

תנועה בגודל קבוע

$$x(t), v(t) = \frac{dx(t)}{dt}, a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2x(t)}{dt^2}, \dots$$

מהירות תאוצה

$$v(t) = v_0$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = v_0 \Rightarrow x(t) = x_0 + v_0 t$$

$$x_0 = x(t=0).$$

$$\frac{dv}{dt} = a_0$$

תנועה במהירות קבועה

$$v(t) = v_0 + a_0 t, \quad v_0 = v(t=0).$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = v_0 + a_0 t \Rightarrow x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_0 t^2$$

$$v(t) = v_0 + a_0 t \rightarrow v^2(t) = v_0^2 + 2v_0 a_0 t + a_0^2 t^2$$

$$(x(t) - x_0) = (v_0 t + \frac{1}{2} a_0 t^2) = \frac{1}{2} (v^2(t) - v_0^2)$$

$$v^2(t) - v_0^2 = 2(x(t) - x_0)$$

סיכום כטבלה

(1) $v = v_0 + at$

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

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

זרעו
זבובים

→ (4) $x = x_0 + \frac{1}{2} (v_0 + v) t$

→ (5) $x = x_0 + v t - \frac{1}{2} at^2$

צילום למאזנה קבועה במימד 3 : אפילו מופיע קוב

אפני כזכ האור $g \approx \frac{1}{2} 9.8$ כפי מה

שזכ כזכס בוס כזכ כלפי לשל הבהלה
85 ק"מ

א. כמה זמן אוקה זכור איש אנקונה העבה בילת?
ב. מהו העבה המיכה וואו יגוע הכזר?

"85 ק"מ = $\frac{85 \times 1000}{3600} \approx \frac{23.6}{2}$

א. ב/קונה העבה בילת הבהלה למספר

(1) $0 = v_0 + at \Rightarrow t = \frac{1}{2} \frac{23.6}{9.8} = 2.4$

2. $y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

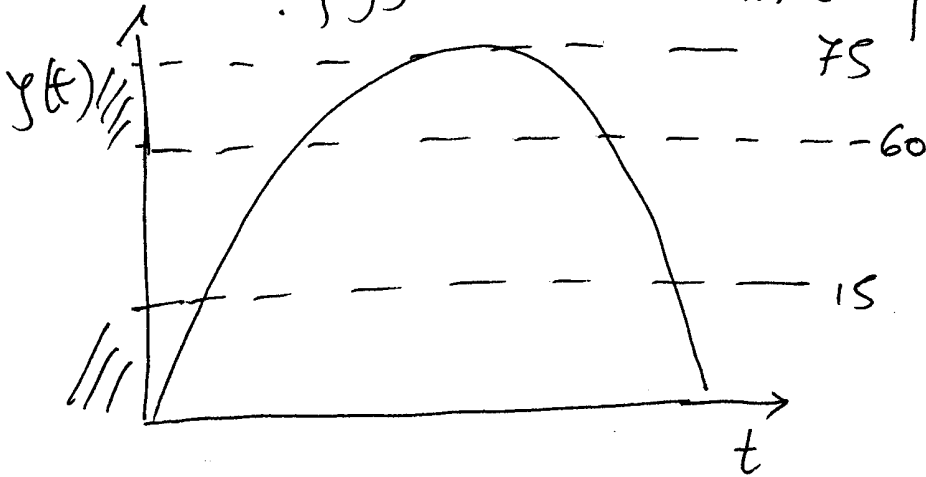
$= 0 + 23.6 \cdot 2.4 - \frac{1}{2} \cdot 9.8 \cdot (2.4)^2$

≈ 28.4

צאגה נאסער:

שחקן כדורסל קופע 75 ס"מ כלפי העלה
($40 + 1.90 = 30 = 75 + 2.30 = 30.5 \leftarrow$ הטובה)

א. כמה זמן ישנה ב 15 ס"מ העל-אזים?
ב. כמה זמן ישנה ב 15 ס"מ התחלתיים?



