

BAB 8

KINEMATIK GERAKAN LINEAR



Apakah yang akan dipelajari?

- Sesaran, Halaju dan Pecutan sebagai Fungsi Masa
- Pembezaan dalam Kinematik Gerakan Linear
- Pengamiran dalam Kinematik Gerakan Linear
- Aplikasi Kinematik Gerakan Linear

Senarai
Standard
Pembelajaran



bit.ly/2EIKQtF

Dron ialah pesawat udara tanpa pemandu (*unmanned aerial vehicle*) yang dilengkapi dengan kamera merupakan satu alat teknologi moden untuk memudahkan kerja manusia. Contohnya, dron digunakan dalam servis penghantaran barang, sektor pertanian, pemetaan dan sebagainya. Dron mampu terbang pada altitud 500 m sambil merakam gambar yang berkualiti. Pada pendapat anda, berapakah jarak maksimum suatu dron boleh terbang? Berapakah halaju suatu dron harus terbang untuk mendapatkan gambar yang berkualiti tinggi?

Sudut • Maklumat

Kinematik ialah kajian berkenaan dengan jenis pergerakan sesuatu objek tanpa merujuk kepada daya-daya yang menyebabkan gerakan objek itu.

Kuantiti skalar merujuk kepada kuantiti yang mempunyai magnitud sahaja. Kuantiti vektor merujuk kepada kuantiti yang mempunyai magnitud dan arah.

Untuk maklumat lanjut:



bit.ly/37eXwVs



Kepentingan Bab Ini

- Pengetahuan tentang kinematik penting kerana dapat menyelesaikan masalah dalam bidang kejuruteraan, robotik, biomekanik, sains sukan dan sains astronomi.
- Pengetahuan tentang kinematik membolehkan masa, halaju dan pecutan bagi sesuatu masalah dapat diketahui.

Kata Kunci

● Sesaran	<i>Displacement</i>
● Halaju	<i>Velocity</i>
● Pecutan	<i>Acceleration</i>
● Jarak	<i>Distance</i>
● Halaju awal	<i>Initial velocity</i>
● Halaju malar	<i>Uniform velocity</i>
● Halaju maksimum	<i>Maximum velocity</i>
● Halaju minimum	<i>Minimum velocity</i>
● Pecutan malar	<i>Uniform acceleration</i>
● Halaju positif	<i>Positive velocity</i>
● Halaju negatif	<i>Negative velocity</i>
● Halaju sifar	<i>Zero velocity</i>
● Sesaran positif	<i>Positive displacement</i>
● Sesaran negatif	<i>Negative displacement</i>
● Sesaran sifar	<i>Zero displacement</i>

Video mengenai
pergerakan dron



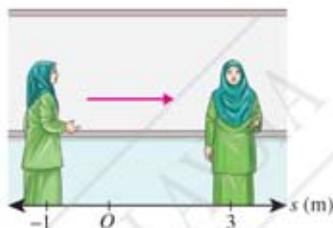
bit.ly/2PPx45



Memerihalkan dan menentukan sesaran seketika, halaju seketika dan pecutan seketika suatu zarah

Rajah di sebelah menunjukkan kedudukan awal seorang guru yang berdiri 1 meter di sebelah kiri satu titik tetap O . Kemudian, guru tersebut bergerak ke kedudukan 3 meter di sebelah kanan O . Apakah yang anda boleh katakan tentang kedudukan guru tersebut merujuk kepada titik tetap O ?

Jika O diambil sebagai titik rujukan dan guru tersebut berdiri 3 meter di sebelah kanan O , sesarannya ialah positif 3 meter dari O , iaitu $s = 3$ m. Apabila guru tersebut berada 1 meter di sebelah kiri O , sesarannya ialah negatif 1 meter dari O , iaitu $s = -1$ m. Apabila beliau berada di O , sesarannya ialah sifar meter, iaitu $s = 0$.



Kuiz Pantas

Selain sesaran, berikan tiga contoh kuantiti fizik lain yang mewakili kuantiti vektor.

Sesaran, s suatu zarah dari satu titik tetap ialah jarak di antara zarah itu dan titik tetap tersebut yang diukur dalam arah tertentu.

Sesaran ialah kuantiti vektor yang mempunyai magnitud dan arah. Oleh itu, nilai bagi sesaran boleh menjadi positif, sifar atau negatif. **Jarak** pula ialah suatu kuantiti skalar yang merujuk kepada jumlah panjang bagi laluan sebenar yang dilalui oleh suatu objek.

Ikuti penerokaan yang berikut untuk mengetahui dengan lebih lanjut mengenai sesaran seketika dan kedudukan suatu zarah dalam gerakannya.

Aktiviti Penerokaan

1

Berkumpulan PAK-21

Tujuan: Memerihalkan dan menentukan sesaran seketika dan kedudukan suatu zarah

Langkah:

1. Baca dan fahami situasi yang berikut.

Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik tetap O . Sesaran bagi zarah itu, s m, dari O pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $s = t^2 - 3t$.

2. Salin dan lengkapkan jadual di bawah bagi $s = t^2 - 3t$ untuk $0 \leq t \leq 4$.

Masa, t (s)	0	1	2	3	4
Sesaran, s (m)					

3. Apakah yang anda boleh katakan mengenai sesaran zarah itu ketika $t = 0$, $t = 1$, $t = 2$, $t = 3$ dan $t = 4$?
4. Jika pergerakan zarah ke kanan dianggap sebagai positif, bina satu garis nombor bagi mewakili kedudukan zarah itu dan lakarkan graf sesaran-masa.
5. Nyatakan kedudukan zarah itu secara relatif dari titik O apabila sesaran adalah
 - (a) negatif,
 - (b) sifar,
 - (c) positif.
6. Bincangkan hasil dapatan anda bersama ahli kumpulan dan bentangkan di hadapan kelas.

Hasil daripada Aktiviti Penerokaan 1, nilai sesaran yang diperoleh mewakili sesaran zarah pada ketika $t = 0$, $t = 1$, $t = 2$, $t = 3$ dan $t = 4$. Sesaran suatu zarah pada masa tertentu dikenali sebagai **sesaran seketika**. Kedudukan zarah pula boleh diperhatikan daripada garis nombor dan graf sesaran-masa seperti yang ditunjukkan di sebelah.

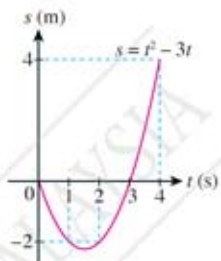
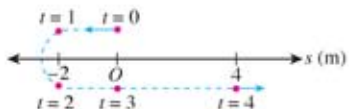
Daripada garis nombor dan graf sesaran-masa:

- Sesaran adalah negatif untuk $0 < t < 3$ dan zarah dalam tempoh ini berada di sebelah kiri titik tetap O atau di bahagian bawah paksi- t .
- Sesaran adalah sifar di $t = 0$ dan $t = 3$. Pada ketika ini zarah berada di titik tetap O atau pada paksi- t .
- Sesaran adalah positif untuk $t > 3$ dan dalam tempoh ini zarah berada di sebelah kanan titik tetap O atau di bahagian atas paksi- t .

Secara amnya,

Jika O ialah satu titik tetap dan gerakan suatu zarah ke arah kanan ialah positif, maka

- Sesaran negatif, $s < 0$ menunjukkan zarah berada di sebelah kiri titik O .
- Sesaran sifar, $s = 0$ menunjukkan zarah berada di titik O .
- Sesaran positif, $s > 0$ menunjukkan zarah berada di sebelah kanan titik O .



Contoh 1

Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Sesaran, s m, pada masa t saat selepas zarah mula bergerak diberi oleh $s = 4 + 8t - t^2$. Hitung sesaran seketika, dalam m, dan tentukan kedudukan zarah itu dari titik tetap O apabila

(a) $t = 0$

(b) $t = 10$

Penyelesaian

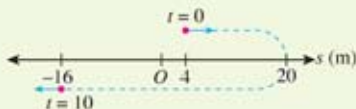
Diberi $s = 4 + 8t - t^2$.

(a) Apabila $t = 0$, $s = 4 + 8(0) - (0)^2$
 $s = 4$

Maka, zarah itu berada pada kedudukan 4 m ke kanan dari titik tetap O apabila $t = 0$.

(b) Apabila $t = 10$, $s = 4 + 8(10) - (10)^2$
 $s = 4 + 80 - 100$
 $s = -16$

Maka, zarah itu berada pada kedudukan 16 m ke kiri dari titik tetap O apabila $t = 10$.



Contoh 2

Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik tetap O . Sesaran, s m, zarah itu pada masa t saat selepas melalui titik O diberi oleh $s = 4t - t^2$ untuk $0 \leq t \leq 5$. Wakilkan sesaran bagi zarah itu dengan menggunakan

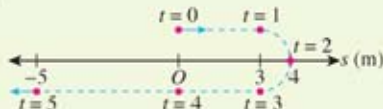
(a) garis nombor,

(b) graf sesaran-masa.

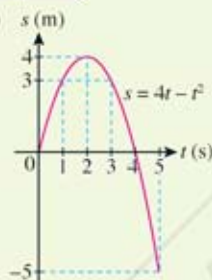
Diberi $s = 4t - t^2$. Bina jadual bagi sesaran zarah, $s = 4t - t^2$ dalam tempoh masa $0 \leq t \leq 5$.

Masa, t (s)	0	1	2	3	4	5
Sesaran, s (m)	0	3	4	3	0	-5

(a)



(b)



Pertimbangkan sebuah kereta lumba yang boleh mencapai kelajuan lebih daripada 350 kmj^{-1} . Didapati bahawa pergerakan kereta lumba itu melibatkan laju dan halaju.

Halaju, v ialah kadar perubahan sesaran terhadap masa manakala **laju** ialah kadar perubahan jarak terhadap masa. Halaju merupakan suatu kuantiti yang mempunyai magnitud dan arah, maka halaju ialah kuantiti vektor. Laju pula ialah suatu kuantiti skalar.

Mari teroka cara untuk menentukan halaju seketika dan arah bagi larian seorang murid.

Aktiviti Penerokaan

2

Berkumpulan PAK-21

Tujuan: Memerihalkan dan menentukan halaju seketika dan arah larian seorang murid

Langkah:

1. Teliti situasi di bawah.

Seorang murid berlari di sepanjang trek yang lurus dari satu titik tetap O . Sesaran, s m, murid itu pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $s = 8t - 2t^2$. Sesaran murid itu dicatat pada masa $t = 0$ hingga $t = 6$.

2. Dengan menganggap pergerakan ke arah kanan ialah positif, wakilkan sesaran bagi larian murid itu dengan menggunakan
 - (a) garis nombor,
 - (b) graf sesaran-masa.
3. Daripada graf sesaran-masa yang diperolehi, cari kecerunan tangen kepada graf itu pada masa $t = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ dan 6 .
4. Menggunakan hubungan $v = 8 - 4t$, dengan keadaan v ialah halaju dan t ialah masa, tentukan nilai-nilai v dengan menggantikan nilai-nilai t dalam Langkah 3 ke dalam fungsi v dan seterusnya perhatikan nilai positif dan nilai negatifnya.

Hasil daripada Aktiviti Penerokaan 2, garis nombor dan kecerunan tangen pada suatu titik kepada graf sesaran-masa boleh digunakan untuk menentukan halaju dan arah larian murid. Didapati bahawa nilai kecerunan tangen pada masa tertentu adalah sama dengan halaju larian murid pada ketika itu. Misalnya, apabila $t = 5$, didapati kecerunan tangen ialah -12 , jadi halaju larian murid itu ialah -12 ms^{-1} . Halaju suatu objek pada masa tertentu dikenali sebagai **halaju seketika**.

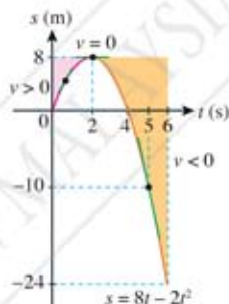
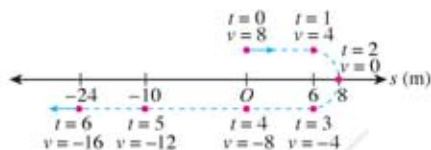
Daripada garis nombor dan graf sesaran-masa:

- Kecerunan tangen untuk tempoh $0 \leq t < 2$ ialah positif, jadi halaju murid adalah positif iaitu $v > 0$. Murid bergerak menuju ke kanan titik O dalam tempoh ini.
- Di $t = 2$, kecerunan tangen adalah sifar, jadi halaju murid adalah sifar iaitu $v = 0$. Murid berehat seketika sebelum bertukar arah gerakannya pada ketika ini.
- Kecerunan tangen untuk $t > 2$ ialah negatif, jadi halaju murid adalah negatif, iaitu $v < 0$. Murid bergerak menuju ke kiri dan melalui titik O dalam tempoh masa ini.

Secara amnya,

Jika O ialah satu titik tetap dan gerakan suatu zarah ke arah kanan ialah positif, maka

- Halaju positif, $v > 0$ menunjukkan zarah bergerak menuju ke kanan.
- Halaju sifar, $v = 0$ menunjukkan zarah berada dalam keadaan rehat, iaitu zarah adalah pegun ketika ini.
- Halaju negatif, $v < 0$ menunjukkan zarah bergerak menuju ke kiri.



Contoh 3

Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Halaju, dalam ms^{-1} , zarah itu pada masa t saat selepas melalui titik O diberi oleh $v = 3t - 12$.

(a) Hitung

- halaju awal, dalam ms^{-1} , zarah itu,
- halaju seketika, dalam ms^{-1} , zarah itu apabila $t = 5$,
- masa, dalam saat, apabila halaju seketika zarah itu ialah 6 ms^{-1} .

(b) Lakarkan graf halaju-masa bagi mewakili pergerakan zarah itu untuk $0 \leq t \leq 6$.

Penyelesaian

- (a) (i) Apabila $t = 0$, $v = 3(0) - 12$
 $v = -12$

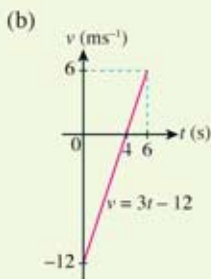
Maka, halaju awal zarah itu ialah -12 ms^{-1} .

- (ii) Apabila $t = 5$, $v = 3(5) - 12$
 $v = 15 - 12$
 $v = 3$

Maka, halaju seketika zarah itu apabila $t = 5$ ialah 3 ms^{-1} .

- (iii) $3t - 12 = 6$
 $3t = 18$
 $t = 6$

Maka, masa ialah 6 saat apabila halaju seketika zarah itu ialah 6 ms^{-1} .



Pecutan, a bagi suatu objek yang bergerak pada satu garis lurus ialah kadar perubahan halaju terhadap masa. Maka, fungsi pecutan, a ialah suatu fungsi masa, iaitu $a = f(t)$ dan merupakan suatu kuantiti vektor yang mempunyai magnitud dan arah.

Jika kadar perubahan halaju terhadap masa bagi suatu objek yang bergerak adalah sama pada sebarang ketika, maka objek tersebut dikatakan bergerak dengan **pecutan malar**. Sebaliknya, jika kadar perubahan halaju terhadap masa adalah berbeza pada sebarang ketika, maka objek tersebut dikatakan bergerak dengan **pecutan tak malar**.

Pecutan, a pada masa tertentu, t pula dikenali sebagai **pecutan seketika** dan boleh diperoleh dengan mencari kecerunan tangen kepada graf halaju-masa pada masa tertentu, t .

Ikuti penerokaan berikut untuk menentukan pecutan seketika seorang wanita yang berenang pada lorong yang lurus.

Sudut Informasi

Jika halaju suatu objek berkurang, maka nilai pecutan menjadi negatif dan objek dikatakan mengalami nyahpecutan.

Aktiviti Penerokaan

3

Berkumpulan PAK-21

Tujuan: Memerihalkan dan menentukan pecutan seketika seorang perenang

Langkah:

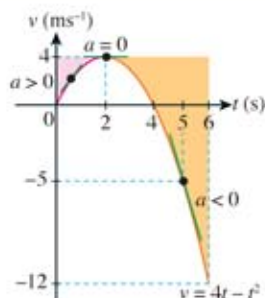
1. Bentukkan beberapa kumpulan. Kemudian, teliti situasi di bawah.

Seorang wanita berenang gaya bebas di sepanjang lorong kolam renang yang lurus. Halaju, $v \text{ ms}^{-1}$, wanita itu berenang pada masa t saat dari blok permulaan O diberi oleh $v = 4t - t^2$. Catatan halaju perenang itu diambil pada masa $t = 1, t = 2, t = 3, t = 4$ dan $t = 5$.

2. Setiap kumpulan dikehendaki menjawab soalan berikut.
 - (a) Wakilkan pergerakan perenang itu dengan menggunakan graf halaju-masa.
 - (b) Cari kecerunan tangen kepada graf pada masa $t = 1, t = 2, t = 3, t = 4$ dan $t = 5$.
 - (c) Apakah yang boleh anda katakan mengenai pecutan perenang itu pada masa $t = 1, t = 2, t = 3, t = 4$ dan $t = 5$?
 - (d) Buat satu kesimpulan apabila
 - (i) $a > 0$
 - (ii) $a = 0$
 - (iii) $a < 0$
3. Bincangkan hasil dapatan dalam kumpulan masing-masing.
4. Lantik seorang wakil dalam kumpulan anda untuk membentangkan hasil dapatan kumpulan anda di hadapan kelas.

Hasil daripada Aktiviti Penerokaan 3, kecerunan tangen pada satu titik kepada graf halaju-masa boleh digunakan untuk menentukan pecutan perenang itu. Misalnya, apabila $t = 5$, didapati kecerunan tangen ialah -6 , jadi pecutan perenang itu ketika $t = 5$ ialah -6 ms^{-2} . Pecutan suatu objek pada masa tertentu seperti ini dikenali sebagai **pecutan seketika**.

Bagaimanakah anda mentafsirkan tentang gerakan suatu objek apabila pecutan seketikanya ialah negatif? Apakah perbezaan bagi gerakan suatu objek jika objek itu mempunyai pecutan seketika -6 ms^{-2} dan 6 ms^{-2} ? Jelaskan.



Daripada graf halaju-masa di halaman 256:

- Dalam tempoh masa $0 \leq t < 2$, kecerunan tangennya ialah positif, iaitu $a > 0$ dan v bertambah. Jadi, pecutan perenang adalah positif dalam tempoh masa ini dan perenang mengalami pecutan.
- Untuk $t = 2$, kecerunan tangennya ialah sifar, iaitu $a = 0$ dan halaju, v adalah maksimum. Jadi, pada ketika ini pecutan perenang adalah sifar. Pecutan sifar tidak semestinya halaju juga sifar tetapi nilainya sama ada maksimum atau minimum.
- Untuk $t > 2$, kecerunan tangennya ialah negatif, iaitu $a < 0$ dan v berkurang. Jadi, pecutan perenang adalah negatif dalam tempoh masa ini dan perenang mengalami nyahpecutan.

Secara amnya,

Jika gerakan suatu zarah ke arah kanan ialah positif, maka

- Pecutan positif, $a > 0$ menunjukkan halaju zarah menokok terhadap masa.
- Pecutan sifar, $a = 0$ menunjukkan halaju zarah adalah maksimum atau minimum.
- Pecutan negatif, $a < 0$ menunjukkan halaju zarah menyusut terhadap masa.

Contoh 4

Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Pada masa t saat selepas melalui O , pecutan, $a \text{ ms}^{-2}$, zarah itu diberi oleh $a = 12 - 4t$. Hitung pecutan seketika, dalam ms^{-2} , zarah itu pada masa 7 saat.

Penyelesaian

Diberi $a = 12 - 4t$.

Apabila $t = 7$, $a = 12 - 4(7)$

$$a = -16$$

Maka, pecutan seketika zarah itu pada masa 7 saat ialah -16 ms^{-2} .



Sudut Informasi

Tanda negatif pada nilai pecutan menunjukkan bahawa zarah mengalami nyahpecutan.

Latihan Kendiri 8.1

1. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Sesarannya, $s \text{ m}$, diberi oleh $s = 2t^2 - 5t - 3$, dengan t ialah masa dalam saat selepas gerakan bermula.
 - (a) Cari sesaran seketika, dalam m , zarah itu apabila
 - (i) $t = 0$,
 - (ii) $t = 2$.
 - (b) Bilakah zarah itu
 - (i) mula melalui titik O ?
 - (ii) berada 9 m di sebelah kanan titik O ?
 - (c) Tentukan julat masa, dalam saat, apabila zarah itu berada di kanan titik O .
2. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Halajunya, $v \text{ ms}^{-1}$, diberi oleh $v = t^2 - 8t + 7$, dengan keadaan t ialah masa dalam saat selepas melalui O .
 - (a) Cari halaju seketika, dalam ms^{-1} , zarah itu apabila $t = 3$.
 - (b) Hitung nilai-nilai t , dalam saat, apabila zarah itu berhenti seketika.
 - (c) Tentukan julat nilai t , dalam saat, apabila zarah bergerak ke kiri.
3. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Pecutannya, $a \text{ ms}^{-2}$, diberi oleh $a = 8 - 4t$, dengan keadaan t ialah masa dalam saat selepas melalui O .
 - (a) Cari pecutan seketika, dalam ms^{-2} , zarah itu apabila $t = 4$.
 - (b) Hitung masa, dalam saat, apabila halaju zarah ialah maksimum.
 - (c) Tentukan julat masa, dalam saat, apabila halaju zarah itu menokok.



