

3.2

Hukum Kepler

Semasa di Tingkatan 3, anda telah mengetahui mengenai Kepler, seorang ahli astronomi, matematik dan astrologi Jerman yang mengubah suai **model heliosentrik** mengikut Hukum Kepler. Tahukah anda terdapat tiga Hukum Kepler? Mari kita mengetahui ketiga-tiga hukum tersebut.

Hukum Kepler Pertama

Orbit bagi setiap planet adalah elips dengan Matahari berada di satu daripada fokusnya.

Jalankan Aktiviti 3.11 untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai Hukum Kepler Pertama.



INTEGRASI SEJARAH

Johannes Kepler bekerja sebagai pembantu kepada ahli astronomi Tycho Brahe. Sifat keazaman yang tinggi mendorong beliau untuk mengkaji data astronomi Brahe selama lebih daripada sepuluh tahun. Akhirnya Kepler berjaya merumuskan tiga hukum yang menghuraikan gerakan planet mengelilingi Matahari.



Aktiviti 3.11

Tujuan: Melakar bentuk elips berdasarkan konsep dwifokus elips

Bahan: Pensel, benang 20 cm, dua paku payung, kertas A4, papan lembut dan pita selofan

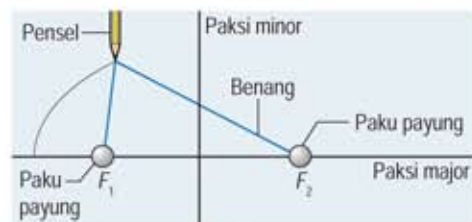
Arahan:

1. Cetak templat yang diberikan dalam laman sesawang di sebelah pada sehelai kertas A4 dan lekatkannya di atas sekeping papan lembut.
2. Pacak paku payung pada titik F_1 dan F_2 .
3. Ikat dua hujung benang itu masing-masing kepada dua paku payung itu.
4. Tegangkan benang dengan mata pensel seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.24.
5. Gerakkan pensel dari paksi major di sebelah kiri F_1 ke paksi major di sebelah kanan F_2 untuk melakar separuh elips.
6. Ulangi langkah 5 pada bahagian sebelah bawah untuk memperoleh bentuk elips yang lengkap.
7. Keluarkan paku payung dan benang.
8. Lukiskan satu bulatan kecil untuk mewakili Matahari di F_1 . Lukiskan bulatan kecil untuk mewakili Bumi di atas lilitan elips.

Templat Aktiviti 3.11



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

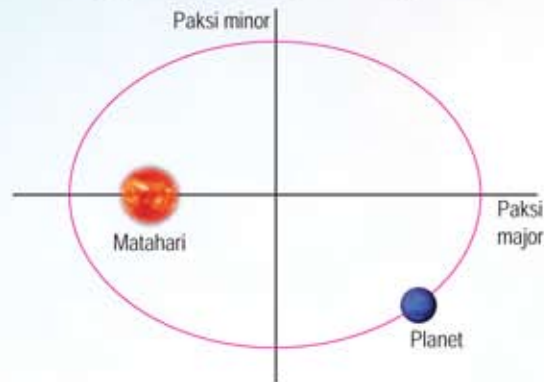


Rajah 3.24

Perbincangan:

1. Huraikan bagaimana jarak di antara Bumi dengan Matahari berubah apabila Bumi membuat satu orbit lengkap mengelilingi Matahari.
2. Bincangkan bagaimana bentuk orbit Bumi jika paksi major hampir sama panjang dengan paksi minor.

Planet-planet dalam Sistem Suria mempunyai orbit berbentuk **elips**. Rajah 3.25 menunjukkan Matahari sentiasa berada di satu fokus bagi elips itu. **Paksi major** adalah lebih panjang daripada **paksi minor**. Kebanyakan orbit planet dalam Sistem Suria mempunyai paksi major hampir sama panjang dengan paksi minor. Oleh itu, bentuk elips orbit planet-planet dalam Sistem Suria adalah hampir bulat. Planet-planet boleh dianggap membuat gerakan membulat mengelilingi Matahari. **Jejari orbit** ialah nilai purata bagi jarak di antara planet dengan Matahari.

