

BAB 3

KEGRAVITIAN



Apakah Hukum Kegravitian Semesta Newton dan Hukum Kepler?

Mengapakah penting untuk mengetahui nilai pecutan graviti planet-planet dalam Sistem Suria?

Bagaimanakah satelit buatan manusia telah membantu memajukan kehidupan manusia?

Marilah Kita Mempelajari

- 3.1 Hukum Kegravitian Semesta Newton
- 3.2 Hukum Kepler
- 3.3 Satelit Buatan Manusia



Terdapat pelbagai jenis satelit buatan manusia yang bergerak mengikut orbit masing-masing di angkasa lepas. Satelit dicipta untuk tujuan komunikasi, kaji cuaca dan pencerapan Bumi. Mengapakah satelit-satelit ini boleh bergerak pada orbit masing-masing?

Beberapa ratus tahun yang lalu, saintis Isaac Newton telah mengkonsepsikan satu hukum semesta yang menghubungkan semua jasad samawi dan juga satelit buatan manusia. Semangat ingin tahu tentang alam semesta telah mendorong para saintis melancarkan kapal angkasa dan satelit yang boleh mengatasi graviti Bumi. Kini, terdapat kapal angkasa yang sedang bergerak menjauhi Bumi. Kapal angkasa seperti ini membolehkan gambar foto planet-planet diambil dengan memanfaatkan ciptaan sains dan teknologi.

Animasi pelancaran
satelit



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

Standard Pembelajaran
dan Senarai Rumus Bab 3




**INTEGRASI
SEJARAH**

Pada tahun 1667, saintis Isaac Newton telah memerhatikan buah epal yang jatuh secara tegak ke Bumi dan gerakan Bulan mengelilingi Bumi. Beliau menyimpulkan suatu daya tarikan bukan sahaja wujud antara Bumi dengan buah epal tetapi juga antara Bumi dengan Bulan.



Rajah 3.1 Situasi di dusun durian


Aktiviti 3.1

Pengecaman Corak KMK KIAK

Tujuan: Membincangkan bahawa daya graviti wujud antara dua jasad dalam alam semesta

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan dalam bentuk *Hot Seat*.
2. Teliti Rajah 3.2 dan bincangkan soalan bagi tiga situasi tersebut dalam kumpulan anda.

Seorang budak yang melompat ke atas akan mencecah semula permukaan di bumi. Apakah daya yang menyebabkan budak itu kembali mencecah permukaan bumi?



Molekul udara kekal dalam atmosfera tanpa terlepas ke angkasa. Apakah daya yang bertindak antara molekul atmosfera dengan Bumi?



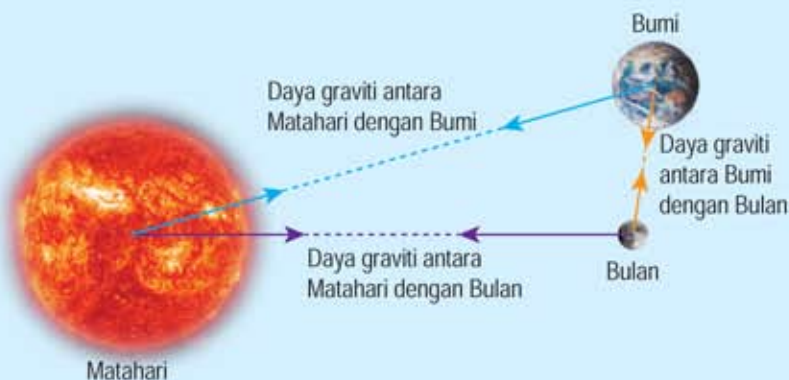
Bulan boleh bergerak dalam orbitnya mengelilingi Bumi tanpa terlepas ke angkasa. Bumi mengenakan suatu daya graviti ke atas Bulan, adakah Bulan juga mengenakan daya graviti ke atas Bumi?



Rajah 3.2 Situasi yang melibatkan daya graviti antara dua jasad

3. Layari laman sesawang untuk mengumpulkan maklumat yang berkaitan.

Daya graviti dikenali sebagai **daya semesta** kerana daya graviti bertindak antara mana-mana dua jasad dalam alam semesta. Rajah 3.3 menunjukkan daya graviti antara Matahari, Bumi dengan Bulan. Bagaimanakah daya graviti antara dua jasad dapat diterangkan?



Rajah 3.3 Daya graviti sebagai daya semesta

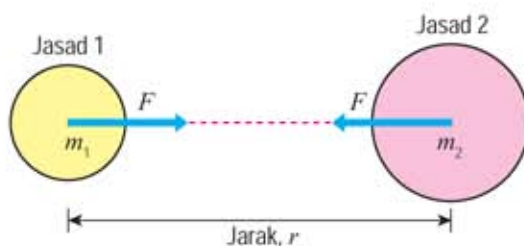
EduwebTV: Daya graviti



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

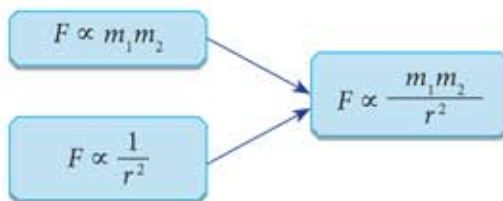
Pada tahun 1687, Isaac Newton mengemukakan dua hubungan yang melibatkan daya graviti antara dua jasad.

- Daya graviti berkadar terus dengan hasil darab jisim dua jasad, iaitu $F \propto m_1 m_2$
- Daya graviti berkadar songsang dengan kuasa dua jarak di antara pusat dua jasad tersebut, iaitu $F \propto \frac{1}{r^2}$



Rajah 3.4 Daya graviti antara dua jasad

Dua hubungan di atas dirumuskan seperti dalam Rajah 3.5 untuk memperoleh **Hukum Kegravitian Semesta Newton**.



Rajah 3.5 Rumusan Hukum Kegravitian Semesta Newton

Fail info

- 1 Daya graviti wujud secara berpasangan.
- 2 Dua jasad itu masing-masing mengalami daya graviti dengan magnitud yang sama.

Fail info

Mengapakah daun yang layu itu bergerak ke arah Bumi?



