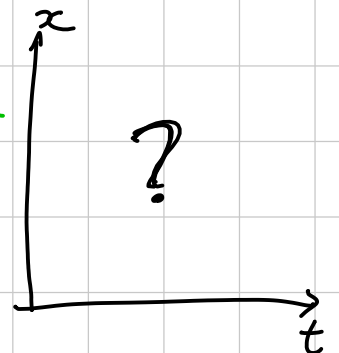
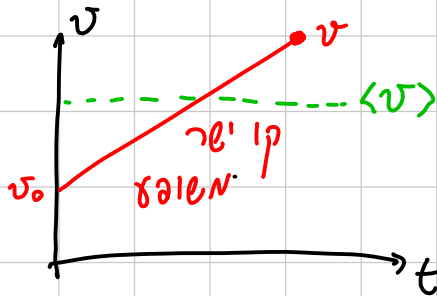
הנחות: $v_i = v_0$

$t_i = 0$

$t_f = t$



$$\Delta v = a \Delta t$$



השינוי ב- v הוא השטח
מתחת לכתב a כנגד t

$$(1) \quad v(t) = v_0 + at$$

$$(2) \quad \langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{x - x_0}{t - 0} \rightarrow x - x_0 = t \langle v \rangle$$

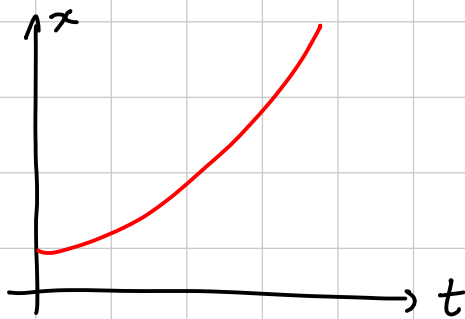
$$(3) \quad \langle v \rangle = \frac{v_0 + v}{2}$$

$$x - x_0 = t \langle v \rangle = t \left(\frac{v_0 + v}{2} \right) = t \left(\frac{v_0 + v_0 + at}{2} \right) = t \left(\frac{2v_0 + at}{2} \right) = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

: 2 גורם והכלול
! גורם



: גורם והכלול 3 פונקציות

$$(1) \quad x(t) = x_0 + vt \quad : \quad a = 0$$

$$(2) \quad x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad : \quad a = \text{CONST}$$

$$(3) \quad v(t) = v_0 + at$$

סיכום פיזיק

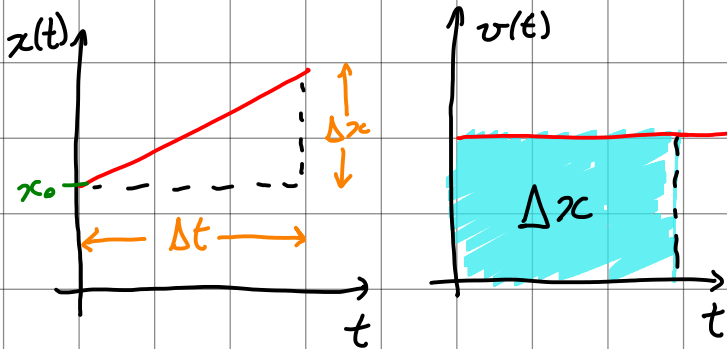
העזקן = DISPLACEMENT : $\Delta x = x_2 - x_1$

מהירות ממוצעת

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

כאשר המהירות קבועה:

$$x(t) = x_0 + vt$$



• מהירות היא קצה השי"י במסלול של המיקרו

• השלש מנת עסקומה $a(t)$ היא ההעזק Δx

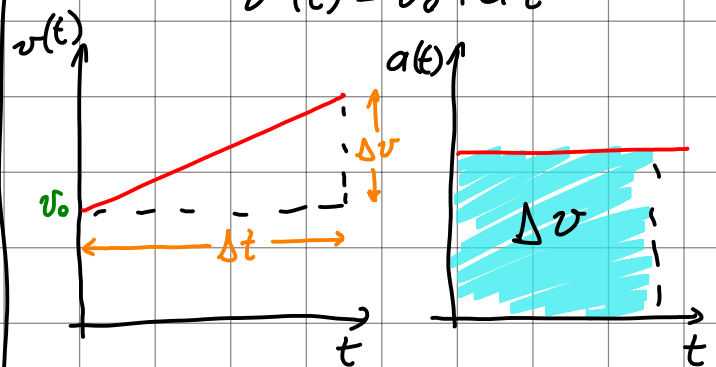
• המהירות היא השיפוע של היכר $v(t)$ שיפוע $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

