

2.1 Gerakan Linear

Gambar foto 2.1 menunjukkan pelbagai jenis objek yang bergerak. Bagaimanakah anda boleh menghuraikan pergerakan dalam kehidupan harian? Pergerakan dalam satu lintasan yang lurus dinamakan **gerakan linear**.

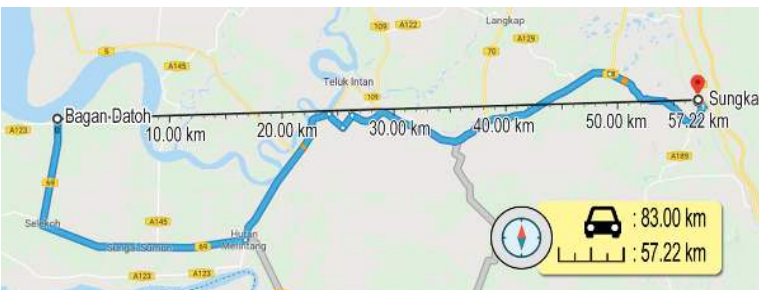


Gambar foto 2.1 Pelbagai jenis objek yang bergerak

Gerakan linear boleh dihuraikan dari segi **jarak**, **sesaran**, **laju**, **halaju** dan **pecutan**. Rajah 2.1 menunjukkan sebuah teksi yang sedang menunggu penumpang di tempat letak kereta. Kedudukan teksi itu tidak berubah dengan masa. Justeru, teksi itu dikatakan berada dalam keadaan **pegun**.



Rajah 2.1 Teks yang pegun



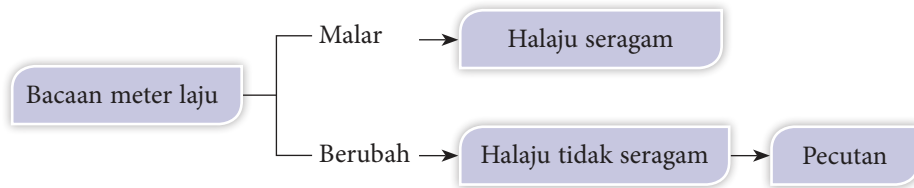
Rajah 2.2 Perjalanan dari Bagan Datoh ke Sungkai

Puan Chong hendak menaiki teksi itu dari Bagan Datoh ke Sungkai. Rajah 2.2 menunjukkan paparan aplikasi peta yang menunjukkan bahawa teksi itu perlu bergerak melalui laluan berwarna biru dengan panjang lintasan sejauh 83.00 km. Setelah tiba di Sungkai, kedudukan teksi itu ialah 57.22 km ke Timur dari Bagan Datoh. Sebenarnya, nilai 83.00 km dan 57.22 km ke Timur masing-masing ialah **jarak** dan **sesaran** bagi pergerakan teksi tersebut. Jadual 2.1 menunjukkan perbandingan antara jarak dengan sesaran.

Jadual 2.1 Perbandingan antara jarak dengan sesaran

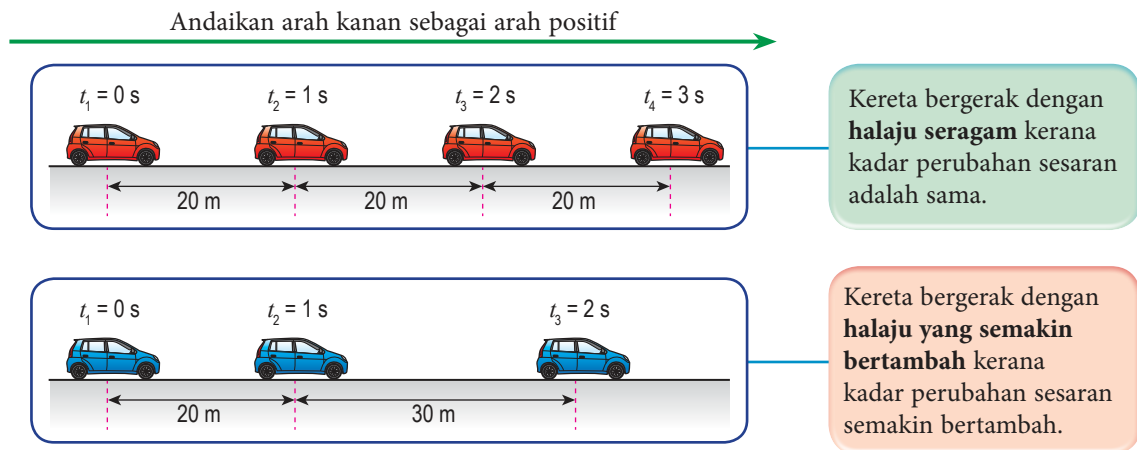
Jarak	Sesaran
Panjang lintasan yang dilalui oleh pergerakan suatu objek	Jarak terpendek antara kedudukan awal dengan kedudukan akhir pergerakan suatu objek pada satu arah tertentu
Nilainya bergantung pada laluan yang diambil oleh pergerakan objek itu.	Nilainya sama dengan panjang garis lurus antara kedudukan awal dengan kedudukan akhir.
Kuantiti skalar	Kuantiti vektor

Semasa menaiki teksi, Puan Chong mendapati bahawa bacaan meter laju teksi kadangkala malar dan kadangkala berubah-ubah walaupun di jalan raya yang lurus. Pemerhatian tersebut boleh dirumuskan seperti dalam Rajah 2.3.



Rajah 2.3 Bacaan meter dan pergerakan kereta

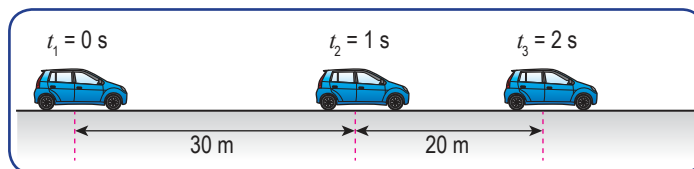
Rajah 2.4 menggambarkan perbezaan pergerakan antara halaju seragam dengan tidak seragam sebuah kereta. Perhatikan sesaran dan sela masa kedua-dua kereta tersebut. Andaikan pergerakan ke kanan adalah positif, dan ke kiri adalah negatif.



Rajah 2.4 Pergerakan dengan halaju seragam dan tidak seragam

Dalam Rajah 2.4, sesaran kereta biru bertambah untuk sela masa yang sama. Maka, kereta biru bergerak dengan halaju yang bertambah. Dalam hal ini, kereta biru dikatakan mengalami pecutan pada arah yang sama dengan arah gerakan kereta.

Sebaliknya, jika sesaran berkurang untuk sela masa yang sama seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.5, kereta bergerak dengan halaju yang berkurang. Kereta mengalami pecutan tetapi pada arah yang bertentangan dengan arah gerakan kereta.



Rajah 2.5 Pergerakan dengan halaju yang berkurang

Contoh pergerakan dengan halaju tidak seragam



<http://bit.ly/2Y72dkl>

Menentukan Jarak, Sesaran, Laju, Halaju dan Pecutan

Pergerakan suatu objek dikaji dengan menentukan nilai jarak, sesaran, laju, halaju dan pecutan. Berikut ialah cara menentukan laju, halaju dan pecutan:

$$\begin{aligned}\text{Laju} &= \text{kadar perubahan jarak} \\ &= \frac{\text{jarak yang dilalui}}{\text{masa diambil}} \\ v &= \frac{d}{t}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Halaju} &= \text{kadar perubahan sesaran} \\ &= \frac{\text{sesaran yang dilalui}}{\text{masa diambil}} \\ v &= \frac{s}{t}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pecutan} &= \text{kadar perubahan halaju} \\ &= \frac{\text{halaju akhir} - \text{halaju awal}}{\text{masa perubahan halaju}} \\ a &= \frac{v - u}{t}\end{aligned}$$



Terowong SMART di pusat bandar raya Kuala Lumpur mempunyai dua fungsi. Fungsinya ialah sebagai ruang dan saluran yang mengalirkan air banjir serta sebagai laluan alternatif yang mempunyai panjang lintasan yang pendek.



<http://bit.ly/2MxkPAM>

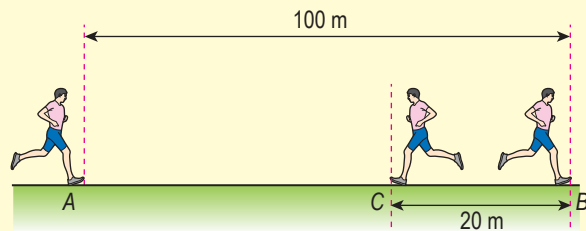
Perhatikan contoh-contoh berikut untuk memahami cara menentukan jarak, sesaran, laju, halaju dan pecutan dalam gerakan linear.

Contoh 1

Rajah 2.6 menunjukkan pergerakan Radzi yang berlari dari A ke B kemudian berpatah balik ke C. Jumlah masa yang diambil olehnya ialah 20 s.

Tentukan

- (a) jarak,
 - (b) sesaran,
 - (c) laju, dan
 - (d) halaju
- bagi larian Radzi.



Rajah 2.6

Penyelesaian:

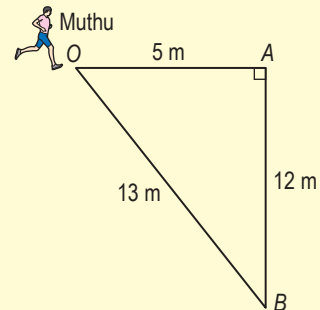
- (a) Jarak = Panjang lintasan yang dilalui
 $= AB + BC$
 $= 100 \text{ m} + 20 \text{ m}$
 $= 120 \text{ m}$
- (b) Sesaran = Panjang antara kedudukan awal dengan kedudukan akhir pada arah tertentu
 $= AB + BC$
 $= (100 \text{ m}) + (-20 \text{ m})$
 $= 80 \text{ m (ke kanan)}$
- (c) Laju = $\frac{\text{Jarak dilalui}}{\text{Masa yang diambil}}$
 $= \frac{120 \text{ m}}{20 \text{ s}}$
 $= 6 \text{ m s}^{-1}$
- (d) Halaju = $\frac{\text{Sesaran}}{\text{Masa yang diambil}}$
 $= \frac{80 \text{ m}}{20 \text{ s}}$
 $= 4 \text{ m s}^{-1} \text{ (ke kanan)}$

Contoh 2

Muthu bergerak dari O ke B melalui lintasan OAB seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.7. Masa yang diambil ialah 15 s.

Tentukan

- (a) jarak,
 (b) sesaran,
 (c) laju, dan
 (d) halaju
 bagi pergerakan Muthu.



Rajah 2.7

Penyelesaian:

- (a) Jarak = $OA + AB$
 $= 5 \text{ m} + 12 \text{ m}$
 $= 17 \text{ m}$
- (b) Sesaran = Garis lurus paling pendek dari O ke B
 $= OB$
 $= \sqrt{5^2 + 12^2}$
 $= 13 \text{ m (pada arah } OB)$

$$\begin{aligned} \text{(c) Laju Muthu} &= \frac{\text{Jarak}}{\text{Masa}} \\ &= \frac{17 \text{ m}}{15 \text{ s}} \\ &= 1.13 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(d) Halaju Muthu} &= \frac{\text{Sesaran}}{\text{Masa}} \\ &= \frac{13 \text{ m}}{15 \text{ s}} \\ &= 0.87 \text{ m s}^{-1} \text{ (pada arah OB)} \end{aligned}$$

Contoh 3

Selepas mendarat di atas landasan, sebuah kapal terbang diperlahankan supaya halajunya berkurang daripada 75 m s^{-1} kepada 5 m s^{-1} dalam masa 20 s. Berapakah pecutan kapal terbang itu?

Penyelesaian:

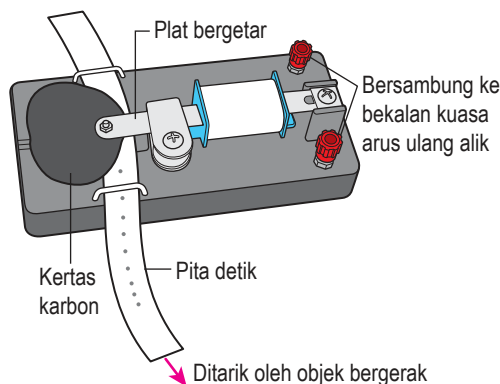
Halaju awal, $u = 75 \text{ m s}^{-1}$, halaju akhir, $v = 5 \text{ m s}^{-1}$, masa, $t = 20 \text{ s}$

$$\begin{aligned} \text{Pecutan, } a &= \frac{v - u}{t} \\ &= \frac{5 - 75}{20} \\ &= -3.5 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

Fail info

Nyahpecutan ialah keadaan pengurangan halaju gerakan satu objek.

Jangka masa detik bersama pita detik seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.8 boleh digunakan untuk mengkaji gerakan linear suatu objek di dalam makmal.



Jangka masa detik yang dikendalikan oleh arus ulang-alik berfrekuensi 50 Hz membuat 50 titik dalam masa 1 saat pada pita detik.

Sela masa antara dua titik berturutan dikenali sebagai 1 detik.

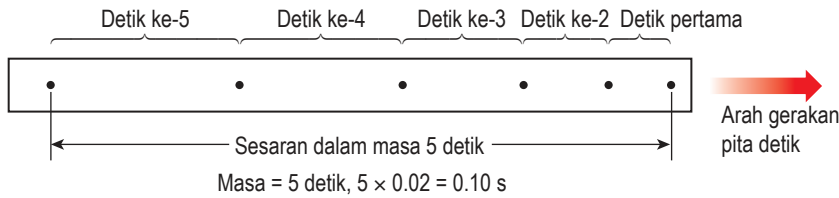
$$\text{Oleh itu, 1 detik: } \frac{1}{50} \text{ s} = 0.02 \text{ s}$$

$$5 \text{ detik: } 5 \times 0.02 \text{ s} = 0.10 \text{ s}$$

$$10 \text{ detik: } 10 \times 0.02 \text{ s} = 0.2 \text{ s}$$

Rajah 2.8 Jangka masa detik dan pita detik

Rajah 2.9 menunjukkan sebahagian daripada pita detik yang ditarik oleh suatu objek yang bergerak secara linear.



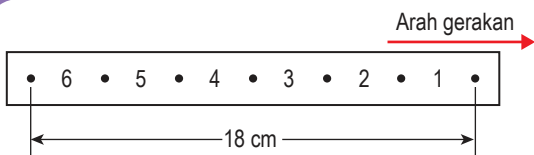
Fail info

Apabila suatu objek bergerak sepanjang satu garis lurus dan tidak berpatah balik, jarak dan sesarannya mempunyai nilai yang sama.

Rajah 2.9 Sebahagian daripada pita detik yang ditarik oleh objek

Pita detik merekod sesaran bagi objek bergerak dan juga masa yang diambil. Seterusnya, halaju dan pecutan boleh dihitung. Rajah 2.10 dan 2.11 menunjukkan kaedah menghitung halaju dan pecutan bagi gerakan linear suatu objek.

Menghitung halaju



Rajah 2.10

Sesaran, $s = 18 \text{ cm}$

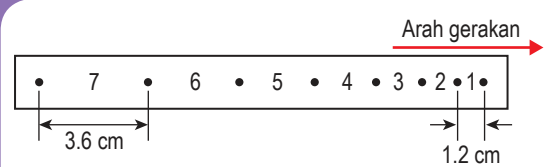
Masa yang diambil, $t = 6 \text{ detik}$
 $= 6 \times 0.02 \text{ s}$
 $= 0.12 \text{ s}$

$$\begin{aligned} \text{Halaju, } v &= \frac{s}{t} \\ &= \frac{18 \text{ cm}}{0.12 \text{ s}} \\ &= 150 \text{ cm s}^{-1} \end{aligned}$$

Kita telah mengetahui kaedah menghitung halaju dan pecutan bagi gerakan linear suatu objek dengan merujuk kepada titik-titik pada pita detik.

Marilah kita jalankan aktiviti menggunakan jangka masa detik dan pita detik untuk menentukan halaju serta pecutan troli.

Menghitung pecutan



Rajah 2.11

$$\begin{aligned} \text{Halaju awal, } u &= \text{halaju pada detik pertama} \\ &= \frac{1.2 \text{ cm}}{0.02 \text{ s}} \\ &= 60 \text{ cm s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Halaju akhir, } v &= \text{halaju pada detik ketujuh} \\ &= \frac{3.6 \text{ cm}}{0.02 \text{ s}} \\ &= 180 \text{ cm s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Masa perubahan halaju} \\ t &= (7 - 1) \text{ detik} \\ &= 6 \text{ detik} \\ &= 6 \times 0.02 \text{ s} \\ &= 0.12 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pecutan, } a &= \frac{v - u}{t} \\ &= \frac{(180 - 60) \text{ cm s}^{-1}}{0.12 \text{ s}} \\ &= 1000 \text{ cm s}^{-2} \end{aligned}$$





Aktiviti 2.1

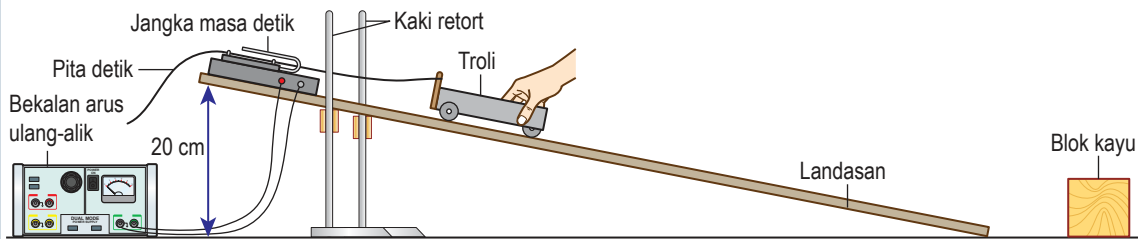
Tujuan: Menggunakan pita detik untuk menentukan sesaran, halaju dan pecutan sebuah troli

Radas: Jangka masa detik, troli, landasan, bekalan arus ulang-alik, kaki retort dan blok kayu

Bahan: Pita detik berkarbon dan dawai penyambung

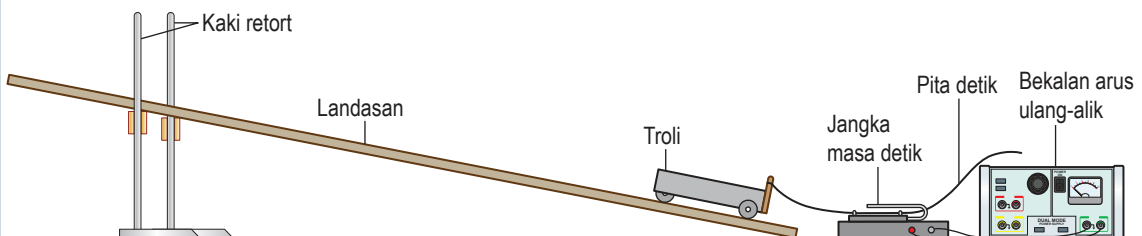
Arahan:

1. Susunkan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.12. Tinggikan satu hujung landasan sehingga ketinggian 20 cm supaya troli itu boleh bergerak menuruni landasan.



Rajah 2.12

2. Lekatkan pita detik yang panjangnya 100 cm pada troli, hidupkan jangka masa detik dan lepaskan troli itu. Perhatikan pita detik yang diperoleh.
3. Daripada pita detik itu, tentukan sesaran dan hitungkan halaju purata troli itu.
4. Tinggikan lagi hujung landasan supaya troli boleh bergerak dengan halaju yang semakin tinggi menuruni landasan itu.
5. Ulangi langkah 2 dan 3. Kemudian, hitungkan pecutan troli.
6. Susun semula radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.13.



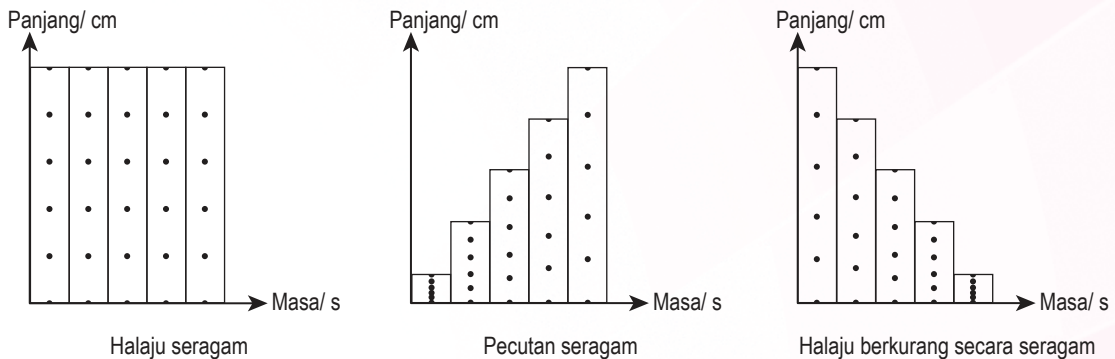
Rajah 2.13

7. Tolak troli dari bawah landasan tersebut dan biarkannya bergerak ke atas landasan.
8. Hentikan troli di atas landasan sebaik sahaja troli mula menuruni landasan.
9. Daripada pita detik yang diperoleh, tentukan pecutan troli itu.

Perbincangan:

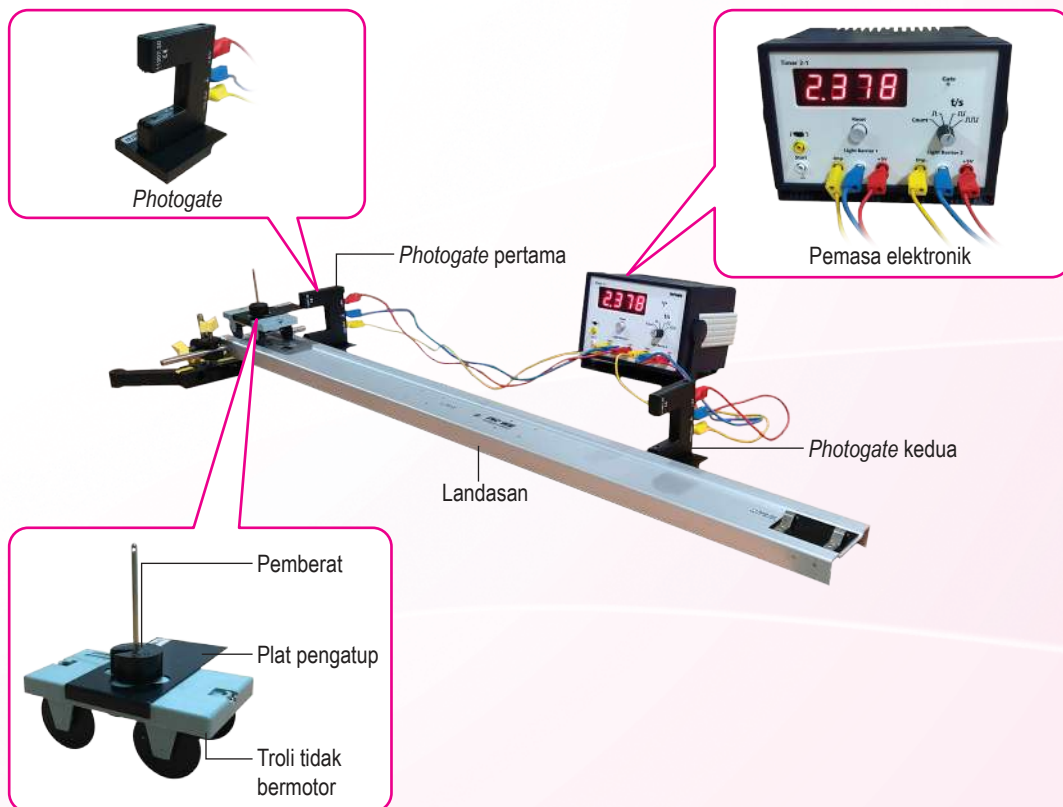
Bincangkan pergerakan bagi pita detik yang diperoleh.

Jika pita detik yang panjang digunakan, lebih banyak titik dapat dirakam pada pita detik itu. Dalam hal ini, pita detik itu boleh dibahagi kepada jalur-jalur yang mempunyai bilangan detik yang sama. Jalur-jalur itu dipotong dan dilekat sebelah-menyebelah di atas kertas graf untuk membentuk carta pita seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.14.



Rajah 2.14 Carta pita detik

Selain daripada jangka masa detik, **sistem photogate dan pemasa elektronik** boleh digunakan untuk mengkaji pergerakan linear dengan lebih jitu. Rajah 2.15 menunjukkan sistem *photogate* dan pemasa elektronik yang digunakan bersama troli tidak bermotor yang bergerak di atas landasan aluminium yang dicondongkan.



Rajah 2.15 Sistem photogate dan pemasa elektronik



Aktiviti 2.2

Tujuan: Menggunakan sistem *photogate* dan pemasa elektronik untuk menentukan halaju dan pecutan pergerakan troli

Radas: Sistem *photogate* dan pemasa elektronik, troli, landasan dan pelaras ketinggian landasan

Arahan:

1. Sediakan susunan radas dengan merujuk kepada manual di dalam QR code.
2. Tinggikan satu hujung landasan sehingga ketinggian 15 cm.
3. Laraskan jarak pemisahan antara dua *photogate* kepada $s = 40.0$ cm.
4. Laraskan suis pemasa elektronik ke simbol $\uparrow \downarrow$. Lepaskan troli dari hujung tinggi landasan dan sambut troli setelah melalui *photogate* kedua.
5. Catatkan jumlah masa, t dalam Jadual 2.2.
6. Keluarkan *photogate* pertama.
7. Laraskan suis pada pemasa elektronik kepada $\uparrow \downarrow$. Lepaskan troli sekali lagi dari titik asal yang sama.
8. Catatkan sela masa, Δt dalam Jadual 2.2.
9. Ulangi langkah 3 hingga 8 untuk $s = 50.0$ cm, 60.0 cm, 70.0 cm dan 80.0 cm.

Manual penggunaan sistem *photogate* dan pemasa elektronik



<http://bit.ly/2FFiKC4>

Keputusan:

Jadual 2.2

Jarak pemisahan antara dua <i>photogate</i> , s / cm	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
Jumlah masa, t / s					
Sela masa, Δt / s					
Halaju akhir, $v = \frac{s}{\Delta t}$ / cm s ⁻¹					
Pecutan, $a = \frac{v}{t}$ / cm s ⁻²					

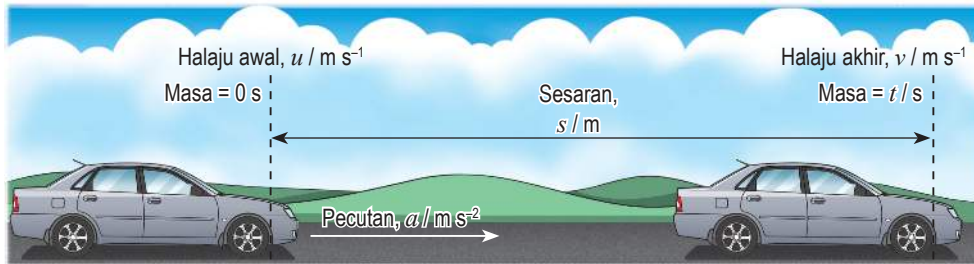
Perbincangan:

1. Berdasarkan keputusan dalam jadual, tentukan pecutan purata pergerakan troli.
2. Mengapakah jumlah masa, t bertambah tetapi sela masa, Δt berkurang apabila s bertambah dari 40.0 cm ke 80.0 cm?

Kaedah menggunakan sistem *photogate* dan pemasa elektronik adalah lebih jitu kerana tiada pita detik dilekatkan pada troli. Oleh itu, gerakan troli dalam sistem *photogate* kurang mengalami masalah geseran antara pita detik dengan jangka masa detik. Pemasa elektronik boleh mengesan sela masa sehingga kejituan 0.001 saat berbanding dengan 0.02 saat untuk jangka masa detik. Sela masa yang sangat pendek ini membolehkan kita menentukan halaju dan pecutan troli dengan lebih jitu.

Menyelesaikan Masalah Gerakan Linear dengan Menggunakan Persamaan Gerakan Linear

Rajah 2.16 menunjukkan sebuah kereta yang bergerak dengan pecutan seragam.



Rajah 2.16 Kereta yang bergerak dengan pecutan seragam

Lima kuantiti fizik dalam gerakan linear dengan pecutan seragam boleh diwakili dengan empat persamaan gerakan linear.

Persamaan gerakan linear pertama

$$\begin{aligned} \text{Pecutan} &= \frac{\text{Halaju akhir} - \text{halaju awal}}{\text{Masa perubahan halaju}} \\ a &= \frac{v - u}{t} \\ at &= v - u \\ v &= u + at \quad (1) \end{aligned}$$

Persamaan gerakan linear kedua

$$\begin{aligned} \text{Sesaran} &= \text{Halaju purata} \times \text{masa} \\ \text{Sesaran} &= \left(\frac{\text{Halaju awal} + \text{halaju akhir}}{2} \right) \times \text{masa} \\ s &= \frac{1}{2}(u + v)t \quad (2) \end{aligned}$$

Persamaan gerakan linear ketiga

Gantikan persamaan (1) ke persamaan (2)

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2}[u + (u + at)]t \\ s &= \frac{1}{2}(2u + at)t \\ s &= ut + \frac{1}{2}at^2 \quad (3) \end{aligned}$$

Persamaan gerakan linear keempat

Kuasa duakan persamaan (1)

$$\begin{aligned} v^2 &= (u + at)^2 \\ v^2 &= u^2 + 2uat + a^2t^2 \\ v^2 &= u^2 + 2a\left(ut + \frac{1}{2}at^2\right) \\ v^2 &= u^2 + 2as \quad (4) \end{aligned}$$

Daripada persamaan (3)
 $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

Contoh 1

Sebuah bas sekolah bergerak dari keadaan pegun dengan pecutan 2 m s^{-2} selama 5 s. Hitungkan halajunya selepas 5 s.

Penyelesaian:

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$$\begin{cases} \text{Halaju awal, } u = 0 \text{ m s}^{-1} \\ \text{Masa, } t = 5 \text{ s} \\ \text{Pecutan, } a = 2 \text{ m s}^{-2} \\ \text{Halaju akhir, } v = ? \end{cases}$$

$$v = u + at$$

$$\begin{cases} v = 0 + (2)(5) \\ = 10 \text{ m s}^{-1} \end{cases}$$

Contoh 2

Ketika sebuah kereta lumba melalui trek yang lurus, halajunya ialah 40 m s^{-1} . Selepas 3 saat, kereta lumba tersebut telah mencapai 50 m s^{-1} . Hitungkan sesaran yang telah dilalui.

Penyelesaian:

$$\begin{array}{l} \text{Halaju awal, } u = 40 \text{ m s}^{-1} \\ \text{Halaju akhir, } v = 50 \text{ m s}^{-1} \\ \text{Masa, } t = 3 \text{ s} \\ \text{Sesaran, } s = ? \end{array} \quad \begin{array}{l} s = \frac{1}{2} (u + v)t \\ = \frac{1}{2} (40 + 50)(3) \\ = 135 \text{ m} \end{array}$$

Contoh 3

Seorang atlet memulakan larian daripada keadaan pegun dan mencapai halaju maksimum setelah memecut secara seragam selama 8.0 s. Jika sesaran yang dicapai oleh atlet itu ialah 40 m, tentukan pecutan beliau dalam larian tersebut.

Penyelesaian:

$$\begin{array}{l} \text{Halaju awal, } u = 0 \text{ m s}^{-1} \\ \text{Masa, } t = 8.0 \text{ s} \\ \text{Sesaran, } s = 40 \text{ m} \\ \text{Pecutan, } a = ? \end{array} \quad \begin{array}{l} s = ut + \frac{1}{2} at^2 \\ 40 = (0)(8) + \frac{1}{2}(a)(8^2) \\ 40 = 0 + \frac{64a}{2} \\ a = \frac{2 \times 40}{64} \\ = 1.25 \text{ m s}^{-2} \end{array}$$

Contoh 4

Maria mengayuh basikal pada halaju 8 m s^{-1} . Dia menekan brek basikal secara tiba-tiba dan berjaya berhenti setelah bergerak sejauh 2 m. Berapakah pecutan yang dialami oleh Maria dan basikalnya?

Penyelesaian:

$$\begin{array}{l} \text{Halaju awal, } u = 8 \text{ m s}^{-1} \\ \text{Halaju akhir, } v = 0 \text{ m s}^{-1} \\ \text{Sesaran, } s = 2 \text{ m} \\ \text{Pecutan, } a = ? \end{array} \quad \begin{array}{l} v^2 = u^2 + 2as \\ 0^2 = 8^2 + 2(a)(2) \\ -4a = 64 \\ a = -16 \text{ m s}^{-2} \end{array}$$

Tanda negatif menunjukkan Maria mengalami pecutan 16 m s^{-2} dalam arah bertentangan dengan gerakan basikal.

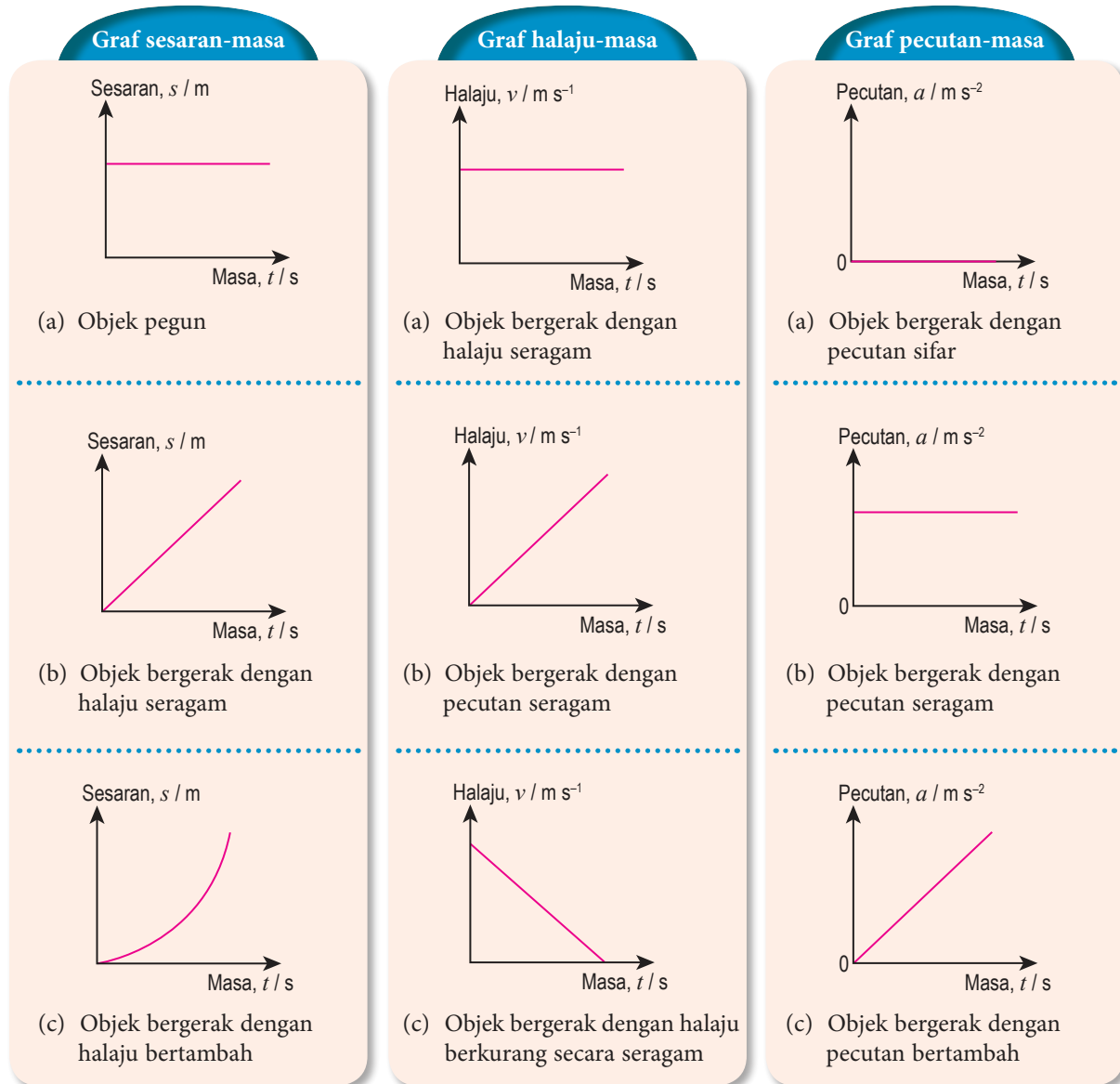
Latihan Formatif

2.1

- Jelaskan perbezaan antara
 - jarak dengan sesaran
 - laju dengan halaju
- Sebuah kereta yang bergerak di atas jalan raya dengan halaju 30 m s^{-1} mengalami pengurangan halaju dengan kadar seragam sehingga berhenti selepas 5 s. Berapakah pecutan yang dialami oleh kereta itu? 🧠
- Aina menunggang sebuah alat pengangkutan peribadi pintar di Taman Botani Perdana. Alat itu memecut secara seragam daripada halaju 1 m s^{-1} ke halaju 5 m s^{-1} dalam masa 0.5 minit. Hitungkan sesaran alat itu. 🧠

2.2 Graf Gerakan Linear

Bagi gerakan linear, pentafsiran graf adalah penting bagi memahami jenis gerakan linear suatu objek. Rajah 2.17 menunjukkan pentafsiran jenis gerakan daripada graf.



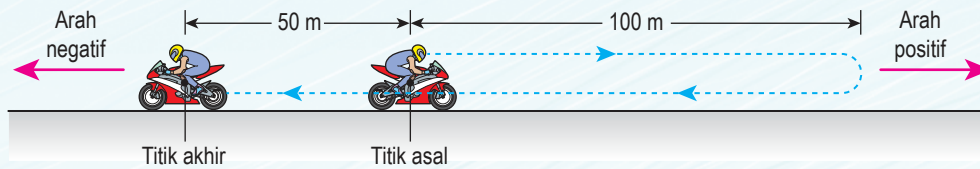
Bagi graf sesaran-masa:
Kecerunan graf = halaju

Bagi graf halaju-masa:
Kecerunan graf = pecutan
Luas di bawah graf = sesaran

Rajah 2.17 Pentafsiran jenis gerakan linear daripada graf

Menganalisis Graf Sesaran-Masa untuk Menentukan Jarak, Sesaran dan Halaju

Rajah 2.18 menunjukkan titik asal dan titik akhir bagi sebuah motosikal yang ditunggang ke arah kanan (arah positif) dan kemudian berpatah balik ke kiri (arah negatif). Graf sesaran-masa dalam Rajah 2.19 menunjukkan gerakan linear motosikal tersebut.



Rajah 2.18 Pergerakan sebuah motosikal yang ditunggang

Bahagian AB:

Motosikal ditunggang sejauh 100 m ke kanan selama 5 saat.

$$\text{Kecerunan graf} = \frac{100 - 0}{5 - 0} = 20 \text{ m s}^{-1}$$

Maka, halaju motosikal ialah 20 m s^{-1} ke kanan.

Bahagian BC:

Motosikal berhenti selama 3 saat.

$$\text{Kecerunan graf} = 0 \text{ m s}^{-1}$$

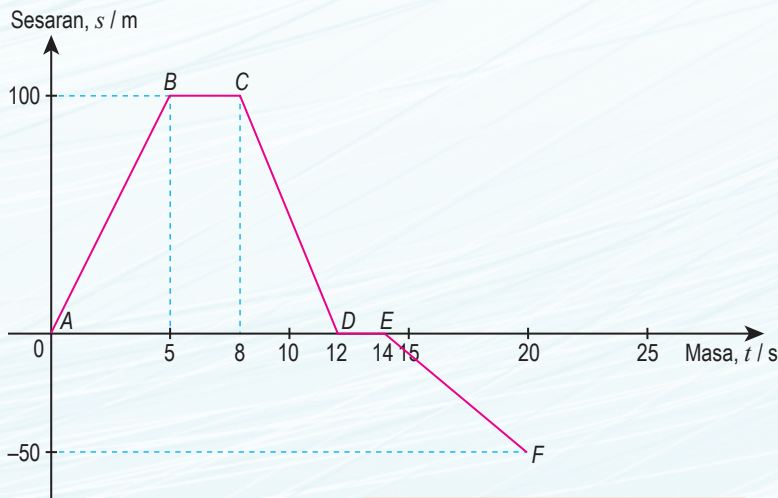
Maka, halaju motosikal ialah 0 m s^{-1} .

Bahagian CD:

Motosikal berpatah balik dan ditunggang kembali ke titik asal dalam masa 4 saat.

$$\text{Kecerunan graf} = \frac{0 - 100}{12 - 8} = -25 \text{ m s}^{-1}$$

Maka, halaju motosikal ialah 25 m s^{-1} ke kiri.



Bahagian DE:

Motosikal berada dalam keadaan pegun di titik asal selama 2 saat.

$$\text{Kecerunan graf} = 0 \text{ m s}^{-1}$$

Maka, halaju motosikal ialah 0 m s^{-1} .

Bahagian EF:

Motosikal ditunggang ke kiri sejauh 50 m selama 6 saat.

$$\text{Kecerunan graf} = \frac{-50 - 0}{20 - 14} = -8.33 \text{ m s}^{-1}$$

Maka, halaju motosikal ialah 8.33 m s^{-1} ke kiri.

Bagaimanakah laju purata dan halaju purata ditentukan daripada graf sesaran-masa?

$$\text{Jumlah jarak yang dilalui} = 100 + 100 + 50 = 250 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah sesaran} = 100 + (-100) + (-50) = -50 \text{ m}$$

Rajah 2.19 Menganalisis graf sesaran-masa

Jumlah jarak yang dilalui ialah 250 m dengan jumlah masa 20 s. Maka laju puratanya ialah

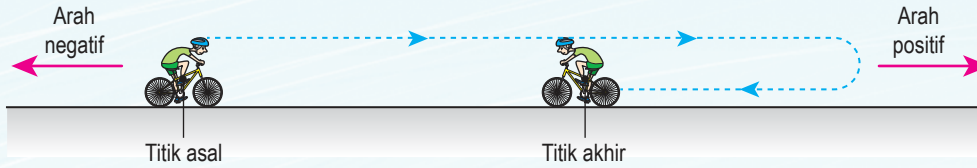
$$= \frac{250}{20} = 12.5 \text{ m s}^{-1}$$

Sesaran keseluruhan ialah -50 m dengan jumlah masa 20 s. Maka halaju purata ialah

$$= \frac{-50}{20} = -2.5 \text{ m s}^{-1}$$

Menganalisis Graf Halaju-Masa untuk Menentukan Jarak, Sesaran, Halaju dan Pecutan

Rajah 2.20 menunjukkan gerakan linear sebuah basikal. Rajah 2.21 menunjukkan graf halaju-masa yang menunjukkan gerakan basikal tersebut.



Rajah 2.20 Gerakan linear sebuah basikal

Sela masa: 0 – 50 saat

Kecerunan graf = 0 m s^{-2}

Maka, basikal ini bergerak ke kanan dengan halaju seragam 10 m s^{-1} .

Sela masa: 50 – 70 saat

Kecerunan graf = $\frac{15 - 10}{70 - 50}$
 $= 0.25 \text{ m s}^{-2}$

Maka, basikal ini bergerak ke kanan dengan pecutan seragam 0.25 m s^{-2} .

Sela masa: 70 – 100 saat

Kecerunan graf = $\frac{0 - 15}{100 - 70}$
 $= -0.5 \text{ m s}^{-2}$

Pecutan basikal = -0.5 m s^{-2}

Halaju basikal semakin berkurang. Basikal mengalami pecutan -0.5 m s^{-2} (pada arah bertentangan dengan arah pergerakan basikal).

Sela masa: 100 – 120 saat

Kecerunan graf = 0 m s^{-2}

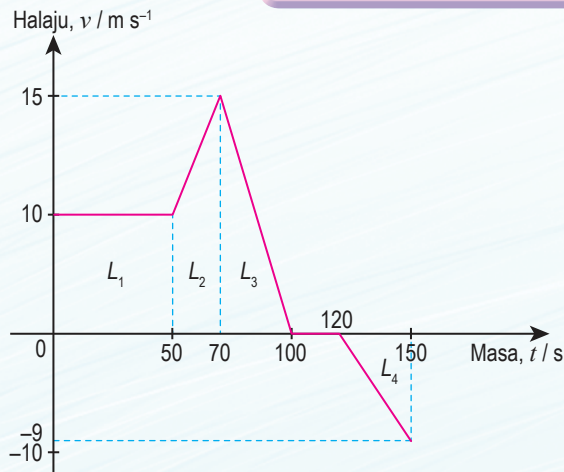
Halajunya adalah 0 m s^{-1} . Basikal berhenti dan pegun selama 20 saat.

Sela masa: 120 – 150 saat

Kecerunan graf = $\frac{-9 - 0}{150 - 120}$
 $= -0.3 \text{ m s}^{-2}$

Pecutan basikal = -0.3 m s^{-2}

Halaju basikal semakin bertambah. Basikal memecut secara seragam -0.3 m s^{-2} (pada arah pergerakan basikal, iaitu ke kiri).



Luas, $L_1 = 500 \text{ m}$, $L_2 = 250 \text{ m}$, $L_3 = 225 \text{ m}$, $L_4 = 135 \text{ m}$

Jumlah jarak keseluruhan = $L_1 + L_2 + L_3 + L_4$
 $= 500 + 250 + 225 + 135$
 $= 1110 \text{ m}$

Sesaran ke kanan = $L_1 + L_2 + L_3$
 $= 500 + 250 + 225$
 $= 975 \text{ m}$

Sesaran ke kiri = L_4
 $= 135 \text{ m}$

Jumlah sesaran = $L_1 + L_2 + L_3 + L_4$
 $= 500 + 250 + 225 + (-135)$
 $= 840 \text{ m ke kanan}$

Rajah 2.21 Menganalisis graf halaju-masa

Laju purata dan halaju purata boleh ditentukan daripada kadar perubahan jarak keseluruhan dan kadar perubahan sesaran keseluruhan. Cuba anda tentukan laju purata dan halaju purata bagi graf halaju-masa di atas.



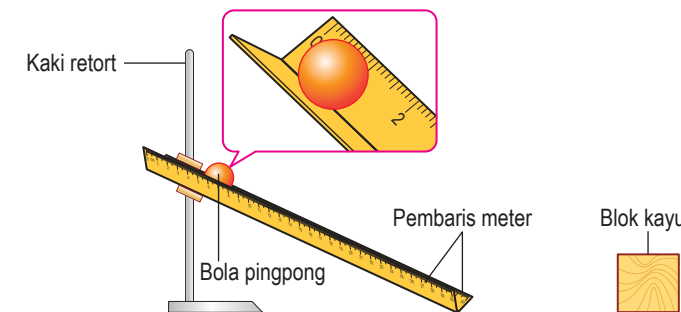
Tujuan: Menggunakan aplikasi *Tracker* untuk memetakan gerakan sebiji bola pingpong dalam bentuk graf

Radas: Kaki retort, bongkah kayu dan pembaris meter

Bahan: Bola pingpong dan pita selofan

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Muat turun perisian *Tracker* pada komputer dari laman sesawang yang diberikan di bawah.
3. Susunkan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.22 menggunakan dua batang pembaris yang disusun dalam bentuk "V" untuk membentuk landasan yang condong.



Rajah 2.22

Muat turun perisian *Tracker*



<https://physlets.org/tracker/>

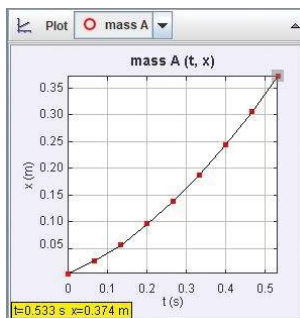
Video panduan menggunakan perisian *Tracker*



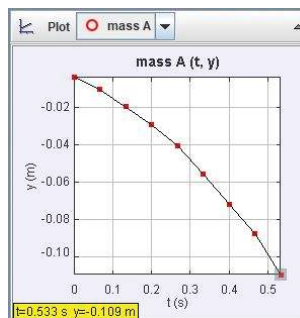
<http://bit.ly/2RFz1O2>

4. Rakamkan video pergerakan bola pingpong dalam garis lurus.
5. Gunakan perisian *Tracker* untuk menganalisis pergerakan bola pingpong dalam video melalui graf sesaran-masa, halaju-masa dan pecutan-masa.
6. Rajah 2.23 menunjukkan contoh-contoh graf yang anda akan perolehi melalui perisian ini.

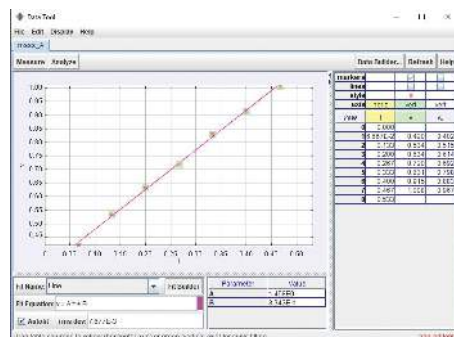
Graf sesaran ufuk
melawan masa



Graf sesaran menegak
melawan masa



Graf laju melawan masa



Rajah 2.23 Contoh-contoh graf yang diperolehi

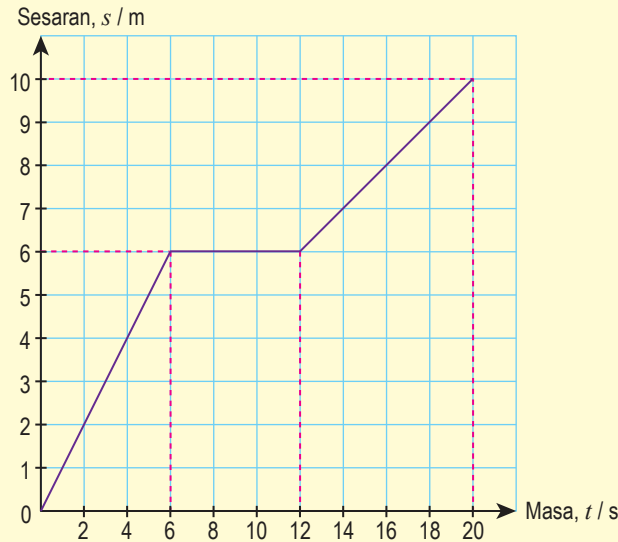
7. Bincangkan dan tafsirkan gerakan bola pingpong berdasarkan graf-graf yang diperolehi.
8. Analisis gerakan bola pingpong dari graf-graf yang diperolehi.
9. Bentangkan tafsiran dan analisis graf-graf yang diperolehi.

Menterjemah dan Melakar Graf

Graf sesaran-masa dapat diterjemahkan untuk melakarkan graf halaju-masa dan sebaliknya. Graf halaju-masa pula dapat diterjemahkan kepada graf pecutan-masa dan sebaliknya. Kemahiran menterjemah dan melakar graf adalah penting dalam menyelesaikan masalah yang melibatkan gerakan linear. Teliti contoh menterjemah dan melakar graf yang diberikan.

Contoh 1

Rajah 2.24 menunjukkan graf sesaran-masa suatu objek yang bergerak secara linear.



Rajah 2.24

- Tentukan halaju pergerakan objek ini untuk setiap satu peringkat pergerakannya.
- Terjemahkan graf sesaran-masa dalam Rajah 2.24 untuk melakarkan graf halaju-masa.

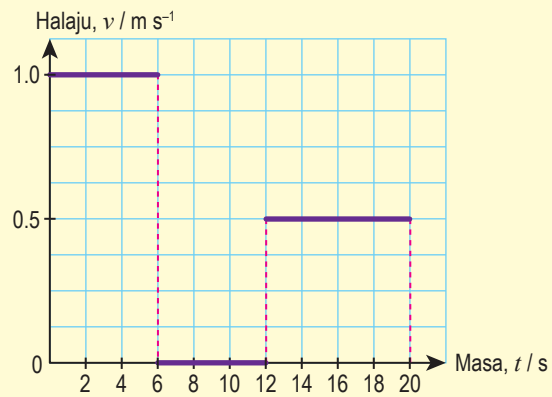
Penyelesaian:

- Halaju = Kecerunan graf sesaran-masa

Jadual 2.3

0 hingga 6 s	$v_1 = \frac{6 - 0}{6 - 0} = 1 \text{ m s}^{-1}$
6 s hingga 12 s	$v_2 = \frac{6 - 6}{12 - 6} = 0 \text{ m s}^{-1}$
12 s hingga 20 s	$v_3 = \frac{10 - 6}{20 - 12} = 0.5 \text{ m s}^{-1}$

- Graf halaju-masa



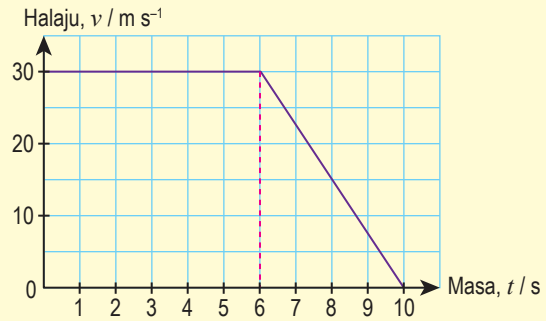
Rajah 2.25

Contoh 2

Rajah 2.26 menunjukkan graf halaju-masa yang diplot berdasarkan gerakan linear kereta yang dipandu oleh Encik Kassim. Beliau memandu keretanya pada halaju 30 m s^{-1} dan menekan brek apabila melihat halangan di jalan raya.