Kedua-dua daun dan Bumi mengalami daya graviti yang sama. Hal ini menyebabkan daun dan Bumi bergerak mendekati satu sama lain. Oleh sebab jisim Bumi jauh lebih besar daripada jisim daun, daya graviti tidak ada kesan yang ketara ke atas pergerakan Bumi. Oleh itu, pemerhati di Bumi hanya memerhati daun itu jatuh ke arah Bumi.

Hukum Kegravitian Semesta Newton menyatakan bahawa daya graviti antara dua jasad adalah berkadar terus dengan hasil darab jisim kedua-dua jasad dan berkadar songsang dengan kuasa dua jarak di antara pusat dua jasad tersebut.



Hukum Kegravitian Semesta Newton boleh diungkapkan seperti berikut:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

F = daya graviti antara dua jasad

m_1 = jisim jasad pertama

m_2 = jisim jasad kedua

r = jarak di antara pusat jasad pertama dengan pusat jasad kedua

G = pemalar kegravitian ($G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$)

Fail info

Nilai pemalar kegravitian, G boleh ditentukan melalui eksperimen.

INFO BESTARI

Dua jasad yang berjisim m_1 dan m_2 yang terpisah sejauh r akan mengalami daya graviti, F .

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

Sekiranya anda mengetahui jisim dua jasad dan jarak di antara pusat dua jasad tersebut, anda boleh menghitung magnitud daya graviti antara dua jasad. Teliti contoh-contoh soalan dan penyelesaian yang diberikan.

Contoh 1

Hitungkan daya graviti antara sebiji buah durian dengan Bumi.

Jisim durian = 2.0 kg

Jisim Bumi = $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$

Jarak di antara pusat durian dengan pusat Bumi = $6.37 \times 10^6 \text{ m}$



Rajah 3.6

Penyelesaian:

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

$$\begin{cases} m_1 = 2.0 \text{ kg} \\ m_2 = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg} \\ r = 6.37 \times 10^6 \text{ m} \\ G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \end{cases}$$

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

$$\begin{cases} \text{Daya graviti,} \\ F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \end{cases}$$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$$\begin{cases} F = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times 2.0 \times (5.97 \times 10^{24})}{(6.37 \times 10^6)^2} \\ = 19.63 \text{ N} \end{cases}$$

Contoh 2

Sebuah roket yang berada di tapak pelancaran mengalami daya graviti $4.98 \times 10^5 \text{ N}$. Berapakah jisim roket itu?
 [Jisim Bumi = $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$, jarak di antara pusat Bumi dengan roket itu = $6.37 \times 10^6 \text{ m}$]

Penyelesaian:

Daya graviti, $F = 4.98 \times 10^5 \text{ N}$
 Jisim Bumi, $m_1 = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$
 Jisim roket = m_2
 Jarak di antara pusat Bumi dengan roket itu,
 $r = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$
 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

Daya graviti,

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

$$4.98 \times 10^5 = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24}) \times m_2}{(6.37 \times 10^6)^2}$$

$$m_2 = \frac{(4.98 \times 10^5) \times (6.37 \times 10^6)^2}{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24})}$$

$$= 5.07 \times 10^4 \text{ kg}$$

Menyelesaikan Masalah Melibatkan Hukum Kegravitian Semesta Newton

Daya graviti bertindak antara mana-mana dua jasad di Bumi, planet, Bulan dan Matahari. Apakah kesan jisim dan jarak di antara dua jasad ke atas daya graviti?

**Aktiviti 3.2**

Pemikiran Logik KBMM

Tujuan: Menyelesaikan masalah melibatkan Hukum Kegravitian Semesta Newton bagi dua jasad pegun di Bumi

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Andaikan diri anda dan pasangan anda sebagai jasad pegun di Bumi.
3. Catatkan jisim anda, m_1 , dan jisim rakan anda, m_2 dalam Jadual 3.1.

Jadual 3.1

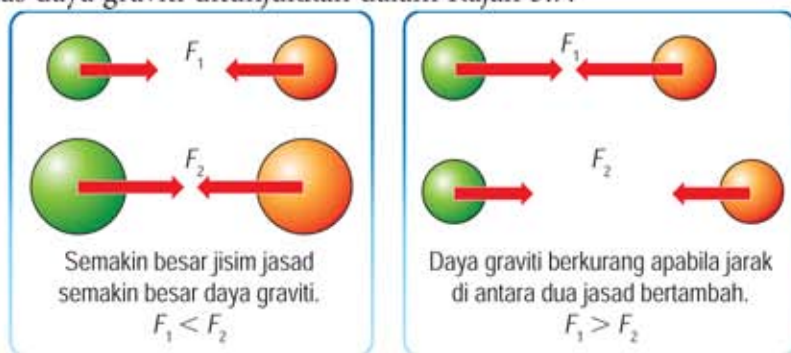
Pasangan	Jisim		r / m	F / N
	m_1 / kg	m_2 / kg		
1			2.0	
			4.0	
2			2.0	
			4.0	

4. Hitungkan daya graviti, F menggunakan jisim anda berdua dan jarak yang diberikan dalam jadual tersebut.
5. Kemudian, bertukar pasangan dan ulangi langkah 3 dan 4.

Perbincangan:

1. Bagaimanakah jisim dua jasad mempengaruhi daya graviti antara dua jasad itu?
2. Apakah kesan jarak antara dua jasad ke atas daya graviti antara dua jasad itu?
3. Mengapakah daya graviti antara anda dengan rakan anda mempunyai magnitud yang kecil?

Kesan jisim dan jarak di antara dua jasad pegun di Bumi ke atas daya graviti ditunjukkan dalam Rajah 3.7.



Rajah 3.7 Kesan jisim dan jarak antara dua jasad ke atas daya graviti

Daya graviti antara dua jasad bergantung pada jisim jasad dan juga jarak di antara dua jasad itu.



Aktiviti 3.3

Peniskalaan

KBMM

Tujuan: Menyelesaikan masalah melibatkan Hukum Kegravitian Semesta Newton bagi

- jasad di atas permukaan bumi
- Bumi dan satelit
- Bumi dan Matahari

Arahan:

- Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
- Teliti Rajah 3.8 dan jawab soalan-soalan yang diberikan.

Matahari

Jisim = 1.99×10^{30} kg
Jarak di antara Bumi dengan Matahari = 1.50×10^{11} m



Bulan

Jisim = 7.35×10^{22} kg

Bumi

Jisim = 5.97×10^{24} kg
Jejari = 6.37×10^6 m



Satelit buatan

Jisim = 1.20×10^3 kg
Jarak di antara Bumi dengan Satelit = 4.22×10^7 m

Rajah 3.8 Matahari, Bumi, Bulan dan satelit buatan

Perbincangan:

- Berapakah daya graviti ke atas satelit itu sebelum satelit itu dilancarkan?
- Bandingkan
 - jisim Bumi, jisim satelit dan jisim Matahari, serta
 - jarak di antara Bumi dengan satelit dan jarak di antara Matahari dengan Bumi.
- Ramalkan perbezaan antara magnitud daya graviti Bumi dan satelit dengan daya graviti Matahari dan Bumi.
- Hitungkan
 - daya graviti antara Bumi dengan satelit, serta
 - daya graviti antara Bumi dengan Matahari.

Adakah jawapan anda sepadan dengan ramalan anda di soalan 3?
- Daya graviti antara Bumi dengan Bulan ialah 2.00×10^{20} N. Berapakah jarak di antara pusat Bumi dengan pusat Bulan?

Menghubung Kait Pecutan Graviti, g di Permukaan Bumi dengan Pemalar Kegravitian Semesta, G

Menurut Hukum Gerakan Newton Kedua, daya graviti boleh diungkapkan sebagai, $F = mg$. Daripada Hukum Kegravitian

Semesta Newton, daya graviti, diungkapkan sebagai $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$.

Apakah hubung kait antara g dengan G ?

Fail info

Daripada Hukum Gerakan Newton Kedua,

$$F = ma.$$

Apabila melibatkan pecutan graviti, g ,

$$F = mg$$



Aktiviti 3.4

Algoritma KBMM

Tujuan: Menerbitkan rumus pecutan graviti, g menggunakan rumus $F = mg$ dan $F = \frac{GMm}{r^2}$

Arahan:

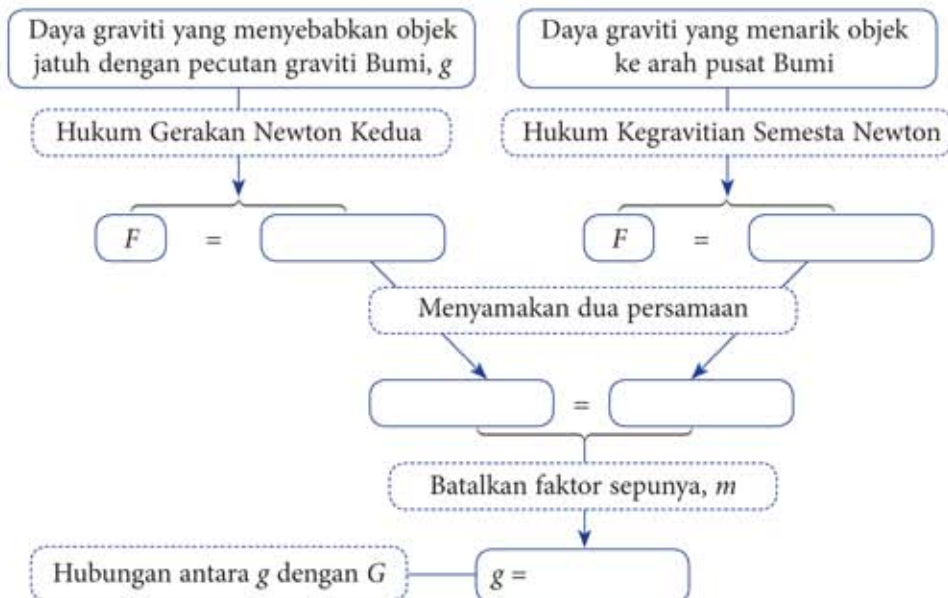
1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Muat turun Rajah 3.9 daripada laman sesawang yang diberikan di sebelah.
3. Bincangkan dan lengkapkan Rajah 3.9 untuk menerbitkan hubungan antara g dengan G .

Muat turun Rajah 3.9



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

M = jisim Bumi
 m = jisim objek
 r = jarak di antara pusat Bumi dengan pusat objek



Rajah 3.9 Hubungan antara g dengan G

Perbincangan:

1. Apakah hubungan antara pecutan graviti, g dengan pemalar kegravitian semesta, G ?
2. Apakah faktor-faktor yang mempengaruhi nilai pecutan graviti?



Aktiviti 3.5

Pemikiran Logik

KBMM

Tujuan: Membincangkan variasi nilai g dengan r

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Hitungkan nilai pecutan graviti pada lima jarak yang diberikan dalam Rajah 3.10.

- Jisim Bumi, M
 $= 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Jejari Bumi, R
 $= 6.37 \times 10^6 \text{ m}$
- Pemalar kegravitian, G
 $= 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$



Rajah 3.10

3. Lengkapkan Jadual 3.2.

Jadual 3.2

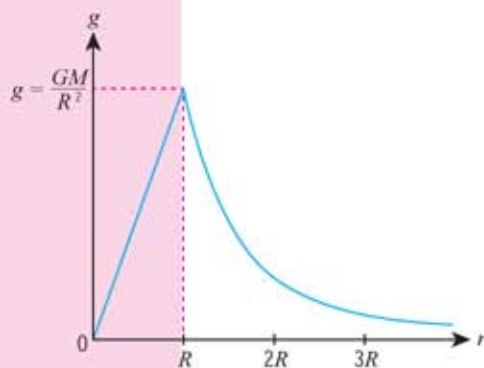
Jarak dari pusat Bumi, r	R	$2R$	$3R$	$4R$	$5R$
Pecutan graviti, $g / \text{m s}^{-2}$					

Perbincangan:

1. Berapakah nilai pecutan graviti di permukaan Bumi?
2. Plotkan graf g melawan r .
3. Bagaimanakah nilai pecutan graviti berubah apabila jarak dari pusat Bumi bertambah?
4. Bincangkan keadaan apabila pecutan graviti mempunyai nilai hampir sifar.