תאוצה ממוצעת

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

כאשר התאוצה קבועה:

$$v(t) = v_0 + at$$



• התאוצה היא קצה השי"י במסלול של המהירות

• השלש מנת עסקומה $a(t)$ הוא השי"י במהירות v

• התאוצה היא השיפוע של היכר $v(t)$ שיפוע $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

בנוסף, ראינו כי עבור תאוצה קבועה: $x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$



ניתן להקבל עוד את $a = \text{const}$:

$$(2) \quad x - x_0 = \Delta x = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$(3) \quad v - v_0 = a t \rightarrow t = \frac{v - v_0}{a}$$

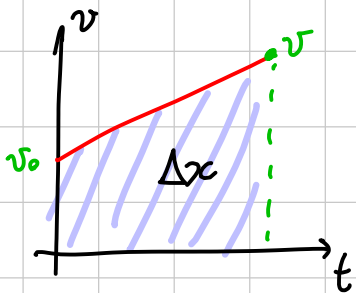
$$\Delta x = v_0 \frac{(v - v_0)}{a} + \frac{a}{2} \frac{(v - v_0)^2}{a^2} \quad : (2) \text{ ו} (3) \text{ נ}^{\prime} \text{ב}$$

$$\Delta x = \frac{v_0 v - v_0^2}{a} + \frac{v^2 - 2v v_0 + v_0^2}{2a} = \frac{v^2}{2a} - \frac{2v_0^2}{2a} + \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

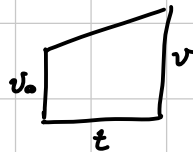
$$v^2 - v_0^2 = 2a \Delta x$$

$$(4) \quad \boxed{v^2 = v_0^2 + 2a \Delta x}$$

ניתן גם לקבל את $a = \text{const}$ והתאוצה $a(t)$:



$$\Delta x = \text{השטח} = t \frac{(v_0 + v)}{2}$$



$$x - x_0 = \Delta x = \frac{(v_0 + v)t}{2} = \frac{(v_0 + v_0 + at)t}{2} = \frac{2v_0 t + at^2}{2} = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$\boxed{x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}}$$

סיכום פיזיק 2

(1) $x(t) = x_0 + vt$: מהירות קבועה

(2) $v(t) = v_0 + at$: תאוצה קבועה

(3) $x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$

(4) $v^2 = v_0^2 + 2a \Delta x$

כאשר $a=0$, משוואה (3) נהייה משוואה (1) !!

משוואה (2) היא בשל $v(t) = v_0$, קבוע במשך הזמן!

תאוצה
מכובד $a = \text{CONST} = 9.8 \text{ m/s}^2$
כאילו מטה

תאוצה הנפילה חופשית

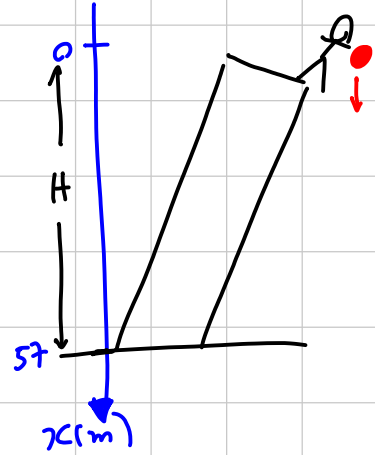
תרגיל

גלילאו משחרר כדור עופרת ממגדל פיזה (גובה 57 m).

א. כמה זמן ייקח לכדור להגיע לקרקע?

ב. מה תהייה מהירות הכדור בזמן הפגיעה?