Terjemahkan graf halaju-masa bagi pergerakan kereta Encik Kassim dan lakarkan

- graf sesaran-masa, dan
- graf pecutan-masa.

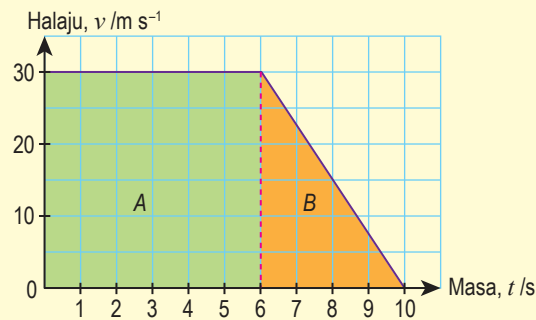


Rajah 2.26

Jadual 2.4

Masa	Sesaran	Pecutan
0 – 6 s	Sesaran = luas A = 30×6 = 180 m	Pecutan = kecerunan graf = 0 m s^{-2}
6 – 10 s	Sesaran = luas B = $\frac{1}{2} \times 30 \times 4$ = 60 m	Pecutan = $\frac{0 - 30}{10 - 6}$ = -7.5 m s^{-2}

Penyelesaian:



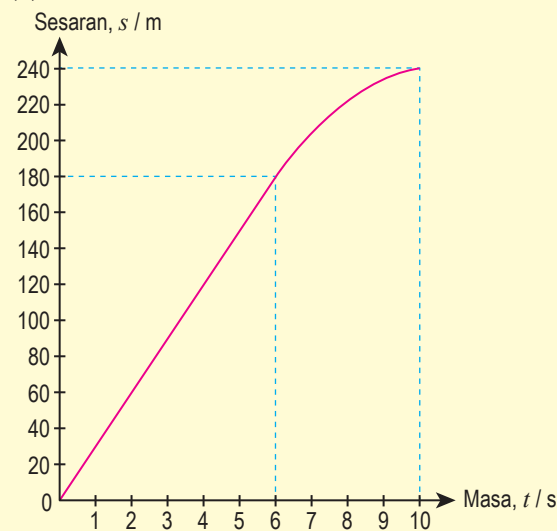
Rajah 2.27

Sesaran selepas 10 s,
 $s = 180 + 60$
 $= 240 \text{ m}$

INFO BESTARI

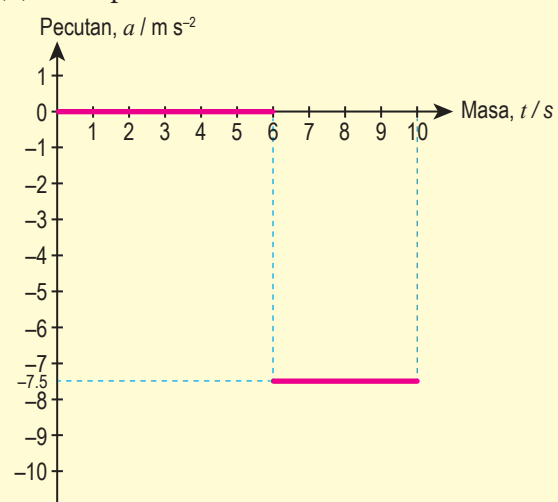
Untuk menentukan sesaran, luas di bawah graf perlu dihitung. Untuk memudahkan kiraan luas, graf boleh dibahagikan kepada beberapa bahagian seperti dalam Rajah 2.27.

- Graf sesaran-masa



Rajah 2.28

- Graf pecutan-masa



Rajah 2.29

Menyelesaikan Masalah Melibatkan Graf Gerakan Linear

Contoh 1

Graf halaju-masa dalam Rajah 2.30 menunjukkan pergerakan Hasri. Tentukan

- pecutan,
- sesaran, dan
- halaju purata.

Penyelesaian:

- Pecutan = kecerunan graf

Dari 0 – 3 s:

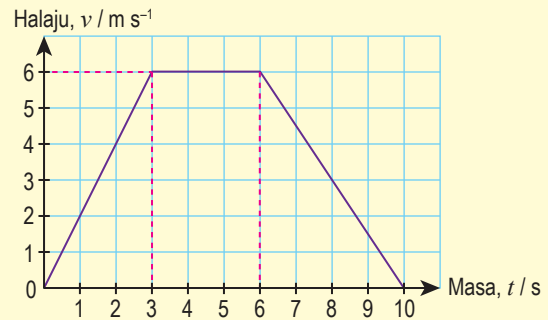
$$\begin{aligned}\text{Pecutan } a_1 &= \frac{6 - 0}{3} \\ &= 2 \text{ m s}^{-2}\end{aligned}$$

Dari 3 s – 6 s:

$$\text{Pecutan } a_2 = 0$$

Dari 6 s – 10 s:

$$\begin{aligned}\text{Pecutan } a_3 &= \frac{0 - 6}{4} \\ &= -1.5 \text{ m s}^{-2}\end{aligned}$$



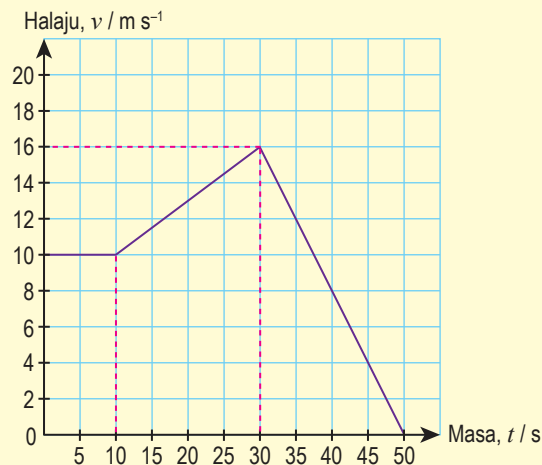
Rajah 2.30

- Jumlah sesaran, s = luas di bawah graf
= luas trapezium
$$= \frac{1}{2}(3 + 10)(6)$$
$$= 39 \text{ m}$$
- Halaju purata, $v = \frac{\text{Jumlah sesaran}}{\text{Jumlah masa}}$
$$= \frac{39}{10}$$
$$= 3.9 \text{ m s}^{-1}$$

Contoh 2

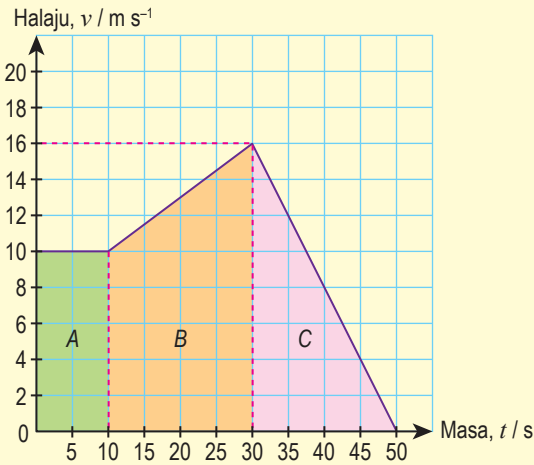
Rajah 2.31 menunjukkan graf halaju-masa bagi gerakan linear sebuah kereta. Terjemahkan graf halaju-masa itu dan lakarkan

- graf sesaran melawan masa, dan
- graf pecutan melawan masa.



Rajah 2.31

Penyelesaian:

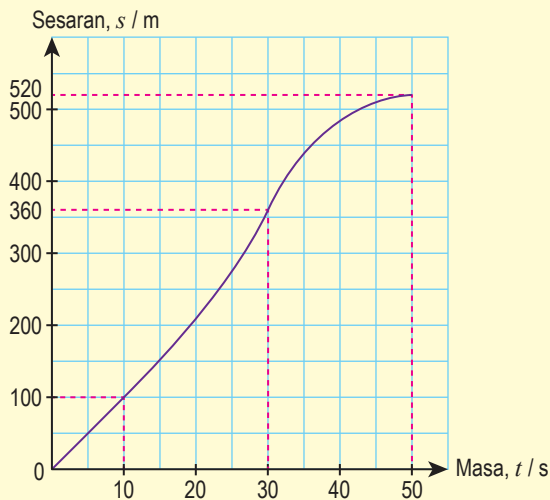


Rajah 2.32

Sesaran selepas 30 s = $100 + 260$
= 360 m

Sesaran selepas 50 s = $100 + 260 + 160$
= 520 m

(a) Graf sesaran-masa

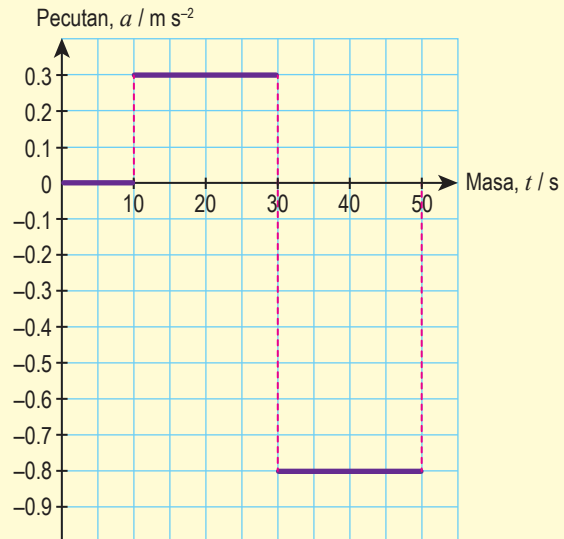


Rajah 2.33

Jadual 2.5

Masa	Sesaran	Pecutan
0 – 10 s	Sesaran = luas A = 10×10 = 100 m	Pecutan = kecerunan graf = 0 m s^{-2}
10 – 30 s	Sesaran = luas B = $\frac{1}{2}(10 + 16)(20)$ = 260 m	Pecutan = $\frac{16 - 10}{30 - 10}$ = 0.3 m s^{-2}
30 – 50 s	Sesaran = luas C = $\frac{1}{2} \times 20 \times 16$ = 160 m	Pecutan = $\frac{0 - 16}{50 - 30}$ = -0.8 m s^{-2}

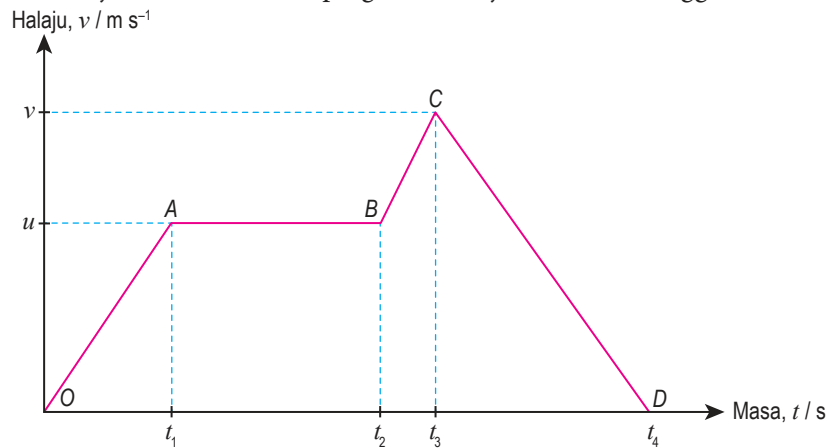
(b) Graf pecutan-masa



Rajah 2.34

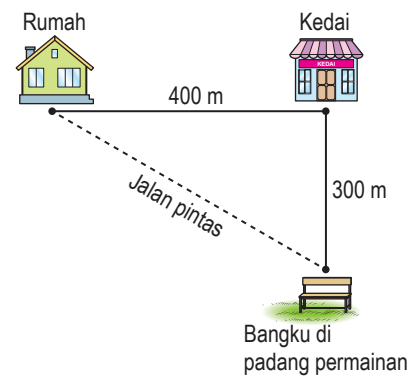
Latihan Formatif 2.2

1. Bagaimanakah anda boleh menentukan
 - (a) halaju daripada graf sesaran melawan masa?
 - (b) pecutan daripada graf halaju melawan masa?
 - (c) sesaran daripada graf halaju melawan masa?
2. Berdasarkan Rajah 2.35, huraikan pergerakan objek dari O sehingga D secara kualitatif.



Rajah 2.35

3. Rajah 2.36 menunjukkan Rokiah mengambil masa 3 minit untuk berjalan ke kedai runcit yang berada 400 m di sebelah kanan rumahnya. Selepas 1 minit, dia membeli aiskrim dan berjalan ke padang permainan yang terletak 300 m dari kedai runcit dalam masa 2 minit. Dia duduk dan berehat di bangku berhampiran padang permainan selama 2 minit. Kemudian, menggunakan jalan pintas kembali ke rumahnya. Rokiah tiba di rumahnya dalam masa 2 minit.



Rajah 2.36

- (a) Berapakah halaju purata pergerakan Rokiah dari
 - (i) rumah ke kedai?
 - (ii) kedai ke padang permainan?
 - (iii) padang permainan ke rumah?
 - (b) Hitungkan laju purata bagi keseluruhan pergerakan Rokiah.
4. Sebuah kereta dipandu dari keadaan pegun sehingga mencapai pecutan 4 m s^{-2} dalam masa 8 saat di lebuh raya yang lurus. Kereta itu kemudiannya dipandu pada halaju seragam selama 20 saat sebelum breknya ditekan. Kereta mengalami pengurangan halaju pada kadar 2 m s^{-2} sehingga berhenti. Lakarkan graf
 - (a) pecutan melawan masa,
 - (b) halaju melawan masa, dan
 - (c) sesaran melawan masa.

2.3

Gerakan Jatuh Bebas

Gerakan Jatuh Bebas dan Pecutan Gravitasi

Suatu objek dikatakan mengalami **gerakan jatuh bebas** jika pergerakan objek itu dipengaruhi oleh **daya graviti** sahaja. Hal ini bermakna objek yang jatuh bebas **tidak mengalami tindakan daya yang lain** seperti rintangan udara atau geseran.

Gambar foto 2.2 menunjukkan sebiji buah kelapa yang jatuh dari pokok kelapa. Adakah pergerakan buah kelapa itu merupakan gerakan jatuh bebas?

Jalankan Aktiviti 2.4 dan Aktiviti 2.5 tentang gerakan jatuh bebas.



Gambar foto 2.2 Buah kelapa jatuh dari pokok kelapa



Aktiviti 2.4

Tujuan: Menonton video menunjukkan gerakan jatuh bebas

Arahan:

Imbas QR code atau layari laman sesawang yang diberikan di sebelah untuk menonton video gerakan jatuh bebas.

Perbincangan:

Apakah pemerhatian anda terhadap gerakan jatuh bebas dalam video tersebut?

Video gerakan jatuh bebas



<http://bit.ly/2CwzDew>



Aktiviti 2.5

Tujuan: Mengkaji gerakan jatuh objek

Bahan: Bola pingpong dan kertas A4

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Pegang sehelai kertas di tangan kanan dan sebiji bola pingpong di tangan kiri seperti dalam Gambar foto 2.3.
3. Lepaskan kertas dan bola pingpong pada masa dan ketinggian yang sama.
4. Perhatikan pergerakan kertas dan bola pingpong.
5. Ulangi langkah 2 hingga 4 dengan kertas yang direnyukkan menjadi bentuk bebola.

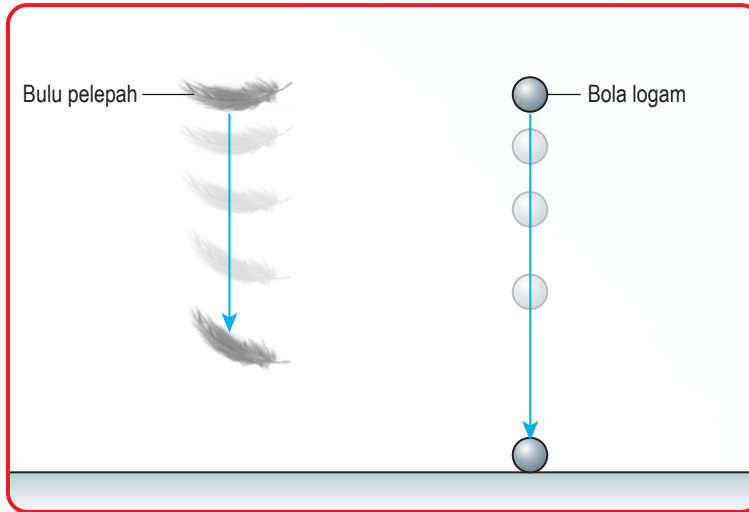
Perbincangan:

1. Mengapakah pada cubaan pertama, kertas dan bola pingpong yang jatuh mengambil masa yang berbeza untuk tiba ke lantai?
2. Kertas yang digunakan di langkah 2 dan langkah 5 ialah kertas yang sama. Mengapakah kertas sebelum dan selepas direnyukkan jatuh pada kadar yang berbeza?



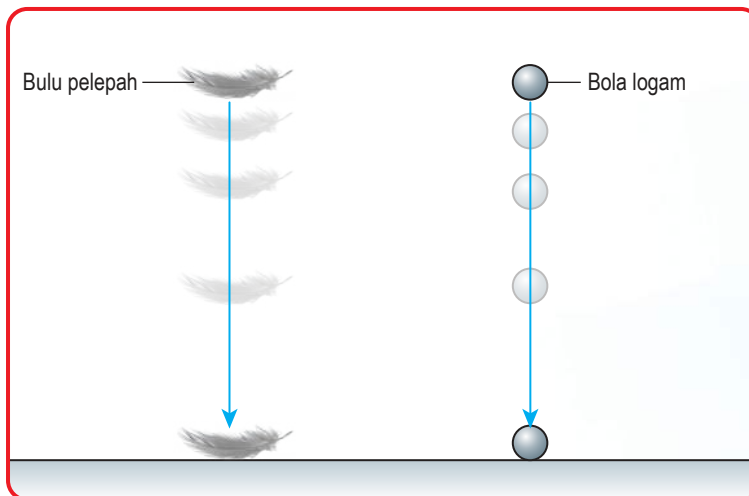
Gambar foto 2.3

Dalam kehidupan harian, kita akan melihat objek yang berat akan jatuh dan sampai ke permukaan Bumi dengan lebih cepat daripada objek yang ringan. Hal ini disebabkan oleh daya yang lain seperti rintangan udara. Perhatikan Rajah 2.37.