Menentukan jumlah jarak yang dilalui oleh suatu zarah dalam suatu tempoh masa tertentu

Pola gerakan suatu zarah boleh diperhatikan dengan cara melukis suatu garis nombor atau melakar graf bagi suatu fungsi sesaran, $s = f(t)$. Daripada garis nombor dan graf tersebut, jumlah jarak yang dilalui oleh zarah itu dalam tempoh masa tertentu boleh ditentukan dengan mudah.

Contoh 5

Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik tetap O . Sesaran, s m, zarah itu pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $s = t^2 - 6t$. Cari jumlah jarak, dalam m, yang dilalui oleh zarah itu dalam 7 saat yang pertama.

Penyelesaian

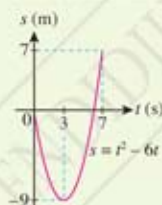
Diberi $s = t^2 - 6t$.

Masa, t (s)	0	1	2	3	4	5	6	7
Sesaran, s (m)	0	-5	-8	-9	-8	-5	0	7

Garis nombor:



Graf sesaran-masa:



PERBINCANGAN

Berdasarkan Contoh 5, adakah jarak yang dilalui dalam tempoh 7 saat pertama sama dengan sesaran pada saat ke-7? Bagaimana pula dengan jarak yang dilalui dalam saat ke-7? Bincangkan.

Jumlah jarak yang dilalui zarah itu dalam 7 saat yang pertama
 $= 9 + 9 + 7$
 $= 25$ m

Latihan Kendiri 8.2

- Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik tetap O . Sesaran, s m, zarah itu pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $s = 4t^2 + t$. Hitung jumlah jarak, dalam m, yang dilalui oleh zarah itu
 - dalam tempoh masa $0 \leq t \leq 4$,
 - dari $t = 3$ hingga $t = 6$.
- Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Sesaran, s m, zarah itu pada masa t saat selepas zarah mula bergerak diberi oleh $s = 6t - t^2 + 7$. Zarah itu bergerak ke kanan O sehingga $t = 3$ dan kemudian bergerak menuju ke O semula. Cari
 - jumlah jarak, dalam m, yang dilalui oleh zarah itu dalam
 - 2 saat yang pertama,
 - 9 saat yang pertama.
 - jarak, dalam m, yang dilalui oleh zarah itu dalam saat ketujuh.

Latihan Formatif

8.1

Kuiz

bit.ly/3mFMZkd



1. Pengeksploaran lumpur tebal di suatu kawasan menyebabkan muara sungai di sebuah kampung menjadi cetek dan menyukarkan pergerakan keluar dan masuk bot ke pangkalan. Sebuah bot bergerak melalui sebuah jeti di sepanjang laluan lurus muara sungai itu dengan sesaran, s meter, pada masa t saat selepas melalui jeti diberi oleh $s = t^2 - 4t$.

(a) Salin dan lengkapkan jadual di bawah.

Masa, t (saat)	1	2	3	4	5
Sesaran, s (meter)					

- (b) Lakarkan graf sesaran-masa bagi mewakili pergerakan bot itu.
 (c) Cari masa, dalam saat, apabila bot itu berada semula di jeti.
2. Syaza menunggang basikal roda tiga dalam arah yang lurus di halaman rumah dan mempunyai sesaran awal 2 meter dari sebuah pasu bunga. Sesaran, s meter, pada masa t saat selepas meninggalkan pasu bunga itu diberi oleh $s = t^3 + 2t + c$.
- (a) Tentukan nilai c .
 (b) Cari jarak, dalam m, Syaza dari pasu bunga apabila
 (i) $t = 2$ (ii) $t = 3$

3. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik tetap O . Sesaran, s m, zarah itu pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $s = 3t^2 + 2t$. Hitung sesaran seketika, dalam m, zarah itu pada masa $t = 0$ dan $t = 10$.

4. Rajah di sebelah menunjukkan seorang murid lelaki yang sedang menendang sebiji bola di sebuah padang. Bola tersebut bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu pusat tetap yang bertanda P . Pada masa t saat selepas melalui pusat P , halaju, $v \text{ ms}^{-1}$, bola itu diberi oleh $v = 7t - 5$. Cari halaju seketika, dalam ms^{-1} , bagi tendangan bola itu apabila $t = 2$ dan $t = 4$.



5. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Pecutannya, $a \text{ ms}^{-2}$, pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $a = 4 - 2t$.
- (a) Cari pecutan awal bagi zarah itu, dalam ms^{-2} .
 (b) Tentukan julat masa, dalam saat, apabila halaju zarah itu menyusut.
6. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Sesaran, s m, pada masa t saat selepas melalui titik O diberi oleh $s = 2t^2 + t$. Hitung
 (a) sesaran, dalam m, zarah itu apabila $t = 3$,
 (b) jumlah jarak, dalam m, yang dilalui oleh zarah itu dalam 5 saat yang pertama.
7. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus. Pada masa t saat selepas zarah mula bergerak, sesaran, s m, zarah itu dari satu titik tetap O diberi oleh $s = (t - 2)^2 + 5$.
- (a) Salin dan lengkapkan jadual di bawah.

Masa, t (saat)	0	1	2	3	4	5	6
Sesaran, s (meter)							

- (b) Lakarkan graf sesaran-masa untuk $0 \leq t \leq 6$.
 (c) Hitung jumlah jarak, dalam m, yang dilalui zarah itu dalam 6 saat yang pertama.

BAB

8



Hubung kait antara fungsi sesaran, fungsi halaju dan fungsi pecutan

Dalam pembezaan, bagi suatu fungsi $y = f(x)$, terbitannya $\frac{dy}{dx}$ boleh dianggap sebagai kadar perubahan y terhadap x . Konsep ini boleh digunakan dalam gerakan suatu zarah pada satu garis lurus. Misalnya, sesaran, s bagi suatu zarah yang bergerak ialah fungsi bagi masa, t iaitu $s = f(t)$. Jadi, terbitan $\frac{ds}{dt}$ ialah kadar perubahan s terhadap t .

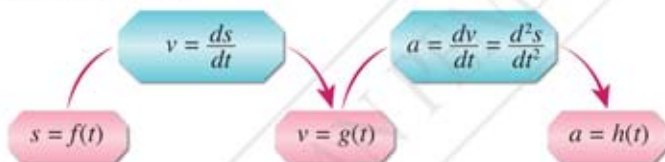
Maka, fungsi halaju zarah pada masa t , $v = g(t)$ diberi oleh:

$$v = \frac{ds}{dt}$$

Pecutan, a pula ialah kadar perubahan halaju terhadap masa dan fungsinya, $a = h(t)$ diberi oleh:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

Hubung kait antara fungsi sesaran, $s = f(t)$, fungsi halaju, $v = g(t)$ dan fungsi pecutan, $a = h(t)$ boleh diringkaskan seperti dalam rajah yang berikut:



GALERI SEJARAH



Isaac Newton merupakan tokoh pertama yang memperkenalkan kalkulus pembezaan. Buku beliau yang bertajuk *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* menjadi asas kepada idea had dalam pembezaan.



Imbas Kembali

Jika $y = ax^n$, maka $\frac{dy}{dx} = anx^{n-1}$, dengan a ialah integer dan n ialah pemalar.

Contoh 6

Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus. Sesarannya, s meter, dari satu titik tetap O diberi oleh $s = 3 + 2t - t^2$, dengan keadaan t ialah masa, dalam saat, selepas zarah mula bergerak.

- Tentukan fungsi halaju, v dan fungsi pecutan, a bagi zarah itu.
- Pada rajah yang sama, lakarkan graf bagi fungsi s , v dan a untuk $0 \leq t \leq 3$ dan seterusnya jelaskan gerakan zarah itu dari titik tetap O untuk tempoh masa itu.

Penyelesaian

- Diberi fungsi sesaran, $s = 3 + 2t - t^2$

Jadi, fungsi halaju pada masa t , $v = \frac{ds}{dt}$

$$v = 2 - 2t$$

dan fungsi pecutan pada masa t , $a = \frac{dv}{dt}$

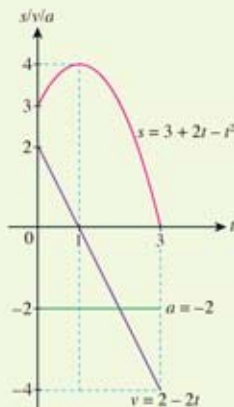
$$a = -2$$



Tip Pintar

$a = -2$ bermaksud zarah bergerak dengan pecutan malar -2 ms^{-2} .

(b)



Graf fungsi sesaran, halaju dan pecutan bagi zarah itu yang bergerak dari titik tetap O boleh diringkaskan pada garis nombor seperti yang berikut:



Daripada graf dan garis nombor:

- Didapati bahawa zarah mula bergerak pada $t = 0$ dengan sesarannya dari titik tetap O ialah 3 m, halaju awal 2 ms^{-1} dan pecutan -2 ms^{-2} .
- Pada $t = 1$, zarah bertukar arah gerakan dengan sesarannya dari titik tetap O adalah maksimum iaitu 4 m, halaju 0 ms^{-1} dan pecutan -2 ms^{-2} .
- Pada $t = 3$, zarah tiba di titik tetap O dengan sesarannya ialah 0 m, halaju -4 ms^{-1} dan pecutannya masih sama, iaitu -2 ms^{-2} .
- Jumlah jarak yang dilalui oleh zarah dari $t = 0$ ke $t = 3$ ialah $(4 - 3) + 4 = 5 \text{ m}$.

Latihan Kendiri 8.3

1. Tentukan fungsi halaju, v dalam sebutan t bagi suatu zarah yang bergerak di sepanjang suatu garis lurus dalam setiap yang berikut melalui kaedah pembezaan.