ג. שרטטו שני גרפים: מיקום כתלות בזמן ומהירות כתלות בזמן.



$$a = \text{CONST} = g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$x_0 = 0 \text{ m}$$

$$v_0 = 0 \text{ m/s}$$

$$x_f = H = 57 \text{ m}$$

$$T = ? \quad \text{כמה שניות}$$

$$v_f = ?$$

$$x_f = x(T) = H$$

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$H = 0 + 0 + \frac{g}{2} T^2$$

$$T^2 = \frac{2 \cdot H}{g}$$

$$T = \sqrt{\frac{2H}{g}} \rightarrow T = \sqrt{\frac{2 \cdot 57}{9.8}} \approx 3.4 \text{ s}$$

א.

$$v_f^2 = v_0^2 + 2a \Delta x$$

$$v_f^2 = 0 + 2gH$$

$$v_f = \sqrt{2gH}$$

$$v_f = \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot 57} \approx 33.4 \text{ m/s}$$

בתרון 1

ב.

$$v(t) = v_0 + at$$

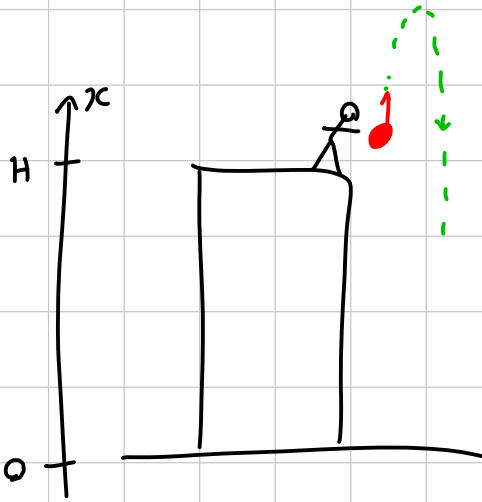
$$v_f = v(T) = 0 + g \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{2Hg}$$

בתרון 2

תרגיל

אדם זורק כדור אנכית כלפי מעלה במהירות של 15 m/s מגגו של בניין שגובהו 30 m .

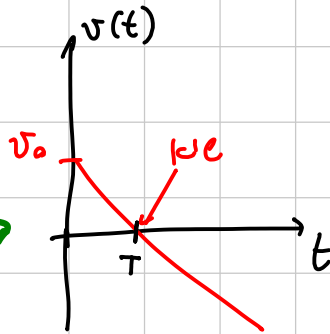
- א. מתי הכדור יגיע לגובה מירבי?
 ב. מה גובה השיא ביחס לקרקע?



$$a = -g = -9.8 \text{ m/s}^2$$

$$v_0 = 15 \text{ m/s}$$

$$x_0 = H = 30 \text{ m}$$



השיא האמסוד \boxed{x}
 הכדור ע"ש $v(T) = 0$

$$v(t) = v_0 + at$$

$$0 = v_0 - gT \rightarrow T = \frac{v_0}{g} \rightarrow T = \frac{15}{9.8} \approx 1.5 \text{ s}$$

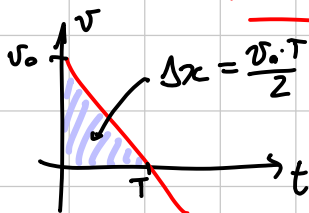
תאוצה שלילית
 ע"אויק כל הכדור!
 אין תאוצה!

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$x(T) = ?$$

$$x(T) = H + v_0 \frac{v_0}{g} - \frac{g v_0^2}{2g^2} = H + \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = H + \frac{2v_0^2 - v_0^2}{2g}$$

$$\boxed{x(T) = H + \frac{v_0^2}{2g}} \Rightarrow x(T) = 30 + \frac{15^2}{2 \cdot 9.8} \approx 41 \text{ m}$$