3 נאען

$$(3) v^2 = v_0^2 + 2g(y - y_0)$$

לגוף נעילת התחלתי

$v = 0$ באוקה לגוף

$$v_0^2 = \frac{2 \cdot 9.8 \cdot 0.75}{2 \cdot 0.75} \Rightarrow v_0 \approx \frac{3.83}{0.75}$$

לגוף נעילת התחלתי 15 ס"מ

$$y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 = 0.15$$

$$\frac{1}{2} g t^2 - v_0 t + 0.15 = 0$$

$$t_{1,2} = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2 \cdot 9.8 \cdot 0.15}}{9.8} = \frac{3.83 \pm \sqrt{3.83^2 - 0.3 \cdot 9.8}}{9.8}$$

$$t_{1,2} = 0.04$$

$$0.74$$

0.08 זמן עילת ב 15 ס"מ התחלתיים

5/

$$\frac{1}{2}gt^2 - v_0 t = 0$$

הגובה

$$t = \frac{2v_0}{g} = 0.78$$

בין הגובה ב 15 ס"מ

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$y_0 = 0, y_0 = 15, v_0 = 0$$

$$0.15 = \frac{1}{2}gt^2 \quad t_{1,2} = \sqrt{0.3/9.8} = \pm 0.17$$

בין הגובה $2 \times t = 0.35$

1/2 מהזמן ב 15 ס"מ (20%)

1/10 מהזמן ב 15 ס"מ (20%)

למה זה לא 100%?

כי המהירות שונה

בזמן שונה

6/

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

האינטגרל של $a(t)$ הוא $v(t)$
האינטגרל של $v(t)$ הוא $x(t)$

$$dv(t) = a(t) dt$$

$$\int_{v_0}^v dv = \int_{t_0}^t a(t) dt \Rightarrow v(t) - v_0 = \int_{t_0}^t a(t) dt$$

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \Rightarrow dx(t) = v(t) dt$$

$$\int_{x_0}^x dx = \int_{t_0}^t v(t) dt$$

אינטגרל

$$a(t) = At$$
$$v(t) - v_0 = \int_{t_0}^t A t dt = \frac{1}{2} A (t^2 - t_0^2)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{2} A (t^2 - t_0^2)$$

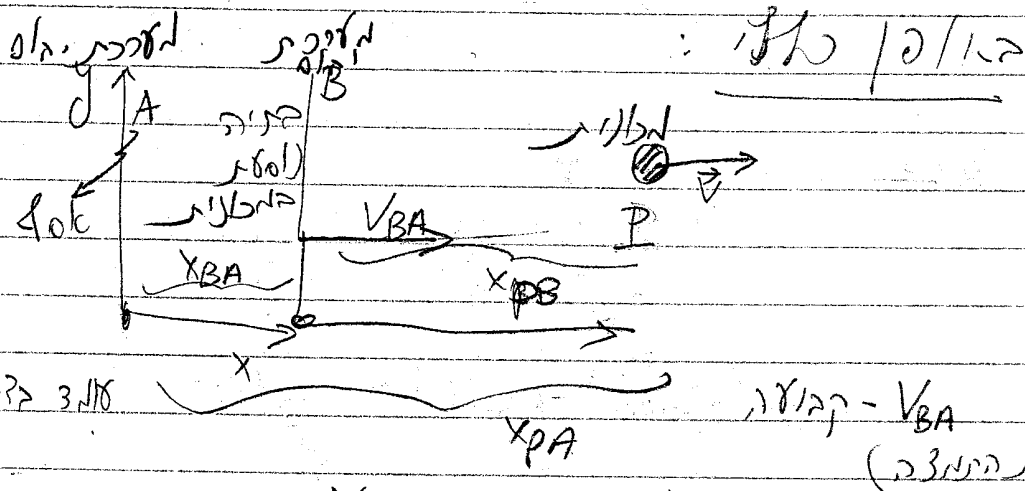
$$x(t) = x_0 - \frac{1}{2} A t_0^2 t + \frac{1}{6} A t^3$$