(a) $s = t(2 - t)^2$

(b) $s = 16t - t^2$

(c) $s = 2t^3 - 4t^2 + 2t + 1$

(d) $s = t^3(3 + t)^2$

(e) $s = t(2t^2 - 9t - 5)$

(f) $s = \frac{1}{3}t^3 - 3t^2 + 5t - 2$

2. Tentukan fungsi pecutan, a dalam sebutan t bagi suatu zarah yang bergerak di sepanjang suatu garis lurus untuk setiap yang berikut.

(a) $s = \frac{1}{3}t^3 - \frac{1}{2}t^2 + 4t$

(b) $s = t^3 - 5t^2 + 7$

(c) $s = 8t - 2t^3$

(d) $v = (5 - 3t)^2$

(e) $v = 3t^2 - \frac{1}{t} + 4$

(f) $v = 6t^3 - \frac{4}{t^2}$

3. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Sesarannya, $s \text{ m}$ diberi oleh $s = 8 + 2t - t^2$, dengan keadaan t ialah masa dalam saat selepas melalui O .

(a) Tentukan ungkapan bagi fungsi halaju, v dan fungsi pecutan, a zarah itu dalam sebutan t .

(b) Pada rajah yang sama, lakarkan graf bagi fungsi sesaran, fungsi halaju dan fungsi pecutan zarah itu untuk $0 \leq t \leq 4$. Seterusnya, tafsirkan graf yang anda lakarkan itu.



Menentukan dan mentafsir halaju seketika suatu zarah daripada fungsi sesaran

Kita telah mengetahui bahawa halaju ialah kadar perubahan sesaran terhadap masa. Jadi, jika diberi fungsi sesaran, $s = f(t)$, fungsi halaju v pada masa t boleh ditentukan dengan membezakan s terhadap masa t , iaitu $v = \frac{ds}{dt}$. Daripada fungsi halaju yang diperolehi, bolehkah anda menentukan halaju seketika suatu zarah pada sebarang masa? Mari teroka aktiviti yang berikut.

Aktiviti Penerokaan

4

Berpasangan

PAK-21

STEM

PK

Tujuan: Menentukan dan mentafsir halaju seketika suatu zarah daripada fungsi sesaran

Langkah:

1. Teliti situasi di bawah.

Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus. Sesarannya, s meter dari satu titik tetap O pada masa t saat diwakili oleh fungsi sesaran, $s = 40t - 5t^2$, dengan keadaan $0 \leq t \leq 10$.



ggbm.at/jc4dgn58

2. Imbas kod QR atau layari pautan di sebelah untuk melihat gerakan zarah pada graf sesaran-masa bagi fungsi $s = 40t - 5t^2$ untuk $0 \leq t \leq 10$.
3. Seret titik A di sepanjang lengkung graf untuk melihat kecerunan tangen di titik A kepada graf tersebut.
4. Apakah yang anda boleh katakan tentang kecerunan tangen kepada lengkung itu apabila titik A berubah di sepanjang lengkung graf? Adakah kecerunannya juga turut berubah?
5. Salin dan lengkapkan jadual di bawah untuk mencari kecerunan tangen, $\frac{ds}{dt}$ kepada lengkung graf pada masa t yang diberi.

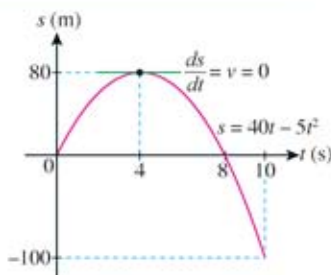
Masa, t (s)	0	4	8	10
Kecerunan tangen, $\frac{ds}{dt}$				

6. Apakah yang dapat anda katakan tentang kecerunan tangen, $\frac{ds}{dt}$ kepada lengkung pada masa t yang diperolehi dalam jadual di atas? Apakah kecerunan tangen, $\frac{ds}{dt}$ pada masa t yang diperolehi itu merupakan halaju seketika zarah pada ketika itu? Bincangkan.

Hasil daripada Penerokaan 4, didapati bahawa setiap kecerunan tangen, $\frac{ds}{dt}$ di $t = 0$, $t = 4$, $t = 8$ dan $t = 10$ yang diperolehi merupakan halaju seketika zarah kepada graf sesaran-masa yang berbentuk lengkung, $s = 40t - 5t^2$ pada masa t itu.

Bagi graf sesaran-masa yang berbentuk lengkung, halaju seketikanya adalah berbeza bagi setiap titik yang berlainan kepada lengkung itu.

Misalnya, pada masa $t = 0$, halaju seketikanya ialah 40 ms^{-1} dan halaju ini disebut sebagai **halaju awal** bagi zarah.



Pada masa $t = 4$ pula, iaitu pada ketika sesaran zarah adalah maksimum, halaju seketikanya ialah 0 ms^{-1} . Sesaran zarah pada ketika ini disebut sebagai **sesaran maksimum**. Sesaran maksimum atau minimum berlaku apabila kecerunan tangen atau halaju seketika zarah ialah sifar, iaitu $\frac{ds}{dt} = v = 0$.

Bagi graf sesaran-masa yang berbentuk linear pula, kecerunan tangennya pada sebarang titik adalah sama. Maka halaju seketika zarah pada sebarang titik adalah seragam. Halaju seragam ini dikenali sebagai **halaju malar**.

Melalui pembedaan, halaju seketika suatu zarah pada masa tertentu boleh ditentukan seperti berikut:

Diberi fungsi sesaran $s = 40t - 5t^2$,

Jadi, fungsi halaju zarah, $v = \frac{ds}{dt}$

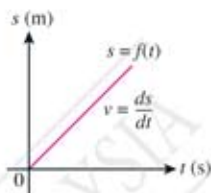
$$v = 40 - 10t$$

Apabila $t = 4$, halaju, $v = 40 - 10(4)$

$$v = 0$$

Maka, halaju seketika zarah pada masa 4 saat ialah 0 ms^{-1} .

Secara amnya,



Sesaran maksimum atau minimum berlaku apabila

$$\frac{ds}{dt} = v = 0.$$

Halaju seketika bagi suatu zarah yang bergerak di sepanjang satu garis lurus dari suatu titik tetap daripada fungsi sesaran $s = f(t)$ boleh ditentukan dengan menggantikan nilai t ke dalam fungsi halaju, $v = \frac{ds}{dt}$.

Contoh 7

Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus supaya sesarannya, s meter dari titik tetap O diberi oleh $s = t^3 - 9t^2 + 24t + 5$, dengan keadaan t ialah masa dalam saat selepas gerakan bermula. Hitung

- halaju awal, dalam ms^{-1} , zarah itu,
- halaju seketika zarah, dalam ms^{-1} , pada masa 3 saat,
- nilai-nilai t , dalam saat, apabila zarah itu berehat untuk seketika,
- julat nilai t , dalam saat, apabila zarah itu bergerak ke kiri.

Penyelesaian

Diberi fungsi sesaran, $s = t^3 - 9t^2 + 24t + 5$, jadi fungsi halaju, $v = \frac{ds}{dt} = 3t^2 - 18t + 24$

- (a) Apabila $t = 0$, $v = 3(0)^2 - 18(0) + 24$
 $v = 24$

Maka, halaju awal zarah ialah 24 ms^{-1} .

- (b) Apabila $t = 3$, $v = 3(3)^2 - 18(3) + 24$
 $v = 27 - 54 + 24$
 $v = -3$

Maka, halaju seketika zarah itu pada masa 3 saat ialah -3 ms^{-1} .

- (c) Apabila zarah berehat untuk seketika, $v = 0$

$$3t^2 - 18t + 24 = 0$$

$$t^2 - 6t + 8 = 0$$

$$(t - 2)(t - 4) = 0$$

$$t = 2 \text{ atau } t = 4$$

Maka, zarah itu berehat seketika pada masa 2 saat dan 4 saat.

- (d) Apabila zarah bergerak ke kiri, $v < 0$

$$3t^2 - 18t + 24 < 0$$

$$t^2 - 6t + 8 < 0$$

$$(t - 2)(t - 4) < 0$$

Daripada lakaran graf, penyelesaian ketaksamaan untuk $v < 0$ ialah $2 < t < 4$.

Maka, julat nilai t apabila zarah bergerak ke kiri ialah $2 < t < 4$.



Latihan Kendiri 8.4

1. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Sesarannya, s meter, dari O diberi oleh $s = 2t^2 - 3t + 6$, dengan keadaan t ialah masa dalam saat selepas gerakan bermula. Hitung
 - (a) halaju seketika zarah, dalam ms^{-1} , apabila
 - (i) $t = \frac{1}{4}$
 - (ii) $t = 2$
 - (iii) $t = 6$
 - (b) masa, dalam saat, apabila halaju seketika zarah itu ialah
 - (i) -1 ms^{-1}
 - (ii) 5 ms^{-1}
 - (iii) 9 ms^{-1}
2. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus. Sesarannya, s meter, dari titik tetap O pada masa t saat diberi oleh $s = 2t^3 - 5t^2 + 4t$. Cari
 - (a) halaju seketika zarah, dalam ms^{-1} , apabila $t = 2$,
 - (b) nilai-nilai t , dalam saat, apabila zarah itu berhenti seketika,
 - (c) julat nilai t , dalam saat, apabila zarah itu bergerak ke kanan.

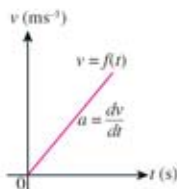


Menentukan dan mentafsir pecutan seketika suatu zarah daripada fungsi halaju dan fungsi sesaran

Kecerunan tangen kepada graf fungsi halaju, $v = f(t)$ bagi gerakan suatu zarah ialah nilai bagi $\frac{dv}{dt}$ pada masa t , yang merupakan pecutan seketika, a zarah itu. Pecutan seketika, a bagi suatu zarah yang bergerak pada satu garis lurus juga merupakan kadar perubahan halaju terhadap masa.

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{ds}{dt} \right) = \frac{d^2s}{dt^2}$$

Pada graf halaju-masa dalam Rajah 8.1, kecerunan pada sebarang titik di atas graf adalah sama, iaitu kadar perubahan halaju terhadap masa, $\frac{dv}{dt}$ pada sebarang ketika adalah sama. Jadi, zarah dikatakan mempunyai pecutan seragam di sepanjang gerakannya itu. Pecutan seragam ini dikenali sebagai **pecutan malar**.



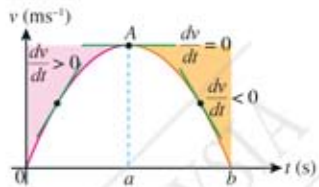
Rajah 8.1

Dalam Rajah 8.2, dalam tempoh $0 \leq t < a$, halaju menokok terhadap masa, jadi pecutan seketika zarah, $a = \frac{dv}{dt}$ pada sebarang titik di bahagian ini adalah positif, iaitu $a > 0$.

