

Fisika Dasar I (FI-321)

Topik hari ini (minggu 3)

Gerak dalam Dua dan Tiga Dimensi

- Posisi dan Perpindahan
- Kecepatan
- Percepatan
- Gerak Parabola
- Gerak Melingkar



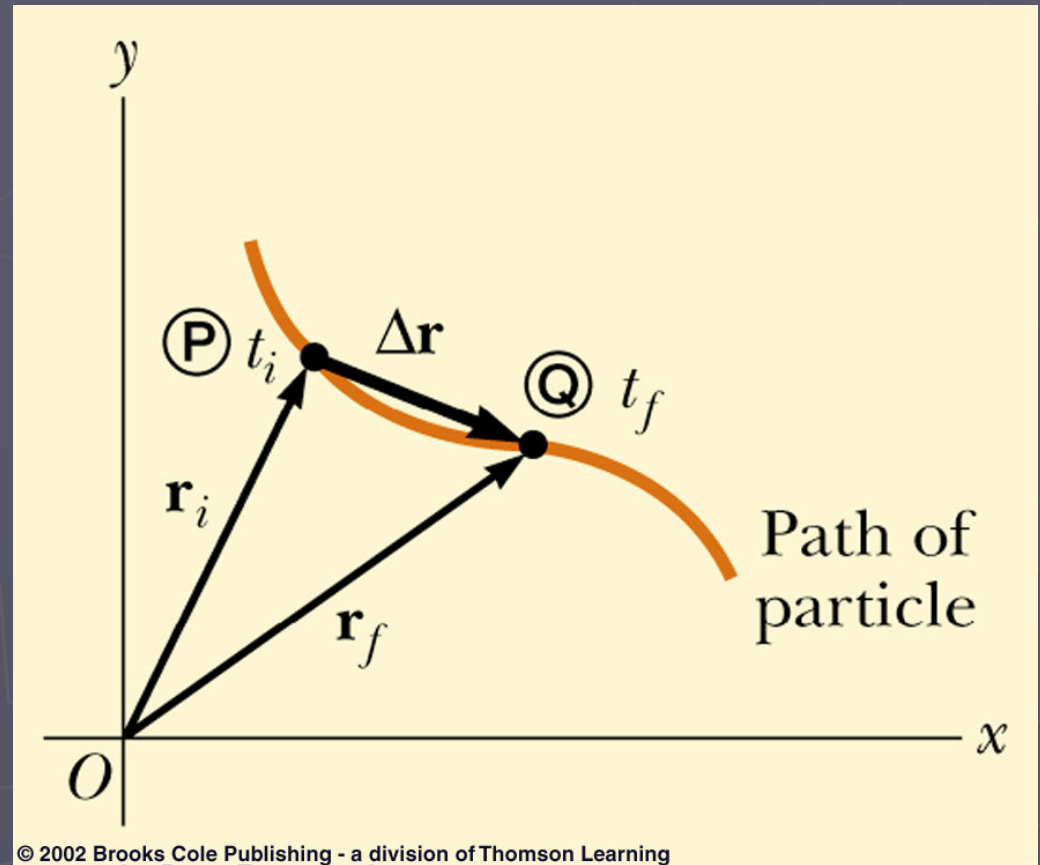
Gerak dalam Dua dan Tiga Dimensi

- ▶ Menggunakan tanda $+$ atau $-$ **tidak** cukup untuk menjelaskan secara lengkap gerak untuk lebih dari satu dimensi
 - **Vektor** dapat digunakan untuk menjelaskan gerak lebih dari satu dimensi
- ▶ Masih meninjau perpindahan, kecepatan dan percepatan

Perpindahan

- Posisi sebuah benda dijelaskan oleh **vektor posisinya**, $\mathbf{r}$
- **Perpindahan** sebuah benda didefinisikan sebagai **perubahan posisinya**

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_f - \mathbf{r}_i$$



Kecepatan

- **Kecepatan rata-rata** adalah perbandingan antara perpindahan dengan selang waktu dari perpindahan tersebut

$$\bar{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

- **Kecepatan sasaat** adalah limit dari kecepatan rata-rata dimana selang waktunya menuju nol
 - **Arah** dari kecepatan sesaat adalah sepanjang garis yang menyinggung kurva lintasan benda dan searah gerak

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Percepatan

- **Percepatan rata-rata** didefinisikan sebagai perbandingan perubahan kecepatan terhadap selang waktu (laju perubahan kecepatan)

$$\bar{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- **Percepatan sesaat** adalah limit dari percepatan rata-rata dengan selang waktu menuju nol

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Benda Mengalami Percepatan Jika:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- ▶ **Besarnya kecepatan** (laju) berubah
- ▶ **Arah kecepatan** berubah
 - Meskipun besar kecepatannya (laju) tetap
- ▶ **Baik besar maupun arahnya** berubah

Hubungan Umum antara Posisi, Kecepatan dan Percepatan (Differensiasi)