(3 ארבעות) תנועה

אנחנו נראה את התנועה של גוף אחד ביחס לגוף אחר

כעת נראה את התנועה של גוף B ביחס לגוף A

הוא זה שנקראת תנועה יחסית (relativ motion) ויש לה שתי סוגים



$$x_{PA} = x_{PB} + x_{BA}$$

$$\frac{d x_{PA}}{dt} = \frac{d x_{PB}}{dt} + \frac{d x_{BA}}{dt}$$

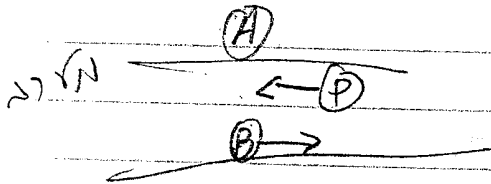
$$\vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA}$$

$$\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}$$

מס' 8

כוכב י. 33 מ/ש מהירות ייזר (הקופים)

78 ק"מ/ש אובייקט P
 52 ק"מ/ש אובייקט Q
 33 מ/ש אובייקט P
 33 מ/ש אובייקט Q



אילו מהירות תהיה אובייקט B?
 $\vec{V}_{PA} = \vec{V}_{PB} + \vec{V}_{BA}$

$$V_{PB} = \left(\overset{V_{PA}}{-78} \right) - \left(\overset{V_{BA}}{52} \right) = -130$$

מהירות אובייקט B היא 130 ק"מ/ש
 אובייקט B יזר?

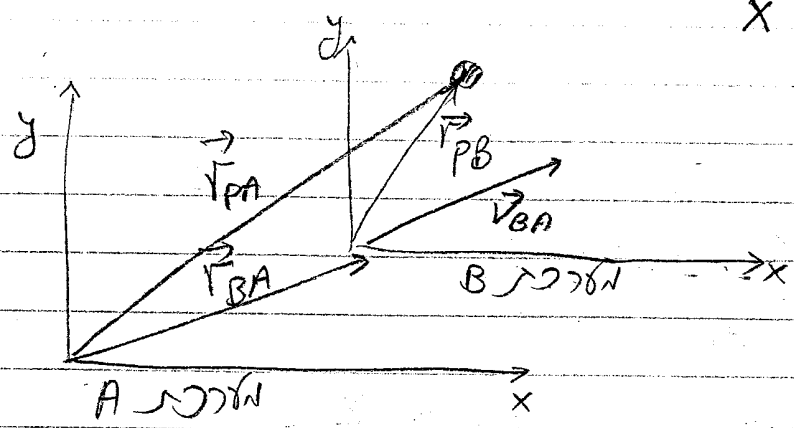
$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{0 - (-130)}{10} = 13 \text{ m/s}^2$$

מהירות אובייקט B היא 130 ק"מ/ש? האם זה נכון?

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{(-52) - (-130)}{10} = 7.8 \text{ m/s}^2$$

9/ אנליזה וקטורית של תנועה

וקטורים במקום X



v_{BA} קבוע

$$\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA}$$

$$\frac{d}{dt} \vec{r}_{PA} = \frac{d}{dt} \vec{r}_{PB} + \frac{d}{dt} \vec{r}_{BA}$$

$$\frac{d}{dt} \vec{a}_{PA} = \frac{d}{dt} \vec{a}_{PB}$$

כיוון קבוע

מסלול

המרחק בין הנקודה נכרת למסלול הנע במהירות קבועה
 לא בהירות קבועה (אם לא נעדרת)

0.33 מ/ש

אם נכח, מהירות הנקודה היא קבועה?
 כי אם הכי"ם הוא מסלול ישר, האם יתכן שהיא?

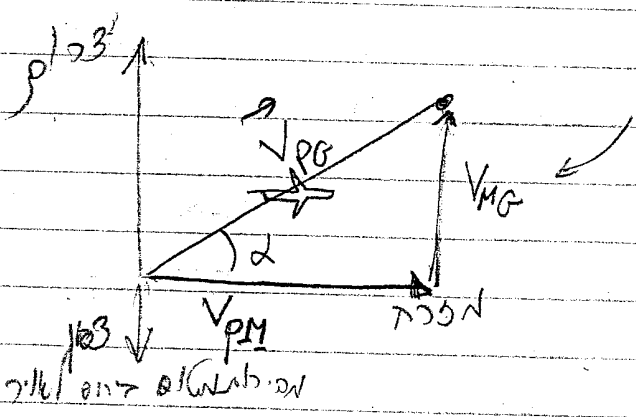
שני מעגלים -
 נקודת G
 אלייז (הוא) M
 נקודת P

$$\vec{v}_{PG} = \vec{v}_{PM} + \vec{v}_{MG}$$

60/

$$V_{PG} = \sqrt{V_{PM}^2 + V_{MG}^2} = \sqrt{(215)^2 + (65)^2} \stackrel{\text{emp}}{=} 225$$

