

BAB III

GERAK LURUS

3.1 PENDAHULUAN

Kinematika partikel mempelajari gerak suatu partikel tanpa meninjau penyebab partikel itu dapat bergerak. Gerakan ini mengamati bentuk lintasan yang ditulis dalam persamaan matematika, kecepatan gerakan, dan percepatan gerakan partikel tersebut. Satuannya menggunakan satuan sistem Internasional (SI).

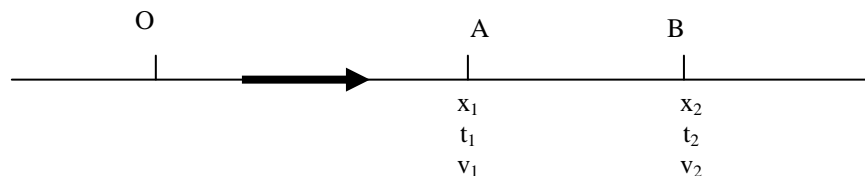
Gerakan suatu materi atau partikel memerlukan kerangka acuan. Kerangka acuan yang sering digunakan adalah kerangka atau koordinat sumbu Cartesian. Dalam gerak lurus sumbu koordinat yang digunakan hanya satu. Gerak lurus disebut juga dengan gerak satu dimensi.

3.2 VEKTOR POSISI, KECEPATAN DAN PERCEPATAN.

Untuk menjelaskan tentang konsep gerak lurus, pertama akan dijelaskan beberapa besaran fisis yang nantinya akan digunakan. Besaran-besaran fisis tersebut diantaranya, posisi, kecepatan dan percepatan.

3.2.1 POSISI

Andaikan sebutir partikel bergerak searah sumbu-x. Posisi partikel setiap waktu dinyatakan oleh jaraknya dari titik awal (acuan) O.

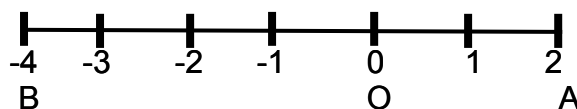


Gambar 3.1 : Posisi partikel dinyatakan dari titik acuan O pada sumbu-x.

Posisi partikel dinyatakan sebagai pergeseran sumbu-x sebagai fungsi waktu dengan hubungan $x = f(t)$. Pergeseran x bertanda positif (+) bila bergeser ke arah kanan dan bertanda negatif (-) bila bergeser ke arah kiri.

Andaikan pada waktu t_1 partikel berada di titik A, dengan $OA = x_1$. Pada waktu t_2 partikel itu sudah berada di titik B, dengan $OB = x_2$. Partikel bergerak dari titik A ke titik B dengan pergeseran $OB - OA = \Delta x = x_2 - x_1$ dalam selang waktu $\Delta t = t_2 - t_1$.

Contoh :



Dari gambar dapat dilihat :

Jarak
 OA = 2 satuan
 OB = 4 satuan
 OBA = jarak OB + jarak BA
 = 4 + 6
 = 10 satuan

jarak selalu berharga positif

Perpindahan OA = posisi A – posisi O
 = 2 – 0
 = 2 satuan
 OB = posisi B – posisi O
 = -4 - 0
 = -4 satuan

tanda negatif menunjukkan perpindahan kearah kiri

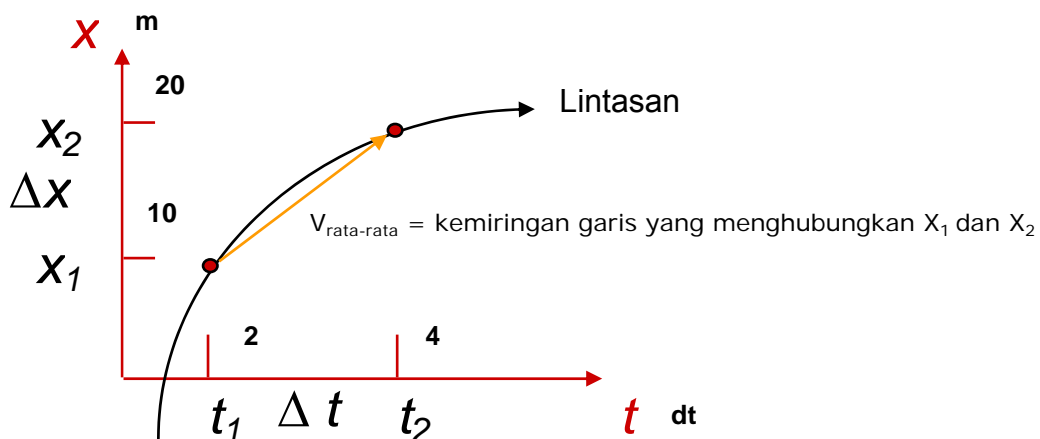
OBA = perpindahan OB + perpindahan BO + perpindahan OA
 Karena perpindahan OB = - BO, maka perpindahan

OBA = perpindahan OA
 = posisi A – posisi O
 = 2 – 0
 = 2 satuan

3.2.2 Kecepatan Rata-rata.

Perbandingan antara pergeseran dengan selang waktu yang digunakan disebut kecepatan rata-rata \bar{v} .

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad 3.1$$



Gambar 3.2 : Kecepatan rata-rata suatu partikel sebagai slope x fungsi t.

Jadi, kecepatan rata-rata selama selang waktu tertentu sama dengan pergeseran rata-rata per satuan waktu selama selang waktu tersebut. Definisi kecepatan rata-rata ini identik dengan definisi kemiringan garis dari x sebagai fungsi t pada matematika. Untuk jelasnya perhatikanlah Gambar 3.2. Pada gambar terlihat bahwa $\Delta x = 10$ m dan $\Delta t = 2$ detik, sehingga slope adalah $\Delta x/\Delta t = 10/2 = 5$ m/s, dan merupakan kecepatan rata-rata pada selang waktu detik ke-2 dengan detik ke-4.

Contoh

Sebuah benda titik bergerak sepanjang sumbu x mula-mula pada $t = 1$ s berada pada $x = 12$ m dan pada $t = 3$ s berada pada $x = 4$ m. tentukan pergeseran, kecepatan rata-rata dan laju rata-rata antara selang waktu tersebut.

Penyelesaian :

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Perpindahan } \Delta x &= x_t - x_o \\ &= x_3 - x_1 \\ &= 4\text{m} - 12\text{m} \\ &= -8\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta t &= 3\text{s} - 1\text{s} \\ &= 2\text{s} \end{aligned}$$

Jadi kecepatan rata-rata

$$\begin{aligned} v &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ &= \frac{4 - 12}{3 - 1} \\ &= \frac{-8}{2} \\ &= -4 \text{ m.s}^{-1} \end{aligned}$$

Tanda negatif berarti arah kecepatan rata-rata ke arah negatif

$$\text{Laju rata-rata} = \frac{8}{2} = 4 \text{ ms}^{-1}$$

3.2.3 Kecepatan Sesaat

Untuk menentukan kecepatan sesaat di titik A ataupun di titik B pada Gambar 3.1 di atas, harus ditentukan selang waktu Δt sesingkat mungkin, sehingga tidak terjadi perubahan kondisi gerakan yang terjadi pada selang

waktu yang sangat pendek tersebut. Dalam bahasa matematika disebut harga limit perbandingan Δx dengan Δt apabila Δt menuju ke nol.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{dx}{dt} \quad 3.2$$

Merupakan turunan dari pergeseran (perpindahan) x terhadap waktu atau derivatif x terhadap t .

$$v = \frac{dx}{dt} \quad 3.3$$

Kecepatan suatu benda dapat ditentukan dengan mengukur selang waktu Δt pada dua titik yang sangat berdekatan di lintasan yang dilalui benda tersebut. Jika kecepatan merupakan fungsi waktu, $v = f(t)$, posisi x suatu partikel dapat ditentukan dengan mengintegalkan Persamaan (3.3) setelah ditulis menjadi $dx = v dt$.

$$\int_{x_1}^{x_2} dx = \int_{t_1}^{t_2} v dt \quad 3.4$$

Dengan x_1 adalah harga x ketika waktunya t_1 dan x_2 adalah harga x ketika waktunya t_2 . Jadi :

$$x_2 - x_1 = \int_{t_1}^{t_2} v dt \quad \text{atau} \quad x_2 = x_1 + \int_{t_1}^{t_2} v dt \quad 3.5$$

Contoh :

1. Posisi sebuah partikel yang bergerak sepanjang garis lurus dinyatakan dalam $x = 2.t^2$, Hitunglah kecepatan benda pada saat $t = 2$ s

Jawab:

persamaan posisi : $x = 2.t^2$
 $t = 2$ s

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d(2.t^2)}{dt}$$

$$\begin{aligned} &= 4.t \\ \text{Pada } t &= 2 \text{ s} \\ v &= 4 \times 2 \\ &= 8 \text{ m.s}^{-1} \end{aligned}$$

2. Misalkan perpindahan sebuah benda titik ditentukan oleh:
 $x = -4t + 2t^2$ (x dalam m dan t dalam s).

Tentukan:

- Perpindahan antara $t = 0$ dan $t = 1$ s, $t = 1$ s dan $t = 3$ s
- Kecepatan rata-rata pada selang waktu dipertanyaan (a).
- Kecepatan sesaat pada $t = 3$ s

Jawab:

a. perpindahan :

$$\begin{aligned}x_0 &= 0 \\x_1 &= -4 + 2 \\&= -2\text{m} \\x_3 &= -4 \cdot 3 + 2 \cdot 3^2 \\&= -12 + 18 \\&= 6\text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta x_{0-1} &= x_1 - x_0 \\&= -2 - 0 \\&= -2 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta x_{1-3} &= x_3 - x_1 \\&= 6 - (-2) \\&= 6 + 2 \\&= 8 \text{ m}\end{aligned}$$

b. kecepatan rata-rata

$$\begin{aligned}v_{0-1} &= \frac{\Delta x_{0-1}}{\Delta t} \\&= \frac{-2}{1} \\&= -2 \text{ m s}^{-1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v_{1-3} &= \frac{\Delta x_{1-3}}{\Delta t} \\&= \frac{8}{2} \\&= 4 \text{ m s}^{-1}\end{aligned}$$