Rajah 3.11 menunjukkan lakaran graf bagi variasi nilai pecutan graviti, g dengan jarak, r dari pusat Bumi.

Nilai g adalah **berkadar terus** dengan jarak dari pusat Bumi bagi kedudukan $r < R$.



Nilai g adalah **berkadar songsang** dengan kuasa dua jarak dari pusat Bumi bagi kedudukan $r \geq R$.

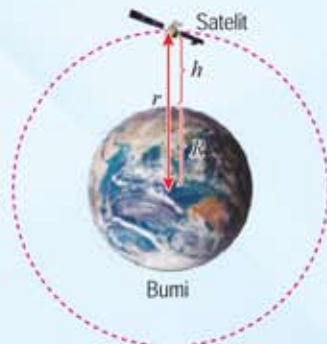
Rajah 3.11 Variasi g dengan r

Rajah 3.12 menunjukkan sebuah satelit pada ketinggian, h dari permukaan Bumi. R merupakan jejari Bumi dan r ialah jarak satelit itu dari pusat Bumi, iaitu jejari orbit.

Di kedudukan dengan ketinggian, h dari permukaan Bumi, jarak dari pusat Bumi ialah $r = (R + h)$

Dengan itu, pecutan graviti,

$$g = \frac{GM}{(R + h)^2}$$



Di permukaan Bumi, ketinggian, $h = 0$. Maka, $r =$ jejari Bumi, R .

Pecutan graviti di permukaan Bumi,

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

M ialah jisim Bumi

Rajah 3.12 Sebuah satelit pada ketinggian h dari permukaan Bumi

Contoh 1

Jisim Bumi ialah 5.97×10^{24} kg dan jejari Bumi ialah 6.37×10^6 m. Hitungkan pecutan graviti di permukaan Bumi. [$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$]

Penyelesaian:

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

$$\begin{cases} M = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg} \\ G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \\ r = 6.37 \times 10^6 \text{ m} \end{cases}$$

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan perhitungan.

$$\begin{cases} g = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24})}{(6.37 \times 10^6)^2} \\ = 9.81 \text{ m s}^{-2} \end{cases}$$

Contoh 2

Sebuah satelit pengimejan radar mengorbit mengelilingi Bumi pada ketinggian 480 km. Berapakah nilai pecutan graviti di kedudukan satelit itu?

[$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$, $M = 5.97 \times 10^{24}$ kg, $R = 6.37 \times 10^6$ m]

Penyelesaian:

Ketinggian orbit, $h = 480 \text{ km}$
 $= 480\,000 \text{ m}$

$$\begin{aligned} g &= \frac{GM}{(R + h)^2} \\ &= \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24})}{(6.37 \times 10^6 + 480\,000)^2} \\ &= 8.49 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

Kepentingan Mengetahui Nilai Pecutan Graviti

Daya graviti merupakan daya semesta. Oleh itu, rumus $g = \frac{GM}{R^2}$

boleh digunakan untuk menghitung pecutan graviti di permukaan jasad lain seperti planet, Bulan dan Matahari. Planet yang manakah mempunyai pecutan graviti yang paling besar? Planet yang manakah mempunyai pecutan graviti paling kecil?

Puing angkasa



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



Aktiviti 3.6

Pemikiran Logik

KBMM

KIAK

Tujuan: Membuat perbandingan pecutan graviti yang berbeza bagi Bulan, Matahari dan planet-planet dalam Sistem Suria

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan dalam bentuk *Think-Pair-Share*.
2. Cari maklumat jisim, M dan jejari, R untuk Matahari, Bulan serta planet-planet dalam Sistem Suria.
3. Persembahkan maklumat yang dicari dalam bentuk jadual.
4. Hitungkan pecutan graviti, g bagi setiap jasad tersebut.

Perbincangan:

1. Planet yang manakah mempunyai pecutan graviti yang paling besar?
2. Planet yang manakah mempunyai pecutan graviti yang paling hampir dengan pecutan graviti Bumi?
3. Apakah faktor-faktor yang menentukan nilai pecutan graviti sebuah planet?

Apabila nilai pecutan graviti di permukaan sebuah planet diketahui, **magnitud daya graviti** yang bertindak ke atas sesuatu objek di permukaan planet boleh dihitung. Pengetahuan mengenai nilai pecutan graviti memainkan peranan yang penting dalam penerokaan angkasa dan kelangsungan kehidupan.



Aktiviti 3.7

Pemikiran Logik

KMK

KIAK

Tujuan: Membincangkan kepentingan pengetahuan tentang pecutan graviti planet-planet dalam penerokaan angkasa dan kelangsungan kehidupan

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Cari maklumat mengenai kepentingan pengetahuan tentang pecutan graviti planet-planet dalam penerokaan angkasa dan kelangsungan kehidupan.
3. Persembahkan hasil perbincangan anda dalam bentuk peta pemikiran yang sesuai.

Pecutan graviti



<https://go.nasa.gov/2FP1xqJ>

Di Bumi, manusia hidup dalam persekitaran yang mempunyai pecutan graviti, 9.81 m s^{-2} . Semasa penerokaan angkasa sama ada jauh dari Bumi atau berhampiran dengan planet lain, badan angkasawan boleh terdedah kepada keadaan graviti rendah atau graviti tinggi. Apakah kesan graviti terhadap tumbesaran manusia?



Aktiviti 3.8

Pemikiran Logik

KIAK

KMK

Tujuan: Mengumpul maklumat tentang kesan graviti terhadap tumbesaran manusia

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan dalam bentuk *Round Table*.

Jadual 3.3

Faktor	Kesan graviti rendah	Kesan graviti tinggi
Perubahan ketumpatan		
Kerapuhan tulang		
Saiz peparu		
Sistem peredaran darah		
Tekanan darah		

2. Berdasarkan Jadual 3.3, dapatkan maklumat mengenai kesan graviti terhadap tumbesaran manusia dengan melayari laman sesawang atau daripada bahan bacaan yang sesuai.
3. Lengkapkan Jadual 3.3.
4. Bentangkan satu persembahan multimedia bertajuk Kesan Graviti Terhadap Tumbesaran Manusia.