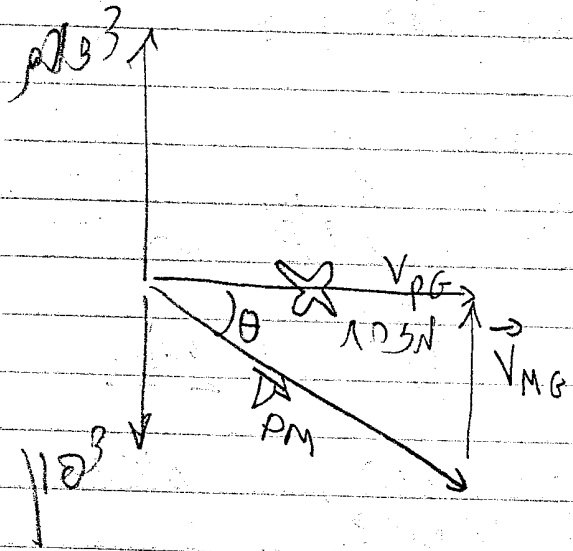
$$= \frac{225 \times 10}{36} = 625$$



113

$$\text{tg } \alpha = \frac{V_{MG}}{V_{PM}}$$

$$\alpha = \text{tg}^{-1} \left(\frac{65}{215} \right) = 16,8^\circ$$



113

$$V_{PM} \sin \theta = V_{MG}$$

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{65}{215} \right) = 17,6^\circ$$

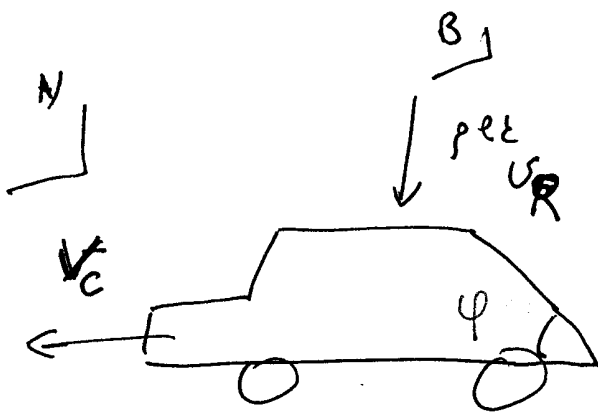
$$V_{PM}^2 = V_{PG}^2 + V_{MG}^2$$

$$V_{PG} = \sqrt{V_{PM}^2 - V_{MG}^2} = \sqrt{(215)^2 - (65)^2} \stackrel{\text{emp}}{=} 205 = 60$$

גורם יחסית בזמן הגדלים

ע"י בקשת הקנה

לפי



התבונן האמיתי לא

אם המכונות נוסעות במהירות אחת
(ב.ב.)

במצב זה המנוחה של המכונות

$$\vec{V}_{RA} = \vec{V}_{RB} + \vec{V}_{BA}$$

$$V_{BA} = -V_C$$

$$U_{RB} = \vec{U}_R$$

$$V_{RA} = \vec{U}_R - \vec{V}_C$$

$$\tan \theta = \frac{|U_R|}{|V_C|}$$

אם $\theta = 45^\circ$ $U_R = V_C$

מהי הארץ האופיינית של עסק ?

לפי המכונה אמרנו \Rightarrow המכונה האופיינית של עסק

אם $\theta < \phi \Rightarrow |V_C| > |U_R|$ התבונן אולי?

12)

הקשר בין המהירות

מה המהירות של המערכת ביחס ל- S ?

$C = \sqrt{299,792,458 \dots}$ המהירות של האור

$\frac{3}{4}C \approx \sqrt{300,000} \approx \sqrt{1,000,000,000}$
מה המהירות של המערכת ביחס ל- S ?

$\frac{3}{4}C \approx 1$ מהירות האור

$\frac{3}{4}C \approx 2$ מהירות האור

$$V_{12} = V_1 + V_2$$

$$V_{12} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{2 \cdot \frac{9}{16} C^2} > C \quad ?$$

מה המהירות של המערכת ביחס ל- S ?

(3 אור 3 מ"מ)

מהירות האור $V_{PA} = V_{PB} + V_{BA}$

$$V_{BA}, V_{PB} \leq C \Rightarrow$$

$$V_{PA} \leq C$$

מהירות האור $V_{PA} = \frac{V_{PB} + V_{BA}}{1 + \frac{V_{PB}V_{BA}}{C^2}}$

$$\frac{3/4C + 3/4C}{1 + \frac{3C \cdot 3C}{4 \cdot 4}} = \frac{3/2C}{1 + \frac{9C^2}{16}}$$

$$= \frac{3/2}{1 + \frac{9}{16}} = \frac{24}{25}C$$

$$= \frac{24}{25}C$$

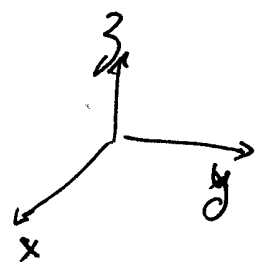
$$v_{PA} = v_{PB} = 10,000 = \frac{1}{30}C$$

$$V_{PA} = V_{PB} + V_{BA} = 20,000$$

$$V_{PA} = \frac{V_{PB} + V_{BA}}{1 + \frac{V_{PB}V_{BA}}{C^2}} \approx \frac{20,000}{1 + \frac{10,000 \cdot 10,000}{C^2}} \approx 19,978$$

גורמים של המרחב

$$\vec{r} = x \hat{i} + y \hat{j} + z \hat{k}$$



$$\vec{r}(t) = x(t) \hat{i} + y(t) \hat{j} + z(t) \hat{k}$$

$$\begin{aligned} \vec{v}(t) &= \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = \frac{dx(t)}{dt} \hat{i} + \frac{dy(t)}{dt} \hat{j} + \frac{dz(t)}{dt} \hat{k} \\ &= v_x(t) \hat{i} + v_y(t) \hat{j} + v_z(t) \hat{k} \end{aligned}$$

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = a_x(t) \hat{i} + a_y(t) \hat{j} + a_z(t) \hat{k}$$

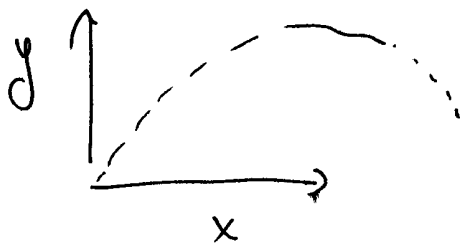
$$a_x(t) = \frac{dv_x(t)}{dt} = \frac{d^2x(t)}{dt^2}, \dots$$

* בסיס הקואורדינטות

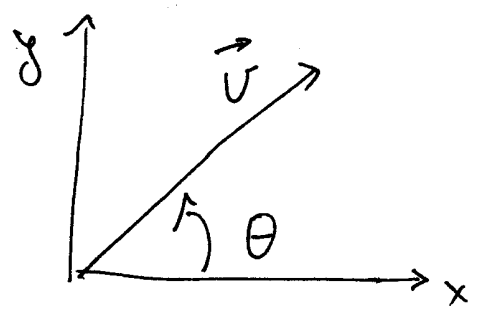
גורם קרטי (projectile)

על פי תנאי התנועה, המרחב והזמן (קלאסי)

התנועה - גורם קרטי



$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \quad \vec{v} = (v \cos \theta, v \sin \theta)$$



$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$

התנועה בכיוון קו y - הצורה/גובה
 להתייחס אליה ככיוון x - אופקי
 בכיוון x : תנועה ללא מאוצה.

$$X = X_0 + v_{x0} t = X_0 + v_0 \cos \theta_0 t$$

$$y = y_0 + v_{y0} t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$y = y_0 + v_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad : \text{כיוון } y \text{ מאוצה קבוע}$$

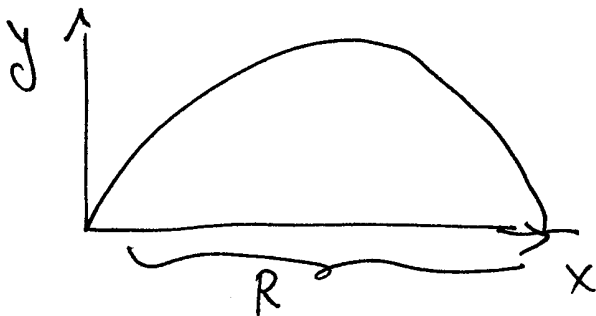
$$v_y^2 = v_0^2 \sin^2 \theta_0 - 2g(y - y_0)$$

$$t = \frac{(x - x_0)}{v_0 \cos \theta_0}$$

$$y - y_0 = v_0 \sin \theta_0 \cdot \frac{x - x_0}{v_0 \cos \theta_0} - \frac{1}{2} g \frac{(x - x_0)^2}{v_0^2 \cos^2 \theta_0}$$

$$y - y_0 = \tan \theta_0 (x - x_0) - \frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2 \cos^2 \theta_0} (x - x_0)^2$$

כדור: התנה θ . עזרים ופירוי קפיצה / 608.



ח/ג

$$R = v_0 \cos \theta_0 t$$

זמן

$$y - y_0 = v_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

כאשר t : $y = y_0$

$$v_0 \sin \theta_0 t = \frac{1}{2} g t^2$$

$$t = \frac{2 v_0 \sin \theta_0}{g} \quad (t=0 \text{ למ } t=2v_0 \sin \theta_0 / g)$$

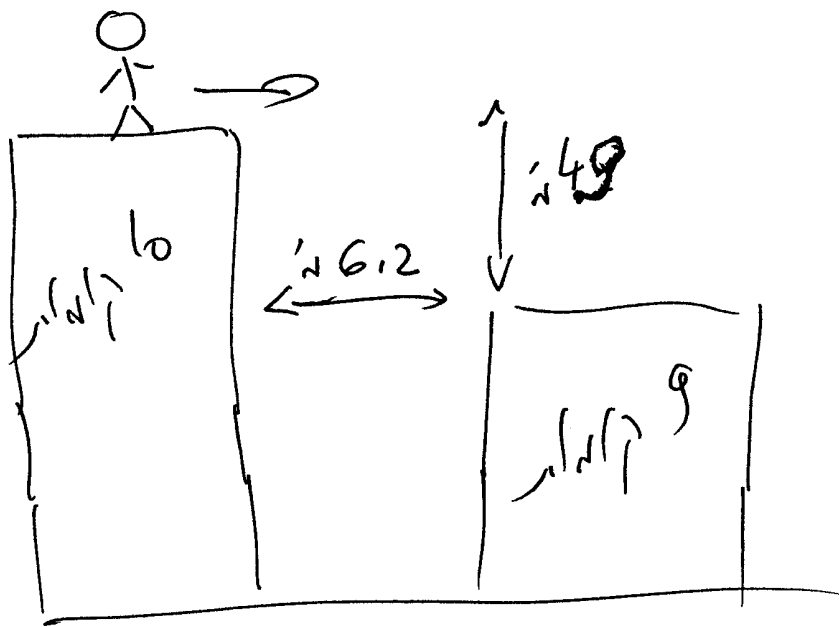
$$R = v_0 \cos \theta_0 t = \frac{2 v_0^2 \sin \theta_0 \cos \theta_0}{g} = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta_0$$

כאשר $R \Rightarrow \theta_0 = 45^\circ$

$$R = \frac{v_0^2}{g}$$

הערה: היתרון הוא, שיש אפשרות לקבל את אותו R גם עבור $\theta_0 = 45^\circ$ וגם עבור $\theta_0 = 135^\circ$.

