

## תרגול 2: תנועה במימד אחד

$$\Delta x = x_2 - x_1 \text{ [m]} \quad \text{העתק:}$$

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad \text{מהירות ממוצעת:}$$

$x_1$  - מיקום בזמן  $t_1$ ,  $x_2$  - מיקום בזמן  $t_2$ .

מהירות רגעית (או פשוט מהירות):

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

נגזרת של  $x$  לפי  $t$ .  $x = x(t) \rightarrow v = v(t)$ .

תאוצה:

$$a = \frac{dv}{dt} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right], \quad a = \frac{d}{dt} \left( \frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2x}{dt^2}$$

תנועה בתאוצה קבועה:  $a = \text{const}$

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

$v_0$  - מהירות בזמן  $t = 0$ .

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$x_0$  - מיקום בזמן  $t = 0$ .

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

## שאלה 1 <1 1103>

נתון חוט באורך  $l$  ומסה  $m$  ותאוצת הכובד  $g$ .

המימדים הנתונים

$$[l] = L, [m] = M, [g] = \frac{L}{T^2}$$

זמן המחזור  $\tau$  יהיה מכפה של הגדלים הנתונים בחזקות שונות.

$$\tau \propto l^a m^b g^c$$

נוכל לקבוע את החזקות הללו על סמך היחידות.

$$L^a M^b \left(\frac{L}{T^2}\right)^c = T^1$$

כלומר

$$L^{a+c} M^b T^{-2c} = L^0 M^0 T^1$$

קיבלנו 3 משוואות בשלושה נעלמים:

$$a + c = 0$$

$$b = 0$$

$$-2c = 1$$

$$a = \frac{1}{2}, b = 0, c = -\frac{1}{2}$$
 נפתור את המשוואות כדי לקבל  $a = \frac{1}{2}, b = 0, c = -\frac{1}{2}$

כלומר שזמן המחזור תלוי בנתונים בצורה הבאה

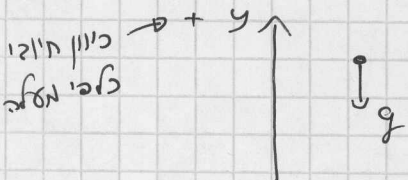
$$\tau \propto l^{\frac{1}{2}} m^0 g^{-\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{l}{g}}$$

ואינו תלוי במסה.

$v_0 = 30 \frac{m}{s}$

(10)

\* דקרה בני כדור האוויר, אצופים תהיה תאוצה קטנה  $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$  שקטו תהיה לפי טה (לפי יחס כדור האוויר) תאוצה 15 נקחה "תאוצה הנפילה החובלת".



אצתים, טהם בטל החישוב אבד לקחה

$g \approx 10 \frac{m}{s^2}$

$y(t) = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$

$y_0 = 0$  אבד לקחה

$y(t=2s) = 30 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2 = 60 - 20 = 40m$

$v(t) = v_0 - g t$

(?)

$v(t=3s) = 30 - 10 \cdot 3 = 0 \frac{m}{s}$

כאור (3s) רצה

$t = 3s$  (2) (4,80)

$y(t=3s) = 30 \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 3^2 = 90 - 45 = 45m$  (2)

$y = 0 = 45 + 0 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$  (ק) "דעה חנה"

$5t^2 = 45$

$t^2 = 9 \rightarrow t = \pm 3s \rightarrow t = 3s$

$t = -3s$  הוא תוצאה לא פיזיקלית (רצה) האינוס הנמן שקיצוץ.)

$v = 0 - g t = -10 \cdot 3 = -30 \frac{m}{s}$

כאור, כלפי טה.

$y = -10 = 45 + 0 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$  (1)

$5t^2 = 55$

$t^2 = 11 \rightarrow t = \pm \sqrt{11}s \approx \pm 3.32s \rightarrow t = 3.32s$

הנמן לקחה אצתה הוא  $t = 3s$  (4,80), והנמן אצתה  $y = -10m$

הוא  $t = 3.32s$ , כאור קוק הכול:  $T = 6.32s$

## גרף של רץ באימון

א. מהירות היא נגזרת של המיקום. לכן, המרחק הוא האינטגרל על המהירות:

$$x = \int v dt$$

אינטגרל שווה לשטח שמתחת לגרף, ולכן נוכל למצוא את המרחק שעבר הרץ בעזרת חישוב השטח הגיאומטרי-טרי מתחת לגרף. יש לנו משולש, טרפז ושני מרובעים. השטח הוא:

$$x = \frac{1}{2} 2s \cdot 8 \frac{m}{s} + 8s \cdot 8 \frac{m}{s} + 2s \cdot \frac{8 + 4 \frac{m}{s}}{2} + 4s \cdot 4 \frac{m}{s} = 100m$$

ב. יש ארבעה חלקים, כאשר בכל אחד מהם המהירות בקו ישר, ולכן הנגזרת קבועה. בחלק הראשון התאוצה חיובית, בשלישי שלילית, ובשני וברביעי התאוצה 0. התאוצות הן לפי השיפוע:

$$a(t) = \begin{cases} \frac{8 \frac{m}{s} - 0}{2s - 0} = 4 \frac{m}{s^2} & 0 \leq t < 2 \\ 0 & 2 \leq t < 10 \\ \frac{4 \frac{m}{s} - 8 \frac{m}{s}}{12s - 10s} = -2 \frac{m}{s^2} & 10 \leq t < 12 \\ 0 & 12 \leq t < 16 \end{cases}$$