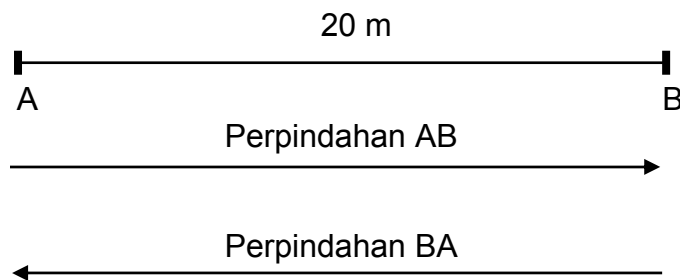
c. kecepatan sesaat :

$$\begin{aligned}v &= \frac{dx}{dt} \\&= \frac{d(-4t + 2t^2)}{dt} \\&= -4 + 4t\end{aligned}$$

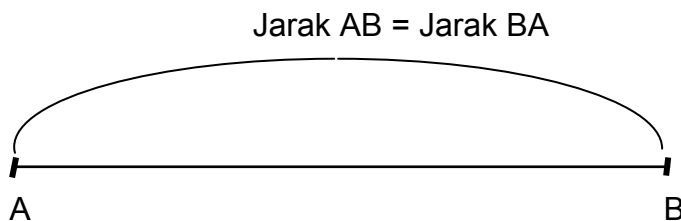
$$\begin{aligned}
 \text{Pada } t &= 3 \text{ s} \\
 v_3 &= -4 + 4 \cdot 3 \\
 &= -4 + 12 \\
 &= 8 \text{ m s}^{-1}
 \end{aligned}$$

3. Sebuah benda bergerak lurus dari titik A ke B yang berjarak 20 m. Kemudian benda kembali ke A melalui lintasan yang sama. Total waktu yang diperlukan 20 detik. Hitung berapa kecepatan dan kelajuan dari benda tersebut

Penyelesaian :



$$\begin{aligned}
 \text{Perpindahan ABA} &= 20 - 20 \\
 &= 0 \text{ m}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Jarak ABA} &= 20 + 20 \\
 &= 40 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan} &= \frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu}} \\
 &= \frac{0}{20} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kelajuan} &= \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}} \\
 &= \frac{40}{20} \\
 &= 2 \text{ m.s}^{-1}
 \end{aligned}$$

3.2.4 Gerakan Dengan Kecepatan Tetap

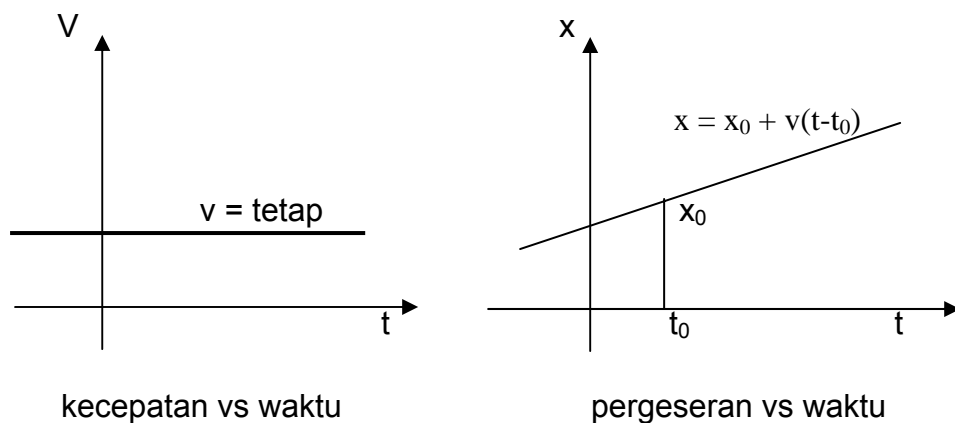
Istilah kecepatan tetap menggambarkan turunan terhadap waktu. Dinyatakan dengan persamaan $v = v_0 = \text{konstanta}$. Untuk mendapatkan sifat posisi adalah dengan cara mengintegalkan kecepatan :

$$x = \int v dt = \int v_0 dt = v_0 t + \text{konsanta} \quad 3.6$$

Dalam keadaan ini, konstanta merupakan posisi awal saat mulai bergerak, x_0 . Jadi, persamaan posisi untuk kecepatan tetap :

$$x = x_0 + v_0 t \quad 3.7$$

Gerakan partikel dengan kecepatan yang selalu tetap disebut gerakan uniform. Berikut dilukiskan grafik gerakan partikel dengan kecepatan konstan.



Gambar 3-3 : Grafik percepatan dan perpindahan dalam gerakan uniform.

3.2.5 Percepatan

Perhatikan Gambar 3-1 di atas. Apabila kecepatan partikel A disebut v_1 dan kecepatan di B adalah v_2 , maka selisih kecepatan itu dibanding dengan selang waktunya disebut percepatan rata-rata antara posisi A dengan posisi B.

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad 3.8$$

Jadi, percepatan rata-rata selama selang waktu tertentu adalah perubahan dalam kecepatan per satuan waktu selama selang waktu tersebut. Apabila selang waktu atau interval Δt sangat kecil sehingga mendekati nol, maka limit kecepatan rata-rata disebut percepatan sesaat atau percepatan.

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad 3.9$$

Atau

$$a = \frac{dv}{dt} \quad 3.10$$

Jadi, percepatan merupakan turunan atau derivatif kecepatan terhadap waktu. Jika percepatan diketahui, kecepatan dapat diperoleh dengan cara mengintegrasikan Persamaan (3.10). Dari persamaan (3.10), $dv = a dt$ diintegrasikan, diperoleh :

$$\int_{v_1}^{v_2} dv = \int_{t_1}^{t_2} a dt \quad 3.11$$

Dengan v_1 adalah kecepatan pada t_1 dan v_2 adalah kecepatan pada t_2 . Selanjutnya, apabila :

$$\int_{v_1}^{v_2} dv = v_2 - v_1$$

maka

$$v_2 = v_1 + \int_{t_1}^{t_2} a dt \quad 3.12$$

Karena kecepatan v merupakan turunan dari pergeseran x terhadap waktu, maka percepatan a merupakan turunan kedua dari pergeseran x terhadap waktu t .

$$a = \frac{d^2 x}{dt^2} \quad 3.13$$

Contoh :

Gerak suatu benda ditentukan oleh $\mathbf{v} = (40 - 5t^2) \text{ ms}^{-1}$

Tentukan:

- Percepatan rata-rata pada selang waktu $t = 0$ dan $t = 2\text{ s}$
- Percepatan pada $t = 2\text{ s}$

Jawab:

- percepatan rata – rata :

$$\mathbf{v} = 40 - 5t^2$$

$$\mathbf{v}_0 = 40 \text{ ms}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_2 &= 40 - 5 \cdot 2^2 \\ &= 40 - 20 \\ &= 20 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

Jadi

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_{0-2} &= \frac{v_2 - v_0}{t_2 - t_0} \\ &= \frac{20 - 40}{2 - 0} \\ &= -10 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

b. percepatan pada $t = 2 \text{ s}$

$$\begin{aligned} a_2 &= \frac{d(40 - 5t^2)}{dt} \\ &= -10.t \end{aligned}$$

pada $t = 2 \text{ s}$

$$\begin{aligned} a &= -10.2 \\ &= -20 \text{ m.s}^{-2} \end{aligned}$$

jadi mengalami perlambatan sebesar 20 m.s^{-2} , karena a bernilai negatif

3.2.6 Gerakan Dengan Percepatan Tetap

Suatu objek dengan percepatan tetap disebut gerakan dengan percepatan uniform. Misalnya, suatu benda yang jatuh bebas mempunyai percepatan yang selalu tetap. Dari Persamaan (3.10) terlihat bahwa $dv = a dt$. Apabila diintegrasikan, diperoleh :

$$\int_{v_1}^{v_2} dv = \int_{t_1}^{t_2} a dt \quad 3.14$$

Atau

$$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1) \quad 3.15$$

Sehingga

$$v_2 = v_1 + a(t_2 - t_1) \quad 3.16$$

Hubungan pergeseran x dengan waktu t , diperoleh dari Persamaan (3.5) dan Persamaan (3.16) :

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 + \int_{t_1}^{t_2} [v_1 + a(t_2 - t_1)] dt \\ &= x_1 + v_1(t_2 - t_1) + \frac{1}{2} a(t_2 - t_1)^2 \end{aligned} \quad 3.17$$

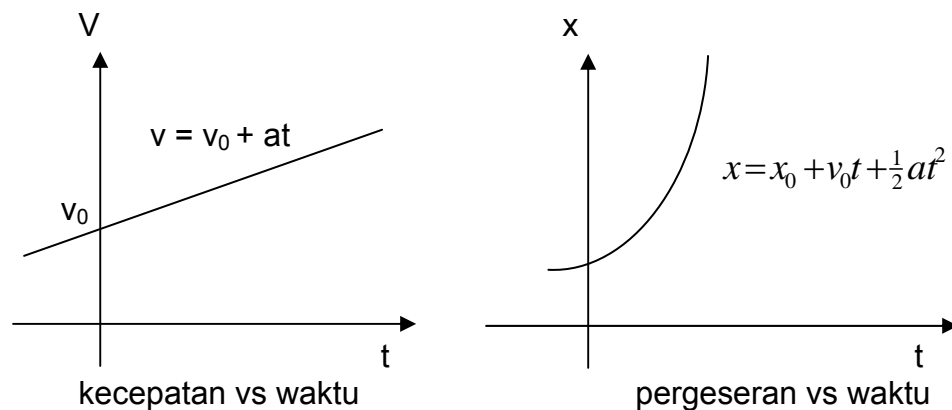
Apabila $t_1 = 0$, $t_2 = t$, v_1 menjadi v_0 , v_2 menjadi v , x_1 menjadi x_0 dan x_2 menjadi x , maka Persamaan (3.16) dan Persamaan (3.17) menjadi :

$$v = v_0 + at \quad 3.18$$

Dan

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad 3.19$$

Dalam hal ini x_0 dan v_0 adalah kondisi awal dari gerak partikel searah sumbu- x . Persamaan (3.18) dan Persamaan (3.19) sering disebut persamaan gerak lurus berubah beraturan. Perlu diketahui bahwa x , v dan a dapat bertanda positif atau negatif. Mereka adalah vektor. Gambar 3-5 melukiskan grafik kecepatan dan perpindahan gerakan dengan percepatan konstan.



Gambar 3-5 : Grafik kecepatan dan perpindahan pada percepatan konstan

Contoh :

1. Sebuah mobil bergerak dengan dengan kecepatan tetap pada jalan tol. Pada jarak 10 km dari gerbang tol mobil bergerak dengan kecepatan tetap 90 km/jam selama 15 menit. Hitung posisi setelah 15 menit tersebut. Hitung juga jarak yang ditempuh selama 15 menit tersebut.