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

Kecepatan : $\vec{v}(t) = v_x(t) \hat{i} + v_y(t) \hat{j} + v_z(t) \hat{k} = \frac{dx}{dt} \hat{i} + \frac{dy}{dt} \hat{j} + \frac{dz}{dt} \hat{k}$

Percepatan : $\vec{a}(t) = a_x(t) \hat{i} + a_y(t) \hat{j} + a_z(t) \hat{k} = \frac{dv_x}{dt} \hat{i} + \frac{dv_y}{dt} \hat{j} + \frac{dv_z}{dt} \hat{k}$
 $= \frac{d^2x}{dt^2} \hat{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \hat{j} + \frac{d^2z}{dt^2} \hat{k}$

Hubungan Umum antara Posisi, Kecepatan dan Percepatan (Integrasi)

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}(t) - \vec{r}(t_0) = \int_{t_0}^t \vec{v}(t) dt$$

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}(t) - \vec{v}(t_0) = \int_{t_0}^t \vec{a}(t) dt$$

Dalam Komponen :

$$x(t) - x(t_0) = \int_{t_0}^t v_x(t) dt ;$$

$$v_x(t) - v_x(t_0) = \int_{t_0}^t a_x(t) dt$$

$$y(t) - y(t_0) = \int_{t_0}^t v_y(t) dt ;$$

$$v_y(t) - v_y(t_0) = \int_{t_0}^t a_y(t) dt$$

$$z(t) - z(t_0) = \int_{t_0}^t v_z(t) dt ;$$

$$v_z(t) - v_z(t_0) = \int_{t_0}^t a_z(t) dt$$

Latihan

1. Sebuah benda bergerak dari titik (0,1,0) dengan kecepatan

$$\vec{v}(t) = 4t \hat{i} + 3t^2 \hat{j} \text{ m/s}$$

Tentukan:

- Posisi benda setelah 2 detik!
- Kecepatan rata-rata benda dalam selang 0 -2 detik!

2. Percepatan sebuah partikel adalah $\vec{a} = -10 \hat{j} \text{ m/s}^2$. Pada t=0 detik bahwa diketahui kecepatan partikel adalah $\vec{v} = 30 \hat{i} + 40 \hat{j} \text{ m/s}$ dan posisinya berada di pusat koordinat.

Tentukan:

- Kecepatan dan posisinya sebagai fungsi waktu!
- Bentuk dan persamaan lintasan benda!
- Bila sumbu y menyatakan ketinggian, berapakah tinggi maksimum yang dicapai benda!
- Pada jarak berapa dari pusat ketika ketinggian benda kembali nol!

Contoh-contoh Gerak 2 Dimensi:

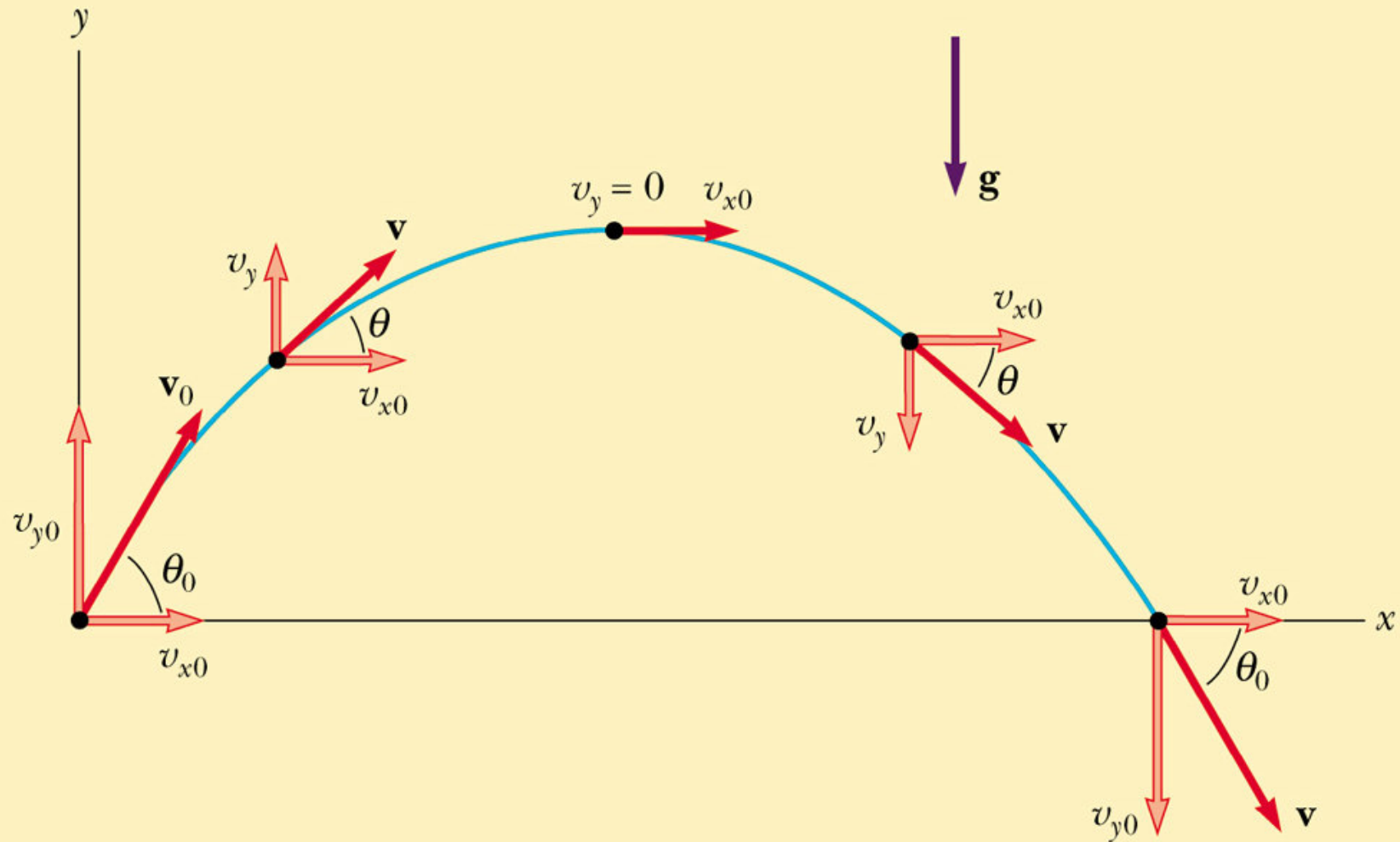
1. Gerak Peluru

- ▶ Sebuah benda yang bergerak dalam arah x dan y secara bersamaan (dalam dua dimensi)
- ▶ Bentuk gerak dalam dua dimensi tersebut kita sepakati dengan nama gerak peluru
- ▶ Penyederhanaan:
 - ▶ Abaikan gesekan udara
 - ▶ Abaikan rotasi bumi
- ▶ Dengan asumsi tersebut, sebuah benda dalam gerak peluru akan memiliki lintasan berbentuk parabola

Catatan pada Gerak Peluru:

- ▶ Ketika benda dilepaskan, hanya gaya gravitasi yang menarik benda, mirip seperti gerak ke atas dan ke bawah
- ▶ Karena gaya gravitasi menarik benda ke bawah, maka:
 - ✓ Percepatan vertikal berarah ke bawah
 - ✓ Tidak ada percepatan dalam arah horisontal

Gerak Peluru



Aturan Gerak Peluru

- ▶ Pilih kerangka koordinat: y arah vertikal
- ▶ Komponen x dan y dari gerak dapat ditangani secara terpisah
- ▶ Kecepatan, (termasuk kecepatan awal) dapat dipecahkan ke dalam komponen x dan y
- ▶ Gerak dalam arah x adalah GLB

$$a_x = 0$$

- ▶ Gerak dalam arah y adalah jatuh bebas (GLBB)

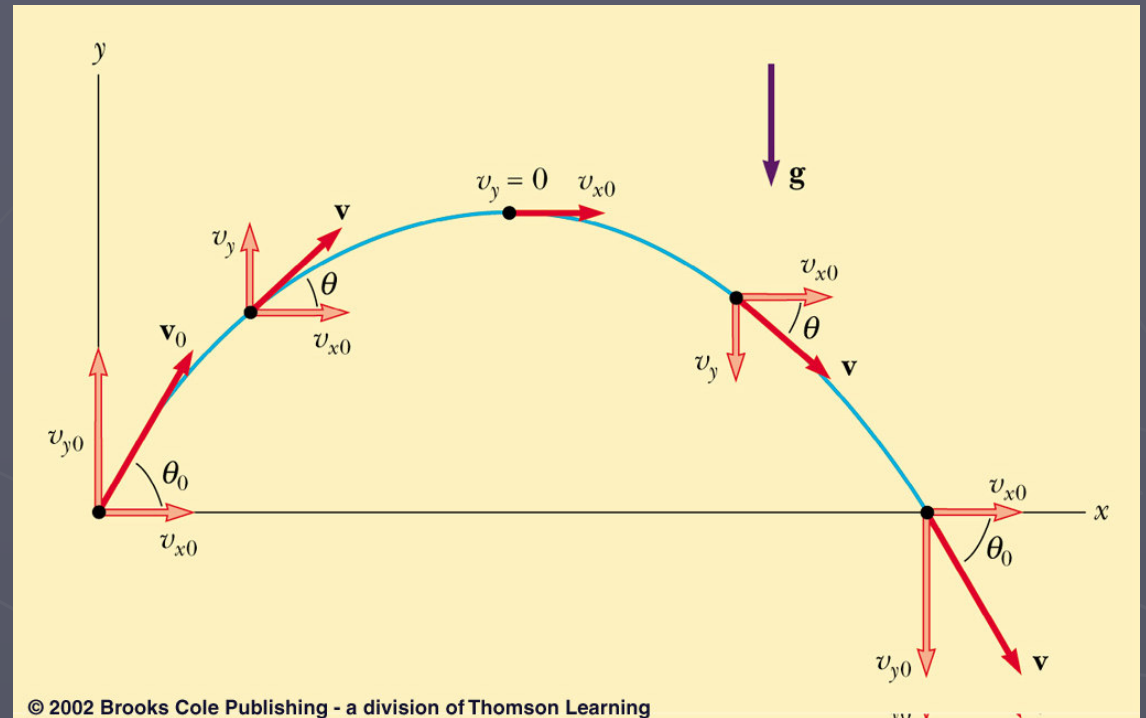
$$|a_y| = g$$

Aturan Lebih Rinci:

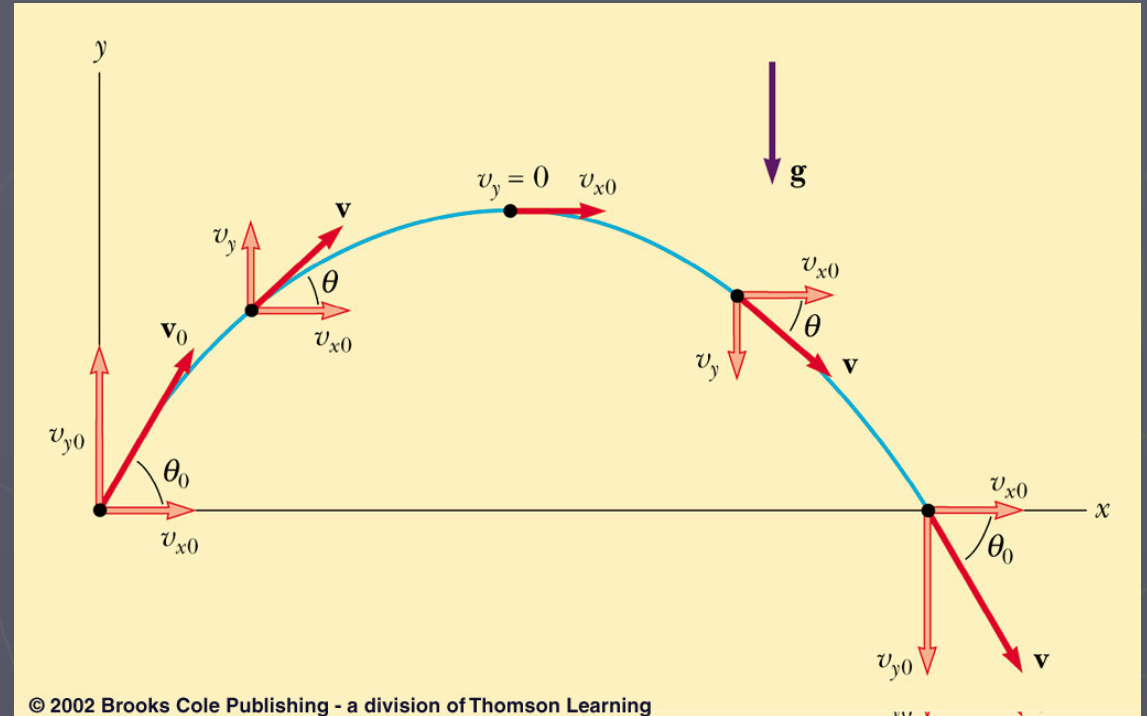
► Arah x

- $a_x = 0$
- $v_{x0} = v_0 \cos \theta_0 = v_x = \text{konstan}$
- $x = v_{x0}t$

► Persamaan ini adalah persamaan hanya dalam arah x karena dalam arah ini gerakanya adalah GLB.



Aturan Lebih Rinci:



► Arah y

- $v_{y0} = v_o \sin \theta_o$
- Ambil arah positif ke **atas**
- **Selanjutnya:** Problem jatuh bebas
- **Gerak dengan percepatan konstan**, persamaan gerak telah diberikan di awal