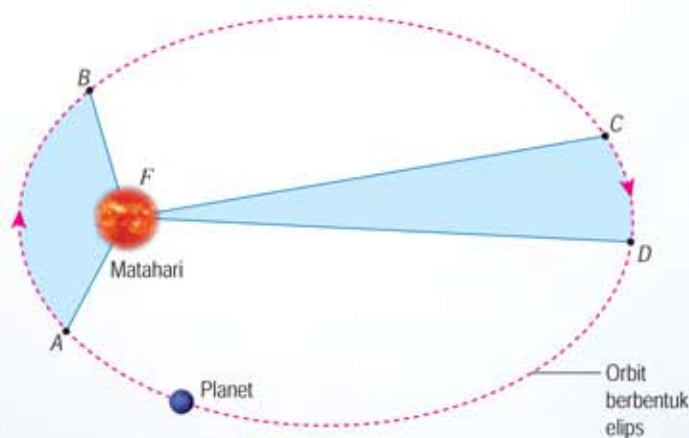


Rajah 3.25 Orbit planet mengelilingi Matahari

Hukum Kepler Kedua

Garis yang menyambungkan planet dengan Matahari akan mencakupi luas yang sama dalam selang masa yang sama apabila planet bergerak dalam orbitnya.

Perhatikan Rajah 3.26. Jika sebuah planet mengambil masa yang sama untuk bergerak dari A ke B dan C ke D, luas kawasan AFB adalah sama dengan luas kawasan CFD. Jarak AB adalah lebih besar daripada jarak CD. Hal ini bermakna planet itu bergerak dengan laju linear yang lebih tinggi dari A ke B berbanding dengan dari C ke D.



Rajah 3.26 Pergerakan planet dalam orbit

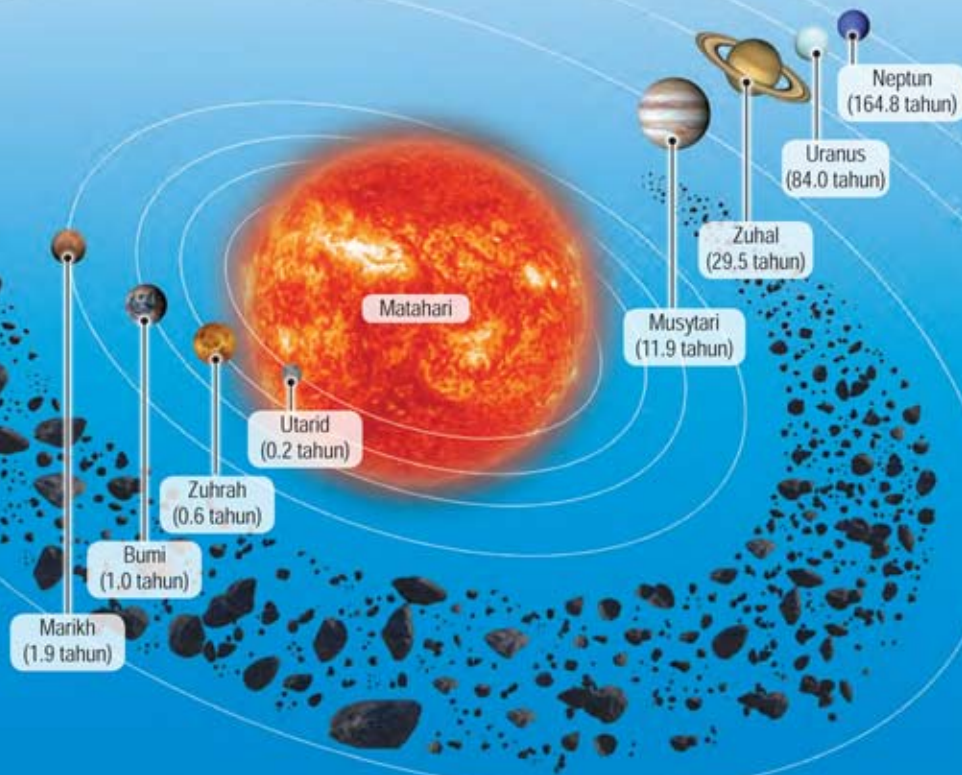
**Hukum
Kepler Ketiga**

Kuasa dua tempoh orbit planet adalah berkadar terus dengan kuasa tiga jejari orbitnya.