Penyelaesaian :

Diketahui :

$$\begin{aligned} x_0 &= 10 \text{ km} \\ &= 10.000 \text{ m} \\ v_0 &= 90 \text{ km/ jam} = 90 \text{ 000 m} / 36 \text{ 000 s} \\ &= 25 \text{ m/s} \\ t &= 15 \text{ menit} \cdot 60 \text{ s} \\ &= 900 \text{ s} \end{aligned}$$

Ditanya : x ? Jarak ?

Jawab :

Posisi mobil setelah : 15 menit

$$\begin{aligned}x &= x_0 + v.t \\ &= 10.000 + 25 \times 900 \\ &= 32.500 \text{ m}\end{aligned}$$

posisi mobil tersebut 32 500 m setelah 15 menit

Jarak yang ditempuh setelah 15 menit

$$\begin{aligned}\text{Jarak} &= v.t \\ &= 25 \times 900 \\ &= 22\,500 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Sebuah sepeda motor bergerak lurus beraturan dengan kecepatan tetap, dalam waktu 2 detik menempuh jarak 100 m. Tentukanlah :
- kecepatan sepeda motor
 - waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak 25 m

Penyelesaian :

Diketahui :

$$\begin{aligned}\Delta x &= 100 \text{ m} \\ t &= 2 \text{ s}\end{aligned}$$

Ditanya : v ? dan t ? pada $\Delta x = 25 \text{ m}$

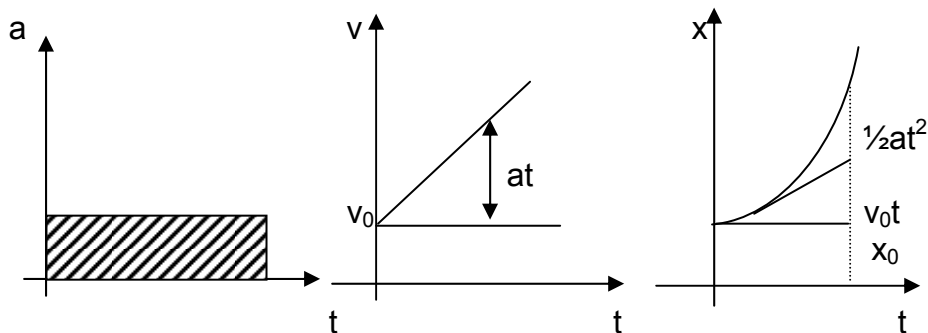
Jawab :

$$\begin{aligned}\text{a. } \Delta x &= v.t \\ v &= \frac{\Delta x}{t} \\ &= \frac{100}{2} \\ &= 50 \text{ m.s}^{-1}\end{aligned}$$

b. untuk $\Delta x = 25 \text{ m}$, maka waktu yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned}\Delta x &= v.t \\ t &= \frac{\Delta x}{v} \\ &= \frac{25}{50} \\ &= 0.5 \text{ s}\end{aligned}$$

Integral untuk memperoleh Persamaan (3.17) yang dilanjutkan dengan Persamaan (3.19) dapat dievaluasi dengan prosedur grafis seperti dilukiskan pada Gambar 3-6.



Gambar 3-6 : Kinematika percepatan tetap dalam integrasi grafis.

Grafik pertama menunjukkan bahwa luas antara $t = 0$ dan waktu t lainnya adalah sebesar at . Konstanta integrasi dapat dinyatakan oleh kecepatan awal v_0 . Grafik kedua menunjukkan hasil grafik kecepatan terhadap waktu. Luas di bawah kurva ini, tergantung pada waktu t , jumlah dari luasan persegi panjang yang di bawah, diberikan oleh v_0t dan luasan segitiga di atasnya. Segitiga yang alasnya t dan tinggi at , mempunyai luas $\frac{1}{2} at^2$. Konstanta integrasi pada integral di atas dilambangkan dengan x_0 , sehingga diperoleh :

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad 3.20$$

Penyelesaian akhir ditunjukkan oleh grafik ketiga Gambar 3-6, Pada gambar itu dapat dilihat sokongan tiap suku dari ketiga suku tersebut.

Contoh :

1. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 27 km/jam, kemudian mobil dipercepat dengan percepatan 2 m/s^2 . Hitunglah kecepatan dan jarak yang ditempuh selama 5 detik, setelah percepatan tersebut.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } v_0 &= 27 \text{ km/jam} = 27\,000 \text{ m} / 3\,600 = 7,5 \text{ m.s}^{-1} \\ x_0 &= 0 \\ a &= 2 \text{ m.s}^{-2} \\ t &= 5 \text{ s} \end{aligned}$$

Ditanya : $v?$ $X?$

Jawab :

$$\begin{aligned}
 v &= v_0 + a.t \\
 &= 7,5 + 2.5 \\
 &= 7,5 + 10 \\
 &= 17,5 \text{ m.s}^{-1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a.t^2 \\
 &= 0 + 7,5 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 5^2 \\
 &= 37,5 + 25 \\
 &= 62,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

kecepatan mobil : $17,5 \text{ m.s}^{-1}$ dan jarak yang ditempuh : 62,5 m

2. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 54 km/jam. Tiba-tiba mobil direm dan berhenti setelah 2 detik. Hitunglah jarak yang ditempuh selama pengereman.

Penyelesaian :

Diketahui :

Setelah 2 s mobil berhenti berarti $v = 0 \text{ m.s}^{-1}$

$$\begin{aligned}
 v_0 &= 54 \text{ km/jam} \\
 &= 15 \text{ m.s}^{-1} \\
 t &= 2 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Ditanya : x?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 v &= v_0 + a.t \\
 a &= \frac{v - v_0}{t} \\
 &= \frac{0 - 15}{2} \\
 &= -7,5 \text{ m.s}^{-2} \text{ (terjadi perlambatan)} \\
 x &= x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a.t^2 \\
 &= 0 + 15 \cdot 2 + \frac{1}{2} (-7,5) \cdot 2^2 \\
 &= 30 - 15 \\
 &= 15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

jadi jarak yang ditempuh selama pengereman : 15 m

3. Sebuah benda bergerak dengan kecepatan 25 m/s. Setelah menempuh jarak 500 m kecepatan benda menjadi 10 m/s. Hitunglah perlambatan benda tersebut.

Penyelesaian :

Diketahui :

$$\begin{aligned} v_0 &= 25 \text{ m.s}^{-1} \\ v_t &= 10 \text{ m.s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ x_t &= 500 \text{ m} \end{aligned}$$

Ditanya : a?

Jawab :

Karena waktu tidak diketahui dan ditanya adalah a maka kita pakai rumus:

$$\begin{aligned} v^2 &= v_0^2 + 2.a.\Delta x \\ a &= \frac{v^2 - v_0^2}{2.\Delta x} \\ &= \frac{10^2 - 25^2}{2.(500 - 0)} \\ &= -0,525 \text{ m.s}^{-2} \end{aligned}$$

4. Sebuah truk bergerak dengan kecepatan tetap 90 km/jam. Tiba-tiba truk direm mendadak dengan perlambatan dengan perlambatan 8 m/s². Berapa waktu yang dibutuhkan truk untuk menempuh jarak 21 m dari saat bus tersebut direm .

Penyelesaian :

Diketahui :

$$\begin{aligned} v_0 &= 90 \text{ km/jam} = 25 \text{ m.s}^{-1} \\ a &= -8 \text{ m.s}^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ x_t &= 21 \text{ m} \end{aligned}$$

Ditanya : t ?

Jawab :

$$\begin{aligned} x &= x_0 + v_0.t + \frac{1}{2}a.t^2 \\ &= 0 + 25.t + \frac{1}{2}(-8).t^2 \\ 21 &= 25.t - 4.t^2 \end{aligned}$$

merupakan persamaan kuadrat :

$$-4.t^2 + 25.t - 21 = 0$$

deselesaikan dengan penyelesaian persamaan kuadrat

$$(4.t - 21) (t - 1) = 0$$

$$4.t = 21$$

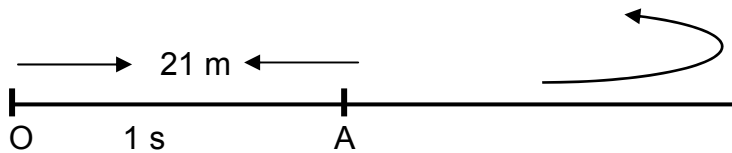
$$t_1 = \frac{21}{4}$$

$$= 5,25 \text{ s}$$

$$t - 1 = 0$$

$$t_2 = 1 \text{ s}$$

disini kita dapat dua harga t, dapat dijelaskan sbb:
perhatikan gambar :



pertama kali kereta melewati titik A dalam waktu 1 detik, namun kerana kereta terus diperlambat maka kecepatan kereta akhirnya negatif, karena bergerak mundur dan akan kembali ke titik A dalam waktu 5,25 detik

3.3 Jatuh Bebas

Jika suatu objek sedang jatuh hanya oleh pengaruh gaya gravitasi bumi, objek itu disebut dalam keadaan jatuh bebas. Umumnya hambatan udara menghindarkan jatuh bebas yang sebenarnya, namun hambatan itu bisa diabaikan untuk jarak jatuh yang dekat. Galileo Galilei (1564-1642) dikenal sebagai penyelidik benda jatuh bebas yang dijatuhkannya dari menara sebuah gereja. Ia menemukan besar percepatan jatuh bebas sebuah benda, dilambangkan dengan g , dengan

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2 \text{ atau } g = 32,2 \text{ ft/ s}^2 \quad 3.21$$

Sering kali harga ini dibulatkan menjadi 10 m/s^2 dan 32 ft/ s^2 dengan koreksi sekitar 2 % dan 2/3 %. Pembulatan ini biasanya digunakan pada perhitungan-perhitungan. Harga g bervariasi di titik-titik yang berbeda pada permukaan bumi.

Apabila arak ke atas adalah y positif, maka persamaan (3.19) untuk benda jatuh bebas dengan kecepatan awal nol dapat ditulis :

$$y = y_0 - \frac{1}{2} g t^2 \quad 3.22$$

Dengan y_0 adalah tinggi mula-mula dari objek dan kecepatan mula-mula 0. tanda negatif (-) pada suku kedua menyatakan fakta bahwa percepatan arahnya ke bawah, sehingga harga y mengecil terhadap waktu. Kecepatan v dalam arah negatif (ke bawah) dapat dilihat dengan menuliskan Persamaan (3.18) dengan $v_0 = 0$ dan percepatan dalam arah y negatif :

$$v = (-g)t = -gt \quad 3.23$$

Catatan : g dinyatakan hanya besarnya dan merupakan bilangan positif.