צאגה ואספיר:



כפוף הסכס'ס: הכפוף לזיוק אקפול אסג ביר אסז
 עשלו. להי הטה יגור המצא כיר
 אלקה יזיב הכפוף אכמ כזי אצגור בגאום

$$y - y_0 = \frac{1}{2} g t^2$$

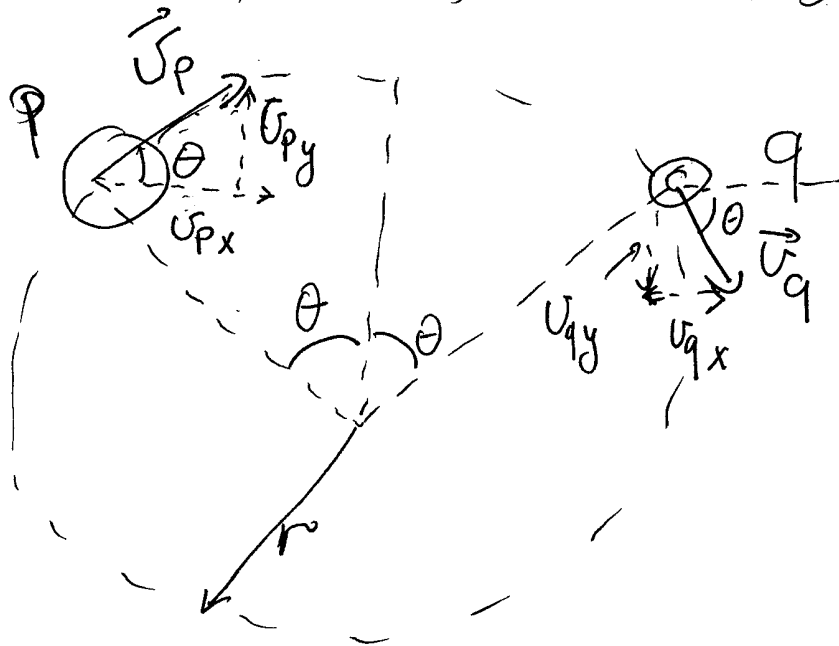
גרוסה
 להי אר כ'ס:

$$t = \sqrt{\frac{2(y - y_0)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 4.9}{9.8}} = 1 \text{ s}$$

$$x = v_0 t \Rightarrow v_0 = \frac{x}{t} = \frac{6.2}{1} = 6.2 \times \frac{3600}{10} \approx 22.3 \text{ ק"מ/ש}$$

5/

שנייה השנייה (בהינח קבועה)



ההינח \vec{v} משנה את הגודל v קבוע.
 ההינח \vec{v} משנה את הגודל v קבוע.

$$v_{px} = v \cos \theta$$

$$v_{qx} = v \cos \theta$$

$$v_{py} = v \sin \theta$$

$$v_{qy} = -v \sin \theta$$

ההינח שהגוף עבר הוא $\theta = 2\theta$ (ההינח 2π \rightarrow 2π באותו הזמן)

$$\Delta t = \frac{r \cdot 2\theta}{v}$$

$$a_x = \frac{v_{qx} - v_{px}}{\Delta t} = \frac{v \cos \theta - v \cos \theta}{\Delta t} = 0$$

6/

$$a_y = \frac{v_{qy} - v_{py}}{\Delta t} = \frac{-v \sin \theta - v \sin \theta}{\Delta t} = \frac{-2v \sin \theta}{2r\theta/v}$$

$$= -\frac{v^2}{r} \frac{\sin \theta}{\theta}$$

$\frac{\sin \theta}{\theta} \sim 1$. $\theta \ll 1$ קטן

$$a_x = 0$$

$$a_y = -\frac{v^2}{r}$$

כאן כל מה שיש לנו זה v_x ו- v_y ו- a_x ו- a_y

$$v_x = v \cos \theta(t)$$

$$v_x^2 + v_y^2 = v^2$$

$$v_y = -v \sin \theta(t)$$

$$a_x = -\frac{v^2}{r} \sin \theta(t)$$

$$a_y = -\frac{v^2}{r} \cos \theta(t)$$

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r} \hat{r}$$

כלומר זהו וקטור המצביע כלפי מרכז המסלול

כלומר זהו וקטור המצביע כלפי מרכז המסלול