Rajah 2.37 Gerakan jatuh objek dalam udara

Objek yang berlainan jisim akan jatuh dengan pecutan yang sama jika rintangan udara tidak wujud. Keadaan ini akan berlaku dalam keadaan vakum. Teliti Rajah 2.38. Bulu pelepah dan bola logam yang dilepaskan dalam ruang vakum akan mencecah lantai pada masa yang sama. Gerakan jatuh bebas yang anda tonton dalam video di Aktiviti 2.4 sebenarnya telah dijalankan dalam keadaan vakum.



Rajah 2.38 Gerakan jatuh bebas dalam keadaan vakum

Pecutan objek yang jatuh bebas disebabkan oleh daya tarikan graviti dinamakan **pecutan graviti**, g . Nilai purata bagi pecutan graviti Bumi ialah 9.81 m s^{-2} . Halaju objek yang jatuh bebas akan bertambah sebanyak 9.81 m s^{-1} setiap saat dalam medan graviti seragam berhampiran permukaan Bumi. Apabila suatu objek jatuh dalam medan graviti, dan rintangan udara diabaikan, objek tersebut dikatakan mengalami **jatuh bebas**.

INTEGRASI SEJARAH

Pada 384-322 S.M, Aristotle menyimpulkan bahawa kadar objek yang jatuh bergantung kepada berat, bentuk dan orientasi objek. Akan tetapi, Galileo Galilei (1564 – 1642) melalui demonstrasi mendapati objek-objek akan jatuh dengan pecutan yang sama jika rintangan udara dapat diabaikan.

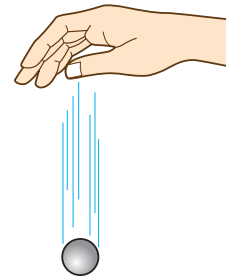
Video objek yang jatuh dalam keadaan biasa dan vakum



<http://bit.ly/2DlXDCp>

Menentukan Nilai Pecutan Graviti

Objek yang jatuh bebas dalam medan graviti akan mengalami pecutan yang dikenali pecutan graviti. Oleh yang demikian, nilai pecutan graviti boleh ditentukan dengan mengukur pecutan objek berat seperti bola keluli di makmal fizik. Mari kita menggunakan sistem *photogate* dan pemasa elektronik untuk menentukan nilai pecutan graviti, g .



Rajah 2.39 Melepaskan bola keluli



Eksperimen

2.1

Tujuan: Menentukan nilai pecutan graviti Bumi

Radas: Sistem *photogate* dan pemasa elektronik, pelepas elektromagnet dan bekas untuk menangkap bola keluli yang dilepaskan.

Prosedur:

1. Imbas QR code atau layari laman sesawang yang diberikan untuk memuat turun manual penggunaan *photogate* dan pemasa elektronik ini.
2. Susun bahan dan radas seperti yang ditunjukkan dalam Gambar foto 2.4.



Gambar foto 2.4

Manual penggunaan *photogate* dan pemasa elektronik untuk eksperimen jatuh bebas



<http://bit.ly/2V8qi7S>

Kaedah alternatif menggunakan pita detik



<http://bit.ly/2DhjsTm>

3. Letakkan *photogate* kedua pada jarak pemisahan, 30.0 cm dari *photogate* pertama.
4. Pastikan bola keluli boleh jatuh melalui kedua-dua *photogate* ke dalam bekas.
5. Lepaskan bola keluli yang dipegang oleh pelepas elektromagnet.
6. Catat masa yang diambil untuk bola keluli melalui *photogate* yang pertama sebagai t_1 dan *photogate* kedua sebagai t_2 dalam Jadual 2.6.
7. Ulangi langkah 3 hingga 6 untuk jarak pemisahan 40.0 cm, 50.0 cm, 60.0 cm dan 70.0 cm.

Keputusan:

Jadual 2.6

Jarak pemisahan antara dua photogate, h / cm	Masa gerakan melalui dua photogate		Pecutan graviti, g / m s^{-2}
	t_1 / s	t_2 / s	
30.0			
40.0			
50.0			
60.0			
70.0			

Analisis data:

1. Tentukan nilai g menggunakan rumus $g = \frac{2h}{t_2^2 - t_1^2}$.
2. Daripada lima nilai g yang anda peroleh, hitungkan nilai puratanya.

Kesimpulan:

Apakah kesimpulan yang dapat dibuat daripada eksperimen ini?

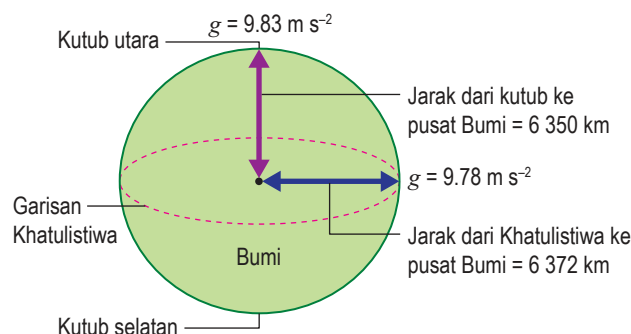
Sediakan laporan yang lengkap bagi eksperimen ini.

Perbincangan:

1. Bandingkan nilai purata g daripada eksperimen ini dengan nilai piawai g di Khatulistiwa, 9.78 m s^{-2} . Mengapakah terdapat perbezaan antara dua nilai tersebut?
2. Nyata dan terangkan satu langkah berjaga-jaga yang perlu diambil untuk memperbaiki kejutuan keputusan eksperimen ini.

Nilai pecutan graviti, g berubah dari satu tempat ke tempat yang lain. Misalnya nilai g di Khatulistiwa ialah 9.78 m s^{-2} , manakala nilai g di kutub Bumi ialah 9.83 m s^{-2} . Hal ini kerana Bumi sebenarnya bukan berbentuk sfera yang sempurna.

Rajah 2.40 menunjukkan bahawa jarak dari Khatulistiwa ke pusat Bumi lebih jauh daripada jarak dari kutub ke pusat Bumi. Oleh yang demikian, nilai g lebih kecil di Khatulistiwa daripada di kutub Bumi. Secara umum, nilai pecutan graviti, g di permukaan Bumi yang digunakan dalam penghitungan ialah 9.81 m s^{-2} .



Rajah 2.40 Jarak yang berbeza dari pusat Bumi

Penyelesaian Masalah yang Melibatkan Objek yang Jatuh Bebas

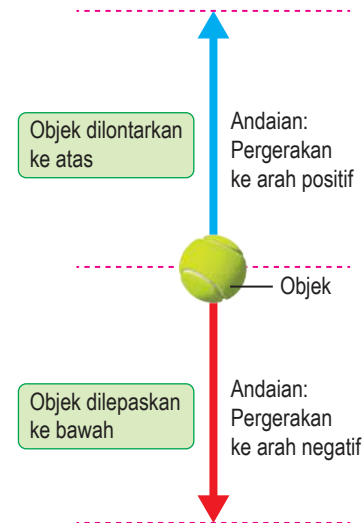
Objek yang dilontarkan ke atas dan objek yang dilepaskan ke bawah mengalami pecutan graviti, g . Oleh itu, persamaan gerakan linear di bawah boleh diaplikasi terhadap objek yang jatuh bebas.

$$v = u + gt$$

$$s = ut + \frac{1}{2}gt^2$$

$$v^2 = u^2 + 2gs$$

Dalam penyelesaian masalah, kita membuat andaian bahawa, pergerakan ke atas sebagai pergerakan ke arah positif dan pergerakan ke bawah sebagai pergerakan ke arah negatif seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.41.



Rajah 2.41 Andaian arah pergerakan objek yang dilontarkan ke atas atau dilepaskan ke bawah

Contoh 1

Amirah melontarkan sebiji bola ke atas secara menegak dengan halaju awal 10 m s^{-1} . Hitungkan

- masa untuk bola itu mencapai tinggi maksimum, dan
 - tinggi maksimum yang boleh dicapai oleh bola itu.
- Abaikan rintangan udara. [$g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$]

Penyelesaian:

- Langkah 1**
Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

Halaju awal, $u = 10 \text{ m s}^{-1}$
Halaju akhir pada ketinggian maksimum, $v = 0 \text{ m s}^{-1}$
Pecutan, $g = -9.81 \text{ m s}^{-2}$
 - Langkah 2**
Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

$v = u + gt$
 - Langkah 3**
Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$0 = 10 - 9.81t$
 $t = \frac{10}{9.81}$
 $= 1.02 \text{ s}$
- (b) $v^2 = u^2 + 2gs$
 $0 = 10^2 + 2(-9.81)s$
 $s = \frac{10^2}{2 \times 9.81}$
 $= 5.10 \text{ m}$

INFO BESTARI

Bola bergerak ke atas, maka u ialah positif tetapi g ialah negatif.

INFO BESTARI

Persamaan $s = ut + \frac{1}{2}gt^2$ juga boleh digunakan
 $s = ut + \frac{1}{2}gt^2$
 $= 10(1.02) + \frac{1}{2}(-9.81)(1.02)^2$
 $= 5.10 \text{ m}$

Contoh 2

Chan melepaskan sebiji batu dari satu tebing setinggi 10 m. Tentukan
 (a) masa untuk batu itu sampai ke tanah di bahagian bawah tebing, dan
 (b) halaju batu sebelum menyentuh tanah.
 Abaikan rintangan udara. [$g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$]

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{(a)} \quad s &= ut + \frac{1}{2}gt^2 \\ -10 &= (0)t + \frac{1}{2}(-9.81)t^2 \\ 2 \times (-10) &= (-9.81)t^2 \\ t &= \pm \sqrt{\frac{-20}{-9.81}} \\ &= 1.43 \text{ s} \\ (t = -1.43 \text{ tidak diambil kira}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(b)} \quad v^2 &= u^2 + 2gs \\ &= 2 \times (-9.81) \times (-10) \\ v &= \pm \sqrt{2 \times (-9.81) \times (-10)} \\ &= \pm 14.0 \text{ m s}^{-1} \\ v &= -14.0 \text{ m s}^{-1} \\ (v = 14.0 \text{ m s}^{-1} \text{ tidak diambil kira kerana batu bergerak ke arah bawah).} \end{aligned}$$

INFO BESTARI

Persamaan $v = u + at$
 juga boleh digunakan
 $v = -9.81 \times 1.43$
 $= -14.0 \text{ m s}^{-1}$

Latihan Formatif

2.3

- Apakah maksud jatuh bebas?
- Sebiji bola plastik dan sebiji bola keluli yang sama saiz dilepaskan dari tebing bukit. Adakah bola-bola itu akan sampai ke kaki bukit pada masa yang sama? Jelaskan jawapan anda.
- Suatu objek yang dilontarkan ke atas secara menegak mencapai ketinggian maksimum 5.0 m. Hitungkan 🍌
 - halaju objek itu semasa dilontarkan,
 - masa untuk objek sampai ke tinggi maksimum, dan
 - masa yang diperlukan untuk objek kembali ke aras asalnya.
 Abaikan rintangan udara. [$g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$]
- Sebiji bola tenis yang dilepaskan jatuh secara menegak dari sebuah bangunan setinggi 50 m. Hitungkan 🍌
 - masa untuk bola sampai ke tapak bangunan,
 - halaju bola sebaik sebelum mencecah lantai, dan
 - jarak tegak yang dilalui pada saat ketiga.
 Abaikan rintangan udara. [$g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$]

2.4 Inersia

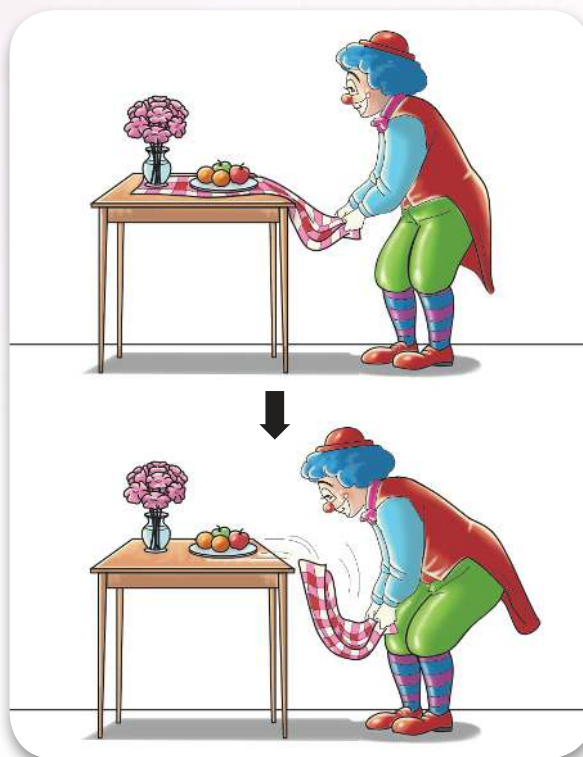
Konsep Inersia

Rajah 2.42 menunjukkan objek-objek yang pegun di atas meja kekal pegun walaupun alas meja di bawahnya disentak oleh penghibur itu. Kejadian ini disebabkan **inersia**.

Inersia ialah kecenderungan suatu objek untuk kekal dalam keadaan asalnya, sama ada pegun atau bergerak dalam garisan lurus dengan halaju malar. Konsep inersia dijelaskan dalam Hukum Gerakan Newton Pertama.

Hukum Gerakan Newton Pertama

menyatakan bahawa sesuatu objek akan kekal dalam keadaan pegun atau bergerak dengan halaju malar jika tiada daya luar bertindak ke atasnya.



Rajah 2.42 Seorang penghibur menyentak alas meja tanpa menggerakkan objek di atas meja



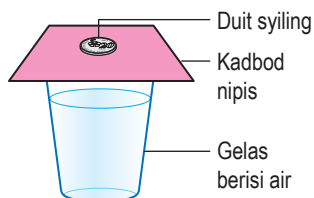
Aktiviti 2.6

Tujuan: Menunjukkan konsep inersia

Bahan: Gelas berisi air, duit syiling dan kadbod nipis

Arahan:

1. Susun bahan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.43.



Rajah 2.43

2. Sentap kadbod di bawah syiling secara mengufuk dengan pantas ke sisi.

Perbincangan:

1. Mengapakah duit syiling tidak bergerak mengikut arah gerakan kadbod nipis itu?
2. Apakah akan berlaku jika kadbod itu ditarik secara perlahan-lahan? Jelaskan jawapan anda dengan merujuk kepada Hukum Gerakan Newton Pertama.

Mengenal Pasti Hubungan antara Inersia dengan Jisim

Gambar foto 2.5 menunjukkan bola boling dan bola sepak. Adakah lebih mudah untuk menggerakkan bola boling atau bola sepak? Bola manakah yang sukar untuk diberhentikan apabila bergerak?



Gambar foto 2.5 Dua bola yang berlainan jisim

Objek yang berjisim besar seperti bola boling sukar digerakkan dan dihentikan berbanding dengan objek yang lebih ringan seperti bola sepak. Apakah hubungan antara jisim dengan inersia? Mari kita menjalankan eksperimen menggunakan neraca inersia yang ringkas.



Eksperimen

2.2

Inferens: Inersia suatu objek bergantung kepada jisimnya

Hipotesis: Semakin besar jisim suatu objek, semakin besar inersia objek tersebut

Tujuan: Mengetahui pasti hubungan antara inersia dengan jisim

Pemboleh ubah

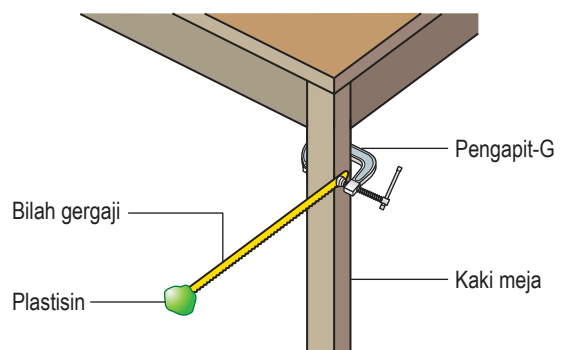
- (a) Dimanipulasikan: Jisim plastisin, m
- (b) Bergerak balas: Tempoh ayunan, T
- (c) Dimalarkan: Jarak antara pengapit-G dengan bebola plastisin

Radas: Jam randik, pengapit-G, pembaris dan bilah gergaji

Bahan: Plastisin berjisim 20.0 g, 30.0 g, 40.0 g, 50.0 g dan 60.0 g

Prosedur:

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.44.
2. Lkatkan seketul plastisin berjisim 20.0 g di hujung bilah gergaji.
3. Sesarkan bilah gergaji secara mengufuk dan kemudian lepaskan supaya plastisin itu berayun.
4. Catat masa, t_1 untuk 10 ayunan lengkap plastisin itu dalam Jadual 2.7.
5. Ulangi langkah 3 dan 4 dan catat masa sebagai t_2 .
6. Ulangi langkah 2 hingga 5 menggunakan ketulan plastisin yang berjisim 30.0 g, 40.0 g, 50.0 g dan 60.0 g.