Contoh :

1. Sebuah benda di jatuhkan pada ketinggian 125 m tanpa kecepatan awal. Jika percepatan awal 10 m.s^{-2} , hitunglah waktu yang dibutuhkan untuk benda sampai di tanah

Jawab :

Diket :

$$\begin{aligned} y_0 &= 125 \text{ m} \\ g &= 10 \text{ m.s}^{-2} \\ y &= 0 \\ v_{0y} &= 0 \end{aligned}$$

Ditanya : t ?

Jawab :

$$\begin{aligned} y &= y_0 + v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \\ 0 &= 125 + 0 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2 \\ 0 &= 125 - 5 t^2 \\ 5t^2 &= 125 \\ t^2 &= \frac{125}{5} \\ &= 25 \\ t &= \sqrt{25} \\ &= 5 \text{ s} \end{aligned}$$

2. Sebuah bola dilempar keatas dengan kecepatan 20 m.s^{-1} , jika percepatan jatuh bebas 10 m.s^{-2} .

a. Berapa lama bola tersebut mencapai titik tertinggi?

b. Berapa ketinggian maksimum yang dicapai bola ?

Jawab :

Diketahui :

$$\begin{array}{ll} v_{0y} & = 20 \text{ m.s}^{-1} & v_y & = 0 \\ g & = 10 \text{ m.s}^{-2} & y_0 & = 0 \end{array}$$

Ditanya : y ? t ?

Jawab :

$$\begin{array}{ll} v_y & = v_{0y} - g.t \\ 0 & = 20 - 10.t \\ 10.t & = 20 \\ t & = \frac{20}{10} \\ & = 2 \text{ s} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} y & = y_0 + v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g.t^2 \\ & = 0 + 20 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2 \\ & = 40 - 5 \cdot 4 \\ & = 40 - 20 \\ & = 20 \text{ m} \end{array}$$

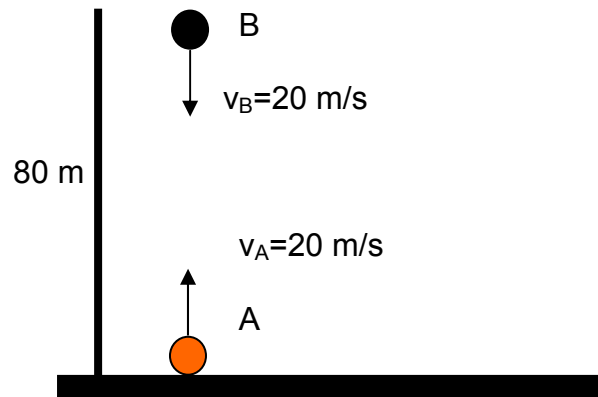
benda menacapai ketinggian 20 m dalam waktu 2 s

3. Sebuah bola dilempar vertikal keatas dengan kecepatan awal 20 m/s dari atas tanah. Bola yang lain dilepas dari ketinggian 80 m dengan kecepatan awal 20 m/s. Dititik mana kedua bola akan bertemu.

Jawab : misalkan kedua bola bertemu pada ketinggian h .

Diketahui :

$$\begin{array}{ll} v_{0A} & = 20 \text{ m/s} \\ y_{0A} & = 0 \\ v_{0B} & = -20 \text{ m/s} \\ y_{0B} & = 80 \text{ m} \\ g & = 10 \text{ m/s}^2 \\ y_B & = y_A = h \end{array}$$



Jawab : h?

$$\begin{aligned}
 y_A &= y_B \\
 y_{0A} + v_{0yA} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 &= y_{0B} + v_{0yB} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \\
 0 + 20 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2 &= 80 - 20 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2 \\
 40 \cdot t &= 80 \\
 t &= 2 \text{ s} \\
 h &= y_A \\
 &= y_{0A} + v_{0yA} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \\
 &= 0 + 20 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \\
 &= 20 \cdot (2) - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (2)^2 \\
 &= 40 - 5 \cdot 4 \\
 &= 40 - 20 \\
 &= 20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

kedua bola bertemu pada ketinggian 20 m dari permukaan tanah

SOAL – SOAL LATIHAN
A. PILIHAN GANDA :

1. Sebuah partikel bergerak dari keadaan diam pada suatu gerak lurus. Persamaan eraknya dapat dinyatakan sebagai $x = t^3 - 2t^2 + 3x$ dalam m dan t dalam s . Kecepatan partikel pada $t = 5$ sekon adalah:

A. 25 m/s	D. 55 m/s
B. 30 m/s	E. 60 m/s
C. 45 m/s	

2. Posisi sebuah benda dinyatakan dengan persamaan :
 $r = \{(15t\sqrt{3})i + (15t - 5t^2)j\}$ m. Setelah benda bergerak selama 1,5 sekon, kelanjutannya menjadi :

A. 0 m s^{-1}	D. $22,5 \text{ m s}^{-1}$
B. 15 m s^{-1}	E. $15 \sqrt{3} \text{ m s}^{-1}$
C. $11,5 \sqrt{3} \text{ m s}^{-1}$	

3. Gerak sebuah benda memiliki persamaan posisi $r = (8t - 4)i + (-3t^2 + 6t)j$. Semua besaran menggunakan satuan dasar SI. Dari pernyataan berikut :
 - (1). Benda bergerak lurus berubah beraturan
 - (2). Memiliki koordinat awal $(-4,0)$ m
 - (3). Setelah 1 s, perpindahannya 5 m
 - (4). Setelah 1 s, kecepatannya menjadi 8 m/s
 Yang berkaitan dengan gerak pada persamaan diatas adalah....

A. (1),(2), dan (3)	D. (2),(3), dan (4)
B. (1) dan (3)	E. (2) dan (4)
C. (1) dan (4)	

4. Gerak sebuah benda memiliki persamaan posisi $r = (-6 - 3t)i + (8 + 4t)j$. Semua besaran menggunakan satuan dasar SI. Dari persamaan tersebut disimpulkan sebagai berikut:
 - (1). Koordinat awal $(-6,8)$ m
 - (2). Kelajuan awal 10 m/s
 - (3). Lintasanya lurus
 - (4). Perpindahannya 7 m tiap sekon
 Kesimpulan yang benar adalah

A. (1),(2), dan (3)	D. (2) dan (4)
B. (1),(2),(3) dan (4)	E. (4) saja
C. (1) dan (3)	

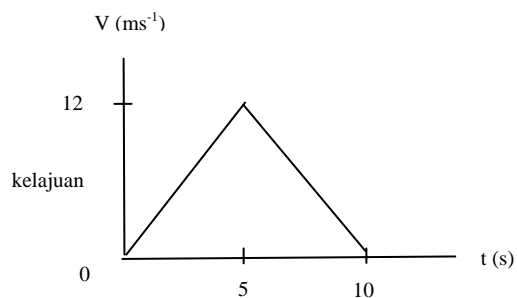
5. Sebuah benda bergerak lurus dengan persamaan kecepatan :
 $V = \{4i + (2t + 2 \frac{1}{3})j\} \text{ m s}^{-1}$

Jika posisi benda mula-mula di pusat koordinat, maka perpindahan benda selama 3 sekon adalah

- A. 10 m
 B. 20 m
 C. 30 m
 D. 40 m
 E. 50 m

Untuk soal 6 dan 7

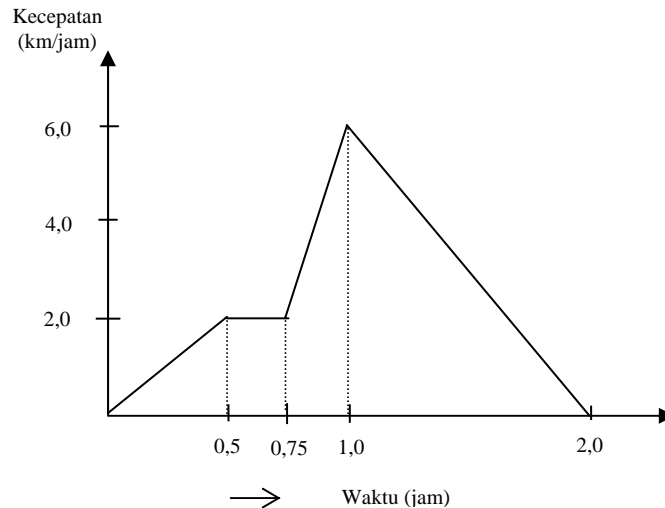
Grafik kelajuan waktu sebuah partikel yang sedang bergerak sepanjang suatu garis lurus dengan arah tertentu ditunjukkan seperti gambar berikut ini.



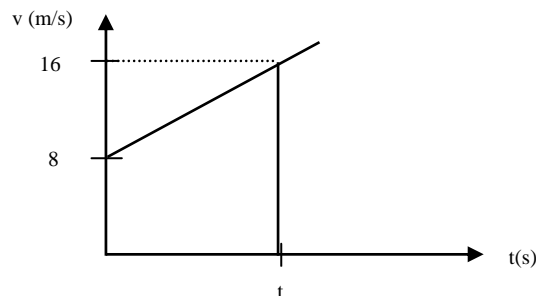
6. Kelajuan rata-rata partikel dalam waktu $t = 0$ sampai dengan $t = 10$ s adalah :
- A. 12 m s^{-1}
 B. 10 m s^{-1}
 C. 8 m s^{-1}
 D. 6 m s^{-1}
 E. 5 m s^{-1}
7. Kelajuan rata-rata partikel dalam waktu $t = 2$ s sampai dengan $t = 6$ s adalah :
- A. 12 m s^{-1}
 B. $9,0 \text{ m s}^{-1}$
 C. $7,2 \text{ m s}^{-1}$
 D. $6,0 \text{ m s}^{-1}$
 E. $5,0 \text{ m s}^{-1}$
8. Perpindahan sebuah partikel dalam waktu t diberikan oleh $x = t^2(t+1)$, x dalam m dan t dalam s. Percepatan partikel setelah bergerak 4 sekon:
- A. 16 m/s^2
 B. 26 m/s^2
 C. 40 m/s^2
 D. 56 m/s^2
 E. 80 m/s^2
9. Perpindahan suatu benda dinyatakan oleh $r = 4t^2i - (3t^2 + 4t)j$, r dalam m dan t dalam s, Percepatan benda setelah 2 sekon adalah :
- A. 5 m/s^2
 B. 8 m/s^2
 C. 10 m/s^2
 D. 12 m/s^2
 E. 15 m/s^2

Untuk soal 10 dan 11

Sebuah mobil bergerak dari suatu tempat ke tempat lainnya dalam selang waktu 2 jam dengan grafik kecepatan-waktu seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

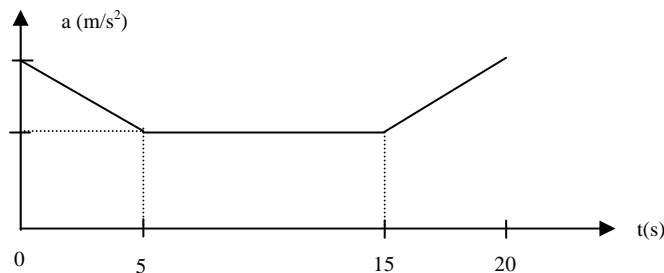


10. Percepatan maksimum yang dialami selama gerak mobil adalah :
(dalam km/jam^2)
- A. 4
B. 6
C. 8
D. 16
E. 20
11. Jarak yang ditempuh selama satu jam perjalanan mobil dikur dari tempat awalnya adalah :
- A. 0,75 km
B. 1,0 km
C. 1,5 km
D. 2,0 km
E. 4,0 km
12. Gerak sebuah mobil menghasilkan grafik hubungan kecepatan (v) terhadap waktu (t), yang diperlihatkan pada gambar dibawah. Bila luas daerah di bawah grafik (yang diarsir) 48 m, maka percepatan mobil adalah :
- A. 2 m/s^2
B. 3 m/s^2
C. 4 m/s^2
D. 6 m/s^2
E. 8 m/s^2



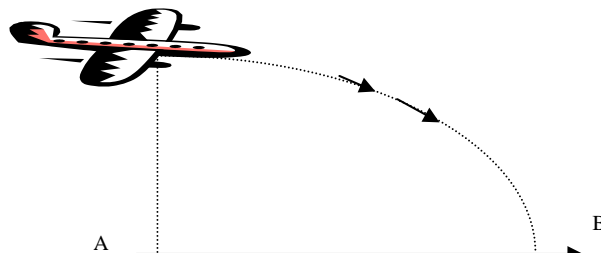
Untuk soal 13 dan 14

Suatu benda bergerak dari keadaan diam dan mengalami percepatan seperti pada kurva di bawah ini.



13. Kecepatan benda pada saat $t = 4$ sekon adalah :
- A. 26,8 m/s
B. 32,4 m/s
C. 44,0 m/s
D. 57,5 m/s
E. 61,9 m/s
14. Kecepatan benda pada saat $t = 10$ sekon adalah :
- A. 30 m/s
B. 40 m/s
C. 50 m/s
D. 60 m/s
E. 70 m/s
15. Percepatan sebuah partikel pada saat t adalah $6t \mathbf{i} - 4 \mathbf{j}$. Mula-mula partikel bergerak dengan kecepatan $2 \mathbf{i}$. Vektor kecepatan partikel pada saat t adalah :
- A. $(2+3t) \mathbf{i} - 4t \mathbf{j}$
B. $(2 - 3t) \mathbf{i} + 4t \mathbf{j}$
C. $(2 - 3t^2) \mathbf{i} + 4t \mathbf{j}$
D. $(2 + 3t^2) \mathbf{i} - 4t \mathbf{j}$
E. $(2 + 3t^2) \mathbf{i} - 4t \mathbf{j}$
16. Sebuah rakit menyeberangi sungai dengan arah kecepatan tegak lurus terhadap arah arus sungai. Kecepatan rakit 0,3 m/s dan kecepatan arus 0,4 m/s. Rakit mencapai seberang dalam waktu 150 sekon. Lebar sungai adalah :
- A. 95 m
B. 75 m
C. 60 m
D. 50 m
E. 45 m
17. Dua kapal A dan B mula-mula berada pada kedudukan yang sama. Pada saat yang bersamaan, kapal A berlayar ke barat dengan kelajuan 30 km/jam dan kapal B berlayar ke utara dengan kelajuan 40 km/jam. Jarak antara kedua kapal setelah berlayar selama $\frac{1}{2}$ jam adalah :
- A. 20 km
B. 25 km
C. 30 km
D. 40 km
E. 50 km

18. Sebuah sungai mengalir dari barat ke timur dengan kelajuan 5 m/menit. Seorang anak pada tepi selatan sungai mampu berenang dengan kelajuan 10 m/menit dalam air tenang. Jika anak itu ingin berenang menyeberangi sungai dengan selang waktu tercepat, maka ia harus berenang dengan sudut θ terhadap arah utara. Nilai $\sin \theta$ adalah :
- A. $\frac{1}{2}$ D. $\frac{2}{5}\sqrt{5}$
 B. 2 E. $\frac{3}{2}\sqrt{2}$
 C. $\frac{2}{3}\sqrt{3}$
19. Air sungai mengalir dari barat ke timur dengan kelajuan c . Seorang anak berenang searah arus sungai dengan kelajuan v sampai menempuh jarak d , kemudian anak tersebut berbalik arah dan berenang menuju ke titik berangkatnya semula. Selang waktu yang ditempuh anak itu adalah:
- A. $\frac{2d}{v+c}$ D. $\frac{2dv}{v^2 - c^2}$
 B. $\frac{2d}{v-c}$ E. $\frac{2dv}{v^2 + c^2}$
 C. $\frac{3dv}{v^2 - c^2}$
20. Bola P beratnya dua kali bola Q. P dijatuhkan vertical ke bawah dari atap sebuah gedung dan pada saat bersamaan Q dilempar horizontal pada kelajuan tinggi. Abaikan gesekan udara dan tentukan pernyataan mana berikut ini yang benar :
- A. P menumbuk tanah sebelum Q
 B. Q menumbuk tanah sebelum P
 C. Saat P menumbuk tanah Q berada setengah ketinggian dari tanah
 D. Keduanya menumbuk tanah pada saat bersamaan
 E. Tidak cukup data dalam soal ini untuk memungkinkan kita menentukan jawabannya.
21. Sebuah pesawat terbang bergerak mendarat dengan kecepatan 200 m/s melepaskan bom dari ketinggian 500 m. Jika bom jatuh di B dan $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka jarak AB adalah:

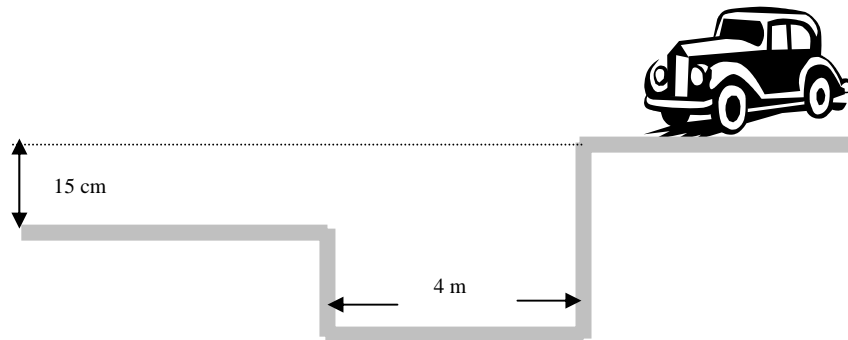


A. 500 m

D. 1.750 m

- B. 1.000 m
C. 1.500 m
- E. 2.000 m

22. Sebuah mobil hendak menyeberang sebuah parit yang lebarnya 4,0 meter. Perbedaan tinggi antara kedua sisi parit itu adalah 15 cm seperti yang ditunjukkan oleh gambar di bawah ini. Jika percepatan gravitasi $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka kelajuan minimum yang diperlukan oleh mobil itu tepat dapat berlangsung adalah:



- A. 10 m/s
B. 15 m/s
C. 17 m/s
- D. 20 m/s
E. 23 m/s
23. Sebuah benda dilempar mendatar dari pinggir sebuah jurang dengan kecepatan v . Tiga sekon kemudian kecepatan benda berarah 60° terhadap arah mendatar. Dengan mengabaikan gesekan udara dan memakai nilai $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka nilai v adalah :
- A. $30\sqrt{3} \text{ m/s}$
B. $10\sqrt{3} \text{ m/s}$
C. 20 m/s
D.
- D. $30\sqrt{2} \text{ m/s}$
E. $10\sqrt{2} \text{ m/s}$
24. Sebuah peluru dengan massa 20 gram ditembakkan dengan sudut elevasi 30° dan dengan kecepatan 40 m/s. Jika gesekan dengan udara diabaikan, maka ketinggian maksimum peluru (dalam m) adalah :
- A. 10
B. 20
D. 25
- D. 30
E. 40
25. Peluru ditembakkan dari tanah condong ke atas dengan kecepatan v dan sudut elevasi 45° , dan mengenai sasaran di tanah yang jarak mendatarnya sejauh $2 \times 10^5 \text{ m}$. Bila percepatan gravitasi $9,8 \text{ m/s}^2$, maka v adalah :
- A. $7,0 \times 10^2 \text{ m/s}$
B. $1,4 \times 10^3 \text{ m/s}$
C. $2,1 \times 10^3 \text{ m/s}$
- D. $3,5 \times 10^3 \text{ m/s}$
E. $4,9 \times 10^3 \text{ m/s}$

26. Sebuah benda ditembakkan miring ke atas dengan sudut elevasi 60° dan mencapai jarak terjauh $10\sqrt{3}$ m. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$. Maka kecepatan pada saat mencapai titik tertinggi (dalam m/s) adalah :
- A. $5\sqrt{2}$ D. $10\sqrt{2}$
 B. $5\sqrt{3}$ E. $10\sqrt{3}$
 D. 10
27. Sebuah benda dilemparkan dari suatu tempat di tanah, mencapai ketinggian maksimum 90 m dan jatuh kembali ke tanah sejauh 180 m dari tempat asal pelemaran. Berapakah laju awal horizontal dari benda itu? Ambil $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.
- A. 21 m D. 48 m
 B. 24 m E. 84 m
 C. 42 m
28. Sebuah peluru ditembakkan dengan sudut elevasi α . Jika jarak terjauh peluru sama dengan tinggi maksimumnya, maka nilai $\tan \alpha$ adalah :
- A. 1 D. $\sqrt{6}$
 B. $\sqrt{3}$ E. 4
 D. 2
29. Sebuah partikel menjalani gerak parabola dan posisi partikel itu pada saat t adalah $x = 6t$ dan $y = 12t - 5t^2$. Jika percepatan gravitasi $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka laju awal partikel itu adalah :
- A. 6 m/s D. $6\sqrt{5}$ m/s
 B. $6\sqrt{2}$ m/s E. 12 m/s
 C. $6\sqrt{3}$ m/s
30. Sebuah bola ditendang dengan laju awal 20 m/s dan sudut elevasi 45° . Pada saat bersamaan seorang pemain yang segaris dengan arah tendangan dan berdiri di garis gol yang 60 m jauhnya, mulai berlari untuk menjemput bola. Berapa laju lari pemain itu agar ia dapat menerima bola umpan sebelum bola itu menumbuk tanah:
- A. 5 m/s D. $10\sqrt{2}$ m/s
 B. $5\sqrt{2}$ m/s E. 20 m/s
 C. 10 m/s
31. Sebuah gerak parabola memiliki kelajuan awal v . Jika jarak terjauh gerak parabola sama dengan jarak tempuh sebuah partikel yang jatuh bebas agar memiliki laju v , maka sudut elevasi gerak parabola tersebut adalah:
- A. 30° D. 75°
 B. 45° E. 90°
 C. 60°

32. Gato kaca memutar sebuah batu dalam suatu lingkaran horizontal 2 m di atas tanah dengan menggunakan tali sepanjang 1,5 m. Tali putus dan batu terbang secara horizontal dan menumbuk tanah 9 m jauhnya. Percepatan sentripetal yang dialami batu itu selama dipercepat adalah : (dimana $g = 10 \text{ m/s}^2$).
- | | |
|------------------------|------------------------|
| A. 120 m/s^2 | D. 145 m/s^2 |
| B. 125 m/s^2 | E. 150 m/s^2 |
| C. 135 m/s^2 | |
33. Suatu benda berotasi mengitari sebuah poros dengan posisi sudutnya, θ , dapat dinyatakan sebagai $\theta = 2t^2 - 9t + 4$; θ dalam rad dan t dalam sekon. Kecepatan sudut suatu partikel pada benda pada $t = 1,0$ sekon, dalam rad/s adalah:
- | | |
|---------|---------|
| A. -6,0 | D. -3,0 |
| B. -5,0 | E. -2,0 |
| C. -4,0 | |
34. Suatu benda berotasi mengitari sebuah poros dengan kecepatan sudutnya ω dapat dinyatakan sebagai $\omega = t^2 - 5,0$. ω dalam rad/s dan t dalam sekon. Percepatan sudut partikel pada benda pada $t = 1$ sekon dalam rad/s adalah :
- | | |
|--------|--------|
| A. 2,0 | D. 3,5 |
| B. 2,5 | E. 4,0 |
| C. 3,0 | |
35. Sebuah roda berputar terhadap suatu poros tetap dan kecepatan sudut partikel pada roda dapat dinyatakan sebagai $\omega = 2,0 t - 3,0$. t dalam sekon dan ω dalam rad/s. Jika posisi sudut awal $\theta_0 = 1,5$ radian, maka posisi sudut partikel pada $t = 1,0$ sekon dalam rad adalah :
- | | |
|---------|---------|
| A. -1,5 | D. +0,5 |
| B. -1,0 | E. +1,0 |
| C. -0,5 | |
36. Sebuah peluru ditembakkan dengan arah horizontal dengan kecepatan awal v dan pada ketinggian h dari permukaan tanah. Jika gesekan dengan udara diabaikan, jarak horizontal yang ditempuh peluru tergantung pada :
- (1) Kecepatan awal v
 - (2) ketinggian h
 - (3) Percepatan gravitasi
 - (4) massa peluru
- Pernyataan yang benar adalah
- | | |
|------------------------|----------------|
| A. (1),(2), dan (3) | D. (2) dan (4) |
| B. (1),(2),(3) dan (4) | E. (4) saja |
| C. (1) dan (3) | |

37. Suatu benda berotasi mengelilingi suatu sumbu dengan persamaan posisi sudut $\theta = 2t^2 - 9t + 4$ (θ dalam radian dan t dalam sekon). Dari pernyataan tersebut dapat dinyatakan bahwa :
- (1) pada $t = 2$ kecepatan sudut = -1 rad/s
 - (2) pada $t = 2$ kecepatan sudut = 4 rad/s²
 - (3) percepatan sudut benda tetap
 - (4) kelajuan linier benda pada $t = 2$ adalah 1 m/s

Pernyataan yang benar adalah :

- A. (1),(2), dan (3)
- B. (1),(2),(3) dan (4)
- C. (1) dan (3)
- D. (2) dan (4)
- E. (4) saja

B. ESSAY :

1. Pada suatu selang waktu, apakah pergeseran seluruhnya suatu partikel sama dengan hasil kali kecepatan rata-rata dan selang waktu, meskipun kecepatan tidak tetap?
2. Dalam keadaan yang bagaimana maka kecepatan rata-rata sama dengan kecepatan saat?
3. Bila seseorang naik suatu pesawat terbang di waktu malam dalam keadaan cuaca yang baik, maka tidak terasa adanya gerakan meskipun kecepatan pesawat adalah $500 \text{ km} \cdot \text{jam}^{-1}$. Mengapa?
4. Sebuah mobil meluncur ke utara. Mungkinkah mobil tersebut mempunyai kecepatan ke utara dan percepatan ke selatan?
5. Sebuah bola dilemparkan lurus ke atas. Berapakah percepatannya pada waktu bola mencapai titik tertinggi lintasannya?
6. Apakah percepatan suatu mobil lebih besar bila pedal gas ditekan atau bila pedal rem yang ditekan kuat-kuat?
7. Pada percepatan tetap, kecepatan rata-rata suatu partikel sama dengan setengah dari jumlah kecepatan awal dan kecepatan akhirnya. Apakah ini tetap benar bila percepatan *tidak* tetap?
8. Sebuah bola dilempar lurus ke atas. Apakah percepatan bola tadi lebih besar pada waktu sedang dilemparkan, atau setelah dilemparkan?
9. Bagaimana anda dapat mengukur percepatan suatu mobil hanya dengan menggunakan instrumen yang ada di mobil tersebut?
10. Bila kedudukan dan kecepatan awal suatu kendaraan diketahui, dan setiap kali percepatannya dicatat, dapatkah kedudukannya pada suatu saat dihitung dari data tersebut? Jelaskan bagaimana hal ini dapat dilakukan ?.
11. Misalkan seorang pelari pada lintasan lurus menempuh jarak 1 mil tepat dalam 4 menit. Berapakah kecepatan rata-ratanya dalam
a. $\text{mil} \cdot \text{jam}^{-1}$ b. $\text{ft} \cdot \text{det}^{-1}$ c. $\text{cm} \cdot \text{det}^{-1}$
12. Suatu benda bergerak sepanjang garis lurus, pada setiap saat jaraknya ke titik asal diberikan oleh persamaan : $x = 8t - 3t^2$. dimana mana x dalam sentimeter dan t dalam detik. Berapakah kecepatan rata-rata benda tadi dalam selang waktu dari $t = 0$ ke $t = 1$ det, dan dalam selang waktu dari $t = 0$ ke $t = 4$ det.

13. Gerak suatu benda sepanjang sumbu-x dinyatakan oleh persamaan $x = 10 t^2$. Hitunglah kecepatan sesaat benda tersebut pada waktu $t = 3$ det. Mula-mula ambillah Δt sama dengan 0,1 det, kemudian 0,01 det, dan terakhir 0,001 det. Berapakah harga limit yang tampaknya dituju oleh basil tersebut?
14. Suatu mobil dilengkapi dengan speedometer yang ditera dalam $\text{m} \cdot \text{det}^{-1}$ daripada dalam $\text{mil} \cdot \text{jam}^{-1}$. Berikut ini adalah serangkaian pembacaan speedometer dalam suatu awal perjalanan.

Waktu (s)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Kecepatan ($\text{m}/2$)	0	0	2	5	10	15	20	22	22

15. Hitunglah percepatan rata-rata dalam setiap selang waktu 2 detik. Apakah percepatannya tetap? Apakah percepatan tersebut tetap dalam suatu selang waktu?
16. Buatlah suatu grafik kecepatan-waktu dari data di atas, dengan mengambil skala mendatar $1 \text{ cm} = 1 \text{ det}$, dan skala tegak $1 \text{ cm} = 2 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$. Lukislah kurva melalui titik-titik tersebut. Berapakah panjang jarak yang dinyatakan oleh luas 1 cm^2 ? Berapakah pergeserannya selama 8 detik yang pertama? Berapakah percepatannya bila $t = 8 \text{ det}$? Bila $t = 13 \text{ det}$? Bila $t = 15 \text{ det}$?
17. Setiap perubahan waktu yang berikut ini berlangsung dalam selang waktu 10 detik. Berapakah besarnya, apakah tanda, dan arah percepatan rata-rata pada setiap selang waktu?
- Pada awal suatu selang waktu benda bergerak ke kanan sepanjang sumbu-x dengan kecepatan $5 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$, dan pada akhir selang waktu tersebut benda bergerak ke kanan dengan kecepatan $20 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$.
 - Pada awal suatu selang waktu benda bergerak ke kanan sepanjang sumbu-x dengan kecepatan $20 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$, dan pada akhir selang waktu tersebut benda bergerak ke kanan dengan kecepatan $5 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$.
 - Pada awal suatu selang waktu benda bergerak ke kiri sepanjang sumbu-x dengan kecepatan $5 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$, dan pada akhir selang waktu tersebut benda bergerak ke kiri dengan kecepatan $20 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$.
 - Pada awal suatu selang waktu benda bergerak ke kiri sepanjang sumbu-x dengan kecepatan $20 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$, dan pada akhir selang waktu tersebut benda bergerak ke kiri dengan kecepatan $5 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$.
 - Pada awal suatu selang waktu benda bergerak ke kanan sepanjang sumbu-x dengan kecepatan $20 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$, dan pada akhir selang waktu tersebut benda bergerak ke kiri dengan kecepatan $20 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$.
 - Pada awal suatu selang waktu benda bergerak ke kiri sepanjang sumbu-x dengan kecepatan $20 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$, dan pada akhir selang waktu tersebut benda bergerak ke kanan dengan kecepatan $20 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$.