עכשיו יש למצוא את נוסחת המיקום לכל קטע. הקטע הראשון מתחיל במהירות אפס, ומיקום אפס, ולכן פונקציית המיקום היא פשוט:

$$x(t) = \frac{4 \frac{m}{s^2} t^2}{2} \quad 0 \leq t < 2$$

בחלק השני, יש תנועה במהירות קבועה, שידועה מהגרף ולכן:

$$x(t) = c_1 + \left(8 \frac{m}{s}\right) t \quad 2 \leq t < 10$$

את הקבוע נמצא על ידי הצבת הקצה  $t = 2s$ , בשתי המשוואות, לפני הנקודה ואחריה:

$$\begin{aligned} \frac{4 \frac{m}{s^2} (2s)^2}{2} &= c_1 + \left(8 \frac{m}{s}\right) (2s) \\ c_1 &= 8m - 16m = -8m \end{aligned}$$

$$x(t) = 8 \frac{m}{s} t - 8m \quad 2 \leq t < 10$$

בחלק השלישי, התנועה בתאוצה קבועה, ויש שני קבועים:

$$x(t) = c_2 + c_3 t - \frac{2 \frac{m}{s^2}}{2} t^2 \quad 10 \leq t < 12$$

נמצא אותם על ידי שתי השוואות, של המיקום ושל המהירות (נגזרת המיקום), בנקודה  $t = 10s$ .

$$\begin{aligned} c_3 - 2 \frac{m}{s^2} (10s) &= 8 \frac{m}{s} \\ c_3 &= 28 \frac{m}{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_2 + 28 \frac{m}{s} (10s) - \frac{2 \frac{m}{s^2}}{2} (10s)^2 &= 8 \frac{m}{s} (10s) - 8m \\ c_2 &= -108m \end{aligned}$$

$$x(t) = -1\frac{m}{s^2}t^2 + 28\frac{m}{s}t - 108m \quad 10 \leq t < 12$$

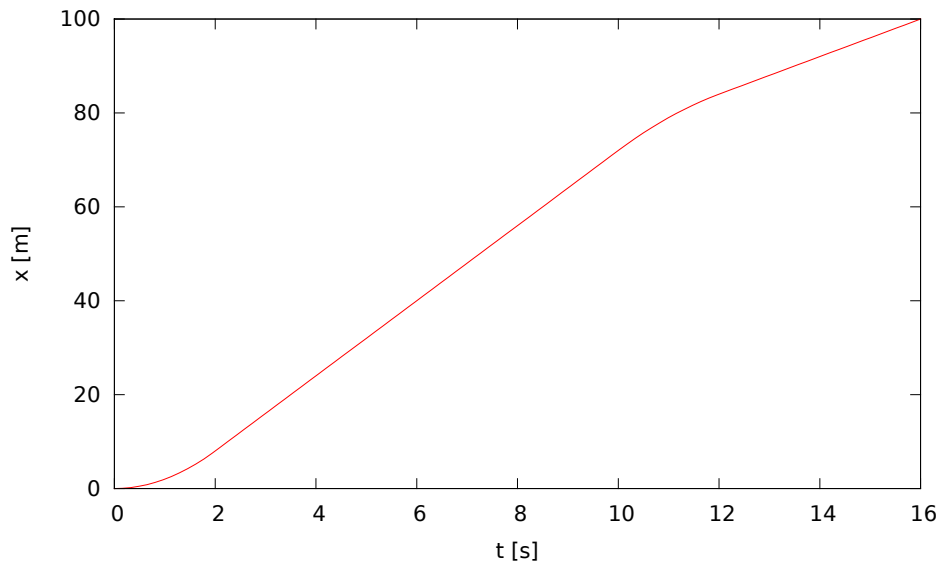
בחלק הרביעי ואחרון (סוף סוף), שוב המהירות קבועה וידועה מהגרף, ויש קבוע אחד. אני סומך עליכם שתדעו איך מוצאים אותו.

$$x(t) = 4\frac{m}{s}t + 36m \quad 12 \leq t < 16$$

לסיכום:

$$x(t) = \begin{cases} x(t) = \frac{4\frac{m}{s^2}t^2}{2} & 0 \leq t < 2 \\ x(t) = 8\frac{m}{s}t - 8m & 2 \leq t < 10 \\ x(t) = -1\frac{m}{s^2}t^2 + 28\frac{m}{s}t - 108m & 10 \leq t < 12 \\ x(t) = 4\frac{m}{s}t + 36m & 12 \leq t < 16 \end{cases}$$

והגרף:



ג. הדרך הפשוטה למהירות ממוצעת היא המרחק הכולל חלקי הזמן. את המרחק בזמן  $t = 10s$ , נוכל למצוא מהצבה במשוואות שמצאנו:

$$x(t = 10s) = 8\frac{m}{s}(10s) - 8m = 72m$$

ולכן המהירות הממוצעת:

$$\bar{v} = \frac{x(t = 10s) - x(t = 0)}{10s} = 7.2\frac{m}{s}$$

ד. התאוצה:

