

KINEMATIKA



ilmu yang mempelajari gerak benda tanpa ingin tahu penyebab gerak

TINJAUAN

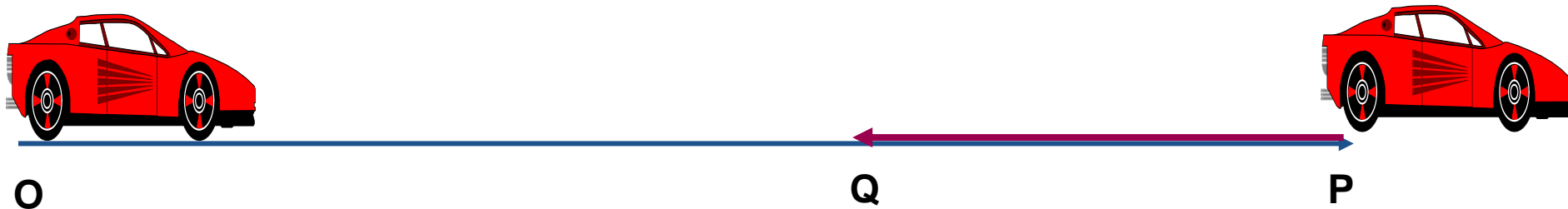
Gerak satu dan dua dimensi :

- ✓ Gerak lurus beraturan dan tidak beraturan
- ✓ Gerak benda jatuh
- ✓ Gerak parabola
- ✓ Gerak melingkar
- ✓ Gerak rotasi

GERAK

Gerak : perubahan kedudukan benda terhadap titik acuan

GERAK 1 DIMENSI \longrightarrow gerak lurus



OPQ \longrightarrow Jarak tempuh : panjang seluruh lintasan yang dilalui benda (skalar)

OQ \longrightarrow perpindahan : pergeseran benda dari titik acuan (vektor)

kecepatan rata-rata : $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s}{t}$ \rightarrow Jarak tempuh \rightarrow waktu tempuh (1)

percepatan rata-rata : $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$ (2)

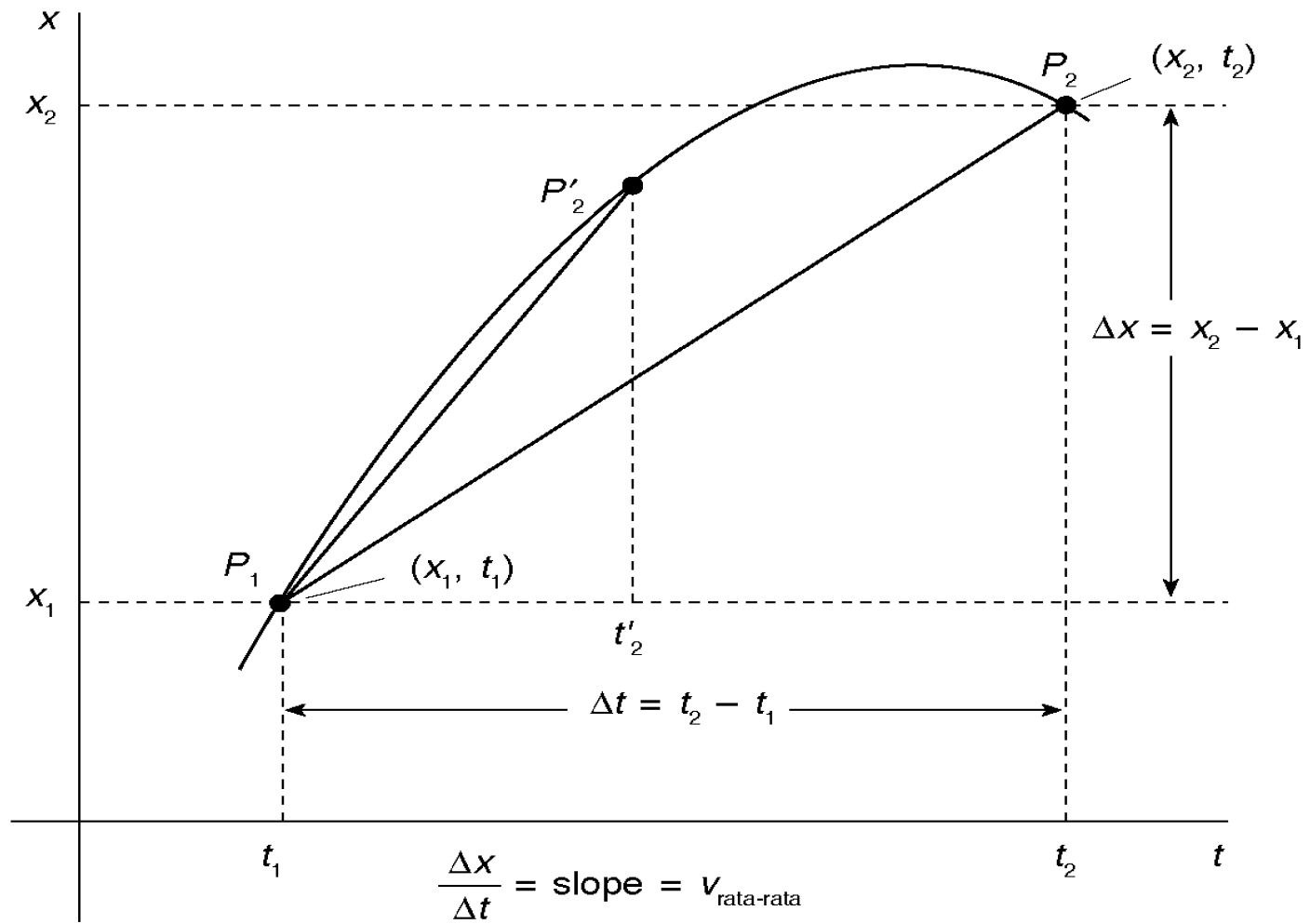
untuk $t_0 = 0$: $v = v_0 + \bar{a}t$ (3)

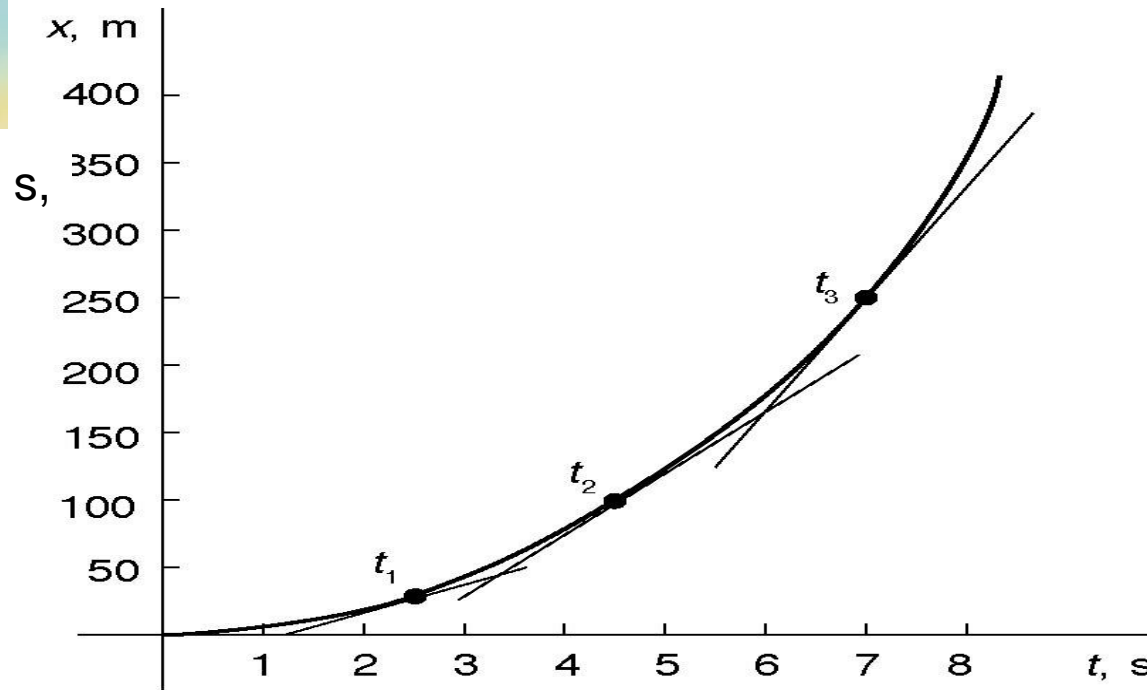
$$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2} \quad (4)$$

$$\bar{v} = v_0 + \frac{1}{2}\bar{a}t \quad (5)$$

$$s = v_0t + \frac{1}{2}\bar{a}t^2 \quad (6)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as \quad (7)$$





kecepatan sesaat :