$$\Delta x = x_f - x_0 : \text{סוף} \text{ / } \text{תחיל}$$

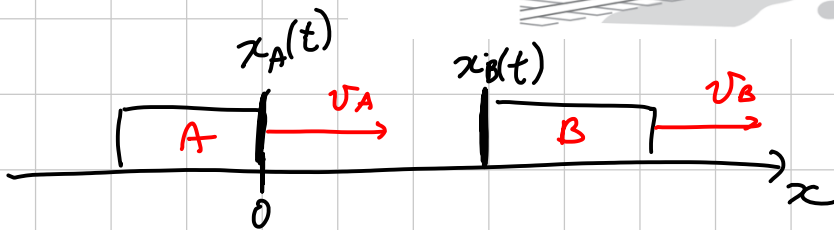
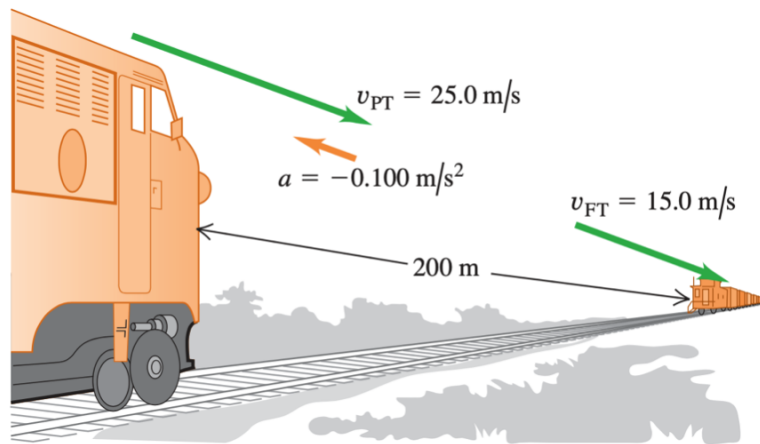
$$x_f = \Delta x + x_0 = \Delta x + H$$

$$\Delta x = \frac{v_0 T}{2} = \frac{v_0 v_0}{g \cdot 2} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\boxed{x_f = \frac{v_0^2}{2g} + H}$$

רכבת נוסעים נוסעת במהירות 25.0 m/s , כאשר הנהג מבחין ברכבת משא 200 מטר קדימה, באותה המסילה. רכבת המשא נוסעת במהירות 15.0 m/s באותו הכיוון של רכבת הנוסעים. נהג רכבת הנוסעים מפעיל את הבלמים באופן מיידי, וכך נוצרת תאוצה קבועה של 0.100 m/s^2 בכיוון המנוגד לכיוון תנועת הרכבת, בעוד רכבת המשא ממשיכה לנסוע במהירות קבועה. נגדיר כ- $x=0$ את המיקום של החלק הקדמי של רכבת הנוסעים כאשר הבלמים מופעלים.

א. האם תהיה התנגשות?
 ב. אם כן, איפה?
 ג. שרטטו בגרף אחד את מיקום החלק הקדמי של רכבת הנוסעים ושל החלק האחורי של רכבת המשא.



$x_{0A} = 0$	$x_{0B} = 200 \text{ m}$
$v_{0A} = 25 \text{ m/s}$	$v_{0B} = 15 \text{ m/s}$
$a_A = -0.1 \text{ m/s}^2$	$a_B = 0$

נקרא T את μs הפגישתה :
 $x_B(t) = x_{0B} + v_B t$

$$x_A(T) = x_B(T)$$

$$x_A(t) = x_{0A} + v_{0A}t + \frac{a_A t^2}{2}$$

$$x_{0A} + v_{0A}T + \frac{a_A T^2}{2} = x_{0B} + v_B T$$

$$-\frac{a_A T^2}{2} + (v_B - v_{0A})T + x_{0B} = 0$$

$$-\frac{0.1}{2} T^2 - 10T + 200 = 0$$

$$T = 10 \pm \sqrt{\frac{10^2 + 4 \cdot 0.1 \cdot 200}{-0.1}}$$

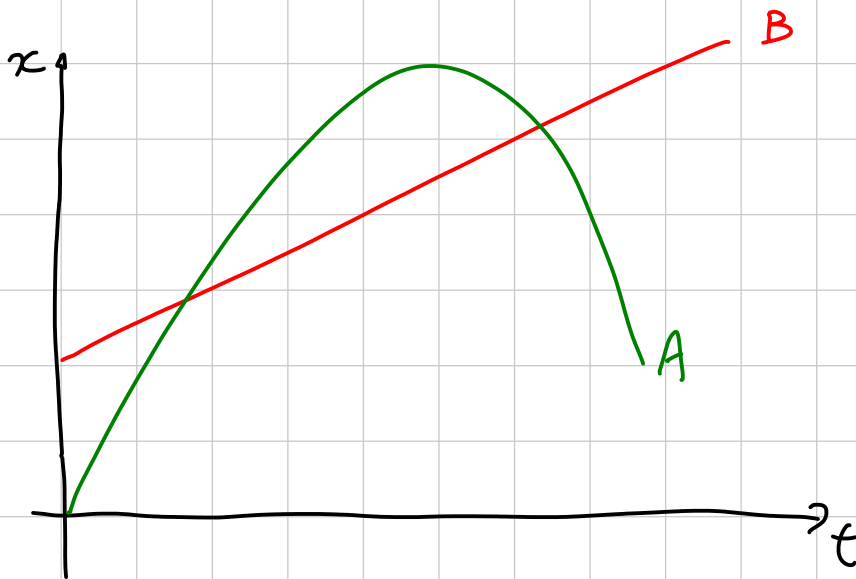
$\rightarrow 22.54 \text{ s}$
 $\rightarrow 177.46 \text{ s}$