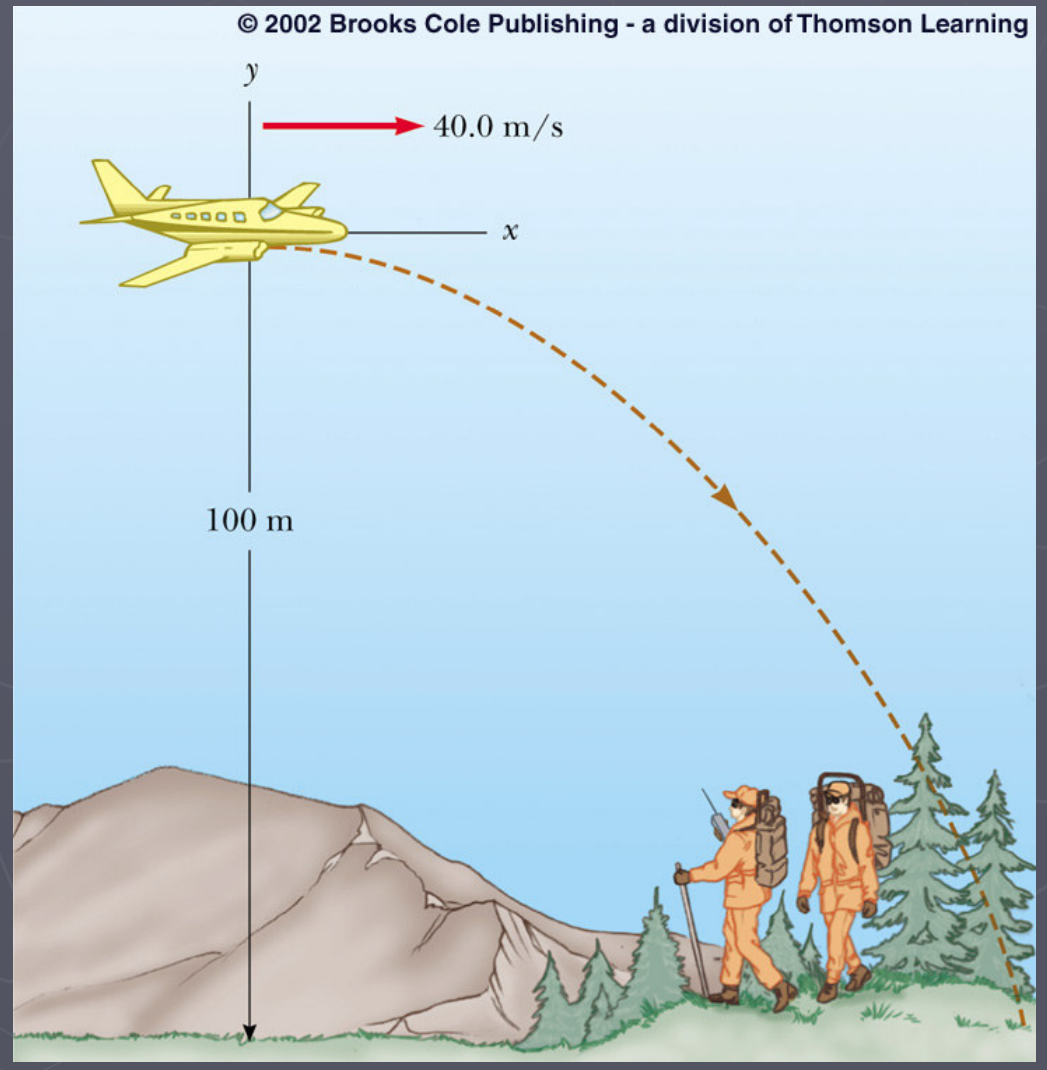
Kecepatan dari Peluru (Benda)

- Kecepatan peluru (benda) pada setiap titik dari gerakannya adalah penjumlahan vektor dari komponen x dan y pada titik-titik tersebut

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad \text{and} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{v_y}{v_x}$$

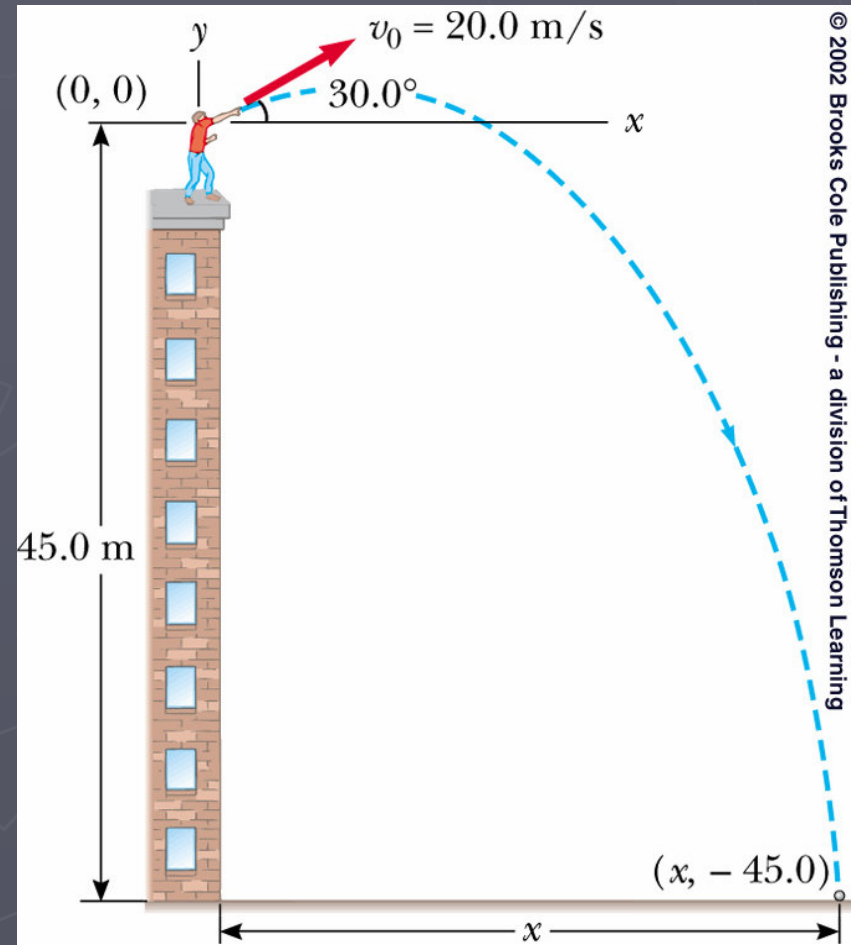
Contoh Gerak Peluru:

- ▶ Sebuah benda dapat ditembakkan secara horizontal
- ▶ Kecepatan awal semuanya pada arah x
 - $v_o = v_x$ dan $v_y = 0$
- ▶ Semua aturan tentang gerak peluru dapat diterapkan



Gerak Peluru tidak Simetri

- Mengikuti aturan gerak peluru
- Pecah gerak arah y menjadi
 - Atas dan bawah
 - simetri (kembali ke ketinggian yang sama) dan sisa ketinggian



Contoh soal:

Sebuah pesawat penyelamat menjatuhkan barang bantuan pada para pendaki gunung. Pesawat bergerak dalam horisontal pada ketinggian 100m terhadap tanah dan lajunya 40.0 m/s.

Dimanakah barang tersebut menumbuk tanah relatif terhadap titik dimana barang dilepaskan?

Diketahui:

laju: $v = 40.0 \text{ m/s}$
tinggi: $h = 100 \text{ m}$

Dicari:

Jarak $d = ?$

1. Kerangka Koordinat:

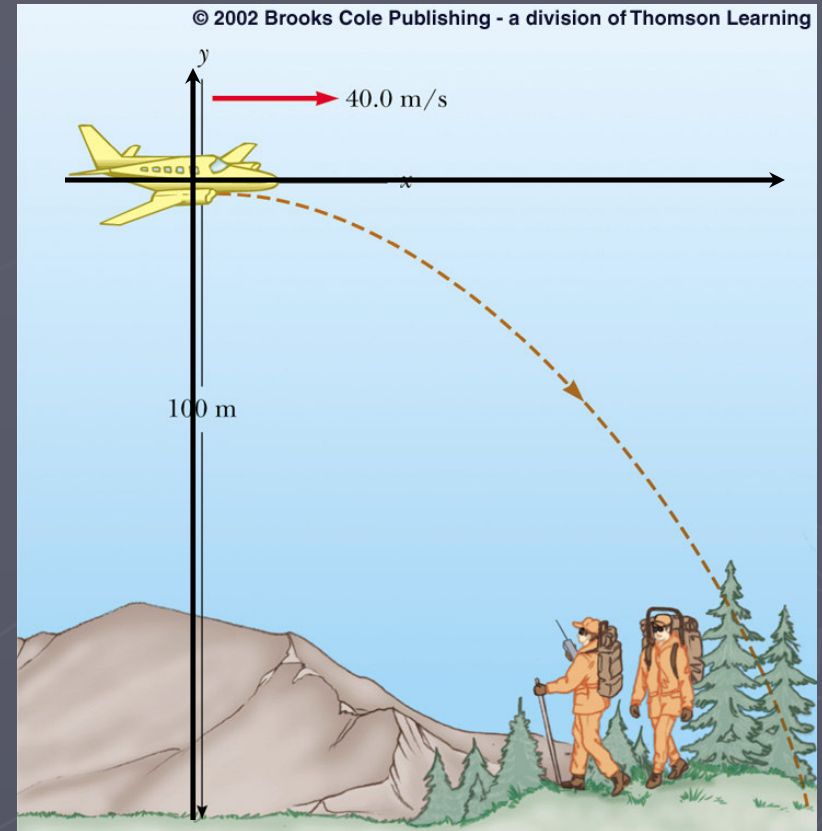
Oy: y arah ke atas

Ox: x arah ke kanan

2. Ingat: $v_{ox} = v = +40 \text{ m/s}$
 $v_{oy} = 0 \text{ m/s}$

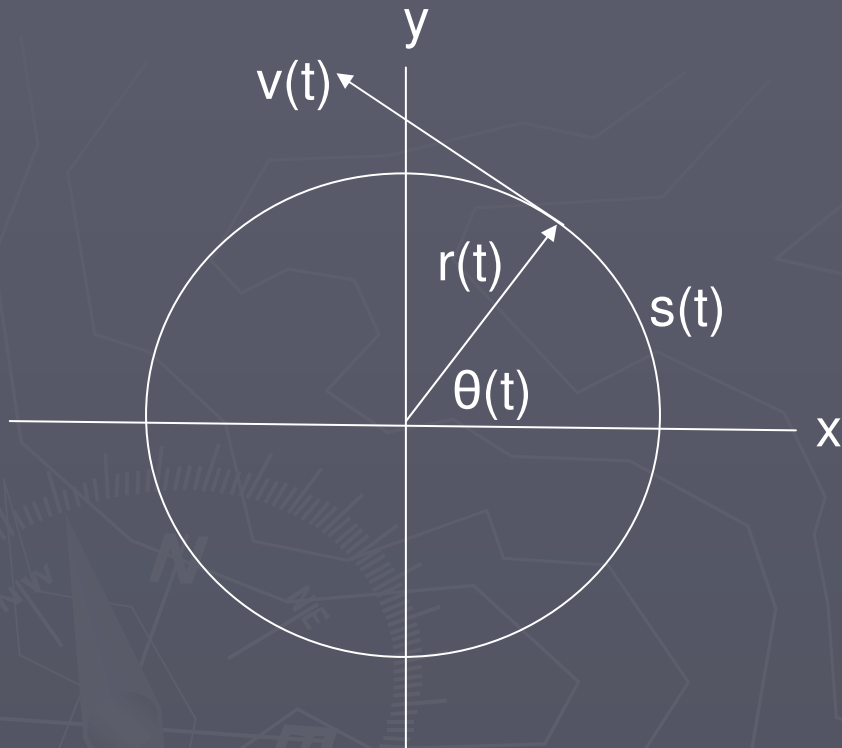
$$\underline{\text{Oy}}: y = \frac{1}{2}gt^2, \text{ so } t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$$