- g. Dalam hal mana partikel bergerak dipercepat? Dalam hal mana partikel bergerak diperlambat?
18. Suatu perusahaan mobil mengiklankan bahwa mobilnya dalam waktu 13 detik mampu dipercepat dari 15 menjadi 50 $\text{mi} \cdot \text{jam}^{-1}$. Hitunglah percepatannya dalam $\text{ft} \cdot \text{det}^{-2}$, dan dengan anggapan bahwa percepatan mobil adalah tetap, berapakah jarak yang ditempuhnya selama selang waktu itu?
19. Sebuah pesawat terbang tinggal landas dari jalur pacu yang panjangnya 500 m. Bila pesawat beranjak dari diam, meluncur dengan percepatan tetap selama 30 detik, berapa $\text{m} \cdot \text{det}^{-1}$ kecepatannya pada waktu tinggal landas?
20. Sebuah mobil yang mula-mula diam dalam waktu 15 detik mendapat kecepatan $40 \text{ km} \cdot \text{jam}^{-1}$.
- Hitunglah percepatannya dalam kilometer per jam per detik, dengan anggapan bahwa percepatan tersebut tetap.
 - Bila kecepatan mobil berubah terus dengan laju tetap, diperlukan berapa detik lagi agar kecepatannya menjadi $60 \text{ km} \cdot \text{jam}^{-1}$?
 - Berapakah jarak yang ditempuh oleh mobil tersebut dalam (a) dan (b).
21. Suatu benda yang bergerak dengan percepatan tetap menempuh jalan antara dua buah titik yang jaraknya 60 m dalam waktu 6 detik. Kecepatan benda ketika melalui titik kedua adalah $15 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$
- Berapakah percepatannya?
 - Berapakah kecepatannya ketika melalui titik pertama?
 - Sebuah bola yang mula-mula diam dilepaskan dan menggelinding ke bawah sepanjang bidang miring, membutuhkan waktu 4 detik untuk menempuh jarak 100 cm.
 - Berapakah percepatannya dalam $\text{cm} \cdot \text{det}^{-2}$?
 - Selama waktu itu berapa cm bola turun tegak ke bawah?
22. Rata-rata "waktu reaksi" para pengendara mobil adalah sekitar 0,7 detik. (Waktu reaksi adalah selang waktu antara dilihatnya tanda untuk berhenti dengan saat dipijaknya pedal,rem). Bila mobil dapat dipercepat $5 \text{ m} \cdot \text{det}^{-2}$, berapakah jarak yang ditempuhnya setelah dilihatnya tanda hingga berhenti.
- dari kecepatan awal $15 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$
 - dari kecepatan awal $30 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$
23. Pada saat lampu jalan berganti hijau, suatu mobil yang telah menunggu di sebuah perempatan bergerak dengan percepatan $2 \text{ m} \cdot \text{det}^{-2}$. Pada saat yang sama sebuah truk yang berjalan dengan kecepatan tetap $10 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$, melalui mobil tersebut.
- Berapa jauh dari titik awal tadi mobil dapat mendahului truk?

- b. Berapa kecepatannya?
24. Juru mesin suatu kereta penumpang yang meluncur dengan kecepatan $30 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$ melihat ada kereta barang di depannya pada jarak 200 m, pada rel yang sama. Kereta barang itu meluncur dengan kecepatan $10 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$ pada arah sama dengan kereta penumpang. Seketika itu juru mesin kereta penumpang memasang rem, sehingga kereta mendapat perlambatan $1 \text{ m} \cdot \text{det}^{-2}$, sedang kereta barang terus meluncur dengan kecepatan tetap.
- Apakah akan terjadi tumbukan?
 - Bila terjadi, di mana?
25. Suatu kereta luncur yang mula-mula diam di atas bukit meluncur ke bawah dengan percepatan tetap. Kereta luncur berada 140 ft dari puncak bukit 2 detik setelah melewati suatu titik yang jaraknya 92 ft dari puncak. Empat detik setelah melalui titik yang jaraknya 92 ft tadi kereta luncur berada pada jarak 198 ft dari puncak, dan setelah 6 detik dari titik tadi kereta berada pada jarak 266 ft dari puncak.
- Berapa kecepatan rata-rata kereta luncur dalam setiap selang waktu 2 detik setelah melalui titik 92 ft?
 - Berapakah percepatan kereta luncur?
 - Berapa kecepatan kereta luncur ketika melalui titik 92 ft?
 - Berapa lama dibutuhkan untuk mencapai titik 92 ft dari puncak?
 - Berapa jarak yang ditempuh kereta luncur setelah 1 detik melalui titik 92 ft?
 - Berapa lama dibutuhkan oleh kereta luncur untuk menempuh jarak antara titik 92 ft dengan pertengahan antara titik 92 ft dengan titik 140 ft?
 - Berapa kecepatannya ketika melalui titik tengah pada (f)?
26. Suatu kereta bawah tanah yang mula-mula diam di suatu stasiun mendapat percepatan $2 \text{ m} \cdot \text{det}^{-2}$ selama 10 detik. Setelah itu kereta meluncur dengan laju tetap selama 30 detik, dan kemudian diperlambat dengan $4 \text{ m} \cdot \text{det}^{-2}$ hingga berhenti di stasiun berikutnya. Berapakah jarak *seluruhnya* yang telah ditempuh oleh kereta tadi?
27. Suatu benda yang mula-mula diam, bergerak sepanjang garis lurus dengan percepatan tetap, dan selama 4 detik menempuh jarak 64 m.
- Berapakah kecepatan akhirnya?
 - Berapa waktu yang diperlukan untuk menempuh setengah dari jarak tadi?
 - Berapa jarak yang ditempuh dalam waktu setengah dari waktu seluruhnya?
 - Berapa kecepatannya setelah menempuh setengah dari jarak seluruhnya?
 - Berapa kecepatannya setelah lewat dari setengah waktu seluruhnya?

28. Sebuah mobil yang melaju ke utara, lajunya berkurang dari 30 menjadi $20 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$ dalam jarak 125 m. Tentukan ?
- besar dan arah percepatannya, bila percepatannya dianggap tetap.
 - waktu yang diperlukan untuk menurunkan kecepatan tadi, dan
 - dengan anggapan bahwa percepatan di (a) masih berlaku, berapa jarak yang diperlukan oleh mobil untuk berhenti mulai dari ketika kecepatannya $20 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$.
29. Sebuah truk dan sebuah mobil yang berada di belakangnya berangkat bersama-sama. Percepatan truk adalah 2 m det^{-2} dan percepatan mobil adalah 3 m det^{-2} . Setelah truk berjalan 75 m, mobil tadi mendahulunya.
- Berapa lama waktu yang diperlukan oleh mobil untuk mendahului truk? Berapa jarak antara mobil dan truk mula-mula?
 - Berapa kecepatan masing-masing ketika berjalan berdampingan?
30. Sebuah balon yang sedang naik tegak lurus ke atas dengan kecepatan $5 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$. melepaskan sebuah karung pasir ketika mencapai ketinggian 20 m di atas tanah.
- Tentukan kedudukan dan kecepatan karung pasir setelah dilepaskan selama: $\frac{1}{4} \text{ det}$, $\frac{1}{2} \text{ det}$, 1 det , 2 det .
 - Berapa detik kemudian setelah dilepaskan karung pasir itu akan mencapai tanah?
 - Dengan kecepatan berapa karung pasir mencapai tanah?
31. Sebuah batu dijauhkan dari atas jurang yang dalam, dan 1 detik kemudian batu kedua dilemparkan tegak ke bawah dengan kecepatan 20 m det^{-1} . Pada jarak berapa dari atas jurang batu pertama akan didahului oleh batu kedua?
32. Sebuah bola yang dijatuhkan dari puncak sebuah gedung membutuhkan waktu 0,25 detik untuk melewati suatu jendela yang tingginya 3 m. Berapa jarak tepi atas jendela tersebut dari puncak gedung?
33. Sebuah bola dilemparkan hampir tegak lurus ke atas dari puncak suatu gedung yang tinggi. Pada waktu bergerak turun bola lewat dekat tepi gedung tadi, dan setelah 5 detik meninggalkan tangan pelemparnya bola berada 160 ft di bawah puncak gedung.
- Berapa kecepatan awal bola?
 - Berapa jauh bola bergerak ke atas dari tempat dilemparkannya?
 - Berapa besar dan ke mana arah kecepatan bola di titik tertinggi?
 - Berapa besar dan ke mana arah percepatan bola di titik tertinggi?
 - Berapa besar kecepatan bola ketika berada 64 ft di bawah tempat ketika dilemparkan?

34. Seseorang main sulap di dalam ruangan yang jarak dari tangan orang tadi ke langit-langit ruangan adalah 3 m. Orang tadi melemparkan sebuah bola tegak lurus ke atas yang tepat menyentuh langit-langit.
- Berapa kecepatan awal bola tadi?
 - Berapa waktu yang dibutuhkan oleh bola untuk mencapai langit-langit?
 - Orang tadi melemparkan bola kedua ke atas dengan kecepatan yang sama pada waktu bola pertama berada di langit-langit.
 - Berapa lama setelah bola kedua dilemparkan dua buah bola tadi berpapasan?
 - Pada jarak berapa dari tangan orang tadi ketika dua buah bola itu berpapasan?
35. Suatu benda dilemparkan tegak lurus ke atas. Benda tadi mempunyai kecepatan $10 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$ pada waktu mencapai setengah dari tinggi maksimum.
- Berapa ketinggian yang dapat dicapai benda tersebut?
 - Berapa kecepatan dan percepatannya setelah dilemparkan 1 detik?
 - Setelah 3 detik?
 - Berapa kecepatan rata-ratanya selama setengah detik yang pertama?
36. Seorang mahasiswa hendak mencoba hukum gravitasi untuk dirinya dengan cara menjatuhkan diri (kecepatan awal nol) dari puncak gedung pencakar langit yang tingginya 300 m dengan membawa sebuah stopwatch. Lima detik kemudian datanglah Super-man yang langsung terjun ke bawah untuk menyelamatkan mahasiswa tadi.
- Berapa kecepatan awal Superman tadi agar dapat menangkap mahasiswa tersebut tepat sebelum mencapai tanah?
 - Berapa seharusnya tinggi dari gedung pencakar langit itu agar bagaimanapun juga
 - Superman tidak dapat menolong mahasiswa tadi? (Anggaplah bahwa percepatan Superman sama dengan percepatan benda jatuh bebas).
37. Sebuah bola dilemparkan dari tanah tegak lurus ke atas dan seorang mahasiswa yang sedang melihat keluar melalui sebuah jendela melihat bola tersebut lewat dengan kecepatan $5 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$. Jarak jendela ke tanah adalah 10 m.
- Berapa tinggi maksimum yang dapat dicapai oleh bola?
 - Berapa waktu yang dibutuhkan oleh bola untuk mencapai titik tertinggi dari ketinggian 10 m di atas tanah?
 - Tentukan kecepatan dan percepatan bola setelah meninggalkan tanah selama $\frac{1}{2}$ detik.
38. Sebuah bola dilemparkan tegak lurus ke atas dari tanah dengan kecepatan $30 \text{ m} \cdot \text{dt}^{-1}$.

