

74. Sebuah batu jatuh dari atas gunung di ketinggian 460 meter di atas permukaan laut dan kemudian bergerak menyusuri sebuah bidang mendatar di bawah gunung itu dan berhenti setelah menempuh jarak 8 km. Asumsikan bahwa batu itu dijatuhkan dengan percepatan jatuh bebas karena gravitasi bumi dan diperlambat dengan percepatan konstan secara horisontal.
- Berapa lama batu itu bergerak jatuh bebas dari ketinggian 460 meter?
  - Berapa kecepatan batu sesaat sebelum menyentuh permukaan bidang datar?
  - Berapa lama batu itu diperlambat untuk menempuh jarak 8 km?

Jawaban :

(a) Gerakan pertama adalah gerak jatuh bebas;  $V_0 = 0$

$$h = \frac{1}{2}gt_1^2 \quad \Rightarrow \quad t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t_1 = \left\{ \frac{2(460 \text{ m})}{9,81 \text{ m/s}^2} \right\}^{1/2} = 9,68 \text{ sekon}$$

(b)  $V_1 = V_0 + a_1 t_1$  ;  $V_0 = 0$  dan  $a_1 = g$

$$V_1 = gt_1 \quad \Rightarrow \quad V_1 = (9,81 \text{ m/s}^2)(9,68 \text{ sekon}) = 95,0 \text{ m/s}$$

(c) Waktu tempuh selama diperlambat dengan percepatan konstan

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{V_{av}} \quad ; \quad V_{av} = \frac{V_i + V_f}{2} = \frac{V_1 + 0}{2} = \frac{V_1}{2}$$

$$\Delta t = \frac{2 \Delta x}{V_1} = \frac{2(8000 \text{ m})}{95,0 \text{ m/s}} = 168 \text{ sekon.}$$

75. Sebuah muatan batu-bata sedang diangkat dengan sebuah katrol dengan kecepatan konstan 5 m/s ketika salah satu batu jatuh dari ketinggian 6 meter di atas tanah. (a) Sketsalah  $x(t)$  untuk menunjukkan gerakan dari batu yang jatuh itu! (b) Berapakah ketinggian tertinggi yang dapat dijangkau oleh batu itu di atas permukaan tanah? (c) Berapa lama waktu yang diperlukan untuk mencapai tanah? (d) Berapakah kelajuan batu itu sesaat sebelum menyentuh tanah?

Jawaban:

- (a) Gunakanlah persamaan GLBB yang menyatakan posisi batu dalam posisi awal, kecepatan awal, percepatan, dan waktu

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

$$y = 6 \text{ m} + (5 \text{ m/s})t - (4,91 \text{ m/s}^2)t^2$$

Grafik fungsi  $y(t)$  adalah sebagai berikut.

- (b)  $h = y_0 + \Delta y_{\max}$ , di mana  $\Delta y_{\max}$  adalah ketinggian maksimum yang dapat dicapai oleh batu setelah jatuh dari muatan batu-bata. Saat itu kelajuannya,  $v_{\max} = 0$ .

$$v_{\max}^2 = v_0^2 - 2g\Delta y_{\max} = 0$$

$$\Delta y_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\Delta y_{\max} = \frac{(5 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 1,27 \text{ meter}$$

diperoleh  $h = 6 \text{ m} + 1,27 \text{ meter} = 7,27 \text{ meter}$ .

- (c) Gunakanlah formula kuadratik abc:

$$t = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 4\left(\frac{-g}{2}\right)(-\Delta y)}}{2\left(\frac{-g}{2}\right)} = \frac{v_0}{g} \left\{ 1 \pm \sqrt{1 - \frac{2g(\Delta y)}{v_0^2}} \right\}$$

$t = 1,73$  detik dan  $t = -0,708$  detik (tidak masuk akal secara fisika; waktu tak pernah negatif).

- (d) kecepatan akhir:  $v = \sqrt{2gh}$

$$v = \{2(9,81 \text{ m/s}^2)(7,27 \text{ m})\}^{\frac{1}{2}} = 11,9 \text{ m/s}$$

76. Sebuah besi jatuh dari sebuah elevator yang sedang bergerak naik dengan kecepatan 6 m/s. Besi itu mencapai tanah 3 detik kemudian. (a) Berapa posisi elevator itu pada saat besi itu jatuh? (b) Berapakah kecepatan besi itu sesaat sebelum menumbuk tanah?