kemiringan garis yang menyinggung kurva s terhadap t pada saat itu

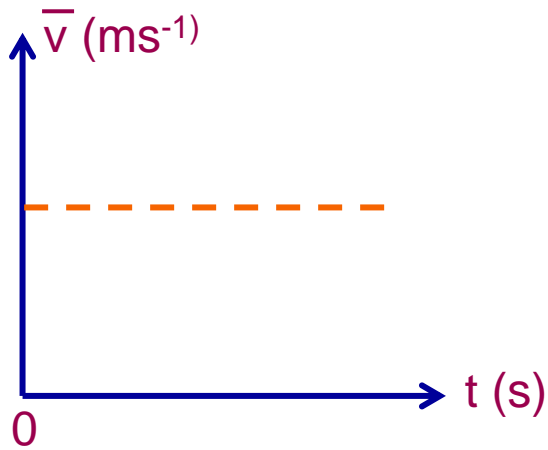
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$

percepatan sesaat :

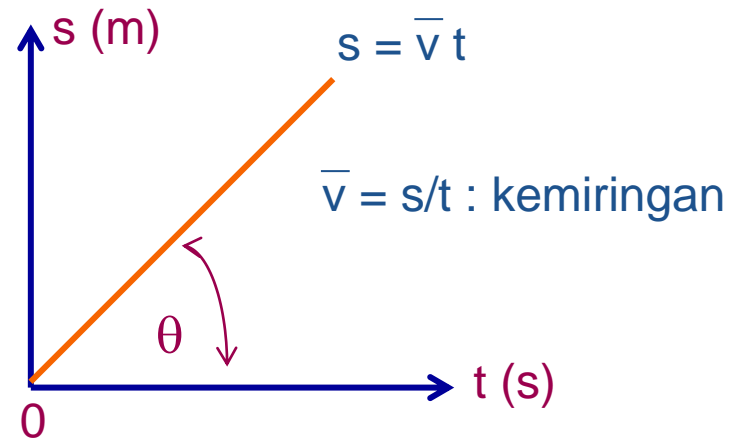
$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2}$$