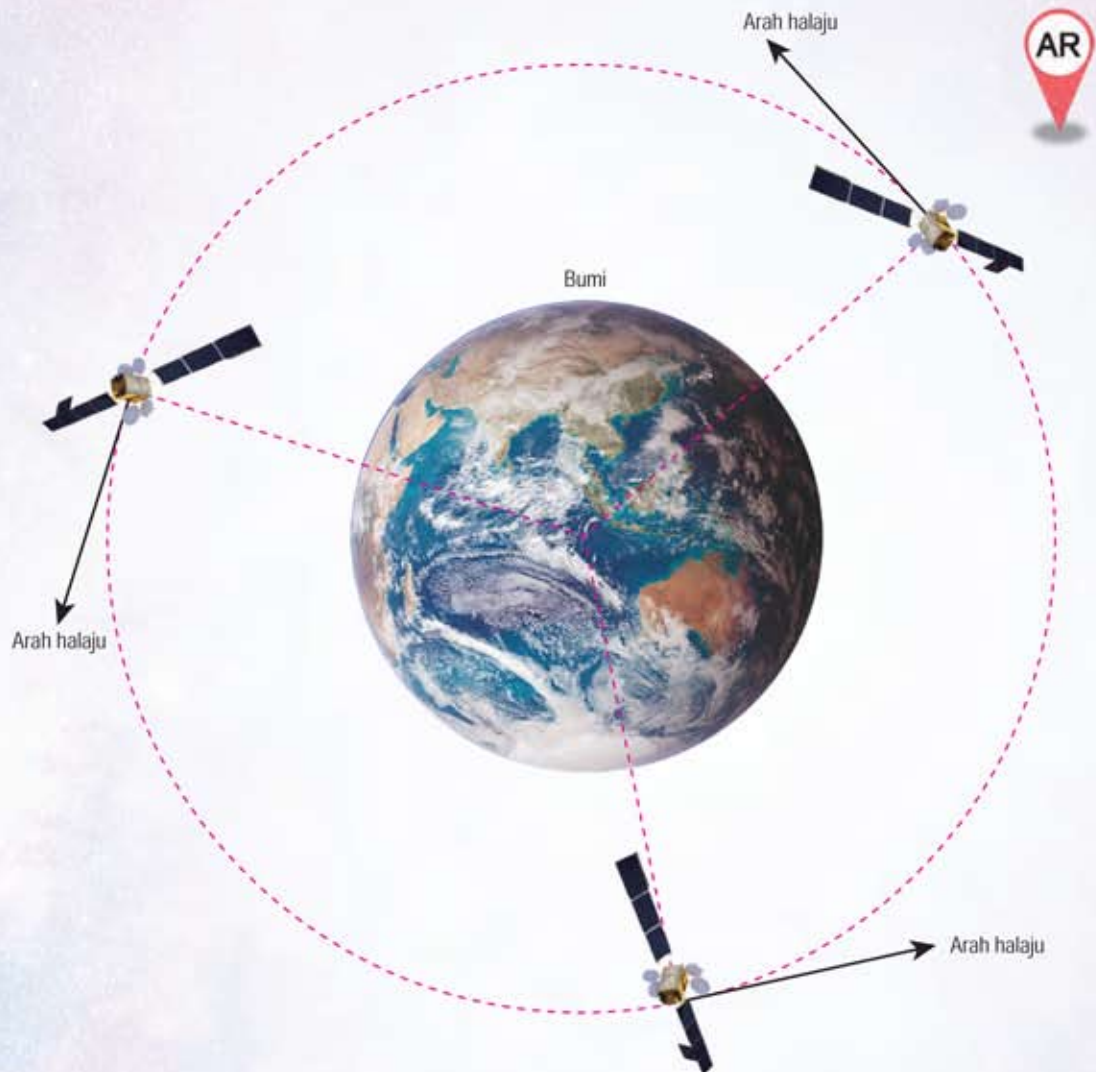
Kesan graviti



<https://go.nasa.gov/2D3rklq>

Daya Memusat dalam Sistem Gerakan Satelit dan Planet

Rajah 3.13 menunjukkan tiga kedudukan bagi sebuah satelit yang sedang mengorbit Bumi dengan laju seragam. Perhatikan arah halaju satelit di setiap kedudukan satelit itu.



Rajah 3.13 Satelit membuat gerakan membulat

Jasad yang sedang membuat gerakan membulat sentiasa mengalami perubahan arah gerakan walaupun lajunya tetap. Oleh itu, halaju jasad adalah berbeza. Dalam Bab 2, anda telah mempelajari bahawa suatu daya diperlukan untuk mengubah arah gerakan jasad. Apakah daya yang bertindak ke atas jasad yang sedang membuat gerakan membulat?

INFO BESTARI

Apabila suatu jasad bergerak dalam bulatan dan laju seragam, jasad tersebut dikatakan melakukan gerakan membulat seragam.



Aktiviti 3.9

Tujuan: Memahami daya memusat menggunakan Kit Daya Memusat

Radas: Kit Daya Memusat (terdiri daripada tiub plastik, penyumbat getah, penggantung pemberat berslot 50 g, tiga buah pemberat berslot 50 g, klip buaya dan benang tebal) dan pembaris

Arahan:

1. Sediakan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.14 untuk gerakan membulat dengan jejari, $r = 50$ cm. Jumlah jisim pemberat berslot dan penggantung ialah 100 g.



Rajah 3.14

2. Pegang tiub plastik dengan tangan kanan dan pemberat berslot dengan tangan kiri anda. Putarkan penyumbat getah itu dengan laju yang malar dalam suatu bulatan ufuk di atas kepala anda seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.15. Pastikan klip buaya berada pada jarak hampir 1 cm dari hujung bawah tiub plastik supaya jejari bulatan adalah tetap.