$$x_B(t) = x_{0B} + v_B t$$

$$x_B(T) = x_{0B} + v_B T = 200 + 15 \cdot 22.54$$

$$x_B(T) = 538.1 \text{ m}$$

1

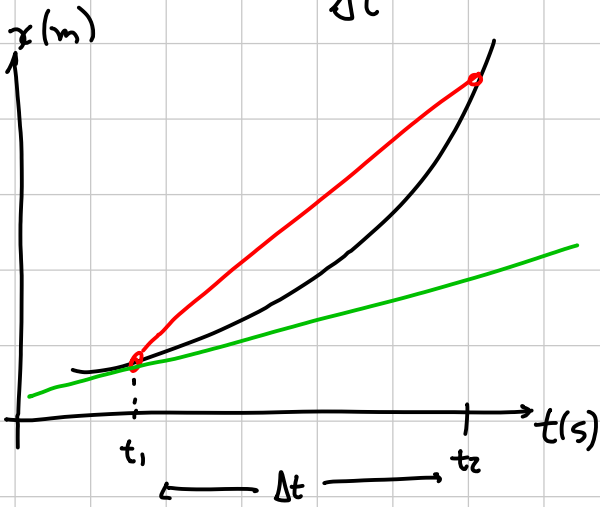


λ

SHOW WIDGETS!

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

מהירות (דלתא)



$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

הערכ של v כביטוי הוא
 הערך של השיבוש של הקו
 הנורמליק. קייב כלי מנימטי
 לעזור לנו למצוא את השיבוש
 הטה: הנגזרת

$$\frac{d}{dt} at^n = a \cdot n t^{n-1}$$

$$\frac{d}{dt} (3t^2) = 3 \cdot 2t^1 = 6t$$

לפואמה:

$$\frac{d}{dt} (-5t) = -5 \cdot 1t^0 = -5$$

$$\frac{d}{dt} (17) = \frac{d}{dt} (17 \cdot t^0) = 17 \cdot 0 \cdot t^{-1} = 0$$

ליבוש = קצב שינוי = נגזרת

$$v(t) = \frac{d}{dt} x(t)$$

← מהו קצב השינוי של המקום? מהירות:

לפואמה: עבור תאוצה קבועה קיבלנו

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{a t^2}{2} \quad \text{כי}$$

$$v(t) = \frac{d}{dt} \left[x_0 + v_0 t + \frac{a t^2}{2} \right] = \frac{d}{dt} (x_0) + \frac{d}{dt} (v_0 t) + \frac{d}{dt} \left(\frac{a t^2}{2} \right)$$

$$v(t) = 0 + v_0 + a \cdot 2t^1 \rightarrow v(t) = v_0 + at$$

נהו נפיוק הביטוי עבור מהירות המקרה של תאוצה קבועה!

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

תאוצה קבועה

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} v(t)$$

$$v(t) = v_0 + at$$

רציף כי עובר תאוצה קבועה

↓

$$a(t) = \frac{d}{dt} v(t) = \frac{d}{dt} (v_0 + at) = \frac{d}{dt} (v_0) + \frac{d}{dt} (at) = a \quad \underline{\underline{\text{קבוע}}}$$

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$a = \text{CONST}$

קבועה
 $a=0$

↓ $\frac{d}{dt}$

$$v(t) = v_0 + at$$

↓ $\frac{d}{dt}$

$$a(t) = a \quad \text{CONST}$$

↓

$$x(t) = x_0 + v_0 t$$

WWW. PHYSICS CLASSROOM.COM

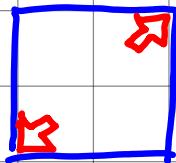
- PHYSICS INTERACTIVES

- 1-DIMENSIONAL KINEMATICS

- MATCH THAT GRAPH

- GRAPH THAT MOTION

CLICK ON:



ממנוע של מכונית ישנה נופלות טיפות שמן על הכביש.