Sebaliknya dalam tempoh $a < t \leq b$, halaju zarah menyusut terhadap masa, jadi pecutan seketika zarah, $a = \frac{dv}{dt}$ pada sebarang titik pada bahagian ini adalah negatif, iaitu $a < 0$. Pecutan negatif ini dikenali sebagai **nyahpecutan**.

Pada titik A pula, zarah mengalami **halaju maksimum** dan pecutannya, $a = \frac{dv}{dt}$ pada titik ini adalah sifar, iaitu $a = 0$. Pecutan sifar tidak semestinya halaju juga sifar tetapi nilainya sama ada maksimum atau minimum.

Secara amnya,



Rajah 8.2

Pecutan seketika, a bagi suatu zarah yang bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik tetap daripada fungsi halaju $v = f(t)$ atau fungsi sesaran $s = f(t)$ boleh ditentukan dengan menggantikan nilai t ke dalam fungsi pecutan $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$.

Contoh 10

Suatu zarah bermula dari titik tetap O dan bergerak di sepanjang satu garis lurus. Selepas t saat, sesarannya, s meter diberi oleh $s = t^3 - 3t^2 - 4t$. Hitung

- pecutan awal, dalam ms^{-2} , zarah itu,
- pecutan seketika zarah itu, dalam ms^{-2} , pada masa 5 saat,
- pecutan zarah itu, dalam ms^{-2} , apabila melalui titik O semula,
- julat nilai t , dalam saat, apabila pecutan zarah itu ialah positif.

Penyelesaian

Diberi fungsi sesaran, $s = t^3 - 3t^2 - 4t$

Jadi, fungsi halaju, $v = \frac{ds}{dt} = 3t^2 - 6t - 4$ dan fungsi pecutan, $a = \frac{dv}{dt} = 6t - 6$

- (a) Apabila $t = 0$, $a = 6(0) - 6$
 $a = -6$

Maka, pecutan awal zarah ialah -6 ms^{-2} .

- (b) Apabila $t = 5$, $a = 6(5) - 6$
 $a = 24$

Maka, pecutan seketika zarah itu pada masa 5 saat ialah 24 ms^{-2} .

- (c) Apabila zarah melalui titik O semula,

$$s = 0$$

$$t^3 - 3t^2 - 4t = 0$$

$$t(t^2 - 3t - 4) = 0$$

$$t(t+1)(t-4) = 0$$

$$t = 0, t = -1 \text{ atau } t = 4$$

Apabila $t = 4$, $a = 6(4) - 6$

$$a = 18$$

Maka, apabila zarah itu melalui titik O semula, pecutannya ialah 18 ms^{-2} .

- (d) Pecutan zarah positif, $a > 0$

$$6t - 6 > 0$$

$$6t > 6$$

$$t > 1$$

Maka, pecutan zarah adalah positif untuk $t > 1$.

Latihan Kendiri 8.5

1. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus. Halajunya, $v \text{ ms}^{-1}$, t saat selepas melalui titik tetap O diberi oleh $v = 8t - t^2$. Cari
 - (a) pecutan awal zarah itu, dalam ms^{-2} ,
 - (b) pecutan, dalam ms^{-2} , apabila zarah itu berhenti seketika untuk kali kedua,
 - (c) masa, dalam saat, apabila halaju zarah itu adalah seragam.
2. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus supaya t saat selepas melalui O , halajunya, $v \text{ ms}^{-1}$, diberi oleh $v = t^2 - 2t - 8$. Cari
 - (a) masa, dalam saat, apabila pecutan zarah itu ialah sifar,
 - (b) julat nilai t , dalam saat, apabila zarah itu mengalami nyahpecutan.

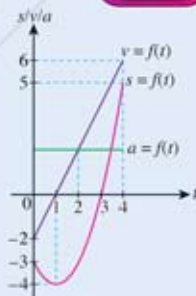
Latihan Formatif 8.2

Kuiz

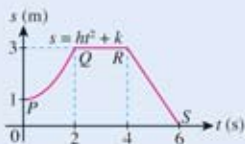
bit.ly/3kqzAoY



1. Rajah di sebelah menunjukkan graf bagi fungsi sesaran, $s = f(t)$, fungsi halaju, $v = f(t)$ dan fungsi pecutan, $a = f(t)$ bagi suatu zarah yang bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O untuk $0 \leq t \leq 4$. Berdasarkan graf, tentukan
 - (a) halaju awal, dalam ms^{-1} , zarah itu,
 - (b) masa, dalam saat, apabila zarah itu melalui titik O ,
 - (c) sesaran minimum, dalam m, zarah itu,
 - (d) jumlah jarak, dalam m, yang dilalui oleh zarah dalam tempoh masa itu,
 - (e) julat masa, dalam saat, apabila zarah itu bergerak menuju ke kanan.



2. Rajah di sebelah menunjukkan graf sesaran-masa bagi suatu zarah yang bergerak di sepanjang satu garis lurus pada masa t saat. Persamaan lengkung PQ ialah $s = ht^2 + k$, dengan keadaan h dan k ialah pemalar. Titik-titik P , Q , R dan S masing-masing ialah $(0, 1)$, $(2, 3)$, $(4, 3)$ dan $(6, 0)$. Cari
 - (a) nilai h dan nilai k ,
 - (b) halaju seketika, dalam ms^{-1} , zarah itu apabila
 - (i) $t = 1$
 - (ii) $t = 3$
 - (iii) $t = 5$.



3. Suatu zarah bergerak di sepanjang garis lurus supaya sesarannya, s meter dari suatu titik tetap O pada masa t saat diberi oleh $s = t^3 - 5t^2 - 8t + 12$, dengan keadaan $t \geq 0$.
 - (a) Ungkapkan fungsi halaju, v dan fungsi pecutan, a zarah itu dalam sebutan t .
 - (b) Tentukan halaju seketika, dalam ms^{-1} , dan pecutan seketika, dalam ms^{-2} , zarah itu apabila $t = 3$.
 - (c) Cari nilai t , dalam saat, apabila zarah itu berehat seketika.
 - (d) Cari nilai-nilai t , dalam saat, apabila zarah berada di O .
 - (e) Cari jumlah jarak, dalam m, yang dilalui oleh zarah itu dalam 6 saat yang pertama.



8.3 Pengamiran dalam Kinematik Gerakan Linear



Menentukan dan mentafsir halaju seketika suatu zarah daripada fungsi pecutan

Anda telah mempelajari bahawa fungsi pecutan, a bagi suatu zarah yang bergerak secara linear ditentukan melalui pembezaan fungsi halaju, v terhadap masa, t , iaitu:

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

Jika diberi fungsi pecutan, a bagi gerakan linear suatu zarah, apakah cara untuk menentukan fungsi halaju, v zarah tersebut?

Apabila fungsi pecutan, a diberi, iaitu $a = \frac{dv}{dt}$, fungsi halaju, v boleh ditentukan dengan melakukan pengamiran fungsi pecutan, a terhadap masa t , iaitu $v = \int a \, dt$.

Secara amnya, hubungan antara fungsi pecutan $a = h(t)$ dan fungsi halaju $v = g(t)$ boleh diringkaskan seperti berikut.

$$a = h(t)$$

$$v = \int a \, dt$$

$$v = g(t)$$



Imbas Kembali

Kamiran tak tentu bagi suatu fungsi $y = t^n$ terhadap t ialah $\int t^n \, dt = \frac{t^{n+1}}{n+1} + c$, dengan keadaan $n \neq -1$.

Contoh 11

Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O dengan halaju awal 4 ms^{-1} . Pecutan, $a \text{ ms}^{-2}$, zarah itu pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $a = 4 - 2t$.

(a) Hitung

- halaju seketika, dalam ms^{-1} , zarah itu apabila $t = 7$,
- halaju maksimum, dalam ms^{-1} , zarah itu,

(b) Cari nilai-nilai yang mungkin bagi t , dalam saat, apabila halaju seketika zarah itu ialah 7 ms^{-1} .

Penyelesaian

(a) (i) Diberi fungsi pecutan, $a = 4 - 2t$.

Jadi, fungsi halaju, $v = \int (4 - 2t) \, dt$

$$v = 4t - t^2 + c$$

Apabila $t = 0$ dan $v = 4$,

$$\text{Oleh itu, } 4 = 4(0) - (0)^2 + c$$

$$c = 4$$

Jadi, pada masa t , $v = 4t - t^2 + 4$.

Apabila $t = 7$, $v = 4(7) - (7)^2 + 4$

$$v = 28 - 49 + 4$$

$$v = -17$$

Maka, halaju seketika zarah itu apabila $t = 7$ ialah -17 ms^{-1} .

(ii) Halaju maksimum, $\frac{dv}{dt} = 0$

$$4 - 2t = 0$$

$$2t = 4$$

$$t = 2$$

Oleh sebab $\frac{d^2v}{dt^2} = -2 (< 0)$, v adalah maksimum apabila $t = 2$.

$$\begin{aligned}\text{Maka, halaju maksimum zarah} &= 4(2) - (2)^2 + 4 \\ &= 8 - 4 + 4 \\ &= 8 \text{ ms}^{-1}\end{aligned}$$

- (b) Apabila halaju seketika zarah ialah 7 ms^{-1} , $v = 7$

$$4t - t^2 + 4 = 7$$

$$t^2 - 4t + 3 = 0$$

$$(t - 1)(t - 3) = 0$$

$$t = 1 \text{ atau } t = 3$$

Maka, nilai-nilai yang mungkin bagi t ialah 1 saat dan 3 saat.

Sudut Informasi

Halaju minimum atau maksimum berlaku apabila $\frac{dv}{dt} = a = 0$, bergantung kepada nilai $\frac{d^2v}{dt^2}$.

- Jika $\frac{d^2v}{dt^2} > 0$, maka halaju ialah minimum.
- Jika $\frac{d^2v}{dt^2} < 0$, maka halaju ialah maksimum.