Rajah 3.15

3. Lepaskan pemberat berslot dan terus putarkan penyumbat getah itu. Perhatikan laju pergerakan penyumbat getah itu.
4. Ulangi langkah 1 hingga 3 dengan jumlah pemberat berslot 200 g. Bandingkan laju pergerakan penyumbat getah dengan laju pergerakan sebelum ini.
5. Ulangi langkah 4. Semasa penyumbat getah itu berputar, tarik hujung bawah benang dalam arah ke bawah supaya penyumbat getah berputar dengan jejari yang semakin kecil. Perhatikan bagaimana tegangan benang yang bertindak ke atas tangan kiri anda berubah.

Perbincangan:

1. Apabila penyumbat getah itu membuat gerakan membulat, benang yang tegang mengenakan daya ke atas penyumbat getah itu. Apakah arah daya yang bertindak ke atas penyumbat getah itu?
2. Apakah hubungan antara laju penyumbat getah dengan daya memusat?
3. Bagaimanakah daya memusat berubah apabila penyumbat getah membuat gerakan membulat dengan jejari yang lebih kecil?

INFO BESTARI

Pemberat berslot menegangkan benang untuk bertindak sebagai daya memusat apabila penyumbat getah membuat gerakan membulat.

Video demonstrasi menggunakan Kit Daya Memusat



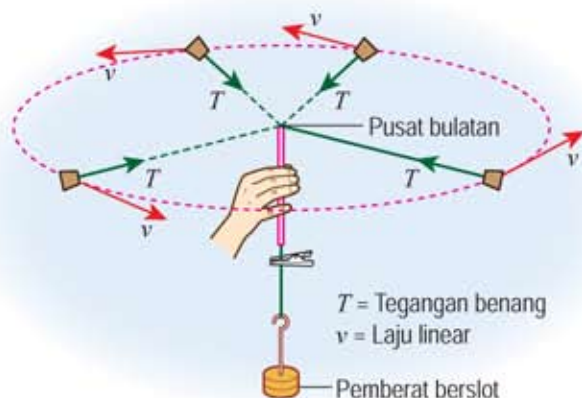
<http://bit.ly/2W6r42m>

Bagi suatu jasad yang melakukan gerakan membulat, terdapat suatu daya yang bertindak ke atasnya dengan arah yang sentiasa menuju ke pusat bulatan itu. Daya ini dikenali sebagai **daya memusat**.

Rajah 3.16 menunjukkan tegangan benang yang bertindak sebagai daya memusat untuk gerakan penyumbat getah. Magnitud daya memusat bergantung pada jisim jasad, laju linear gerakan membulat dan jejari bulatan. Daya memusat boleh dihitung menggunakan rumus:

$$F = \frac{mv^2}{r}, \quad F = \text{daya memusat}$$

$m = \text{jisim}$
 $v = \text{laju linear}$
 $r = \text{jejari bulatan}$



Rajah 3.16 Tegangan benang sebagai daya memusat

INFO BESTARI

Apabila suatu jasad diputar pada laju seragam tertentu sehingga benang menjadi hampir mengufuk, kesan daya graviti ke atas gerakan membulat jasad itu boleh diabaikan. Walaupun laju jasad adalah seragam, arah gerakan jasad sentiasa berubah.

INFO BESTARI

Laju linear merujuk kepada laju jasad pada suatu ketika tertentu semasa jasad membuat gerakan membulat.

Contoh 1

Rajah 3.17 menunjukkan seorang atlet acara lontar tukul besi yang sedang memutar tukul besi dalam suatu bulatan ufuk sebelum melepaskannya. Berapakah daya memusat yang bertindak ke atas tukul besi apabila tukul besi itu sedang bergerak dengan laju seragam 20 m s^{-1} ?

Penyelesaian:

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

$$\begin{cases} m = 7.2 \text{ kg} \\ v = 20 \text{ m s}^{-1} \\ r = 1.8 \text{ m} \end{cases}$$

Langkah 2

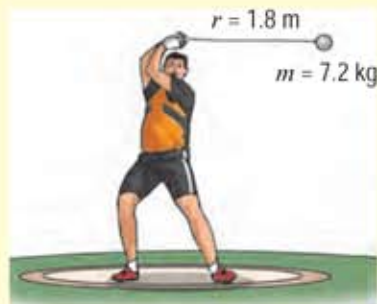
Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

$$\begin{cases} F = \frac{mv^2}{r} \end{cases}$$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$$\begin{cases} \text{Daya memusat, } F = \frac{7.2 \times 20^2}{1.8} \\ = 1\,600 \text{ N} \end{cases}$$



Rajah 3.17

Bolehkah sebuah satelit mengorbit mengelilingi Bumi tanpa dipacu oleh enjin roket? Kemungkinan untuk gerakan sedemikian telah diramal oleh Isaac Newton pada abad ke-17 seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.18.



Rajah 3.18 Ramalan Isaac Newton

Objek yang dilancarkan dengan laju linear yang rendah akan mengikuti lintasan ① dan tiba di Bumi di Q.

Objek yang dilancarkan dengan laju linear yang cukup tinggi akan mengikut lintasan ② yang membulat mengelilingi Bumi. Objek itu tidak akan kembali semula ke Bumi.

Simulasi ramalan saintis Isaac Newton



<http://bit.ly/2V0OhrK>

Ramalan Isaac Newton menjadi kenyataan pada masa kini dengan begitu banyak satelit buatan manusia mengorbit mengelilingi Bumi tanpa dipacu oleh sebarang tujahan roket. Satelit-satelit sentiasa mengalami daya graviti yang bertindak ke arah pusat Bumi. Daya graviti ke atas satelit bertindak sebagai daya memusat.