Rajah 2.44

Keputusan:

Jadual 2.7

Jisim plastisin m / g	Masa untuk 10 ayunan, t / s			Tempoh ayunan T / s
	t_1	t_2	t_{purata}	
20.0				
30.0				
40.0				
50.0				
60.0				

Analisis data:

1. Tentukan tempoh ayunan plastisin, T di hujung bilah gergaji dengan:

$$T = \frac{t_{\text{purata}}}{10}, \text{ dengan } t_{\text{purata}} = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

2. Plotkan graf T^2 melawan m pada kertas graf.
3. Berdasarkan graf yang anda telah plot, nyatakan hubungan antara tempoh ayunan, T dengan jisim plastisin, m .
4. Anda telah memperoleh hubungan antara tempoh ayunan dengan jisim. Bagaimanakah hubungan antara jisim dengan inersia ditentukan daripada eksperimen ini?

Kesimpulan:

Apakah kesimpulan yang dapat dibuat daripada eksperimen ini?

Sediakan laporan yang lengkap bagi eksperimen ini.

Perbincangan:

1. Bagaimanakah susunan radas ini boleh digunakan untuk menentukan jisim suatu objek?
2. Nyata dan terangkan satu langkah berjaga-jaga untuk memperbaiki kejituan keputusan eksperimen ini.

Eksperimen 2.2 menunjukkan bahawa inersia suatu objek mempunyai hubungan terus dengan jisimnya. Ayunan mengufuk beban dalam neraca inersia tidak dipengaruhi oleh daya graviti. Tempoh ayunan mengufuk beban pada neraca inersia bergantung kepada jisim plastisin sahaja. Semakin besar jisim objek, semakin besar inersia objek tersebut.

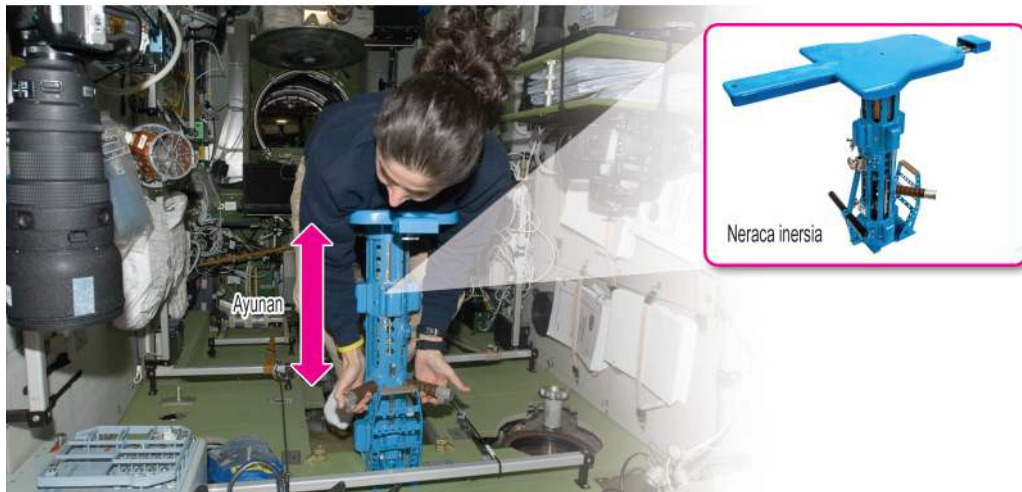
Kesan Inersia Dalam Kehidupan Harian

Angkasawan di dalam kapal angkasa seperti Stesen Angkasa Antarabangsa (ISS) berada dalam keadaan tanpa daya graviti. Dalam keadaan tanpa daya graviti, hanya neraca inersia dapat digunakan untuk mengukur jisim. Gambar foto 2.6 menunjukkan neraca inersia khas yang digunakan oleh angkasawan untuk mengukur jisim badan. Tempoh ayunan seseorang angkasawan digunakan untuk menentukan jisimnya.

Video neraca inersia



<http://bit.ly/2W1VCTz>



Gambar foto 2.6 Penggunaan neraca inersia oleh angkasawan

Inersia boleh memberi kesan yang baik dan buruk dalam kehidupan harian. Mari kita bincangkan situasi kehidupan harian yang melibatkan inersia.

Aktiviti 2.7

KIAK KMK

Tujuan: Membincangkan situasi kehidupan harian yang melibatkan inersia

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan dalam bentuk *Hot Seat*.
2. Baca dan cari maklumat mengenai situasi kehidupan harian yang melibatkan inersia.
3. Bincangkan sama ada situasi yang anda telah cari menunjukkan kesan baik atau buruk inersia kepada manusia.
4. Sekiranya situasi itu menunjukkan kesan buruk, cadangkan kaedah untuk mengurangkan kesan buruk inersia bagi situasi yang anda cari.
5. Seorang ahli kumpulan akan mewakili kumpulannya untuk menjawab pertanyaan ahli kumpulan lain mengenai situasi yang dipilih.

Berikut merupakan beberapa contoh situasi yang melibatkan inersia dalam kehidupan harian dan kesannya.

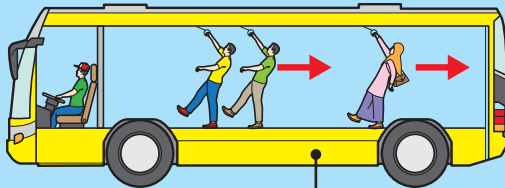
Situasi 1



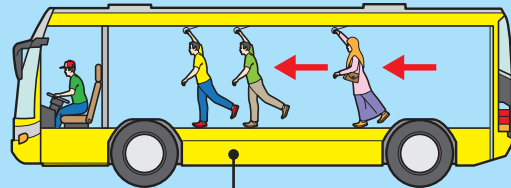
Titisan air hujan jatuh daripada payung apabila payung yang basah diputar dan diberhentikan secara serta-merta.

Titisan air hujan pada payung dalam keadaan bergerak apabila payung diputar. Apabila payung berhenti berputar, inersia titisan-titisan air hujan akan menyebabkan titisan air terus bergerak dan meninggalkan permukaan payung.

Situasi 2



Penumpang terhumban ke belakang apabila bas yang pegun bergerak ke hadapan secara tiba-tiba.



Penumpang terhumban ke hadapan apabila bas yang bergerak diberhentikan secara tiba-tiba.

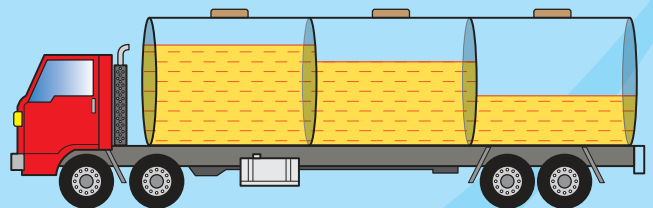
Inersia penumpang akan cuba mengekalkan keadaan rehat atau keadaan gerakan yang asal.

Situasi 3



Sos cili atau sos tomato di dalam botol kaca boleh mengalir keluar dengan mengerak-gerakkan botol dengan cepat ke bawah dan menghentikannya secara tiba-tiba. Apabila gerakan botol dihentikan, inersia sos menyebabkannya terus bergerak ke bawah dan mengalir keluar dari botol.

Situasi 4



Lori tangki minyak petrol mempunyai inersia yang besar. Lori tangki minyak petrol sebenarnya mempunyai tangki minyak yang terbahagi kepada beberapa bahagian berasingan di dalamnya. Tangki yang berasingan dapat mengurangkan impak inersia minyak petrol ke atas dinding tangki jika lori itu berhenti secara mendadak.

Situasi 5

Penumpang *roller-coaster* di taman rekreasi ditetapkan di tempat duduk oleh sistem keledar yang khas. Gerabak *roller-coaster* bergerak dengan laju dan arah yang berubah-ubah secara mendadak.



Semasa gerabak *roller-coaster* berubah arah dan laju pergerakan secara tiba-tiba, inersia badan penumpang akan cuba mengekalkan keadaan gerakan asalnya. Sistem keledar dalam gerabak memastikan penumpang kekal di tempat duduknya dan tidak terhumban keluar semasa perubahan arah dan laju gerakan.

Situasi 6

Pemandu kereta dan penumpang di dalam kereta disarankan agar memakai tali pinggang keledar.



Apabila brek kereta ditekan secara mengejut, pemandu dan penumpang di dalam kereta akan terhumban ke hadapan akibat inersia. Penggunaan tali pinggang keledar dapat mengelakkan mereka daripada terhumban ke hadapan dan tercedera.

Latihan Formatif

2.4

1. Jelaskan maksud inersia.
2. Brian ingin menarik alas meja tanpa menjatuhkan barang yang berada di atas alas meja tersebut. Bagaimanakah Brian boleh berbuat demikian? Jelaskan jawapan anda.
3. Teliti pernyataan di bawah.

Pernyataan 1: Objek hanya boleh terus bergerak jika ada daya yang bertindak.

Pernyataan 2: Roket di angkasa lepas boleh bergerak tanpa daya pemacu daripada enjin roket.

Pernyataan 3: Daya diperlukan untuk mengubah keadaan gerakan objek.

- (a) Pernyataan yang manakah boleh dijelaskan menggunakan Hukum Gerakan Newton Pertama?
- (b) Jelaskan pilihan anda. 🍌

2.5

Momentum

Gambar foto 2.7 menunjukkan kereta yang dipandu laju dan lori yang membawa muatan berat di lebuh raya. Kenderaan manakah yang sukar untuk dihentikan sekiranya dipandu dengan halaju yang sama?

Momentum ialah kuantiti vektor sesuatu objek. Semua objek yang bergerak mempunyai momentum. Arah momentum bergantung kepada arah halaju objek tersebut. Objek yang bergerak dengan halaju yang tinggi atau jisim yang besar mempunyai momentum yang besar. Momentum, p suatu objek yang bergerak dapat dihitung menggunakan rumus yang berikut:

$$p = mv, \text{ dengan } p = \text{momentum}$$

$$m = \text{jisim}$$

$$v = \text{halaju}$$

Unit S.I. momentum ialah kg m s^{-1}



Gambar foto 2.7 Kereta dan lori yang dipandu di lebuh raya

INTEGRASI BAHASA

Perkataan momentum berasal daripada bahasa Latin yang bermaksud *movement* iaitu pergerakan. Isaac Newton menyatakannya sebagai "*quantity of motion*".



Aktiviti

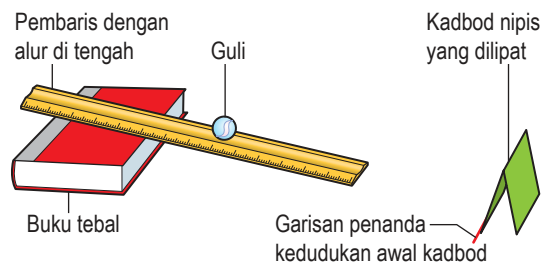
2.8

Tujuan: Mengkaji bagaimana jisim dan halaju suatu objek mempengaruhi kesan untuk menghentikan objek tersebut

Bahan: Dua biji guli dengan jisim yang berlainan, pembaris dengan alur di tengah, dua buku tebal, kadbod nipis dan pita pelekat

Arahan:

1. Sediakan susunan bahan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.45. Tinggikan satu hujung pembaris dengan sebuah buku.
2. Lepaskan guli dari hujung atas pembaris agar berlanggar dengan kadbod yang didirikan di hujung pembaris.
3. Ukur jarak pergerakan kadbod, s_1 selepas dilanggar guli dan catatkannya ke dalam Jadual 2.8.
4. Ulangi langkah 2 hingga 3 dan catatkan jarak pergerakan sebagai s_2 .
5. Hitungkan $s_{\text{purata}} = \frac{s_1 + s_2}{2}$ dan catatkannya.
6. Ulangi langkah 1 hingga 5 dengan ketinggian dua buah buku yang sama tebal.
7. Ulangi langkah 1 hingga 5 dengan menggantikan guli yang berjisim besar.



Rajah 2.45

Keputusan:

Jadual 2.8

Jisim	Bilangan buku	Jarak pergerakan kadbod, s / cm		
		s_1	s_2	s_{purata}
Kecil	1			
Kecil	2			
Besar	1			

Perbincangan:

1. Apakah yang diwakili oleh jarak pergerakan kadbod, s itu?
2. Bagaimanakah halaju guli mempengaruhi jarak pergerakan kadbod, s ?
3. Bagaimanakah jisim guli mempengaruhi jarak pergerakan kadbod, s ?

Guli yang dilepaskan dari kedudukan yang lebih tinggi akan bergerak ke bawah dengan halaju yang tinggi dan menggerakkan kadbod pada jarak yang lebih jauh. Keadaan yang sama juga berlaku pada guli yang berjisim besar. Jarak pergerakan kadbod mewakili kesukaran untuk menghentikan guli. Objek yang mempunyai momentum yang besar adalah sukar untuk dihentikan.

Contoh

Sebuah lori berjisim kira-kira 20 000 kg bergerak dengan halaju 22 m s^{-1} . Sebuah kereta berjisim kira-kira 2 000 kg bergerak dengan halaju 30 m s^{-1} .

- (a) Berapakah momentum lori dan kereta tersebut?
- (b) Sekiranya lori itu bergerak dengan halaju yang sama dengan kereta tersebut, berapakah momentum lori itu?

Penyelesaian:

- (a) **Langkah 1**
Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

Jisim lori, $m = 20\,000 \text{ kg}$
Halaju lori, $v = 22 \text{ m s}^{-1}$

- Langkah 2**
Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

Momentum lori,
 $p = mv$

- Langkah 3**
Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$p = 20\,000 \text{ kg} \times 22 \text{ m s}^{-1}$
 $= 440\,000 \text{ kg m s}^{-1}$
 $= 440\,000 \text{ N s}$

Momentum kereta, $p = 2\,000 \text{ kg} \times 30 \text{ m s}^{-1}$
 $= 60\,000 \text{ kg m s}^{-1}$
 $= 60\,000 \text{ N s}$

- (b) Momentum lori yang bergerak dengan halaju kereta
 $= 20\,000 \text{ kg} \times 30 \text{ m s}^{-1}$
 $= 600\,000 \text{ kg m s}^{-1}$
 $= 600\,000 \text{ N s}$

INFO BESTARI

Unit newton (N) dalam sebutan unit asas ialah kg m s^{-2} .

Unit bagi momentum:
 $\text{kg m s}^{-1} = (\text{kg m s}^{-2}) \text{ s}$
 $= \text{N s}$

Aplikasi Konsep Momentum dalam Kehidupan Harian

Anda telah mengetahui definisi momentum dan telah mengkaji bagaimana jisim serta halaju mempengaruhi momentum objek. Jalankan Aktiviti 2.9 untuk memahami aplikasi momentum dalam kehidupan harian.



Aktiviti 2.9

KMK

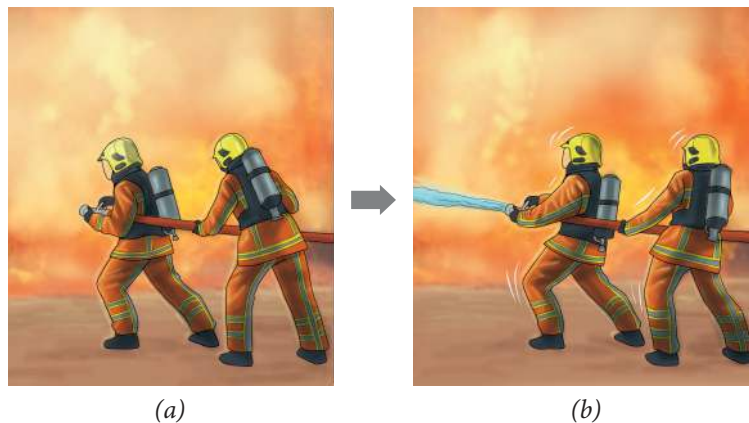
Tujuan: Membincangkan aplikasi konsep momentum dalam kehidupan harian

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Layari laman sesawang untuk mencari maklumat mengenai aplikasi momentum dalam kehidupan harian dan bentangkan hasil perbincangan anda.

Mengaplikasi Prinsip Keabadian Momentum dalam Perlanggaran dan Letupan

Rajah 2.46(a) dan (b) menunjukkan dua orang ahli bomba yang sedang memadamkan kebakaran. Dalam Rajah 2.46(b) kedua-dua ahli bomba tersebut kelihatan tersentak ke belakang apabila air berkelajuan tinggi dipancarkan daripada hos itu. Mengapakah keadaan ini berlaku?



Rajah 2.46 Ahli bomba memadamkan kebakaran

Air yang terpancut dengan kelajuan yang tinggi dari hos tersebut mempunyai momentum yang tinggi ke hadapan. Oleh yang demikian, dua atau lebih ahli bomba diperlukan untuk mengimbangkan momentum dengan memegang hos tersebut dengan kuat.



Aktiviti 2.10

KMK

Tujuan: Mengkaji situasi yang melibatkan Prinsip Keabadian Momentum dalam kehidupan harian

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Cari maklumat mengenai satu situasi yang melibatkan Prinsip Keabadian Momentum dalam kehidupan harian.
3. Bentangkan hasil pencarian anda dalam bentuk persembahan multimedia yang menarik.



Aktiviti 2.11

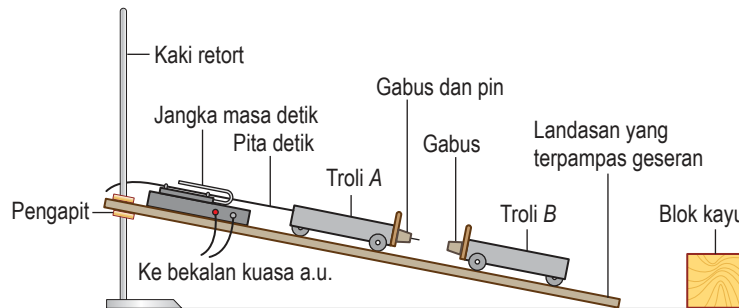
Tujuan: Menyiasat Prinsip Keabadian Momentum menggunakan troli

Radas: Jangka masa detik, bekalan kuasa a.u., landasan, troli, bongkah kayu dan kaki retort

Bahan: Pita detik, pita selofan, plastisin, pin dan gabus

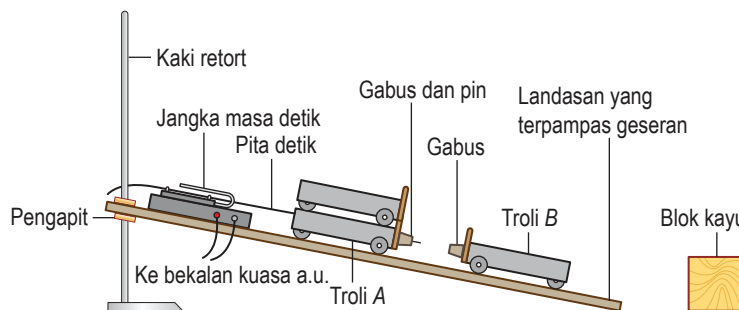
Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.47.