Secara matematik,
 $T^2 \propto r^3$
 T = tempoh orbit planet
 r = jejari orbit

Planet yang mengorbit dengan jejari yang lebih besar akan mempunyai tempoh orbit yang lebih panjang. Oleh yang demikian, planet yang lebih jauh daripada Matahari mengambil masa yang lebih lama untuk melengkapkan satu orbit mengelilingi Matahari.

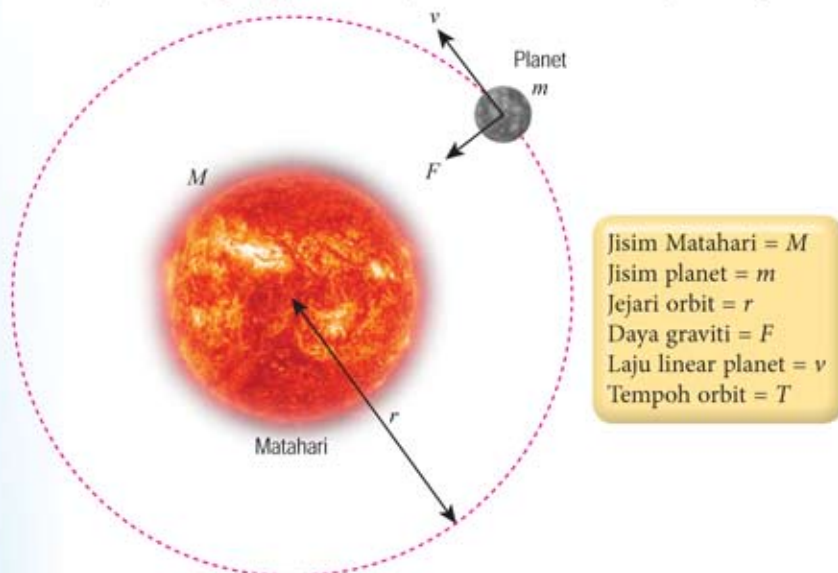
Sebagai contoh, Bumi mengambil masa 1 tahun untuk satu orbit lengkap manakala planet Zuhal mengambil masa 29.5 tahun. Rajah 3.27 menunjukkan orbit dan tempoh orbit planet.



Rajah 3.27 Orbit planet dan tempoh orbit

Hukum Kepler Ketiga boleh dirumus menggunakan **Hukum Kegravitian Semesta Newton** dan konsep **gerakan membulat**. Planet melakukan gerakan membulat mengelilingi Matahari. **Daya memusat** yang bertindak ialah daya graviti antara Matahari dengan planet itu. Perhatikan Rajah 3.28 yang menunjukkan orbit sebuah planet mengelilingi Matahari.

Dengan menganggap orbit planet yang mengelilingi Matahari adalah bulatan, kita boleh terbitkan hubungan antara tempoh orbit planet dengan jejari orbit seperti dalam Hukum Kepler Ketiga.



Rajah 3.28 Orbit sebuah planet

Daya graviti yang bertindak ke atas planet, $F = \frac{GMm}{r^2}$

Daya graviti itu bertindak sebagai daya memusat untuk planet membuat gerakan membulat mengelilingi Matahari.

Daya memusat, $F = \frac{mv^2}{r}$

Maka,

Daya memusat = Daya graviti

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$$

$$v^2 = \frac{GM}{r} \dots\dots\dots [1]$$

Laju linear planet, $v = \frac{\text{Jarak dilalui dalam satu orbit lengkap}}{\text{Tempoh orbit}}$

$$= \frac{2\pi r}{T} \dots\dots\dots [2]$$

Gantikan, [2] ke [1]

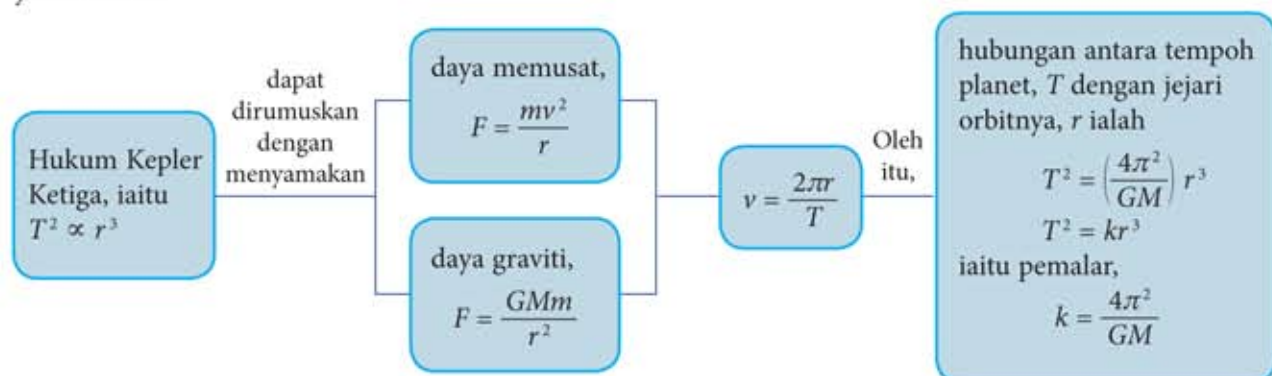
$$\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = \frac{GM}{r}$$

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM}\right)r^3$$

Oleh sebab, GM adalah malar, $T^2 \propto r^3$

$T^2 \propto r^3$ ialah Hukum Kepler Ketiga.

Rajah 3.29 merumuskan Hukum Kepler Ketiga. Apabila Hukum Kepler Ketiga diaplikasikan terhadap sistem planet dengan Matahari, M adalah merujuk kepada jisim Matahari. Hukum Kepler Ketiga boleh juga diaplikasi kepada sistem satelit dan Bumi, dengan M merujuk kepada jisim Bumi.



Rajah 3.29 Merumuskan Hukum Kepler Ketiga

Menyelesaikan Masalah Menggunakan Rumus Hukum Kepler Ketiga

Daripada Hukum Kepler Ketiga, hubungan antara tempoh orbit, T dengan jejari orbit, r ialah

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM} \right) r^3$$

Katakan dua planet dibandingkan.

Bagi planet 1, $T_1^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM} \right) r_1^3$ (1)

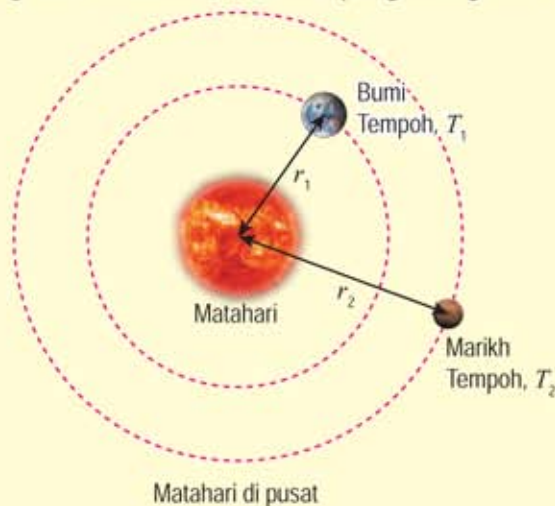
Bagi planet 2, $T_2^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM} \right) r_2^3$ (2)

(1) $\div$ (2) memberikan $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$

Persamaan $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$ boleh digunakan untuk menghitung tempoh orbit, T atau jejari orbit, r .

Contoh 1

Rajah 3.30 menunjukkan planet Bumi dan Marikh yang mengorbit Matahari.



Rajah 3.30

- (a) Jejari orbit planet Marikh boleh ditentukan dengan membandingkan orbit Marikh dengan orbit Bumi. Apakah maklumat yang diperlukan untuk menentukan jejari orbit Marikh?
- (b) Jejari orbit Bumi ialah 1.50×10^{11} m, tempoh orbit Bumi dan Marikh ialah masing-masing 1.00 tahun dan 1.88 tahun. Hitungkan jejari orbit Marikh.

Penyelesaian:

- (a) Jejari orbit Bumi, tempoh orbit Bumi dan tempoh orbit Marikh.