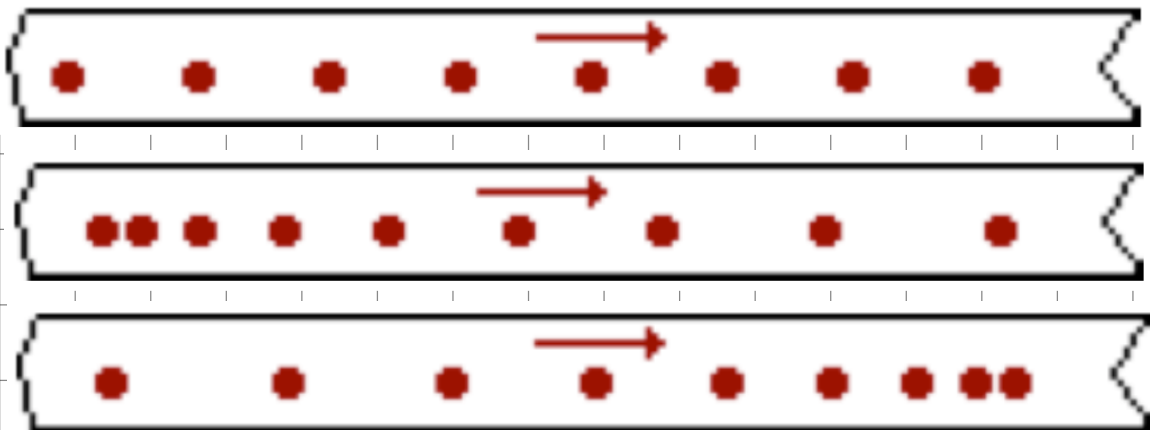
הזמן שעובר בין שני טפטופים הוא קבוע.

תבנית טיפות השמן על הכביש מעידה על:

א. מהירות קבועה

ב. תנועה מואצת

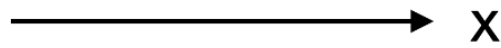
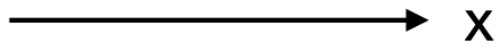
ג. אין מספיק מידע



גוף נע משמאל לימין. תנועתו מוצגת ע"י תבנית השמן.

לגוף יש מהירות ----- ותאוצה -----.

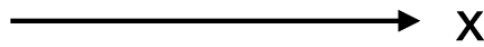
- א. חיובית, חיובית
- ב. חיובית, שלילית
- ג. שלילית, חיובית
- ד. שלילית, שלילית
- ה. חיובית, אפס
- ו. שלילית, אפס