$$\text{or: } t = \sqrt{\frac{2(-100\text{ m})}{-9.8\text{ m/s}^2}} = 4.51\text{ s}$$



$$\underline{\text{Ox}}: x = v_{x0}t, \text{ so } x = (40\text{ m/s})(4.51\text{ s}) = \underline{180\text{ m}}$$

2. Gerak Melingkar



$$\text{Panjang Busur : } s(t) = \theta(t) R$$

Dalam koordinat polar:

Posisi : $\vec{r} = R \hat{r}$

Kecepatan : $\vec{v}(t) = \omega(t) R \hat{\theta}$

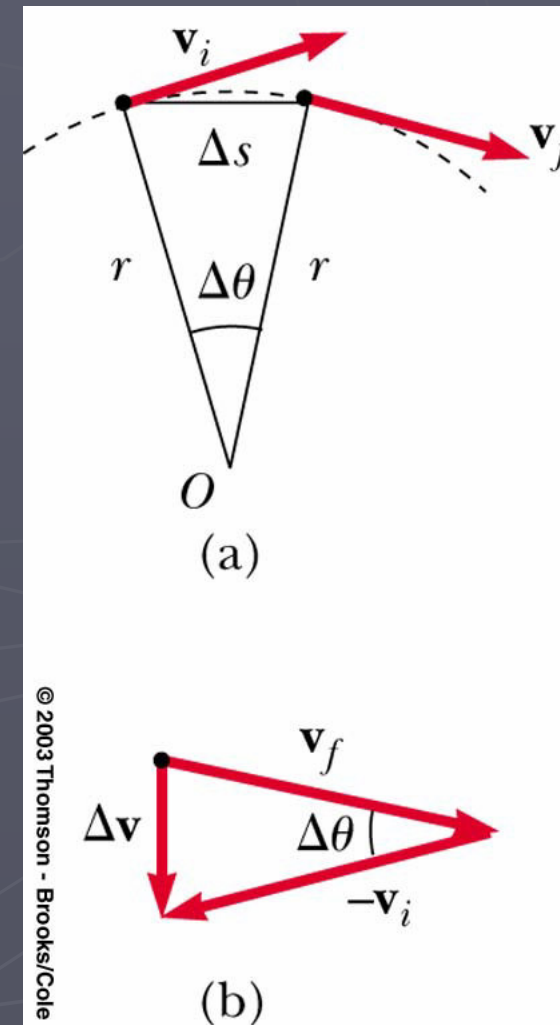
Percepatan : $\vec{a}(t) = \vec{a}_{\text{sentripetal}} + \vec{a}_{\text{tangensial}}$
 $= \omega^2(t) R (-\hat{r}) + \alpha R (\hat{\theta})$

Laju (kecepatan) sudut : $\omega(t) = \frac{d\theta}{dt}$

Percepatan sudut : $\alpha(t) = \frac{d\omega}{dt}$

Percepatan Sentripetal

- ▶ Sebuah benda yang bergerak melingkar, meskipun bergerak dengan laju konstan, akan memiliki percepatan karena **kecepatannya (arah) berubah**
- ▶ Percepatan ini disebut percepatan **sentripetal**
- ▶ Percepatan ini berarah ke **pusat** gerak