Latihan Kendiri 8.6

1. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O dengan halaju awal 10 ms^{-1} . Pecutannya, $a \text{ ms}^{-2}$, pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $a = 4t - 8$, cari
 - (a) halaju seketika, dalam ms^{-1} , zarah itu pada masa 4 saat,
 - (b) halaju minimum, dalam ms^{-1} , zarah itu.
2. Suatu zarah bergerak dari satu titik tetap O pada satu garis lurus dengan halaju awal 2 ms^{-1} . Pecutannya, $a \text{ ms}^{-2}$, pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $a = 4 - 6t$, cari
 - (a) halaju seketika, dalam ms^{-1} , zarah itu apabila $t = 3$,
 - (b) halaju seketika, dalam ms^{-1} , zarah itu apabila $a = -8$.
3. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dalam masa t saat selepas melalui titik tetap O . Pecutannya, $a \text{ ms}^{-2}$, diberi oleh $a = 6t - 24$. Zarah itu melalui O dengan halaju 36 ms^{-1} . Cari
 - (a) julat nilai t apabila halajunya negatif,
 - (b) halaju minimum, dalam ms^{-1} , zarah itu.
4. Corak jahitan pada bahagian tepi sehelai alas meja dihasilkan dengan menggunakan sebuah mesin jahit tepi. Halaju awal pergerakan mesin jahit tersebut di sepanjang satu garis lurus ialah 20 cms^{-1} . Pecutannya, dalam cms^{-2} , diberi oleh $a = 8 - 2t$, dengan keadaan t ialah masa, dalam saat, selepas kelepet dihasilkan. Hitung
 - (a) halaju seketika, dalam cms^{-1} , jahitan itu pada masa 2 saat,
 - (b) halaju seketika, dalam cms^{-1} , jahitan itu apabila pecutan ialah sifar,
 - (c) masa, dalam saat, jahitan itu apabila pecutan ialah 5 cms^{-2} ,
 - (d) nilai t , dalam saat, apabila halaju jahitan itu ialah 11 cms^{-1} .



Menentukan dan mentafsir sesaran seketika suatu zarah daripada fungsi halaju dan fungsi pecutan

Jika diberi suatu fungsi halaju, v , bagaimanakah untuk menentukan fungsi sesaran, s , zarah itu? Bagaimanakah pula untuk menentukan fungsi halaju, v dan seterusnya fungsi sesaran, s suatu zarah daripada suatu fungsi pecutan, a ?

Apabila fungsi halaju, v diberi sebagai satu fungsi masa t , fungsi sesaran, s boleh diperoleh dengan melakukan pengamiran, iaitu

$$s = \int v \, dt$$

dan apabila fungsi pecutan, a diberi sebagai satu fungsi masa t , fungsi sesaran, s boleh diperoleh dengan melakukan pengamiran sebanyak dua kali secara berturut-turut, iaitu

$$v = \int a \, dt \quad \text{dan} \quad s = \int v \, dt$$

Contoh 12

Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O dengan halaju 12 ms^{-1} . Pecutannya, $a \text{ ms}^{-2}$, pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $a = 4 - 2t$.

- (a) Tentukan sesaran seketika, dalam m, zarah itu dari O
- apabila $t = 3$,
 - ketika zarah berada dalam keadaan pegun.
- (b) Seterusnya, cari jarak, dalam m, yang dilalui oleh zarah itu dalam saat ke-7.

Penyelesaian

Fungsi halaju, v diberi oleh $v = \int a \, dt$

$$v = \int (4 - 2t) \, dt$$

$$v = 4t - t^2 + c$$

Apabila $t = 0$ dan $v = 12$, oleh itu, $12 = 4(0) - 0^2 + c$

$$c = 12.$$

Jadi pada masa t , $v = 12 + 4t - t^2$.

Fungsi sesaran, s diberi oleh, $s = \int v \, dt$

$$s = \int (12 + 4t - t^2) \, dt$$

$$s = 12t + 2t^2 - \frac{1}{3}t^3 + c$$

Apabila $t = 0$ dan $s = 0$.

Oleh itu, $0 = 12(0) + 2(0)^2 - \frac{1}{3}(0)^3 + c$

$$c = 0$$

Jadi pada masa t , $s = 12t + 2t^2 - \frac{1}{3}t^3$

- (a) (i) Apabila $t = 3$, $s = 12(3) + 2(3)^2 - \frac{1}{3}(3)^3$
- $$s = 36 + 18 - 9$$
- $$s = 45$$

Maka, sesaran seketika zarah itu apabila $t = 3$ ialah 45 m.



Anda digalakkan untuk melukis garis nombor untuk menggambarkan gerakan suatu zarah. Semasa melukis garis nombor bagi gerakan zarah, misalnya dalam tempoh masa $0 \leq t \leq n$, perkara yang berikut perlu dilabelkan pada garis nombor itu:

- sesaran zarah apabila $t = 0$
- masa dan sesaran zarah, jika wujud apabila $v = 0$
- sesaran zarah apabila $t = n$

Berdasarkan Contoh 12, lukis garis nombor bagi gerakan zarah untuk tempoh masa $0 \leq t \leq 9$.

- (ii) Apabila zarah berada dalam keadaan pegun, $v = 0$.

$$\text{Jadi, } 12 + 4t - t^2 = 0$$

$$t^2 - 4t - 12 = 0$$

$$(t + 2)(t - 6) = 0$$

Oleh sebab $t \geq 0$, $t = 6$.

$$\text{Apabila } t = 6, s = 12(6) + 2(6)^2 - \frac{1}{3}(6)^3$$

$$s = 72 + 72 - 72$$

$$s = 72$$

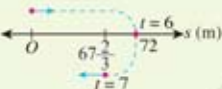
Maka, sesaran seketika zarah itu apabila berada dalam keadaan pegun ialah 72 m.

- (b) Apabila $t = 7$,

$$s = 12(7) + 2(7)^2 - \frac{1}{3}(7)^3$$

$$s = 84 + 98 - 114\frac{1}{3}$$

$$s = 67\frac{2}{3}$$



Daripada garis nombor, jarak yang dilalui oleh zarah dalam saat ke-7 = $|s_7 - s_6|$

$$= \left| 67\frac{2}{3} - 72 \right|$$

$$= \left| -4\frac{1}{3} \right|$$

$$= 4\frac{1}{3} \text{ m}$$

Sudut Informasi

Masa ialah satu daripada kuantiti skalar yang hanya mempunyai magnitud sahaja. Oleh itu, nilai bagi masa mestilah sentiasa positif.

Tip Pintar

Jumlah jarak yang dilalui dalam n saat yang pertama ialah jarak yang dilalui oleh zarah dari masa $t = 0$ ke $t = n$. Manakala jarak yang dilalui dalam saat ke- n ialah jarak yang dilalui oleh zarah dari masa $t = (n - 1)$ ke $t = n$, iaitu $|s_n - s_{n-1}|$.

Latihan Kendiri 8.7

- Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O dengan halaju awal 3 ms^{-1} . Pecutannya, $a \text{ ms}^{-2}$, t saat selepas melalui O diberi oleh $a = 6 - 3t$. Cari sesaran seketika zarah itu, dalam m, apabila
 - $t = 5$,
 - halajunya seragam.
- Pecutan, $a \text{ ms}^{-2}$, bagi suatu zarah yang bergerak di sepanjang satu garis lurus pada masa t saat selepas melalui satu titik tetap O diberi oleh $a = 12t - 8$. Diberi halaju zarah, $t = 1$ saat selepas melalui O ialah -10 ms^{-1} . Cari sesaran seketika zarah itu, dalam m, apabila
 - pecutannya ialah 4 ms^{-2} ,
 - zarrah berada dalam keadaan pegun.
- Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O dengan halaju awal 8 ms^{-1} . Pecutannya, $a \text{ ms}^{-2}$, pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $a = 10 - 6t$, cari
 - sesaran maksimum zarah itu,
 - jarak yang dilalui zarah itu dalam saat ke-5.
- Farhan menyertai acara berbasikal yang dianjurkan oleh sebuah kelab berbasikal. Farhan bergerak di sepanjang jalan raya yang lurus pada masa t jam selepas berada di tempat permulaan. Pecutan, $a \text{ kmj}^{-2}$, diberi oleh $a = 8t - 6$ dan halaju permulaan kayuhan ialah -18 kmj^{-1} .
 - Ungkapkan fungsi sesaran, s dan fungsi halaju, v , dalam sebutan t .
 - Buktikan bahawa Farhan berhenti seketika pada $t = 3$.
 - Cari jumlah jarak, dalam km, yang dilalui oleh Farhan dalam 3 jam yang pertama.



Latihan Formatif

8.3

Kuiz

bit.ly/3keDmT6



1. Suatu zarah bergerak melalui satu titik tetap O dengan halaju awal 30 ms^{-1} dan bergerak di sepanjang satu garis lurus dengan pecutan $a = (12 - 6t) \text{ ms}^{-2}$ pada masa t saat selepas melalui titik tetap O .

 - (a) Hitung halaju, dalam ms^{-1} , apabila $t = 2$.
 - (b) Di manakah zarah itu berada apabila $t = 1$?
2. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik tetap O . Pada masa t saat selepas melalui O , halaju $v \text{ ms}^{-1}$, zarah itu diberi oleh $v = 24t - 6t^2$. Hitung

 - (a) pecutan awal, dalam ms^{-2} , zarah itu,
 - (b) nilai t , dalam saat, apabila pecutan ialah sifar,
 - (c) nilai t , dalam saat, apabila zarah itu berada semula di O .
3. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O dengan halaju -12 ms^{-1} dan pecutan -10 ms^{-2} . Selepas t saat dari titik tetap O , pecutan zarah itu ialah $a = m + nt$, dengan m dan n ialah pemalar. Zarah itu berhenti seketika apabila $t = 6$. Hitung

[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.]

 - (a) nilai m dan nilai n ,
 - (b) halaju minimum, dalam ms^{-1} , zarah itu,
 - (c) jumlah jarak, dalam m, yang dilalui oleh zarah itu dalam 9 saat yang pertama.
4. Suatu zarah bergerak di sepanjang garis lurus dari satu titik tetap O . Halaju, $v \text{ ms}^{-1}$, zarah itu pada masa t saat selepas meninggalkan O diberi oleh $v = 2t^2 - 5t - 3$. Hitung

 - (a) sesaran, dalam m, apabila zarah itu berhenti seketika,
 - (b) julat masa, dalam saat, apabila zarah itu mengalami nyahpecutan,
 - (c) jumlah jarak, dalam m, yang dilalui zarah itu dalam 6 saat yang pertama.
5. Haiqal bermain kereta kawalan jauh di sepanjang landasan yang lurus. Pecutan, $a \text{ ms}^{-2}$, diberi oleh $a = 12 - 4t$ pada masa t saat selepas kereta kawalan jauh itu melalui titik tetap O . Hitung

 - (a) halaju maksimum, dalam ms^{-1} , kereta kawalan jauh itu,
 - (b) nilai-nilai t , dalam saat, apabila halaju kereta kawalan jauh itu ialah sifar,
 - (c) jarak, dalam m, kereta kawalan jauh itu pada saat ke-5.
6. Rajah di sebelah menunjukkan Azlan yang sedang berlari melalui sebuah jambatan lurus dalam masa 25 saat. Halaju Azlan, $v \text{ ms}^{-1}$, pada masa t saat selepas melalui M diberi oleh $v = \frac{3}{4}t - \frac{3}{100}t^2$. Hitung

[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.]