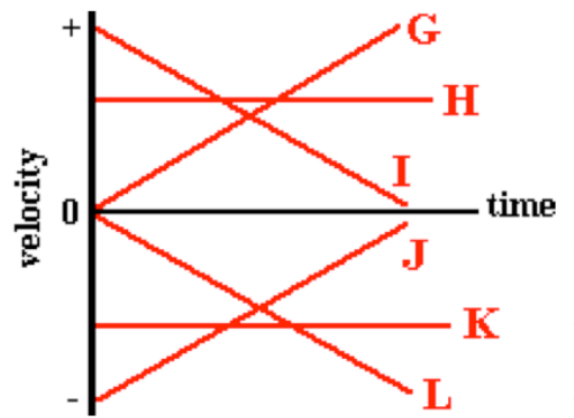
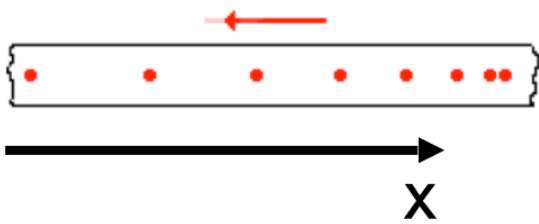
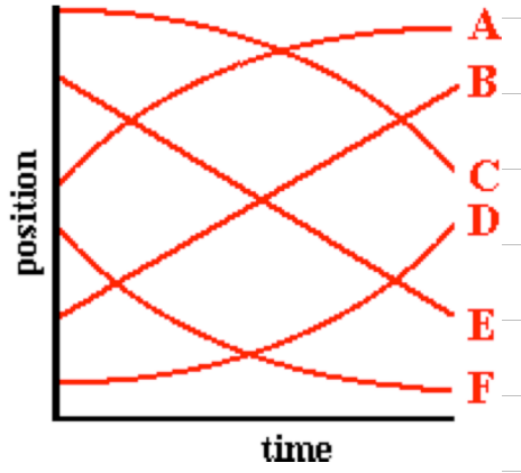
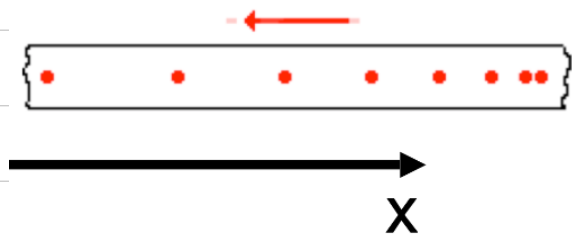
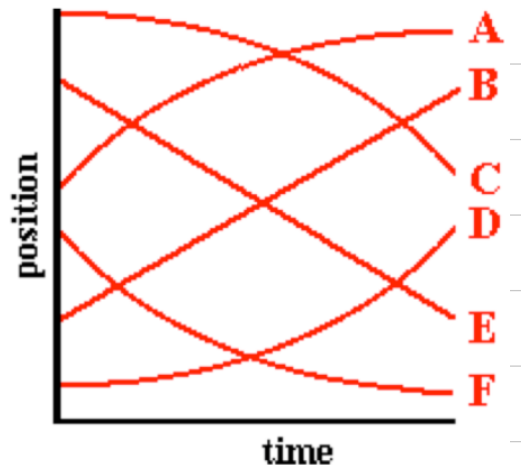
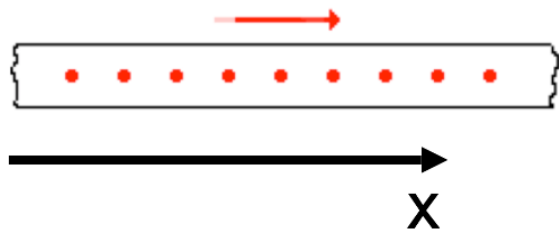


גוף נע מימין לשמאל. תנועתו מוצגת ע"י תבנית השמן.

לגוף יש מהירות ----- ותאוצה -----.

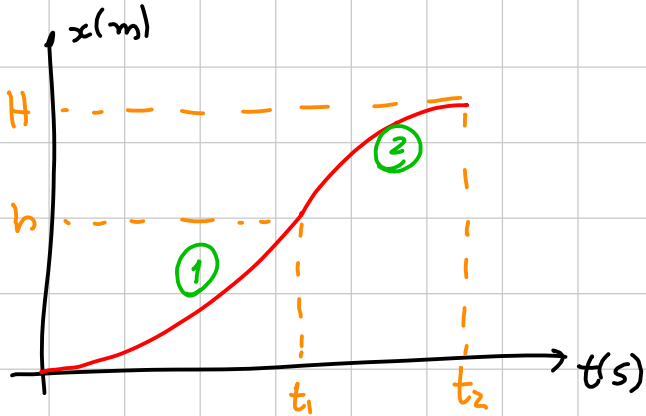
- א. חיובית, חיובית
- ב. חיובית, שלילית
- ג. שלילית, חיובית
- ד. שלילית, שלילית
- ה. חיובית, אפס
- ו. שלילית, אפס





תרגיל:

אדם נופל ממזבוק כאשר הוא אוחז בחבל אלסטי, והוא מניע לקרקע השלום ובמהירות אפס. המרחק ההל נותן את המיקום שלו כפונקציה בזמן, כאשר ציר ה-x כונה כלפי מטה וראשית הציר (מבטו בהל הצוק).