(b)

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

Jejari orbit Bumi, $r_1 = 1.50 \times 10^{11}$ m
 Jejari orbit Marikh = r_2
 Tempoh orbit Bumi, $T_1 = 1.00$ tahun
 Tempoh orbit Marikh, $T_2 = 1.88$ tahun

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$$\frac{1.00^2}{1.88^2} = \frac{(1.50 \times 10^{11})^3}{r_2^3}$$

$$r_2^3 = \frac{(1.50 \times 10^{11})^3 \times 1.88^2}{1.00^2}$$

$$r_2 = \sqrt[3]{\frac{(1.50 \times 10^{11})^3 \times 1.88^2}{1.00^2}}$$

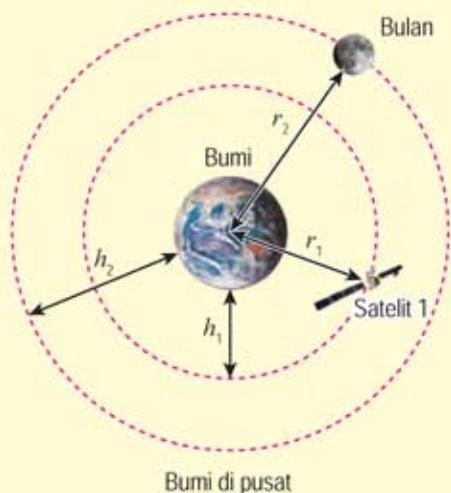
$$= 2.28 \times 10^{11} \text{ m}$$

INFO BESTARI

Persamaan $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$ melibatkan tempoh orbit sebuah planet bahagi tempoh orbit sebuah planet yang lain. Unit yang sama perlu digunakan untuk kedua-dua tempoh.

Contoh 2

Rajah 3.31 menunjukkan sebuah satelit penyelidikan perlu mengorbit pada ketinggian 380 km untuk membuat pengimejan jelas muka Bumi. Berapakah tempoh orbit satelit itu?



Rajah 3.31

[Jejari orbit Bulan = 3.83×10^8 m, tempoh orbit Bulan = 655.2 jam]

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Jejari orbit satelit, } r_1 &= (6.37 \times 10^6) + (380 \times 10^3) \\ &= 6.75 \times 10^6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Jejari orbit Bulan, } r_2 = 3.83 \times 10^8 \text{ m}$$

$$\text{Tempoh orbit satelit} = T_1$$

$$\text{Tempoh orbit Bulan, } T_2 = 655.2 \text{ jam}$$

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$$

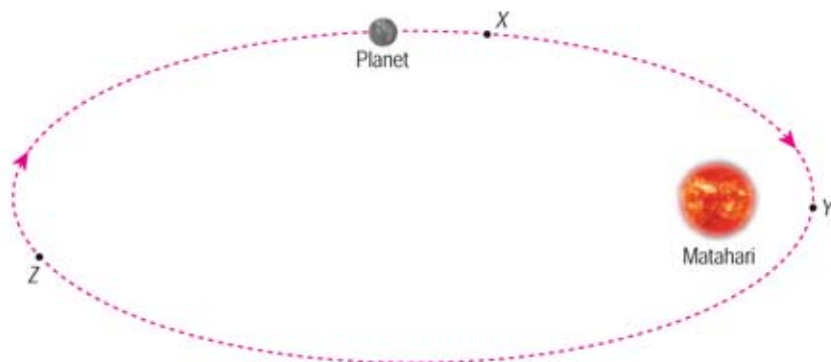
$$\frac{T_1^2}{655.2^2} = \frac{(6.75 \times 10^6)^3}{(3.83 \times 10^8)^3}$$

$$T_1^2 = \frac{(6.75 \times 10^6)^3 \times 655.2^2}{(3.83 \times 10^8)^3}$$

$$\begin{aligned}T_1 &= \sqrt{\frac{(6.75 \times 10^6)^3 \times 655.2^2}{(3.83 \times 10^8)^3}} \\ &= 1.53 \text{ jam}\end{aligned}$$

Latihan Formatif 3.2

1. Nyatakan Hukum Kepler Pertama.
2. (a) Nyatakan Hukum Kepler Kedua.
(b) Rajah 3.32 menunjukkan orbit sebuah planet mengelilingi Matahari. Bandingkan laju linear planet itu di kedudukan X, Y dan Z.