GERAK LURUS BERATURAN

GLB : $\bar{v} = \text{konstan terhadap } t \rightarrow \bar{a} = 0$



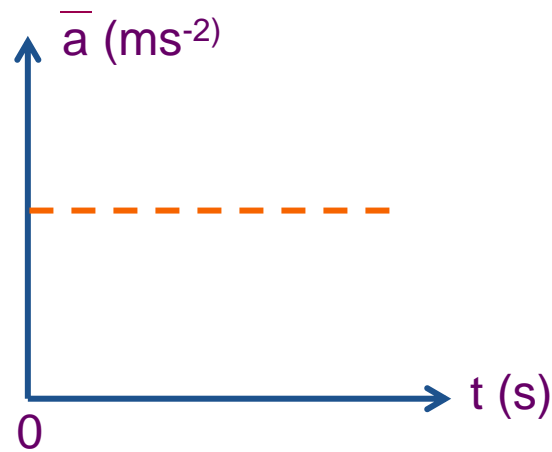
Grafik \bar{v} terhadap t



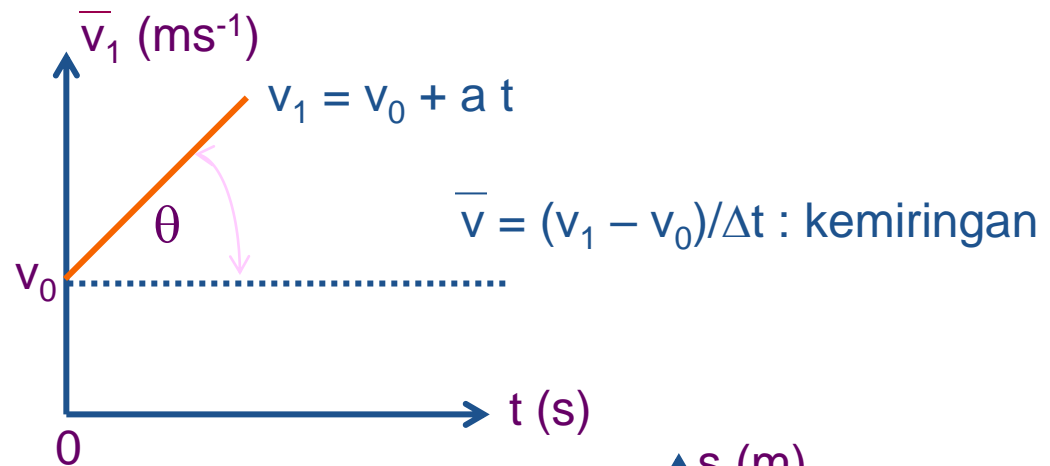
Grafik s terhadap t

GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN

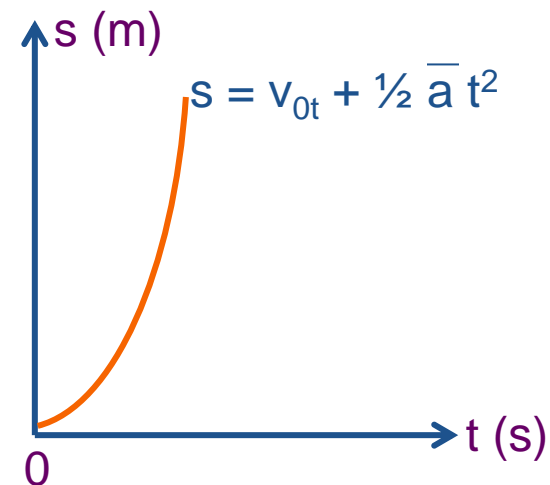
GLBB : \bar{v} tidak konstan terhadap t , dan $\bar{a} = \text{konstan}$ terhadap t



Grafik \bar{a} terhadap t



Grafik v terhadap t



Grafik s terhadap t

Integrasi

► untuk $a = \text{konstan}$

$$\frac{dv}{dt} = a \quad \longrightarrow \quad \int_{v_0}^v dv = \int_0^t a \, dt \quad \longrightarrow \quad v = v_0 + at$$

$$\frac{ds}{dt} = v \quad \longrightarrow \quad ds = (v_0 + at)dt$$

$$\int_{s_0}^s ds = \int_0^t (v_0 + at)dt$$

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

contoh soal

1. Sebuah mobil berada di $s_1 = 100$ m pada saat $t_1 = 20$ s. Pada saat $t_2 = 30$ s, mobil berada di $s_2 = 60$ m. Tentukan perpindahan dan kecepatan rata-rata mobil.

Solusi :

perpindahan : $\Delta s = s_2 - s_1 = 60 \text{ m} - 100 \text{ m} = -40 \text{ m}$

Kecepatan rata-rata : $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{-40}{10} = -4 \text{ m/s}$

tanda (-) menunjukkan ke arah s negatif

2. Seseorang berlari menempuh jarak 150 m dalam waktu 10 s. Orang tersebut kemudian berjalan berbalik arah menempuh jarak 50 m dalam waktu 30 s. Tentukan kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata untuk seluruh perjalanan orang tsb.

Solusi

jarak tempuh total : 150 m + 50 m = 200 m

perpindahan total : 150 m – 50 m = 100 m

waktu total : 10 s + 30 s = 40 s

Kelajuan rata-rata :
$$v_{rata-rata} = \frac{s_1 + s_2}{\Delta t} = \frac{200 \text{ m}}{40 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$

kecepatan rata-rata :
$$\bar{v} = \frac{s_2 - s_0}{\Delta t} = \frac{100 \text{ m} - 0}{40 \text{ s}} = \frac{10}{4} \text{ m/s} = 2,5 \text{ m/s}$$

3. Sebuah mobil balap dipercepat dari 0 sampai 90 km/j dalam selang waktu 5 s. Tentukan percepatan rata-rata mobil tersebut.

solusi :

$$90 \text{ km/j} = 90.000 \text{ m}/3600 \text{ s} = 25 \text{ m/s}$$

percepatan rata-rata :

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{25 \text{ m/s} - 0}{5 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}^2$$

Gerak Benda Jatuh Bebas

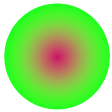
GJB : $v_0 = 0$, $\bar{a} = g = \text{konstan terhadap } t$ dan $s = h$

pers. (6) :

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$



$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$



pers. (1) :

$$h = \bar{v} \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

pers. (4) : $\bar{v} = v/2$



$$v = \sqrt{2gh}$$

GERAK 2 DAN 3 DIMENSI

➤ Vektor Kecepatan

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

Vektor kecepatan rata-rata :

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \hat{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t} \hat{j} + \frac{\Delta z}{\Delta t} \hat{k} = \bar{v}_x \hat{i} + \bar{v}_y \hat{j} + \bar{v}_z \hat{k}$$

Vektor kecepatan sesaat :

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \hat{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t} \hat{j} + \frac{\Delta z}{\Delta t} \hat{k} \right) = \frac{dx}{dt} \hat{i} + \frac{dy}{dt} \hat{j} + \frac{dz}{dt} \hat{k}$$