Percepatan Sentripetal dan Kecepatan Sudut

- Hubungan antara **kecepatan sudut** dan **kecepatan linier**

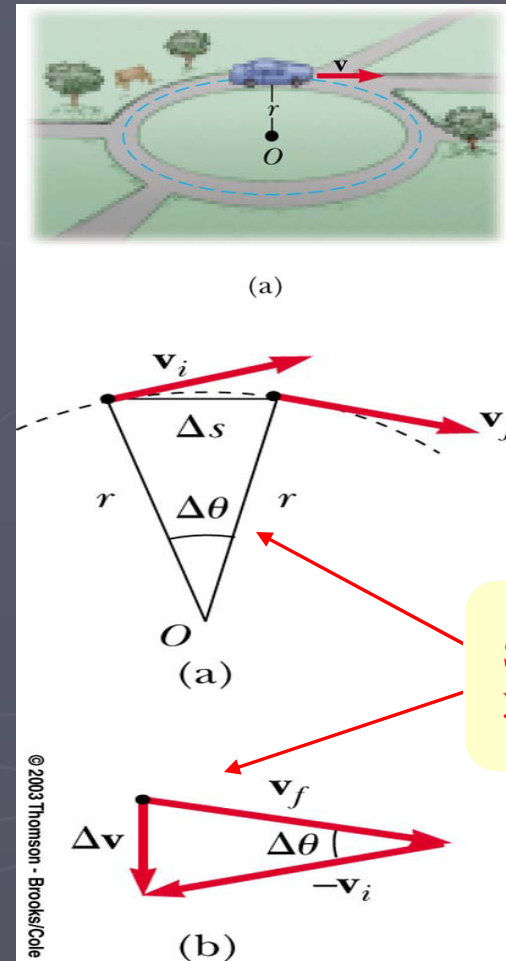
$$v = \omega r$$

- Percepatan **sentripetal** dapat juga dihubungkan dengan kecepatan sudut

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta s}{r} \Rightarrow \Delta v = \frac{v}{r} \Delta s, \text{ dan}$$

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{v}{r} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

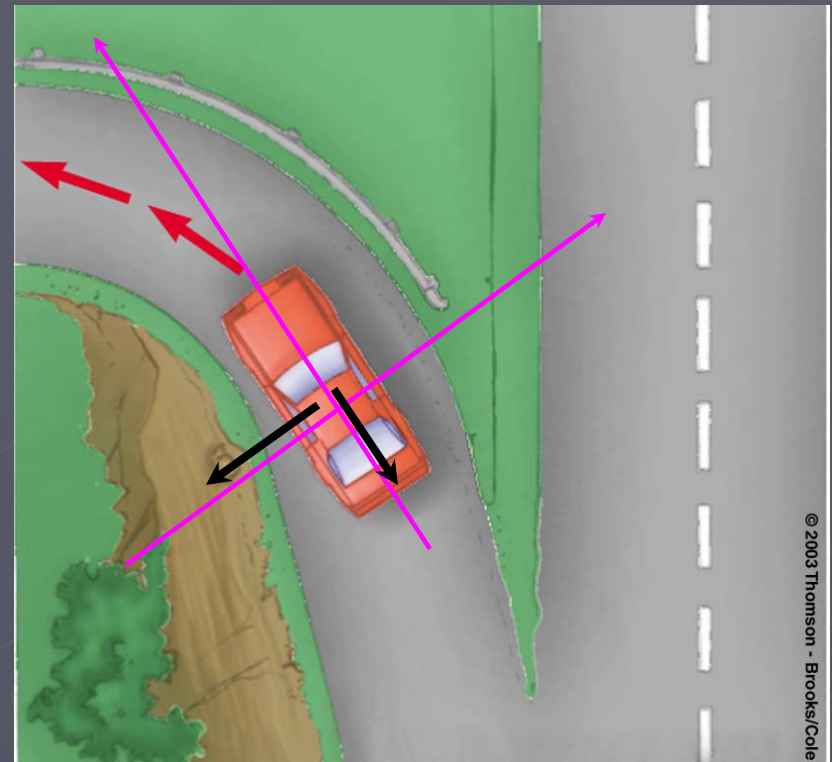
Sehingga:



$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad \text{or} \quad a_c = \omega^2 r$$

Percepatan Total

- ▶ Apa yang terjadi apabila kecepatan linier berubah?
- ▶ Dua komponen percepatan:
 - **komponen sentripetal** dari percepatan bergantung pada **perubahan arah**
 - **komponen tangensial** dari percepatan bergantung pada **perubahan kecepatan (laju)**
- ▶ Percepatan total dapat dirumuskan dari komponen tsb:



$$a = \sqrt{a_t^2 + a_c^2}$$

Gerak Melingkar (lanjutan)

Gerak Melingkar Beraturan (GMB):

- * Percepatan sudut : $\alpha = 0$
- * Hanya ada percepatan sentripetal
(percepatan yang mengubah arah kecepatan)
- * Laju sudut : $\omega = \text{konstan}$

Gerak Melingkar Berubah Beraturan (GMBB):

- * Percepatan sudut : $\alpha = \text{konstan dan } \neq 0$
- * Ada percepatan sentripetal dan tangensial
- * Laju sudut : $\omega = \text{tidak konstan}$

$$\alpha = \text{tetap}$$

$$\omega(t) = \alpha t + \omega_0$$

$$\theta(t) - \theta(t = t_0) = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\omega(t)^2 - \omega(t_0)^2 = 2\alpha\Delta\theta$$

Animasi 3.2

PR

Buku Tipler Jilid 1

Hal 85-86

No 62, 68 dan 69