Dengan membanding rumus untuk daya, $F = ma$

dan rumus untuk daya memusat, $F = \frac{mv^2}{r}$, kita peroleh:

Pecutan memusat, $a = \frac{v^2}{r}$, iaitu

v = laju linear satelit

r = jejari orbit satelit

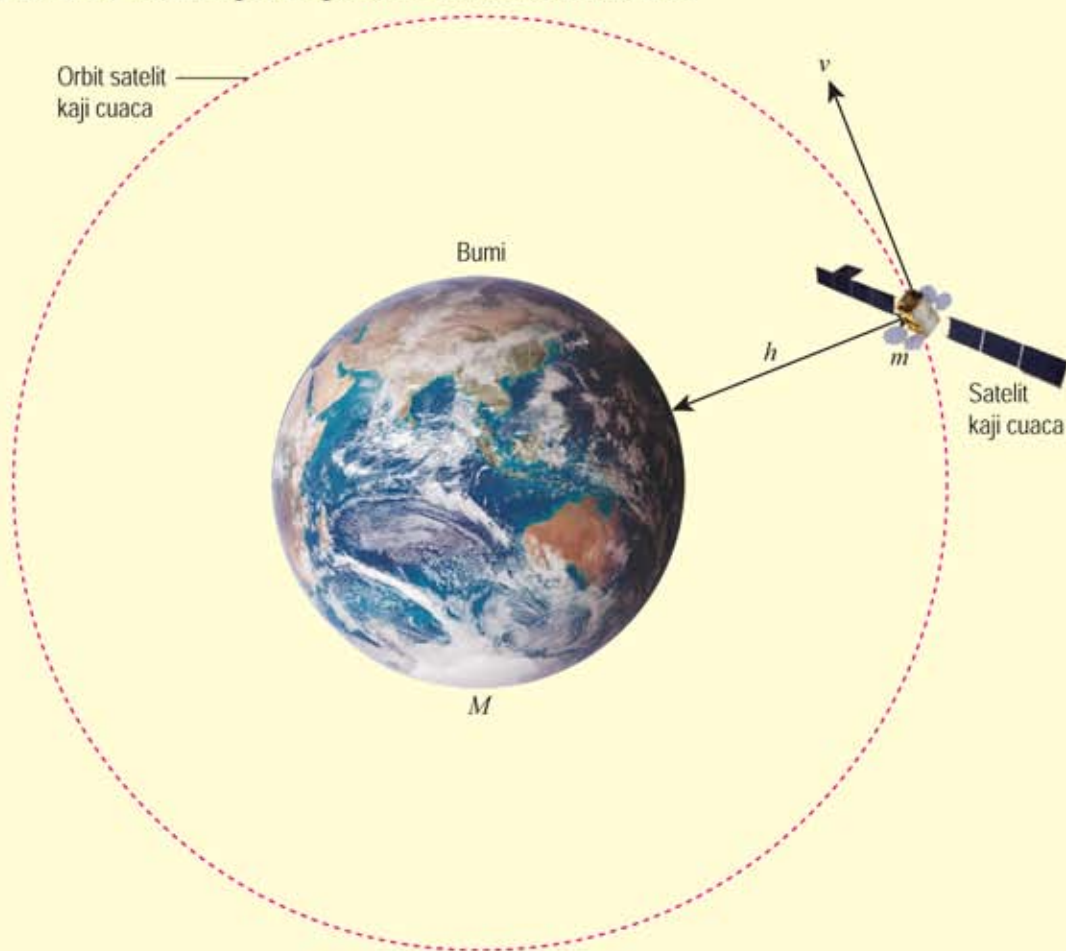
INTEGRASI SEJARAH

Walaupun Isaac Newton tidak ada kemudahan untuk melakukan simulasi atau eksperimen, beliau mampu membayangkan eksperimen tentang pergerakan jasad mengelilingi Bumi. Lakaran asal beliau ditunjukkan di bawah.



Contoh 1

Rajah 3.19 menunjukkan sebuah satelit kaji cuaca yang sedang mengorbit mengelilingi Bumi pada ketinggian, $h = 480 \text{ km}$. Laju linear satelit itu ialah $7.62 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$. Jejari Bumi, $R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$. Berapakah pecutan memusat satelit itu?



Rajah 3.19

Penyelesaian:
Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ketinggian satelit, } h = 480 \text{ km} \\ \quad \quad \quad = 480\,000 \text{ m} \\ \text{Laju linear satelit, } v = 7.62 \times 10^3 \text{ m s}^{-1} \\ \text{Jejari Bumi, } R = 6.37 \times 10^6 \text{ m} \end{array} \right.$$

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{v^2}{r} \end{array} \right.$$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{v^2}{(R + h)} \\ \quad = \frac{(7.62 \times 10^3)^2}{(6.37 \times 10^6 + 480\,000)} \\ \quad = 8.48 \text{ m s}^{-2} \end{array} \right.$$

Jisim Bumi dan Matahari

Rumus jisim Bumi dan Matahari boleh diterbitkan menggunakan rumus Hukum Kegravitian Semesta Newton dan rumus daya memusat.

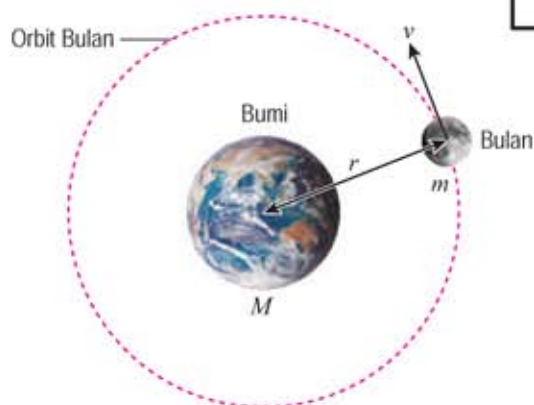
Aktiviti 3.10

Algoritma KBMM

Tujuan: Menentukan jisim Bumi dan Matahari

Arahan:

1. Teliti Rajah 3.20.
2. Rajah 3.20 menunjukkan orbit Bulan mengelilingi Bumi.



Rajah 3.20

M = jisim Bumi
 m = jisim Bulan
 r = jejari orbit Bulan
 T = tempoh peredaran Bulan mengelilingi Bumi
 v = laju linear Bulan

INFO BESTARI

Lilitan bagi suatu bulatan dengan jejari r ialah $2\pi r$.