Rajah 2.47

3. Laraskan kecerunan landasan aluminium itu dengan meninggikan satu hujung landasan supaya landasan dalam keadaan terpacas geseran.
4. Hidupkan jangka masa detik dan tolak troli A dengan kuat ke arah troli B.
5. Tentukan halaju-halaju yang berikut dalam cm per 10 detik:
 - (a) Halaju troli A sebelum perlanggaran, u_1 .
 - (b) Halaju sepunya troli A dan B selepas perlanggaran, v .
6. Catatkan keputusan dalam Jadual 2.9 pada halaman 62.
7. Ulangi langkah 4 hingga 6 untuk 1 troli berlanggar dengan 2 troli pegun.
8. Ulangi langkah 4 hingga 6 untuk 2 troli berlanggar dengan 1 troli pegun seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.48.



Rajah 2.48

9. Ulangi langkah 4 hingga 6 untuk 3 troli berlanggar dengan 1 troli.

Keputusan:

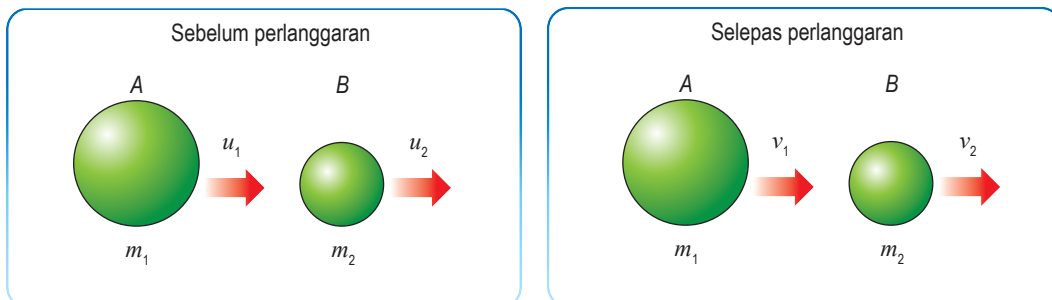
Jadual 2.9

Sebelum perlanggaran					Selepas perlanggaran		
Troli A		Troli B		Jumlah momentum	Troli A dan troli B		Jumlah momentum
m_1	u_1 (cm per 10 detik)	m_2	u_2	$m_1 u_1 + m_2 u_2$	$m_1 + m_2$	v (cm per 10 detik)	$(m_1 + m_2)v$
1		1	0		2		
1		2	0		3		
2		1	0		3		
3		1	0		4		

Perbincangan:

1. Apakah yang dimaksudkan dengan landasan terpampas geseran?
2. Bandingkan jumlah momentum sebelum dan selepas perlanggaran.
3. Adakah jumlah momentum diabadikan? Jelaskan jawapan anda.

Dalam Aktiviti 2.11, anda mungkin memperoleh jumlah momentum sebelum dan selepas perlanggaran yang berbeza sedikit. Perbezaan itu adalah disebabkan oleh kesan daya luar seperti geseran tidak dapat dipampaskan sepenuhnya.



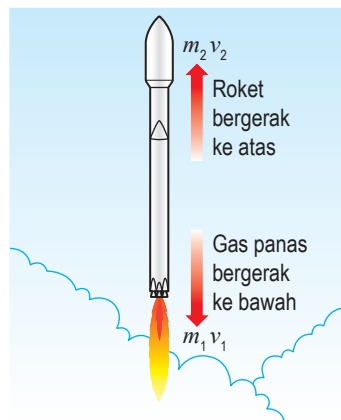
Rajah 2.49 Keadaan bagi suatu sistem yang melibatkan dua objek sebelum dan selepas perlanggaran

Rajah 2.49 menunjukkan keadaan bagi suatu sistem yang melibatkan dua objek sebelum dan selepas perlanggaran. Prinsip Keabadian Momentum menyatakan bahawa jumlah momentum sebelum perlanggaran adalah sama dengan jumlah momentum selepas perlanggaran jika tiada sebarang daya luar bertindak.

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

Rajah 2.50 menunjukkan pelancaran roket. Pelancaran roket adalah satu contoh letupan. Letupan merujuk kepada satu situasi apabila satu objek yang berada dalam keadaan pegun terlerai kepada dua atau lebih bahagian. Sebelum pelancaran, roket berada pegun di tapak pelancaran dengan momentum sifar. Selepas pelancaran, gas panas bergerak ke bawah dan roket bergerak ke atas. Letupan merupakan sistem tertutup yang tidak melibatkan daya luar. Oleh itu, jumlah momentum diabadikan dalam letupan.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah momentum sebelum letupan} &= \text{jumlah momentum selepas letupan} \\ 0 &= m_1 v_1 + m_2 v_2 \\ m_1 v_1 &= -m_2 v_2\end{aligned}$$



Rajah 2.50 Pelancaran roket



Aktiviti 2.12

KMK STEM

Tujuan: Membina dan melancarkan roket air

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Kumpulkan maklumat berkaitan perkara-perkara berikut:
 - (a) bahan-bahan yang diperlukan untuk membina dan melancarkan roket air
 - (b) cara-cara membina roket air
 - (c) langkah-langkah keselamatan yang perlu dipatuhi
3. Bincangkan maklumat yang diperlukan dan lengkapkan Borang Strategi Data K-W-L sebagai panduan dalam pencarian maklumat.
4. Reka bentuk, bina dan lancarkan roket air kumpulan anda di padang sekolah.
5. Sediakan laporan mengenai aplikasi Prinsip Keabadian Momentum dalam teknologi pelancaran roket air.

Borang Strategi Data K-W-L



<http://bit.ly/2HnTOAO>

Latihan Formatif

2.5

1. Apakah yang dimaksudkan dengan momentum dan keabadian momentum?
2. Sebuah lori berjisim 1 000 kg yang bergerak dengan halaju 5.0 m s⁻¹ berlanggar dengan sebuah kereta berjisim 800 kg yang bergerak dengan halaju 2.0 m s⁻¹ pada arah yang sama. Jika lori itu bergerak dengan halaju 3.4 m s⁻¹ pada arah yang sama selepas perlanggaran, hitungkan halaju kereta itu. 🍌

Kebanyakan aktiviti dalam kehidupan harian melibatkan daya. Daya boleh mengubah keadaan gerakan sesuatu objek. Bagaimanakah daya mengubah momentum gerakan sesuatu objek pada satu garis lurus?

Imbas kembali
Daya dan gerakan



Aktiviti 2.13

Tujuan: Menjana idea mengenai hubungan antara daya dengan pecutan serta jisim dengan pecutan

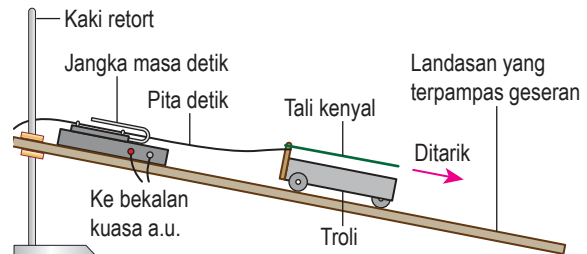
Radas: Jangka masa detik, bekalan kuasa a.u., landasan aluminium, troli dan kaki retort

Bahan: Pita detik, pita selofan, tali kenyal (dengan gelang diikat pada setiap hujung)

A Mengkaji hubungan antara daya dengan pecutan untuk jisim tetap

Arahan:

1. Sediakan susunan radas dan bahan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.51.
2. Hidupkan jangka masa detik dan tarik troli ke bawah landasan dengan seutas tali kenyal (1 unit daya).
3. Hitungkan pecutan troli daripada carta pita detik yang diperolehi dan catatkan dalam Jadual 2.10.
4. Ulangi langkah 2 hingga 3 menggunakan dua utas tali kenyal dan tiga utas tali kenyal, masing-masing diregangkan kepada panjang yang sama seperti dalam langkah 2.
5. Plotkan graf pecutan, a melawan daya, F dan seterusnya nyatakan hubungan antara pecutan, a dengan daya, F .



Rajah 2.51

Panduan menjalankan Aktiviti 2.13



<http://bit.ly/31s8tkH>

Keputusan:

Jadual 2.10

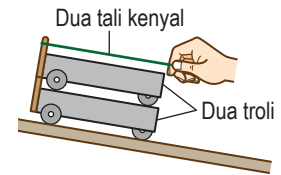
Daya, F	$u / \text{cm s}^{-1}$	$v / \text{cm s}^{-1}$	t / s	$a / \text{cm s}^{-2}$
1 tali kenyal				
2 tali kenyal				
3 tali kenyal				

B Mengkaji hubungan antara jisim dengan pecutan untuk keadaan daya tetap

Arahan:

1. Ulangi langkah 1 hingga 2 di Aktiviti A dengan menarik sebuah troli menggunakan dua utas tali kenyal yang diregangkan bersama-sama.

2. Ulangi langkah 1 di Aktiviti B menggunakan dua buah troli seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.52 dan kemudiannya dengan tiga buah troli.
3. Hitungkan pecutan troli daripada pita detik yang diperoleh dan catatkan dalam Jadual 2.11.
4. Plotkan graf pecutan, a melawan songsangan jisim, $\frac{1}{m}$ dan seterusnya nyatakan hubungan antara pecutan, a dengan jisim, m .



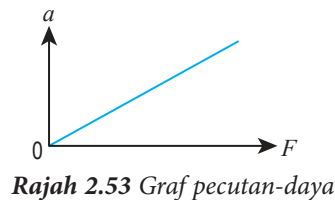
Rajah 2.52

Keputusan:

Jadual 2.11

Jisim	$u / \text{cm s}^{-1}$	$v / \text{cm s}^{-1}$	t / s	$a / \text{cm s}^{-2}$
1 troli, m				
2 troli, 2m				
3 troli, 3m				

Keputusan Aktiviti 2.13 menunjukkan bahawa pecutan suatu objek bergantung pada daya yang dikenakan dan jisim objek itu.



Pecutan berkadar terus dengan daya yang dikenakan apabila jisim objek itu malar.

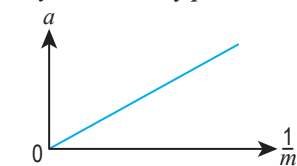
$$a \propto F$$

m malar

Gabungkan kedua-dua hubungan:

$$a \propto \frac{F}{m}$$

Maka, $F \propto ma$



Pecutan berkadar songsang dengan jisim objek apabila daya yang malar dikenakan.

$$a \propto \frac{1}{m}$$

F malar

Hubungan antara daya, F , jisim, m dan pecutan, a bagi suatu objek yang bergerak ialah

$$F \propto ma$$

$$F \propto m \frac{(v - u)}{t}$$

$$F \propto \frac{(mv - mu)}{t}$$

Ungkapan **Hukum Gerakan Newton Kedua**

Hukum Gerakan Newton Kedua menyatakan bahawa kadar perubahan momentum berkadar terus dengan daya dan bertindak pada arah tindakan daya. Daripada hubungan $F \propto ma$
 $F = kma$, k ialah pemalar.

Dalam Unit S.I., 1 N ialah daya yang menghasilkan pecutan 1 m s^{-2} apabila bertindak ke atas jisim 1 kg. Dengan itu,
 $1 \text{ N} = k \times 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m s}^{-2}$
 $k = 1$
Maka, $F = ma$

Fail info

Perubahan = $mv - mu$
momentum

$$\text{Kadar perubahan} = \frac{(mv - mu)}{t}$$

momentum

Menyelesaikan Masalah Melibatkan Rumus $F = ma$

Contoh 1

Seorang pekerja menarik satu beban berjisim 80 kg di sepanjang suatu permukaan mengufuk dengan daya 160 N. Jika permukaan itu adalah licin dan tiada rintangan lain yang menentang gerakan beban, berapakah pecutan beban itu?

Penyelesaian:

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Jisim, } m = 80 \text{ kg} \\ \text{Daya, } F = 160 \text{ N} \end{array} \right.$$

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

$$F = ma$$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$$\left\{ \begin{array}{l} 160 = 80 \times a \\ a = \frac{160}{80} \\ = 2 \text{ m s}^{-2} \end{array} \right.$$

Contoh 2

Sebuah kereta berjisim 1 200 kg bergerak dengan halaju 30 m s^{-1} . Apabila brek kereta ditekan, kereta itu berhenti dalam masa 5 saat. Hitungkan daya yang dikenakan pada brek kereta itu.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Pecutan kereta, } a &= \frac{v - u}{t} \\ &= \frac{0 - 30}{5} \\ &= -6 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya yang dikenakan pada brek kereta, } F &= ma \\ &= 1\,200 \text{ kg}(-6 \text{ m s}^{-2}) \\ &= -7\,200 \text{ N} \quad (\text{Tanda negatif menunjukkan daya} \\ &\quad \text{bertindak pada arah bertentangan arah} \\ &\quad \text{gerakan kereta}) \end{aligned}$$

Latihan Formatif

2.6

- Satu daya, F bertindak pada satu jasad berjisim 5 kg.
 - Jika jasad itu memecut secara seragam dari 2 m s^{-1} ke 8 m s^{-1} dalam masa 2 saat, tentukan nilai F .
 - Jika nilai $F = 10 \text{ N}$, tentukan sesaran jasad itu 6 saat selepas jasad mula bergerak dari keadaan rehat. 🌸
- Satu daya 80 N bertindak selama 7 saat ke atas satu objek yang pada asalnya pegun dan menyebabkan objek itu mencapai halaju 35 m s^{-1} . Hitungkan
 - jisim objek itu. 🌸
 - sesaran objek itu. 🌸

2.7 Impuls dan Daya Impuls

Gambar foto 2.8 menunjukkan tindakan seorang atlet lompat jauh yang membengkokkan kakinya semasa mendarat. Apakah kesan daripada tindakan itu?

Tindakan membengkokkan kaki itu adalah untuk mengurangkan magnitud daya impuls ke atas badannya. **Impuls** merupakan perubahan momentum.

$$\text{Impuls, } J = mv - mu \\ = Ft$$

F = daya yang dikenakan
 t = masa impak



Gambar foto 2.8 Atlet lompat jauh membengkokkan kakinya

Daya impuls merupakan kadar perubahan momentum dalam perlanggaran atau hentaman dalam masa yang singkat. Rumus daya impuls adalah seperti berikut:

$$\text{Daya impuls, } F = \frac{mv - mu}{t}$$

t = masa impak

$mv - mu$ = perubahan momentum

Jika perubahan momentum, $mv - mu$ adalah malar, maka $F \propto \frac{1}{t}$. Jika t adalah kecil, maka magnitud F adalah besar dan sebaliknya.



Aktiviti 2.14

KIAK KMK

Tujuan: Membincangkan impuls dan daya impuls

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Cari maklumat berikut dalam laman sesawang yang sesuai.
 - (a) kesan tindakan ikut lajak ke atas magnitud impuls
 - (b) situasi dan aplikasi dalam kehidupan harian yang melibatkan impuls
 - (c) situasi dan aplikasi dalam kehidupan harian yang melibatkan daya impuls, termasuk ciri-ciri keselamatan dalam kenderaan.
3. Sediakan satu persembahan multimedia yang ringkas dan bentangkannya.

Video impuls, momentum dan daya impuls



<http://bit.ly/2CBLV5e>

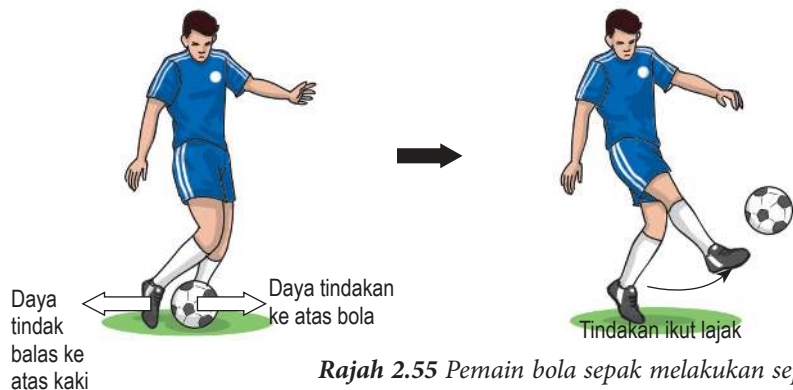
Sebenarnya, semua situasi yang anda kaji dalam Aktiviti 2.14 melibatkan sepasang daya, iaitu daya tindakan dan daya tindak balas. Hubungan antara daya tindakan dan daya tindak balas dijelaskan oleh Hukum Gerakan Newton Ketiga. **Hukum Gerakan Newton Ketiga** menyatakan untuk setiap daya tindakan terdapat satu daya tindak balas yang sama magnitud tetapi bertentangan arah. Teliti contoh-contoh situasi dan penerangan yang diberikan di bawah.

Daya tindakan dan daya tindak balas



<http://bit.ly/2R7ROMO>

Menambah magnitud impuls melalui tindakan ikut lajak



Rajah 2.55 Pemain bola sepak melakukan sepakan

Sepakan yang kuat diikuti tindakan ikut lajak akan menghasilkan impuls yang besar. Dengan itu, bola mengalami perubahan momentum yang besar dan bergerak dengan halaju yang tinggi.