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k}$$

➤ Vektor Kecepatan

Vektor percepatan rata-rata :

$$\vec{\bar{a}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \hat{i} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t} \hat{j} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t} \hat{k} = \bar{a}_x \hat{i} + \bar{a}_y \hat{j} + \bar{a}_z \hat{k}$$

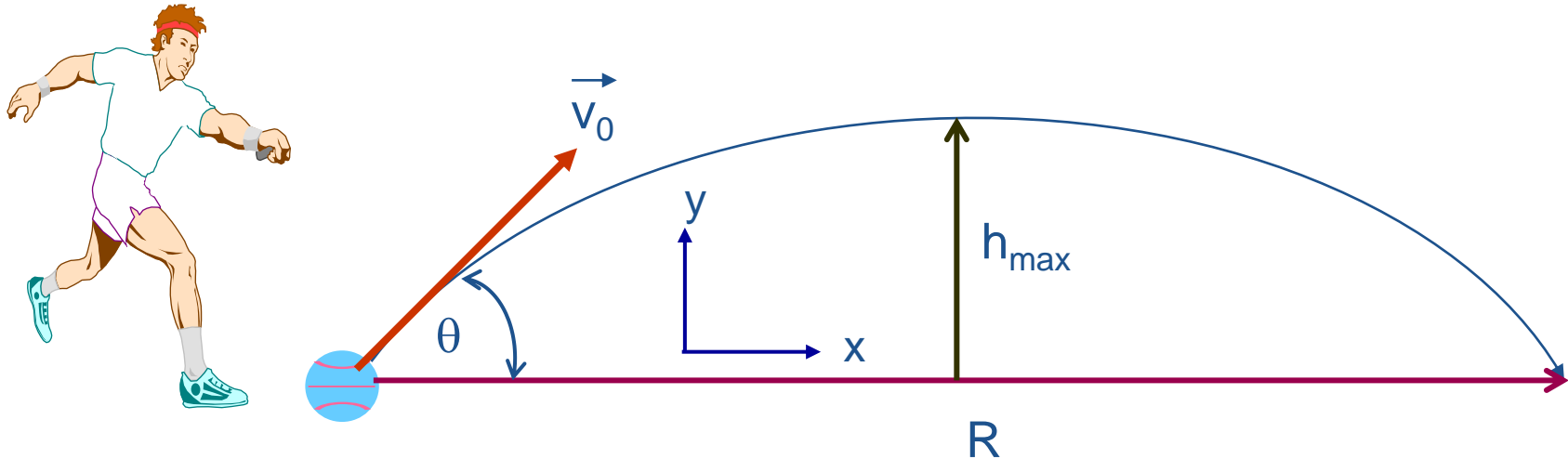
Vektor percepatan sesaat :

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v_x}{\Delta t} \hat{i} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t} \hat{j} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t} \hat{k} \right) = \frac{d^2 x}{dt^2} \hat{i} + \frac{d^2 y}{dt^2} \hat{j} + \frac{d^2 z}{dt^2} \hat{k}$$