Jawaban :

Soal ini mirip dengan soal sebelumnya. Abaikan hambatan udara, percepatan besi itu konstan. Pilih sistem koordinat di mana arah keatas adalah positif dan permukaan tanah adalah titik asal koordinat ( $y=0$ ).

$$(a) \quad y - y_0 = v_0 t + \frac{1}{2} (-g) t^2 \quad , \quad y = 0$$

$$y_0 = -v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad ; \quad y_0 \text{ adalah ketinggian elevator.}$$

$$= -(6 \text{ m/s})(3 \text{ s}) + \frac{1}{2} (9,81 \text{ m/s}^2)(3 \text{ s})^2$$

$$y_0 = 26,1 \text{ meter.}$$

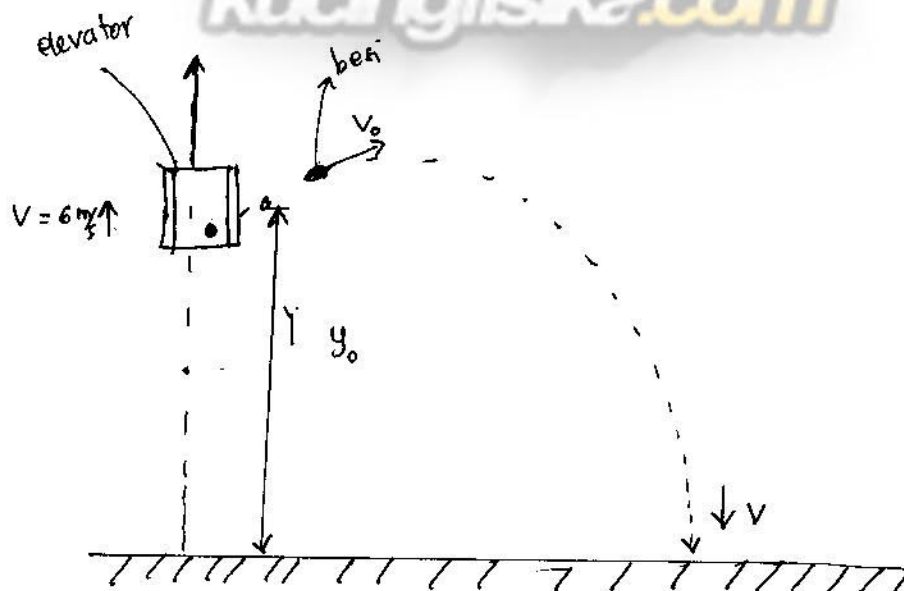
- (b)  $v$  = kecepatan sesaat sebelum menumbuk tanah

$$v = v_0 + at$$

$$= 6 \text{ m/s} - (9,81 \text{ m/s}^2)(3 \text{ s}) = -23,4 \text{ m/s}$$

$$|v| = 23,4 \text{ m/s.}$$

NB: Tanda negatif menunjukkan bahwa arah gerak besi itu ke bawah.



77. Ada sebuah boneka dijatuhkan dari ketinggian 120 meter. Carilah posisi boneka itu saat 1 detik sebelum menyentuh lantai.

Jawaban:

$$\text{Posisi boneka} = 120 \text{ meter} - \Delta y,$$

$\Delta y$ , adalah posisi boneka saat 1 detik sebelum menyentuh lantai.

$$t_{\text{jatuh bebas}} = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \left\{ \frac{2(120 \text{ m})}{9,81 \text{ m/s}^2} \right\}^{\frac{1}{2}} = 4,95 \text{ detik}$$

Ini adalah waktu tempuh sampai boneka itu menyentuh lantai.

1 detik sebelum menyentuh lantai adalah  $4,95 - 1 = 3,95$  detik.

Pada  $t = 3,95$  detik, posisi boneka adalah:

$$y_t = \frac{1}{2} (g) t^2 = \frac{1}{2} (9,81 \text{ m/s}^2) (3,95 \text{ detik})$$

$$y_t = 76,4 \text{ meter.}$$

78. Sebuah benda dijatuhkan dari suatu ketinggian H. Selama detik terakhir jatuhnya benda itu, ia telah menempuh jarak 38 meter. Berapakah ketinggian H itu?