 - (a) nilai t , dalam saat, apabila pecutan bagi Azlan ialah sifar,
 - (b) halaju maksimum Azlan, dalam ms^{-1} ,
 - (c) jarak, dalam m, yang dilalui oleh Azlan.





Menyelesaikan masalah kinematik gerakan linear yang melibatkan pembezaan dan pengamiran

Kita telah mempelajari bahawa hubungan antara sesaran, s , halaju, v dan pecutan, a bagi suatu objek yang bergerak secara linear adalah seperti yang berikut.

Menggunakan
pembezaan

$$v = \frac{ds}{dt}, a = \frac{dv}{dt}$$

Menggunakan
pengamiran

$$v = \int a \, dt, s = \int v \, dt$$

Dengan pengetahuan dan kemahiran mengaplikasi hubungan ini, banyak masalah yang melibatkan pegerakan linear suatu objek boleh diselesaikan.

Contoh 13

APLIKASI MATEMATIK

Fariza mula berlari di sepanjang lorong yang lurus selama 30 saat dari garis permulaan. Halajunya, $v \text{ ms}^{-1}$, selepas t saat diberi oleh $v = 0.9t - 0.03t^2$ dengan keadaan $0 \leq t \leq 30$. Cari
(a) masa, dalam saat, apabila pecutannya ialah sifar,
(b) jarak, dalam meter, yang dilalui oleh Fariza.

Penyelesaian

1. Memahami masalah

Diberi fungsi halaju Fariza ialah $v = 0.9t - 0.03t^2$ dan apabila $t = 0$, $s = 0$, cari

- ◆ masa yang diambil oleh Fariza apabila pecutannya sifar.
- ◆ jarak yang dilaluinya dalam masa 30 saat.

2. Merancang strategi

- ◆ Gunakan $a = \frac{dv}{dt}$ untuk menentukan fungsi pecutan dan cari nilai t apabila pecutan ialah sifar, iaitu $a = 0$.
- ◆ Gunakan $s = \int v \, dt$ untuk menentukan fungsi sesaran dan gantikan $t = 30$ ke dalam fungsi sesaran untuk mencari jarak yang dilalui oleh Fariza.

3. Melaksanakan strategi

(a) Diberi $v = 0.9t - 0.03t^2$.

$$\text{Jadi, } a = \frac{dv}{dt}$$

$$a = 0.9 - 0.06t$$

Apabila pecutan sifar, $a = 0$.

$$0.9 - 0.06t = 0$$

$$0.06t = 0.9$$

$$t = 15$$

Maka, pada masa 15 saat, pecutan Fariza ialah sifar.

$$(b) s = \int v \, dt$$

$$s = \int (0.9t - 0.03t^2) \, dt$$

$$s = 0.45t^2 - 0.01t^3 + c$$

Apabila $t = 0$ dan $s = 0$, oleh itu $c = 0$.

$$\text{Jadi, pada masa } t, s = 0.45t^2 - 0.01t^3$$

$$\text{Apabila } t = 30, s = 0.45(30)^2 - 0.01(30)^3$$

$$s = 135$$

Maka, jarak larian yang dilalui oleh Fariza dalam masa 30 saat ialah 135 m.

4. Membuat refleksi

- (a) Gantikan $t = 15$ ke dalam fungsi pecutan, $a = 0.9 - 0.06t$ untuk mengesahkan bahawa pecutan Fariza adalah sifar pada masa 15 saat.

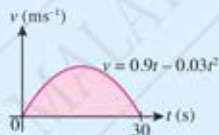
$$a = 0.9 - 0.06(15)$$

$$a = 0.9 - 0.9$$

$$a = 0$$

- (b) Lakarkan graf halaju-masa, $v = 0.9t - 0.03t^2$ untuk tempoh masa $0 \leq t \leq 30$ dan dengan menggunakan kamiran tentu, sahkan luas di bawah graf bagi tempoh masa itu ialah 135 m.

$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= \int_0^{30} (0.9t - 0.03t^2) dt \\ &= [0.45t^2 - 0.01t^3]_0^{30} \\ &= [0.45(30)^2 - 0.01(30)^3] - [0.45(0)^2 - 0.01(0)^3] \\ &= 135 - 0 \\ &= 135 \text{ m} \end{aligned}$$



Latihan Kendiri 8.8



1. SMK Seri Aman melancarkan sebuah roket air di padang sekolah semasa perasmian Karnival Matematik dan Sains. Roket itu dilancarkan secara menegak ke atas dari permukaan padang sekolah dengan halajunya, $v \text{ ms}^{-1}$, diberi oleh $v = 20 - 10t$, selepas t saat dari permukaan padang. Roket itu berhenti seketika pada masa p saat.

(a) Cari nilai p .

(b) Ungkapkan dalam sebutan t untuk sesaran, s meter, roket itu pada masa t saat.

(c) Tentukan

(i) ketinggian maksimum, dalam meter, yang dicapai oleh roket itu,

(ii) masa, dalam saat, apabila roket itu menyentuh permukaan padang.

2. Rajah di sebelah menunjukkan kedudukan dan arah gerakan dua orang budak lelaki, Faiz dan Qian Hao yang berlari pada satu jalan yang lurus dan masing-masing melalui dua titik tetap, P dan Q . Pada ketika Faiz melalui titik tetap P , Qian Hao pula melalui titik tetap Q . Faiz berhenti seketika di titik R . Halaju Faiz, $v \text{ ms}^{-1}$, pada masa t saat selepas melalui titik tetap P diberi oleh $v = 6 + 4t - 2t^2$ manakala Qian Hao pula berlari dengan halaju malar -5 ms^{-1} . Diberi jarak PQ ialah 50 m.

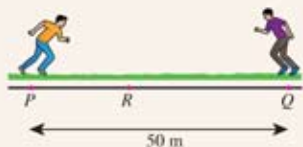
[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.]

(a) Hitung halaju maksimum Faiz, dalam ms^{-1} .

(b) (i) Lakarkan graf halaju-masa bagi Faiz dari titik P ke titik R .

(ii) Seterusnya, cari jarak Faiz, dalam m, dari titik P ke titik R .

(c) Tentukan jarak, dalam m, antara Faiz dengan Qian Hao ketika Faiz berada di titik R .





3. Azim berlari di sepanjang garis lurus dari satu titik tetap O . Halaju bagi larian Azim, $v \text{ kmj}^{-1}$ pada masa t jam selepas melalui O diberi oleh $v = mt^2 + nt$. Azim berhenti berehat setelah berlari separuh daripada jarak larian pada $t = 1$ dengan pecutan 12.5 kmj^{-2} . Cari
[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.]
(a) nilai m dan nilai n , (b) halaju maksimum, dalam kmj^{-1} , larian Azim,
(c) jarak, dalam km, yang dilalui oleh Azim pada jam kedua.
4. Rajah di sebelah menunjukkan gerakan sebuah kereta di sepanjang jalan yang lurus bermula dari titik tetap O dan menuju ke arah titik A dan titik B . Halaju, $v \text{ ms}^{-1}$, kereta itu pada masa t saat selepas melalui titik tetap O diberi oleh $v = 3t^2 - 16t - 12$. Diberi kereta itu berada di titik A apabila $t = 5$ dan berehat seketika di titik B . Hitung
(a) pecutan kereta di titik B , dalam ms^{-2} , (b) jarak AB , dalam m.



Latihan Formatif

8.4

Kuiz

bit.ly/3m2JWMh



1. Sebilu bola yang dipukul oleh seorang pemain kriket bergerak di sepanjang satu laluan yang lurus melalui pusat P dengan halaju 44 ms^{-1} . Pecutan, $a \text{ ms}^{-2}$ pada masa t saat selepas bola itu melalui P diberi oleh $a = 12 - 6t$. Hitung
(a) halaju maksimum bola itu, dalam ms^{-1} ,
(b) jarak, dalam m, bola itu dari pusat P apabila $t = 2$.
2. Suatu objek bergerak di sepanjang garis lurus dari satu titik tetap X . Pecutan, $a \text{ ms}^{-2}$, objek itu pada masa t saat selepas melalui titik X diberi oleh $a = 16 - 4t$ bagi $0 \leq t \leq 3$. Diberi halaju objek itu pada masa $t = 3$ ialah 38 ms^{-1} . Hitung
(a) halaju awal, dalam ms^{-1} , objek itu,
(b) halaju, dalam ms^{-1} , objek itu pada saat keempat.
3. Objek A dan objek B diletakkan pada satu garis lurus mengufuk. Sebuah kereta mainan digerakkan di sepanjang garis lurus tersebut. Halaju, dalam ms^{-1} , kereta mainan itu pada masa t saat selepas kereta mainan melalui objek A diberi oleh $v = 2t - 4$. Pada awal pergerakan, kereta mainan itu bergerak menuju ke arah objek B .
[Anggapkan gerakan kereta mainan ke arah kanan sebagai positif.]
(a) Hitung julat nilai t , dalam saat, apabila kereta mainan itu menuju ke objek B .
(b) Diberi jarak di antara objek A dengan objek B ialah 5 m . Tentukan sama ada pergerakan kereta mainan tersebut akan tiba ke objek B atau tidak.
(c) Cari jumlah jarak, dalam m, yang dilalui kereta mainan itu dalam 6 saat yang pertama.
(d) Lakarkan graf bagi sesaran kereta mainan itu dari objek A untuk $0 \leq t \leq 6$.
4. Satu eksperimen menguji pergerakan suatu zarah di sepanjang satu garis lurus dengan halaju $v \text{ ms}^{-1}$ pada masa t saat dari titik permulaan O . Pada masa t saat selepas melalui O , halaju, $v \text{ ms}^{-1}$, zarah itu diberi oleh $v = 3t^2 - 8t + 4$. Pada awal eksperimen, zarah berada 2 m di kanan O . Hitung
(a) jarak, dalam m, zarah itu dari titik O pada masa $t = 5$,
(b) halaju minimum, dalam ms^{-1} , yang dicapai oleh zarah itu,
(c) julat masa, dalam saat, apabila halaju zarah itu adalah negatif,
(d) sesaran maksimum, dalam m, yang dilalui oleh zarah itu dari titik O bagi $0 \leq t \leq 2$.