$$\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}$$

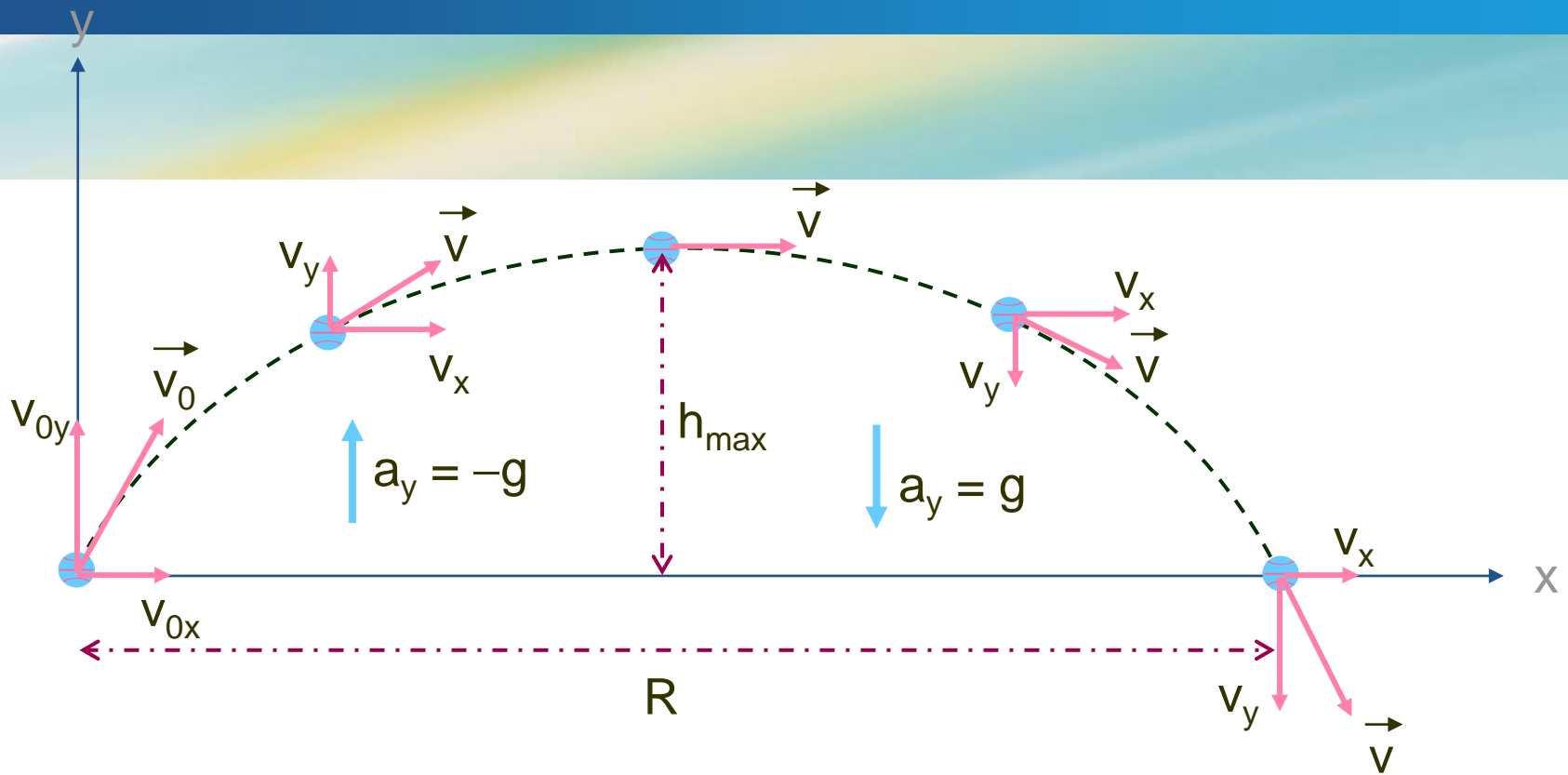
GERAK PARABOLA

lintasan gerak berupa parabola



$$v_{0x} = v_0 \cos \theta \Rightarrow v_0 \text{ ke arah } x$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta \Rightarrow v_0 \text{ ke arah } y$$



gerak horizontal :

$v_x = \text{konstan} \rightarrow a_x = 0$

◆ $v_x = v_{0x}$

◆ $x = x_0 + v_{0x}t$

gerak vertikal :

$a_y = -g = \text{konstan}$

◆ $v_y = v_{0y} - gt$

◆ $y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$

◆ $v_y^2 = v_{0y}^2 - 2gy$

tinggi maksimum (h_{\max}) dicapai jika $v_y = 0 \rightarrow t = t_h$

$$v_y = v_{0y} - gt = 0$$

$$t_h = \frac{v_{0y}}{g} \quad \longrightarrow \quad y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$y = h_{\max} : \quad \longrightarrow \quad h_{\max} = y_0 + \frac{1}{2} \frac{v_{0y}^2}{g}$$

$$\text{jika } y_0 = 0 \quad \longrightarrow \quad h_{\max} = \frac{1}{2} \frac{v_{0y}^2}{g}$$

Jarak terjauh (R) dicapai jika $y = 0 \rightarrow t = t_R$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = 0 \rightarrow t = t_R$$