- a. Berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh bola untuk mencapai titik tertinggi?
 - b. Berapa tinggi maksimum yang dapat dicapai oleh bola?
 - c. Berapa lama setelah bola dilemparkan kecepatannya akan menjadi $10 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$ ke atas?
 - d. $10 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$ ke bawah?
 - e. Bila mana pergeseran bola adalah nol?
 - f. Bila mana besar kecepatan bola adalah setengah dari kecepatannya ketika dilemparkan?
 - g. Bila mana besar pergeseran bola adalah setengah dari tinggi maksimum yang dapat dicapainya?
 - h. Berapa besar dan ke mana arah percepatan bola selama bergerak ke atas?
 - i. Selama bergerak ke bawah?
 - j. Bila di titiknya tertinggi?
39. Sebuah bola yang menggelinding di atas bidang miring bergerak dengan percepatan tetap. Sebuah bola dilepaskan dari atas bidang miring yang panjangnya 18 m dan 3 detik kemudian mencapai bawah. Pada saat yang bersamaan dengan bola pertama dilepaskan, bola kedua dilemparkan dari bawah ke atas pada bidang miring dengan kecepatan awal tertentu. Bola kedua mula-mula bergerak ke atas bidang miring, berhenti dan kemudian kembali ke bawah hingga sampai di bawah bersama-sama dengan bola pertama.
- a. Berapa percepatan bola?
 - b. Berapa kecepatan bola kedua?
 - c. Berapa jauh bola kedua bergerak ke atas?
40. Peluncur Sonic Wind No. 2 yang digerakkan oleh roket, biasa dipakai untuk mengetahui akibat fisiologis dari percepatan yang tinggi, meluncur sepanjang rel lurus rata yang panjangnya 3500 ft. Dari keadaan berhenti peluncur tadi dapat mencapai kecepatan $1000 \text{ mil} \cdot \text{jam}^{-1}$ dalam 1,8 detik.
- a. Berapa percepatannya bila dianggap tetap?
 - b. Berapa perbandingan antara percepatan ini dengan percepatan benda jatuh bebas, g ?
 - c. Berapa jarak yang ditempuhnya?
41. Suatu artikel dalam majalah menyebutkan bahwa pada akhir suatu peluncuran laju peluncur tadi berkurang dari $632 \text{ mil} \cdot \text{jam}^{-1}$ menjadi nol dalam waktu 1,4 detik, dan selama itu penumpangnya mendapat gaya yang besarnya lebih dari 40 kali tarikan gravitasi (yaitu, bahwa percepatannya lebih dari 40 g). Apakah gaya ini konsisten?
42. Tingkat pertama dari sebuah roket yang digunakan untuk meluncurkan satelit bila ditembakkan tegak lurus ke atas, pada ketinggian 26 mil di

- atas bumi di mana bahan bakarnya habis terbakar akan mencapai laju $4000 \text{ mil} \cdot \text{jam}^{-1}$.
- Dengan anggapan bahwa percepatan adalah tetap, berapa lama dibutuhkan ut: mencapai ketinggian 26 mil tersebut?
 - Bila roket tetap meluncur tegak lurus ke atas berapa jauh lagi roket tersebut mast akan meluncur?
43. Misalkan percepatan gravitasi hanya $1 \text{ m} \cdot \text{det}^{-2}$, bukannya $10 \text{ m} \cdot \text{det}^{-2}$.
- Perkirakan ketinggian yang dapat anda capai bila meloncat tegak lurus ke atas.
 - Berapa tinggi yang dapat dicapai oleh bola yang anda lemparkan?
 - Perkirakan tinggi jendela maksimum di mana bila anda meloncat ke bawah anda tidak cedera. (Tinggi setiap tingkat dari suatu gedung rata-rata 4 m).
 - Berapa kecepatan anda, dalam $\text{mil} \cdot \text{jam}^{-1}$, sampai di bawah?
 - Berapa lamanya anda di udara?
44. Suatu kendaraan angkasa hipotetis menempuh lintasan berupa garis lurus dar bumi ke bulan, suatu jarak sekitar 400.000 km. Misalkan bahwa kendaraan tersebut selama 10 menit yang pertama mendapat percepatan 10 m det^{-2} , kemudian melunc dengan kecepatan tetap hingga akhirnya 10 menit yang terakhir mendapat perlambatan $10 \text{ m} \cdot \text{det}^{-2}$, dan mendarat di bulan dengan kecepatan nol.
- Berapa kecepatan maksimum yang dapat dicapai?
 - Berapa lama untuk mencapai bulan?
 - Berapa bagian dari jarak yang hams dilalui ditempuh dengan laju tetap?
45. Gerak suatu partikel sepanjang garis lurus dinyatakan oleh persamaan $x = 6 + 4 t^2 - t^4$, Anggap bahwa t adalah positif.
- Tentukan kedudukan, kecepatan, dan percepatan pada waktu $t = 2 \text{ det}$.
 - Dalam selang waktu mana kecepatan adalah positif?
 - Dalam selang waktu mana x adalah positif?
 - Berapakah kecepatan maksimum positif yang dicapai oleh partikel?
46. Percepatan suatu partikel adalah $a = 2 \cdot t^2$. Bila partikel diam di titik asal pada waktu $t = 0$, tentukan kedudukannya, kecepatan, dan percepatan pada waktu $t = 1 \text{ det}$.
47. Percepatan suatu partikel adalah $a = 2 t$. Bila kecepatan pada waktu $t = 1 \text{ det}$ adalah $5 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$,
- Berapa kecepatannya pada waktu $t = 2 \text{ det}$?
 - Bila kedudukan partikel pada waktu $t = 1 \text{ det}$ adalah 6 m, di manakah kedudukannya pada waktu $t = 2 \text{ det}$?

48. Bila kedudukan suatu partikel diberikan oleh $x = A \sin \omega t$, di mana A dan ω adalah tetapan.
- Tentukan kecepatan partikel sebagai fungsi dari waktu.
 - Tentukan percepatan partikel sebagai fungsi dari waktu.
 - Tentukan kecepatan sebagai fungsi dari x . Di titik mana kecepatan adalah terbesar? Terkecil?
 - Tentukan percepatan sebagai fungsi dari x . Di titik mana percepatan adalah terbesar? Terkecil?
 - Berapakah jarak maksimum partikel dari titik asal ($x = 0$)?
 - Berapakah kecepatan maksimumnya?
 - Berapakah percepatan maksimumnya?
 - Lukiskan grafik dari x , v , dan a sebagai fungsi dari waktu.
- i.
49. Percepatan sebuah benda yang digantungkan pada pegas dan berosilasi dalam arah gerak adalah $a = -Ky$, di mana K adalah tetapan dan y adalah koordinat yang diukur dari kedudukan setimbang. Misalkan benda diberi kecepatan v_0 di koordinat y_0 . Tentukan persamaan dari kecepatan v sebagai fungsi dari koordinat y . [Petunjuk: Gunakan hubungan $a = v dv/dy$.]
50. Di suatu gedung pada sebuah lapangan terbang terdapat ban berjalan untuk pejalan kaki yang panjangnya 150 m dan bergerak dengan kecepatan $1 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$. Bila seseorang melangkah dari salah satu ujungnya dan berjalan dengan kecepatan $2 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$ relatif terhadap ban berjalan, berapa lama ia harus menempuh seluruh panjang ban berjalan bila berjalan searah dengan gerak ban berjalan, dan dengan arah yang berlawanan?
51. Pada suatu sungai terdapat dua buah dermaga A dan B yang jaraknya satu mil. Dua orang harus melakukan perjalanan dari dermaga A ke B dan kembali lagi ke A. Salah seorang mendayung perahu dengan kecepatan $4 \text{ mil} \cdot \text{jam}^{-1}$ terhadap air, dan orang yang lain berjalan sepanjang tepi sungai dengan kecepatan $4 \text{ mil} \cdot \text{jam}^{-1}$. Kecepatan air sungai adalah $2 \text{ mil} \cdot \text{jam}^{-1}$ dari A ke B. Berapa lama perjalanan masing-masing orang tadi?
52. Seorang pengemudi mobil hendak mendahului sebuah truk yang melaju dengan laju tetap $20 \text{ m} \cdot \text{det}^{-1}$ (kira-kira $50 \text{ mil} \cdot \text{jam}^{-1}$). Percepatan maksimum mobil pada kecepatan ini adalah $0,5 \text{ m} \cdot \text{det}^{-2}$. Mula-mula jarak kedua kendaraan adalah 25 m dan setelah 25 m di depan truk mobil kembali ke jalur yang sama dengan truk. Panjang mobil 5 m dan panjang truk 20 m.
- Berapa lama mobil mendahului truk?
 - Berapa jarak yang ditempuh mobil selama itu?
 - Berapa akhirnya laju mobil, bila dianggap bahwa selama mendahului truk percepatannya tetap?

53. Sebuah benda melakukan tiga perpindahan yang dinyatakan oleh $s_1 = \mathbf{i} + 3\mathbf{j}$, $s_2 = 2\mathbf{i} - 4\mathbf{j}$, dan $s_3 = 3\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$. Tentukan besar dan arah resultan vektor perpindahan.
54. Pada suatu ketinggian, sebuah pesawat terbang berturut-turut menempuh perpindahan 40 km dengan arah 30° ke utara timur, 10 km ke arah timur, dan 10 km ke arah selatan. Tentukan arah dan besar perpindahan pesawat terbang itu bergerak dihitung dari titik awal berangkat.
55. Sebuah mobil melaju dan menempuh 60 km ke barat dan kemudian menempuh 30 km ke barat laut. Tentukan besar dan arah perpindahan mobil terhadap titik berangkatnya.