$$x_1(t) = 4.9t^2 \quad 0 < t < t_1$$

$$0 < t < t_1$$

$$x_2(t) = -110.25 + 73.5t - 7.35t^2 \quad t_1 < t < t_2$$

$$t_1 < t < t_2$$

- א. מה המרחק של t_1 ושל h ?
- ב. מה המרחק של t_2 ושל H ?
- ג. שרטטו גרפים עבור המהירות כפונקציה בזמן ועבור האוצה כפונקציה בזמן.
- ד. מה הייתה המהירות המינימלית?

$$x_1(t_1) = x_2(t_1) = h$$

$$4.9t_1^2 = -110.25 + 73.5t_1 - 7.35t_1^2$$

$$-12.25t_1^2 + 73.5t_1 - 110.25 = 0$$

$$\rightarrow \boxed{t_1 = 3s}$$

$$x_1(t_1) = h$$

$$4.9t_1^2 = h$$

$$\rightarrow \boxed{h = 4.9 \cdot 3^2 = 44.1m}$$

$$x_2(t_2) = H$$

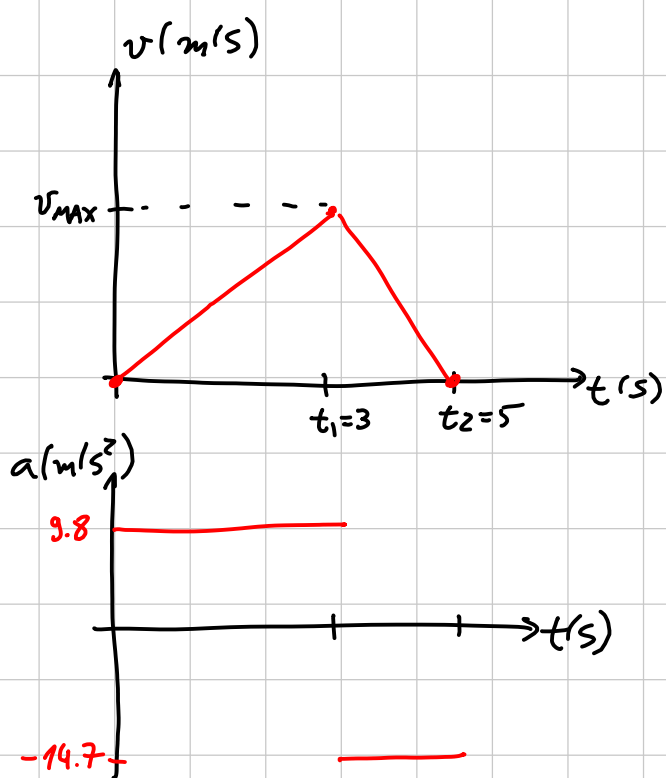
$$-110.25 + 73.5t_2 - 7.35t_2^2 = H$$

$$v_2(t) = \frac{d}{dt} x_2(t) = \frac{d}{dt} [-110.25 + 73.5t - 7.35t^2] = 73.5 - 14.7t$$

$$v_2(t_2) = 0$$

$$73.5 - 14.7 \cdot t_2 = 0 \rightarrow t_2 = \frac{73.5}{14.7} \rightarrow \boxed{t_2 = 5s}$$

$$H = -110.25 + 73.5 \cdot 5 - 7.35 \cdot 5^2 \rightarrow \boxed{H = 73.5m}$$



$$x_1(t) = 4.9t^2$$

(7)

$$v_1(t) = \frac{d}{dt} x_1(t) = \frac{d}{dt} (4.9t^2) = 9.8t \quad \text{red '17'}$$

$$x_2(t) = -110.25 + 73.5t - 7.35t^2$$

$$v_2(t) = \frac{d}{dt} x_2(t) = \frac{d}{dt} (-110.25 + 73.5t - 7.35t^2)$$

$$v_2(t) = 73.5 - 14.7t \quad \text{red '17'}$$

$$v_2(3) = 73.5 - 14.7 \cdot 3 = 29.4 \text{ m/s}$$

$$v_2(5) = 73.5 - 14.7 \cdot 5 = 0 \text{ m/s}$$

$$a_1(t) = \frac{d}{dt} v_1(t) = \frac{d}{dt} (9.8t) = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$a_2(t) = \frac{d}{dt} v_2(t) = \frac{d}{dt} (73.5 - 14.7t) = -14.7 \text{ m/s}^2$$

$$v_1(t_1) = v_2(t_1) = 29.4 \text{ m/s}$$

(T)