SUDUT REFLEKSI
KINEMATIK GERAKAN LINEAR

Nota

- Sesaran awal - Halaju awal - Pecutan awal	$t = 0$
- Sesaran minimum - Sesaran maksimum	$v = 0$
- Halaju minimum - Halaju maksimum	$a = 0$


Penulisan Jurnal

Aplikasi pembezaan dan pengamiran dapat digunakan untuk menentukan sesaran, halaju dan pecutan bagi suatu objek. Buat carian di Internet dan rujuk buku-buku yang berkaitan dengan aplikasi pembezaan dan pengamiran dalam gerakan suatu objek. Kemudian, hasilkan satu folio grafik yang menarik.


Latihan Sumatif

1. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik tetap O . Sesaran, s meter, zarah itu pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $s = 2t^3 - 24t^2 + 90t$. Hitung **TP 3**
 - (a) sesaran, dalam meter, zarah itu dari titik tetap O apabila $t = 8$,
 - (b) halaju, dalam ms^{-1} , apabila $t = 1$,
 - (c) pecutan, dalam ms^{-2} , apabila $t = 3$,
 - (d) nilai-nilai t , dalam saat, apabila zarah itu berhenti seketika.

2. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik tetap P pada masa t saat. Sesaran, s meter, zarah itu pada masa t saat selepas meninggalkan P diberi oleh $s = 3t^2 - 12t + 2$. Hitung **TP 3**

- (a) sesaran, dalam meter, yang dilalui oleh zarah pada $t = 3$,
(b) halaju awal, dalam ms^{-1} , zarah itu,
(c) pecutan malar, dalam ms^{-2} .

3. Eleeza berbasikal dari rumahnya ke kedai di sepanjang jalan yang lurus. Sesaran, s meter dari rumahnya pada masa t minit diberi oleh $s = 2t^3 - 9t^2 + 12t + 6$ bagi $0 \leq t \leq 4$. **TP 5**
[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.]

- (a) Hitung
(i) halaju awal, dalam mmin^{-1} , Eleeza berbasikal,
(ii) halaju, dalam mmin^{-1} , Eleeza berbasikal apabila $t = 3$,
(iii) pecutan, dalam mmin^{-2} , Eleeza berbasikal apabila $t = 2$,
(iv) jarak, dalam m, yang dilalui oleh Eleeza dalam minit ketujuh.
(b) Lakarkan graf halaju-masa bagi mewakili perjalanan Eleeza untuk $0 \leq t \leq 4$.

4. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus melalui titik tetap O dan menuju ke titik bertanda X dengan sesaran 1.25 m. Pecutannya diberi oleh 10 ms^{-2} .

- (a) Tentukan fungsi halaju, v dan fungsi sesaran, s zarah itu dalam sebutan t .
(b) Cari masa, dalam saat, dan halaju, dalam ms^{-1} , ketika zarah itu berada di titik X . **TP 4**

5. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik tetap O pada masa t saat dengan halaju awal 8 ms^{-1} . Pecutan, $a \text{ ms}^{-2}$, zarah itu pada masa t saat selepas meninggalkan O diberi oleh $a = 6 - 6t$. Hitung **TP 3**
[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.]

- (a) halaju, dalam ms^{-1} , zarah itu apabila $t = 2$,
(b) sesaran, dalam m, zarah itu dari O apabila $t = 5$.

6. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Halaju, $v \text{ ms}^{-1}$, zarah itu pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $v = t^2 - 4t + 3$. Hitung **TP 4**
[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.]

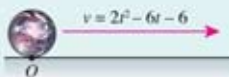
- (a) nilai-nilai t , dalam saat, apabila zarah itu berhenti seketika,
(b) jarak, dalam meter, yang dilalui oleh zarah itu bagi $0 \leq t \leq 8$.

7. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik P . Pecutan, $a \text{ ms}^{-2}$, zarah itu pada masa t saat selepas meninggalkan P diberi oleh $a = mt + n$, dengan keadaan m dan n ialah pemalar. Zarah itu bergerak dengan halaju awal 30 ms^{-1} , mengalami nyahpecutan 20 ms^{-2} dan berhenti seketika apabila $t = 2$. **TP 5**
[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.]

- (a) Cari nilai m dan nilai n .
(b) Ungkapkan fungsi sesaran, s bagi pergerakan zarah itu dalam sebutan t .
(c) Cari nilai t , dalam saat, apabila zarah itu berhenti seketika buat kali kedua.
(d) Hitung jarak, dalam m, yang dilalui zarah itu dalam saat ke-2.

8. Sebiji guli bergerak dari keadaan rehat di sepanjang garis lurus pada masa t saat selepas melalui titik tetap O dengan halaju, $v \text{ ms}^{-1}$, guli itu ialah $v = 2t^2 - 6t - 6$. **TP 2**

- (a) Hitung halaju guli itu, dalam ms^{-1} , apabila $t = 2$.
 (b) Cari pecutan guli itu, dalam ms^{-2} , apabila $v = 14 \text{ ms}^{-1}$.



9. Irma memandu di sepanjang jalan raya yang lurus meninggalkan tempat meletak kenderaan di sebuah pusat membeli-belah. Halaju, $v \text{ ms}^{-1}$, keretanya diberi oleh $v = \frac{1}{2}t^2 - 2t$ dengan keadaan t ialah masa dalam saat selepas melalui palang automatik. Sesaran awal kereta itu ialah 50 meter. **TP 2**

- (a) Hitung nilai t , dalam saat, apabila kereta yang dipandu Irma berhenti seketika.
 (b) Cari jumlah jarak yang dilalui oleh kereta itu, dalam m, untuk 7 saat yang pertama.
 (c) Huraikan gerakan kereta itu dalam 6 saat pertama.

10. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus yang melalui satu titik tetap O . Halaju, $v \text{ ms}^{-1}$, zarah itu pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $v = t^2 - 8t$. **TP 4**

- (a) Tunjukkan bahawa halaju maksimum, dalam ms^{-1} , zarah tersebut adalah bukan sifar.
 (b) Cari sesaran, dalam meter terhampir, yang dilalui zarah itu dari titik tetap O apabila $t = 4$.

11. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari satu titik tetap O . Sesaran, s meter, zarah itu pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $s = t^3 - 3t + 1$.

[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.] **TP 4**

- (a) Ungkapkan halaju, $v \text{ ms}^{-1}$, dan pecutan, $a \text{ ms}^{-2}$, dalam sebutan t .
 (b) Huraikan gerakan zarah apabila $t = 0$ dan $t = 2$.
 (c) Cari julat masa, dalam saat, apabila zarah itu bertukar arah pergerakan.

12. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dari tempat permulaan. Halaju, $v \text{ ms}^{-1}$, zarah itu pada masa t saat selepas melalui tempat permulaan diberi oleh $v = ht^2 + kt$ dan h dan k ialah pemalar. Zarah itu berhenti seketika selepas 3 saat dengan pecutan pada ketika itu ialah 9 ms^{-2} . Cari **TP 5**

[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.]

- (a) nilai h dan nilai k ,
 (b) masa, dalam saat, apabila zarah itu kembali semula ke tempat permulaan,
 (c) pecutan, dalam ms^{-2} , apabila zarah itu kembali semula ke tempat permulaan,
 (d) jumlah jarak, dalam m, yang dilalui oleh zarah itu dalam 5 saat yang pertama.

13. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O dengan halaju -6 ms^{-1} . Pecutannya, $a \text{ ms}^{-2}$, pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $a = 8 - 4t$. **TP 5**

[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.]

- (a) Cari halaju maksimum, dalam ms^{-1} , bagi zarah itu.
 (b) Cari masa, dalam saat, zarah itu selepas melalui titik tetap O sekali lagi.
 (c) Lakarkan graf halaju-masa bagi pergerakan zarah itu untuk $0 \leq t \leq 3$.
 (d) Seterusnya, cari jumlah jarak, dalam m, yang dilalui oleh zarah itu dalam 3 saat yang pertama.

14. Cikgu Azizah menjalankan satu eksperimen untuk menentukan kelajuan trol di sepanjang landasan yang lurus. Halaju, $v \text{ cms}^{-1}$, trol itu pada masa t saat selepas melalui titik tetap O diberi oleh $v = t^2 - 7t + 6$. **TP 2**

[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.]

(a) Cari

- halaju awal, dalam cms^{-1} , trol itu,
- julat masa, dalam saat, apabila trol itu bergerak ke arah kiri,
- julat masa, dalam saat, apabila pecutan trol itu adalah positif.

(b) Lakarkan graf halaju-masa bagi pergerakan trol itu bagi $0 \leq t \leq 6$.

15. Suatu zarah bergerak di sepanjang satu garis lurus dan melalui satu titik tetap O . Halajunya, $v \text{ ms}^{-1}$, pada masa t saat selepas melalui O diberi oleh $v = t^2 - 6t + 8$. Zarah itu berhenti seketika pada titik P dan R .

[Anggapkan gerakan ke arah kanan sebagai positif.] **TP 3**

(a) Cari halaju minimum, dalam ms^{-1} , bagi zarah itu.

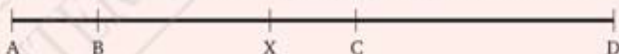
(b) Hitung jarak, dalam m, antara titik P dengan titik R .

(c) Lakarkan graf halaju-masa bagi $0 \leq t \leq 7$. Seterusnya, tentukan julat nilai t apabila halaju zarah itu meningkat.

EKSPLORASI MATEMATIK

Arahan:

- Bahagikan murid kepada beberapa kumpulan dengan setiap kumpulan terdiri daripada 4 orang ahli.
- Setiap kumpulan diberikan sebuah kereta mainan. Kereta mainan tersebut akan digerakkan dari tempat permulaan bertanda X. Katakan catatan pergerakan kereta mainan tersebut melibatkan laluan yang bergaris lurus seperti yang ditunjukkan di bawah.



- Setiap kumpulan perlu membuat simulasi bagi setiap arahan di bawah.
 - Nyatakan posisi kereta mainan itu dari tempat permulaan bertanda X apabila
 - sesaran positif
 - sesaran sifar
 - sesaran negatif
 - Nyatakan sama ada halaju kereta mainan itu positif atau negatif apabila kereta itu bergerak dari
 - X ke B
 - B ke D
 - D ke A
 - A ke C
 - C ke X
 - Nyatakan halaju kereta mainan itu apabila
 - berhenti di C,
 - bertukar arah gerakan di D.
 - Dengan menggerakkan kereta mainan tersebut, bincangkan bersama kumpulan anda maksud pecutan, nyahpecutan dan pecutan sifar.