$$gt_R^2 - 2v_{0y}t_R - 2y_0 = 0$$

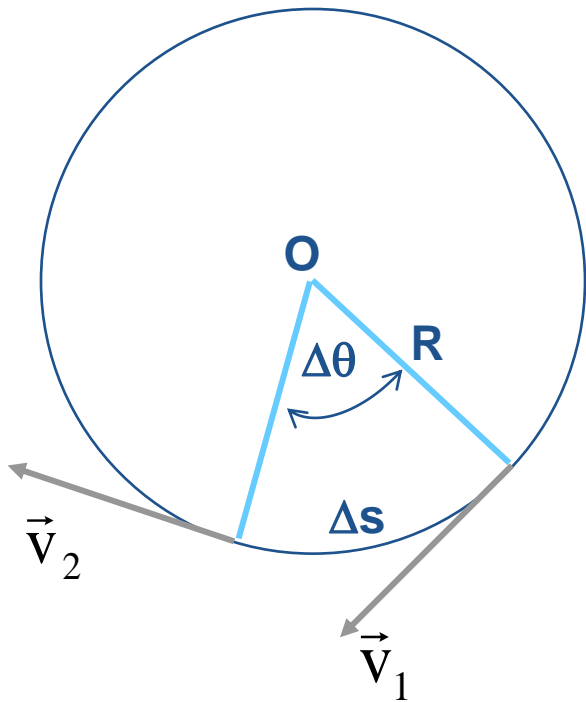
$$t_R = \frac{2v_{0y} \pm \sqrt{4v_{0y}^2 + 8gy_0}}{2g}$$

$$\text{jika } y_0 = 0 \rightarrow t_R = \frac{2v_{0y}}{g}$$

$$x = R \rightarrow R = x_0 + v_{0x}t_R$$

GERAK MELINGKAR

Gerak Melingkar Beraturan $\rightarrow v = \text{konstan}$, tapi $\vec{v} \neq \text{konstan}$

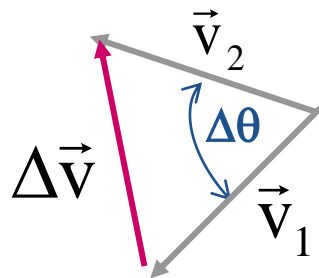


Kecepatan linier : $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

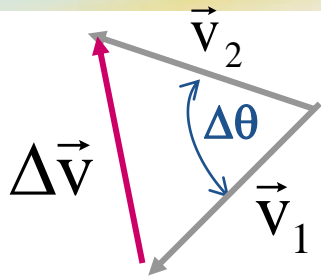
$\Delta s = \Delta\theta R \rightarrow v = (\Delta\theta/\Delta t)R = \omega R$

Secara vektor : $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{R}$

kecepatan sudut



$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$



jika $\Delta t = t_2 - t_1 \approx 0 \rightarrow \Delta \theta \approx 0$



$\vec{v}_1 \parallel \vec{v}_2$ dan $\Delta \vec{v} \parallel \mathbf{R}$

$\Delta \vec{v} \longrightarrow$ arahnya menuju pusat lingkaran

$\vec{a}_R = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \longrightarrow$ Percepatan sentripetal

untuk $\Delta \theta \ll 1$: $\Delta \theta = \frac{\Delta s}{R} = \frac{|\Delta \vec{v}|}{v} \longrightarrow |\Delta \vec{v}| = v \frac{\Delta s}{R}$

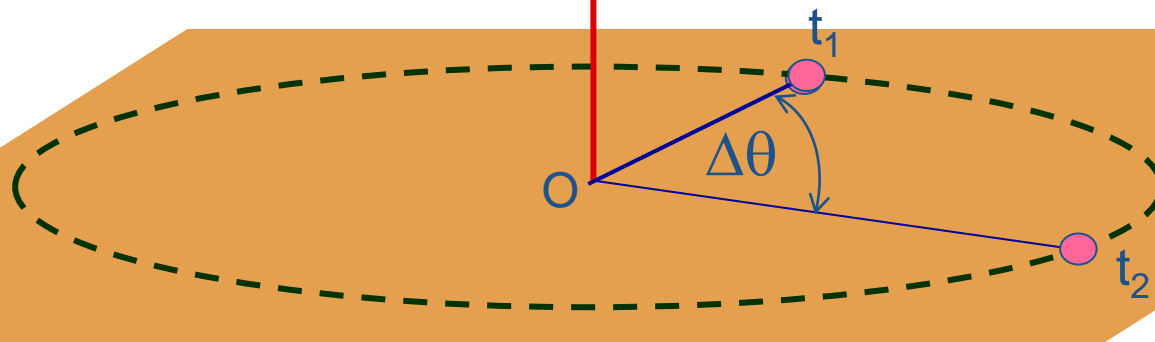
$|\vec{a}_R| = \frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t} \longrightarrow a_R = \frac{v^2}{R}$

Percepatan sudut : $\vec{\alpha} = \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t} \longrightarrow \alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$