Jawaban:

Rumus gerak jatuh bebas, di mana  $v_0 = 0$ :  $v_f^2 = v_0^2 + 2ah$ .

$$H = \frac{v_f^2}{2g}$$

$$\text{kecepatan rata-rata, } v_{av} = \frac{v_{f-1} + v_f}{2} = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{38 \text{ meter}}{1 \text{ s}} = 38 \text{ m/s}$$

di mana  $v_{f-1}$  adalah kecepatan saat  $t = 1$  sekon dan  $v_f$  adalah kecepatan akhir

$$v_{f-1} + v_f = 2(38 \text{ m/s}) = 76 \text{ m/s.}$$

$$\Delta v = v_f - v_{f-1} = 9,81 \text{ m/s, yaitu perubahan kecepatan benda}$$

selama 1 detik jatuh bebas.

$$v_f = \frac{76 \text{ m/s} + 9,81 \text{ m/s}}{2} = 42,9 \text{ m/s}$$

$$\text{Ketinggian mula-mula, } H = \frac{(42,9 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 93,8 \text{ m.}$$

79. Seorang anak kecil yang ruka uril melempar batu dari atas pohon yang tingginya 200 meter. Ini adalah pohon paling tinggi yang pernah tumbuh di muka Bumi. Selama setengah detik dari gerakan, batu itu telah menempuh jarak 45 m. Anggamlah bahwa anak itu melempar batu secara vertikal ke bawah, tentukanlah kecepatan awal batu itu. Abaikanlah gesekan udara!

Jawaban: Gunakan :  $V_0 = \sqrt{V_f^2 + 2g\Delta y}$

Misal,  $V_{f-1/2}$  adalah kelajuan  $\frac{1}{2}$  detik<sup>2</sup> perjalanan batu itu sebelum menyentuh permukaan tanah dan  $V_f$  adalah kecepatannya sesaat sebelum menyentuh tanah.

$$\text{Kelajuan rata-rata, } V_{av} = \frac{V_{f-1/2} + V_f}{2} = \frac{\Delta x \frac{1}{2} \text{ detik terakhir}}{\Delta t} = \frac{45 \text{ m}}{0,5 \text{ s}} = 90 \text{ m/s}$$

dan

$$V_{f-1/2} + V_f = 2(90 \text{ m/s}) = 180 \text{ m/s.}$$

Perubahan laju batu itu dalam  $\frac{1}{2}$  detik terakhir adalah  $\Delta v$

$$\Delta v = V_f - V_{f-1/2} = g\Delta t$$

$$= (9,81 \text{ m/s}^2)(0,5 \text{ s}) = 4,91 \text{ m/s.}$$

$$\text{Laju akhir, } V_f = \frac{180 \text{ m/s} + 4,91 \text{ m/s}}{2} = 92,5 \text{ m/s}$$

Dengan demikian diperoleh kecepatan awal,  $V_0$  sbb:

$$V_0 = \sqrt{(92,5 \text{ m/s})^2 + 2(9,81 \text{ m/s}^2)(-200 \text{ m})}$$

$$V_0 = 68,1 \text{ m/s.}$$

80. Sebuah koin jatuh bebas dari ketinggian  $H$  dan menempuh jarak  $0,4 H$  selama detik pertama jatuh besarnya itu. Tentukanlah kelajuan rata-rata koin itu selama jatuh bebas!

Jawaban:

Gerak jatuh bebas :  $V_0 = 0$  ;  $a = g$

Kecepatan rata-rata dari koin yang jatuh bebas itu,  $V_{av} = \frac{V_0 + V_f}{2}$

Perpindahan dalam 1 detik:

$$\Delta y_{1 \text{ dtk}} = \frac{gt^2}{2} = 4,91 \text{ m} = 0,4 h \Rightarrow h = 12,3 \text{ meter}$$

$$V_f = \sqrt{2g\Delta y} \quad \text{dari pers. } V_f^2 = V_0^2 + 2g\Delta y ; V_0 = 0.$$

$$V_f = \sqrt{2(9,81 \text{ m/s}^2)(12,3 \text{ m})} = 15,5 \text{ m/s}$$

$$\text{Kecepatan rata-rata, } V_{av} = \frac{0 + 15,5 \text{ m/s}}{2} = 7,77 \text{ m/s.}$$