Mengurangkan daya impuls dengan memanjangkan masa impak



Gambar foto 2.9 Ujian perlanggaran kereta

Perlanggaran menyebabkan kereta dihentikan dan mengalami suatu perubahan momentum. Bahagian hadapan kereta yang mudah remuk memanjangkan masa impak semasa perlanggaran. Dengan itu, magnitud daya impuls ke atas kereta dikurangkan.

Meningkatkan daya impuls dengan mengurangkan masa impak

Alu yang bergerak pada halaju yang tinggi dihentikan oleh lesung yang keras dalam masa yang singkat. Daya impuls yang besar dihasilkan.



Gambar foto 2.10 Penggunaan batu lesung dan alu

Menyelesaikan Masalah Melibatkan Impuls dan Daya Impuls

Contoh 1

Sebiji bebola plastisin yang berjisim 0.058 kg dilontarkan pada halaju 10 m s^{-1} dan menghentam dinding. Bebola plastisin itu melekat pada dinding. Berapakah impuls yang terhasil pada bebola plastisin itu?

Penyelesaian:

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

Jisim, $m = 0.058 \text{ kg}$
Halaju awal, $u = 10 \text{ m s}^{-1}$
Halaju akhir, $v = 0 \text{ m s}^{-1}$

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

Impuls, $J = mv - mu$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$J = 0.058(0) - 0.058(10)$
 $= 0 - 0.058(10)$
 $= 0 - 0.58$
 $= -0.58 \text{ N s}$ (pada arah bertentangan dengan halaju plastisin)

Contoh 2

Seorang pemain golf memukul bola golf berjisim 45.93 g pada halaju 50 m s^{-1} . Jika masa impak ialah 0.005 s, berapakah daya impuls yang dikenakan pada bola golf oleh kayu golf?

Penyelesaian:

$m = 0.04593 \text{ kg}$, $u = 0 \text{ m s}^{-1}$, $v = 50 \text{ m s}^{-1}$, $t = 0.005 \text{ s}$

Daya impuls, $F = \frac{mv - mu}{t}$
 $= \frac{0.04593(50) - 0.04593(0)}{0.005}$
 $= 459.3 \text{ N}$ (bertindak pada arah sama dengan halaju bola golf)

Latihan Formatif

2.7

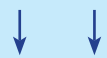
- Dalam suatu ujian perlanggaran kereta, sebuah kereta berjisim 1 500 kg melanggar dinding dengan kelajuan 15 m s^{-1} . Kereta itu melantun semula dengan kelajuan 2.6 m s^{-1} . Jika masa perlanggaran ialah 0.15 s, hitungkan,
 - impuls yang terhasil dalam perlanggaran, dan
 - daya impuls yang dikenakan pada kereta.
- Seorang pemain bola sepak menendang sebiji bola yang berjisim 450 g dengan daya 1 500 N. Masa sentuhan kasutnya dengan bola ialah 0.008 s. Berapakah impuls yang dikenakan pada bola? Jika masa sentuhan itu ditambahkan sehingga 0.013 s, berapakah halaju bola itu? 🍌

2.8 Berat

Gambar foto 2.11 menunjukkan seorang atlet acara angkat berat menjuak barbel. Daya tarikan graviti Bumi yang bertindak ke atas barbel itu menyumbang kepada berat barbel tersebut. Berat barbel menyebabkan atlet itu berasa sukar untuk mengangkatnya.

Barbel itu akan jatuh ke lantai dengan suatu pecutan apabila atlet itu melepaskannya. Menurut Hukum Gerakan Newton Kedua,

$$F = ma$$



$$W = mg$$

- Daya graviti yang bertindak ke atas barbel ialah beratnya, W .
- Pecutan barbel itu ialah pecutan graviti, g .

Berat ialah kuantiti vektor yang bertindak ke arah pusat Bumi.

Unit bagi berat: N
Unit bagi jisim: kg

$$W = mg$$

$$g = \frac{W}{m}$$

Unit bagi g : N kg^{-1}

Kuantiti fizik, g dengan unit N kg^{-1} ialah kekuatan medan graviti. Kekuatan medan graviti, g ialah daya yang bertindak per unit jisim disebabkan tarikan graviti. Bagi objek di permukaan Bumi, kekuatan medan graviti ialah, $g = 9.81 \text{ N kg}^{-1}$, iaitu setiap 1 kg jisim akan mengalami daya graviti 9.81 N. Bolehkah anda menghitung berat anda di permukaan Bumi?

Gambar foto 2.12 menunjukkan seorang angkasawan yang memakai sut angkasawan semasa meneroka Bulan. Angkasawan berasa sukar untuk berjalan di atas permukaan Bumi berbanding dengan Bulan. Mengapakah keadaan ini berlaku?

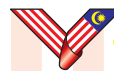


Gambar foto 2.12 Angkasawan yang memakai sut angkasawan di Bulan

Pergerakan angkasawan di Bulan



<http://bit.ly/2ZzPq70>



Malaysia
KEBANGGAANKU

Dato Dr. Sheikh Muszaphar Shukor bin Sheikh Mustapha merupakan angkasawan pertama negara kita.



Gambar foto 2.11 Menjuak barbel

Jisim sut angkasan di Bumi ialah 81.65 kg.

$$W_{\text{Bumi}} = 81.65 \text{ kg} \times 9.81 \text{ N kg}^{-1} = 800.99 \text{ N}$$

Kekuatan medan graviti di Bulan ialah $\frac{1}{6}$ daripada kekuatan medan graviti Bumi.

$$W_{\text{Bulan}} = \frac{1}{6} \times 800.99 \text{ N} = 133.50 \text{ N}$$



Aktiviti 2.15

KIAK STEM

Tujuan: Mereka cipta model kenderaan yang mengaplikasikan Hukum Gerakan Newton.

Arahan:

- Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan. Kumpulkan maklumat berkaitan aplikasi Hukum-hukum Gerakan Newton dalam reka cipta kereta. Antara perkara yang perlu diberikan penekanan ialah:
 - rupa bentuk model kenderaan
 - jenis enjin, sistem penghantaran, sistem ampaian, sistem stereng dan sistem brek
 - aspek keselamatan pemandu dan penumpang
 - aspek keselesaan pemandu dan penumpang
 - jenis bahan api yang digunakan
- Bincangkan maklumat yang diperlukan dan lengkapkan Borang Strategi Data K-W-L sebagai panduan dalam pencarian maklumat.
- Reka cipta model kenderaan.
- Bentangkan aplikasi Hukum Gerakan Newton dalam reka cipta kumpulan anda.

Borang Strategi Data K-W-L



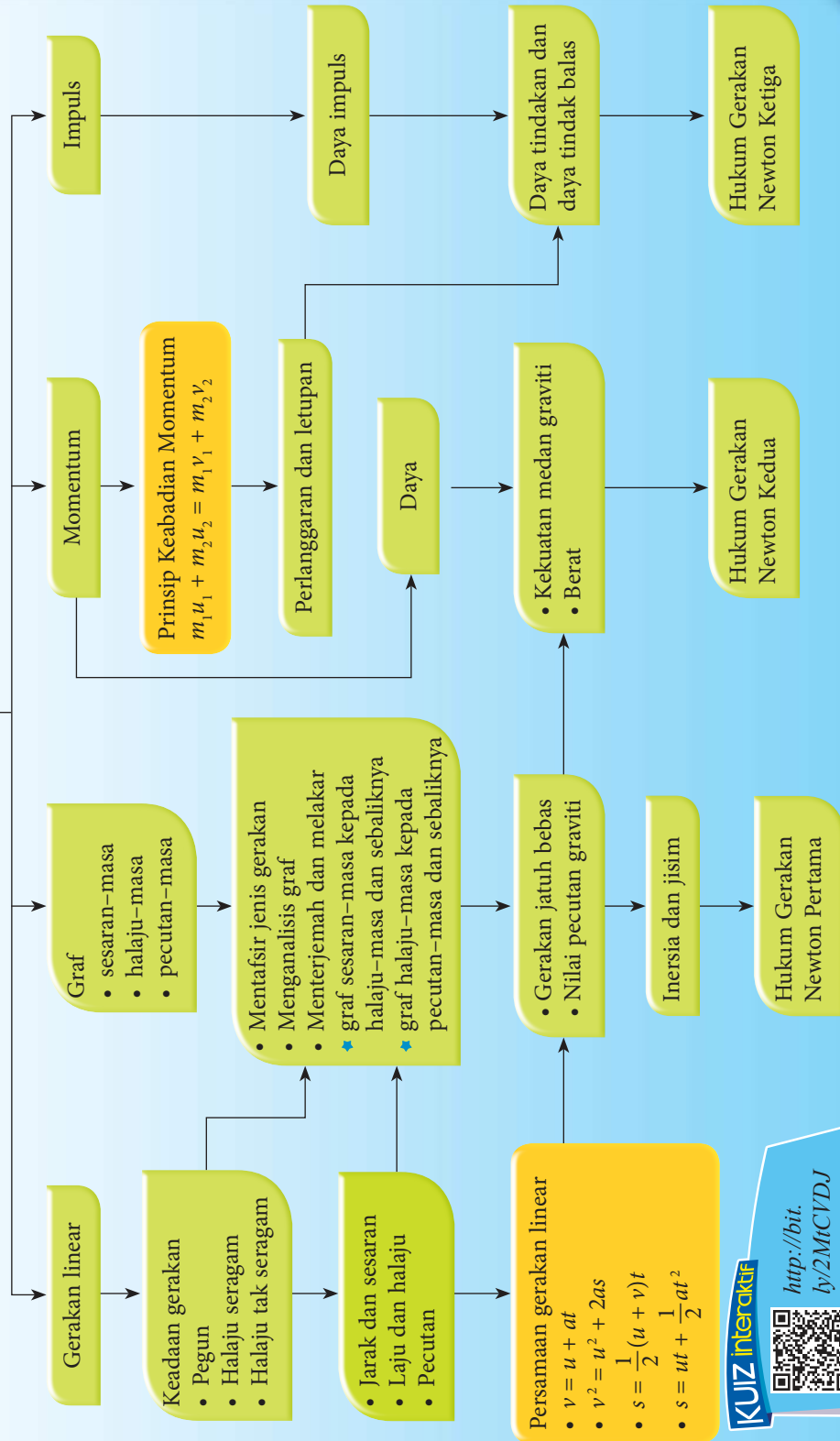
<http://bit.ly/2HnTOAO>

Latihan Formatif

2.8

- Apakah maksud kekuatan medan graviti?
- Nyatakan perbezaan antara jisim dengan berat.
- Satu objek 10 kg mempunyai berat 150 N di atas sebuah planet.
 - Berapakah kekuatan medan graviti planet tersebut? 🧠
 - Adakah planet itu lebih besar berbanding dengan Bumi? Berikan sebab untuk jawapan anda. 🧠
- Seorang angkasan berjisim 60 kg ditugaskan untuk melaksanakan penerokaan di Bulan. Berapakah berat angkasan itu di permukaan Bulan? 🧠

Daya dan Gerakan I



KUIZ interaktif



<http://bit.ly/2MtCVDJ>

REFLEKSI KENDIRI

- Perkara baharu yang saya pelajari dalam bab daya dan gerakan I ialah .
- Perkara paling menarik yang saya pelajari dalam bab daya dan gerakan I ialah .
- Perkara yang saya masih kurang fahami atau kuasai ialah .
- Prestasi saya dalam bab ini.

Kurang baik 

1

2

3

4

5

 Sangat baik
- Saya perlu  untuk meningkatkan prestasi saya dalam bab ini.

Muat turun dan cetak
Refleksi Kendiri Bab 2



<http://bit.ly/2FUIIE>



Penilaian Prestasi

- Sebuah kereta memecut daripada keadaan pegun dengan pecutan 2.0 m s^{-2} . Hitungkan
 - halaju kereta selepas 5.0 s ,
 - jarak yang dilalui dalam 5.0 s , dan
 - jarak yang dilalui dalam saat kelima.
- En. Nizam sedang memandu kereta pada laju 108 km j^{-1} . Tiba-tiba beliau nampak sebuah kereta di hadapannya bergerak dengan sangat perlahan. Maka, En. Nizam pun memperlahankan kereta beliau sehingga mencapai kelajuan 72 km j^{-1} . Sesaran yang dilalui oleh kereta itu ialah 125 m . Jika pecutan yang dialami oleh kereta adalah seragam, hitungkan
 - pecutan yang dialami oleh kereta En. Nizam, dan
 - masa yang diambil semasa kelajuan kereta berkurang dari 108 km j^{-1} ke 72 km j^{-1} .
- Swee Lan mendayung sebuah sampan ke hadapan. Dia menggunakan dayung untuk menolak air ke belakang. Mengapakah sampan itu dapat digerakkan ke hadapan dengan cara ini?
- Sebuah kereta berjisim $1\,200 \text{ kg}$ yang pegun digerakkan dengan daya 150 N . Tentukan pecutan kereta itu dan masa yang diambil untuk kereta itu mencapai halaju 1.5 m s^{-1} .
- Kekuatan medan graviti di permukaan Bulan ialah 6 kali lebih rendah daripada permukaan Bumi. Jika seketul batu yang beratnya 2 N dibawa pulang dari Bulan ke Bumi, hitungkan berat batu itu di Bumi.
- Sebutir peluru yang berjisim 10 g ditembak keluar dari senapang yang berjisim 2.0 kg . Jika halaju senapang yang tersentak selepas tembakan dilepaskan ialah 0.5 m s^{-1} , hitungkan halaju peluru yang ditembak keluar.

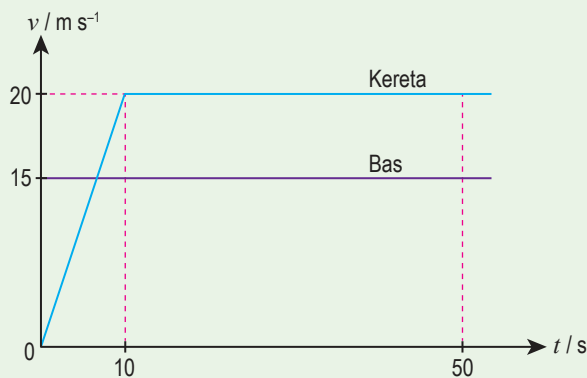
7. Gambar foto 1 menunjukkan sebuah kereta yang bergerak di atas jalan raya. Pada awalnya kereta itu bergerak dengan halaju seragam 18 m s^{-1} selama 15 s. Kemudian, kereta tersebut memecut dengan pecutan 1.5 m s^{-2} selama 5 s. Selepas itu, halaju kereta mula berkurang kepada 15 m s^{-1} dalam masa 5 s. Kereta itu terus bergerak dengan halaju yang sama selama 10 s dan akhirnya halaju berkurang sehingga berhenti pada $t = 50 \text{ s}$.



Gambar foto 1

Berdasarkan maklumat yang diberikan, lakarkan graf halaju-masa bagi gerakan kereta itu. Tunjukkan nilai-nilai yang penting dalam lakaran anda. 🧠

8. Sebiji bola getah dilepaskan dari ketinggian, H . Bola itu jatuh tegak ke bawah dan apabila sampai ke lantai, melantun balik setinggi h ($h < H$). Jika halaju semasa bergerak ke bawah adalah negatif, lakarkan graf halaju-masa untuk pergerakan bola getah itu. 🧠
9. Sebuah kereta mula bergerak daripada keadaan rehat apabila sebuah bas yang bergerak dengan halaju seragam 15 m s^{-1} melintas sisinya. Kereta tersebut mencapai halaju 20 m s^{-1} dalam masa 10 saat dan terus bergerak dengan halaju yang malar dalam arah yang sama dengan arah pergerakan bas. Graf dalam Rajah 1 menunjukkan pergerakan kereta dan bas tersebut di atas jalan raya yang lurus.



Rajah 1

- (a) Hitungkan masa yang diambil untuk kereta itu mencapai laju yang sama dengan bas tersebut. 🧠
- (b) Berapakah sesaran untuk kereta mencapai kelajuan bas itu? 🧠
- (c) Hitungkan jarak yang dilalui oleh kereta dan bas pada masa $t = 50 \text{ s}$. 🧠
- (d) Adakah kereta berada di hadapan bas atau sebaliknya pada masa $t = 50 \text{ s}$? 🧠

10. Gambar foto 2 menunjukkan sebuah kapal angkasa yang dilancarkan menggunakan roket dari tapak pelancaran.



Gambar foto 2

- (a) Terangkan bagaimana pelepasan gas panas melalui ekzos roket dapat memecutkan roket ke atas. 🧠
- (b) Bagaimanakah pecutan roket ini boleh ditambahkan? 🧠
11. Gambar foto 3 menunjukkan sebuah hoverkraf yang dapat bergerak di darat atau di atas permukaan air dengan pantas kerana disokong oleh suatu lapisan udara yang terperangkap di bawahnya. Hoverkraf yang berjisim 25 000 kg, bermula daripada keadaan rehat dan kipas enjinnya menjanakan satu daya tujahan, F sebanyak 22 000 N.
- (a) Tentukan pecutan awal hoverkraf itu dengan menganggap bahawa tiada kesan geseran pada ketika itu. 🧠
- (b) Apakah fungsi lapisan udara yang terperangkap di bawah hoverkraf itu? 🧠



Gambar foto 3



Sudut Pengayaan

12. Kok Chew dan Zulkefli ingin menentukan pecutan graviti Bumi. Mereka bercadang menggunakan bola pingpong yang akan dilepaskan dari tingkat tiga bangunan sekolah mereka. Bincangkan kesesuaian penggunaan bola pingpong dalam eksperimen ini. 🧠
13. Andaikan diri anda sebagai seorang jurutera yang ditugaskan untuk mencipta model kereta api laju di Malaysia. Kereta api ini perlu bergerak laju dengan cara terapung di atas landasan. Lukiskan model kereta api anda dan senaraikan ciri-cirinya dengan mengambil kira rupa bentuk, bahan, cara pergerakan dan aspek keselamatan yang digunakan oleh model kereta api anda. 🧠