GERAK ROTASI

$\vec{\alpha}$
 $\vec{\omega}$

1 putaran = $\theta = 360^\circ = 2\pi$



perpindahan (sudut) : $\vec{\Delta\theta}$ (red)

selang waktu perpindahan : $t_2 - t_1 = \Delta t$

kecepatan sudut : $\vec{\omega} = \Delta\theta / \Delta t$ (red/s) $\rightarrow \omega = d\theta/dt$

percepatan sudut : $\vec{\alpha} = \Delta\omega / \Delta t$ (red²/s) $\rightarrow \alpha = d\omega/dt$

| Besaran | G. linier | G. Rotasi | Hubungan |
|-------------|-----------|-----------|---|
| perpindahan | s | θ | $s = \theta R$ R : jejari |
| kecepatan | v | ω | $v = \omega R$ $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{R}$ |
| percepatan | a_T | α | $a_T = \alpha R$ $\vec{a}_T = \vec{\alpha} \times \vec{R}$ |

Persamaan gerak :

| LINIER | ROTASI |
|---|---|
| $v = v_0 + \bar{a}t$ | $\omega = \omega_0 + \alpha t$ |
| $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} \bar{a} t^2$ | $\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$ |
| $v^2 = v_0^2 + 2as$ | $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\Delta\theta$ |

contoh soal

1. Sebuah benda dilempar vertikal ke atas dengan kecepatan 100 m/s dari atas suatu bangunan dengan tinggi 100 m ($g = 10 \text{ m/s}^2$). Tentukan (a) tinggi maksimum benda dari atas tanah, (b) kecepatan ketika sampai di tanah

Solusi :

$$v_0 = 100 \text{ m/s}, h_0 = 100 \text{ m}$$

- a) Tinggi maksimum dicapai jika $v = 0$

$$v = v_0 - gt \rightarrow 0 = 100 - 10t \rightarrow t = 10 \text{ s (t mencapai h maksimum)}$$

$$h = h_0 + v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 = 100 + (100)(10) - \frac{1}{2} (10)(10)^2 = 600 \text{ m}$$

$$\text{b) } v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(10)(600)} = 109,54 \text{ m/s} \approx 110 \text{ m/s}$$

benda mencapai tanah $\rightarrow h = 0$.

$$0 = 100 + (100)(10) - \frac{1}{2} (10)(t)^2 \rightarrow t = 21 \text{ s}$$

$$v = v_0 - gt = 100 - (10)(21) = -110 \text{ m/s}$$

tanda (-) menunjukkan arah bawah

2. Sebuah benda dilemparkan dengan sudut elevasi 30° . Jika kecepatan awalnya 20 m/s, tentukan (a) koordinat benda setelah 1 s, (b) tinggi maksimum yang dicapai benda

Solusi :

a) $v_{0x} = v_0 \cos 30^\circ = 20 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{3} = 10\sqrt{3} \text{ m/s}$

$$v_{0y} = v_0 \sin 30^\circ = 20 \cdot \frac{1}{2} = 10 \text{ m/s}$$

$$t = 0 \rightarrow x_0 = y_0 = 0$$

$$x = x_0 + v_{0x}t = 0 + 10\sqrt{3}(1) = 10\sqrt{3} \text{ m}$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = 0 + 10(1) - \frac{1}{2}(10)(1)^2 = 5 \text{ m}$$

koordinat peluru saat $t = 1$ adalah $(10\sqrt{3}, 5) \text{ m}$

b) Peluru mencapai tinggi maksimum $\rightarrow v_y = 0$

$$v_y = v_{0y} - gt_{\text{hmax}} \rightarrow 0 = 10 - (10)t \rightarrow t_{\text{hmax}} = 1$$

$$h = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = 5 \text{ m}$$

3. Sebuah cakram berputar dengan percepatan sudut konstan sebesar $\alpha = 2 \text{ rad/s}^2$. Jika cakram dimulai dari keadaan diam, tentukan jumlah putarannya dalam selang waktu 10 s.

Solusi :

$$\omega_0 = 0 \text{ dan } t_0 = 0$$

sudut yang ditempuh dalam waktu 10 s :

$$\theta - \theta_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 = 0 + \frac{1}{2} (2 \text{ rad/s}^2) (10 \text{ s})^2 = 100 \text{ rad}$$

$$\begin{aligned} \text{jml putaran} &= (1 \text{ putaran}/2\pi \text{ rad}) \times 100 \text{ rad} \\ &= 15,9 \approx 16 \text{ putaran} \end{aligned}$$

Thank You !

www.themegallery.com