3. Bincang dan lengkapkan petak kosong di bawah.

Jarak yang dilalui oleh Bulan apabila membuat satu orbit lengkap mengelilingi Bumi

=

Laju linear Bulan, v

=

$\frac{\text{Jarak}}{\text{Masa}}$

v

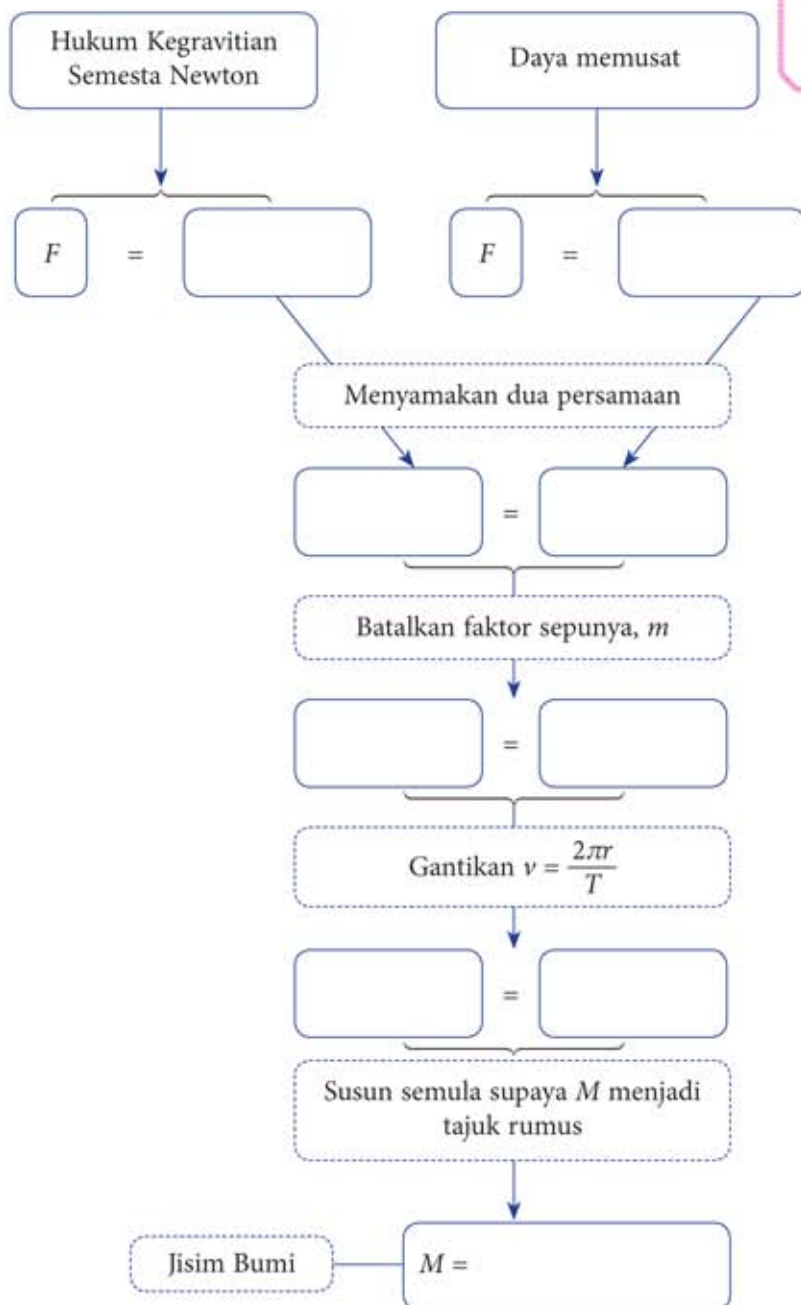
=

4. Muat turun dan cetak Rajah 3.21 dalam laman sesawang yang diberikan di sebelah dan lengkapkannya untuk menentukan rumus jisim Bumi.

Muat turun Rajah 3.21



<http://bit.ly/2RoH15K>



Rajah 3.21 Menentukan rumus jisim Bumi

Perbincangan:

1. Apakah rumus untuk menentukan jisim Bumi?
2. Tempoh peredaran Bulan mengelilingi Bumi, ialah $T = 2.36 \times 10^6$ s dan jejari orbit Bulan, ialah $r = 3.83 \times 10^8$ m. Hitungkan jisim Bumi.
3. Bumi bergerak mengelilingi Matahari dengan tempoh satu tahun dan jejari orbit $r = 1.50 \times 10^{11}$ m. Hitungkan jisim Matahari.

Rumus yang digunakan untuk menentukan jisim Bumi atau Matahari

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$$

Data yang diperlukan untuk menghitung jisim Bumi

- jejari orbit mana-mana satelit atau Bulan
- tempoh peredaran

Data yang diperlukan untuk menghitung jisim Matahari

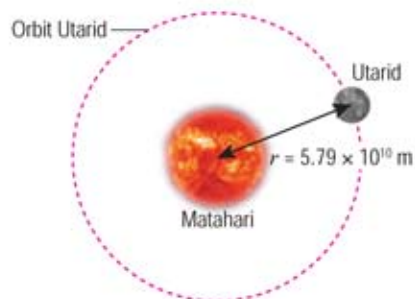
- jejari orbit mana-mana planet
- tempoh peredaran planet tersebut

Rajah 3.22 Rumus dan data yang digunakan untuk menghitung jisim Bumi dan Matahari

Latihan Formatif

3.1

1. Nyatakan Hukum Kegravitian Semesta Newton.
2. Nyatakan dua faktor yang mempengaruhi magnitud daya graviti antara dua jasad.
3. Sebuah puing angkasa berjisim 24 kg berada pada jarak 7.00×10^6 m dari pusat Bumi. Berapakah daya graviti antara puing angkasa itu dengan Bumi?
[$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$, jisim Bumi = 5.97×10^{24} kg] 🌈
4. Sebuah satelit kaji cuaca sedang mengorbit Bumi pada ketinggian 560 km. Berapakah nilai pecutan graviti di kedudukan satelit itu?
[$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$, jisim Bumi = 5.97×10^{24} kg, jejari Bumi = 6.37×10^6 m] 🌈
5. Sebuah satelit buatan manusia berjisim 400 kg mengorbit Bumi dengan jejari 8.2×10^6 m. Laju linear satelit itu ialah $6.96 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$. Berapakah daya memusat yang bertindak ke atas satelit itu? 🌈
6. Rajah 3.23 menunjukkan planet Utarid mengorbit mengelilingi Matahari dengan jejari orbit 5.79×10^{10} m dan tempoh peredaran 7.57×10^6 s. Hitungkan jisim Matahari. 🌈



Rajah 3.23