**Rajah 3.32**

3. (a) Nyatakan Hukum Kepler Ketiga.
(b) Berapakah ketinggian sebuah satelit jika satelit itu dikehendaki mengorbit Bumi dengan tempoh 24 jam?
[Tempoh orbit Bulan = 27.3 hari, jejari orbit Bulan = $3.83 \times 10^8 \text{ m}$]

3.3 Satelit Buatan Manusia

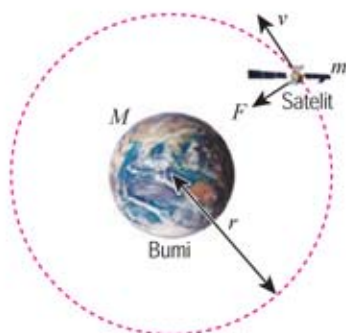
Orbit Satelit

Rajah 3.33 menunjukkan Stesen Angkasa Antarabangsa, ISS (*International Space Station*) dan satelit MEASAT. ISS boleh dilihat dari Bumi kerana bersaiz besar dan mengorbit pada ketinggian 408 km. Satelit MEASAT sukar untuk dilihat kerana bersaiz kecil dan mengorbit pada ketinggian 35 786 km. Satelit akan bergerak dalam orbit pada ketinggian tertentu dengan laju linear satelit yang sesuai.

Rumus **daya memusat** dan **Hukum Kegravitian Semesta Newton** digunakan untuk menerbitkan dan menentukan laju linear satelit. Rajah 3.34 menunjukkan orbit sebuah satelit yang mengelilingi Bumi.



Rajah 3.33 Satelit buatan manusia mengorbit Bumi



Jisim Bumi = M
 Jisim satelit = m
 Jejari orbit satelit = r
 Laju linear satelit = v
 Tempoh orbit = T

Kedudukan dan laluan ISS



[https://
spotthestation.
nasa.gov/](https://spotthestation.nasa.gov/)

Rajah 3.34 Orbit sebuah satelit

Satelit yang bergerak dalam orbit membulat mengelilingi Bumi akan mengalami daya memusat, iaitu daya graviti.

Daya graviti antara satelit dengan Bumi, $F = \frac{GMm}{r^2}$

Daya memusat pada satelit, $F = \frac{mv^2}{r}$

Daya memusat = Daya graviti

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$$

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

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$



**INFO
KERJAYA**

Kejuruteraan Astronautik melibatkan bidang Fizik tentang mekanik orbit, persekitaran angkasa lepas, penentuan dan kawalan ketinggian, telekomunikasi, struktur aeroangkasa, dan perenjangan roket.

Oleh sebab GM adalah malar, laju linear satelit hanya bergantung kepada jejari orbitnya. Jika sebuah satelit berada pada ketinggian, h di atas permukaan Bumi,

Jejari orbit, $r = R + h$
iaitu R = jejari Bumi.

Dengan itu, laju linear satelit, $v = \sqrt{\frac{GM}{R + h}}$

Satelit buatan manusia boleh dilancar untuk kekal mengorbit pada ketinggian yang tertentu mengelilingi Bumi dengan jejari orbit, r jika satelit itu diberikan laju linear satelit $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$. Rajah 3.35 menunjukkan sebuah satelit Sistem Kedudukan Sejagat (GPS).



Bagaimana GPS berfungsi?



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

Rajah 3.35 Satelit GPS mengorbit Bumi

$$\begin{aligned}\text{Ketinggian, } h &= 20\,200 \times 1000 \text{ m} \\ &= 2.02 \times 10^7 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jejari orbit, } r &= (6.37 \times 10^6) + (2.02 \times 10^7) \\ &= 2.657 \times 10^7 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju linear satelit, } v &= \sqrt{\frac{GM}{r}} \\ &= \sqrt{\frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24})}{2.657 \times 10^7}} \\ &= 3.87 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}\end{aligned}$$

Dalam orbit yang stabil, laju linear satelit ialah $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$. Laju linear ini adalah cukup besar untuk satelit itu bergerak dalam orbit membulat mengelilingi Bumi. Pecutan memusat satelit itu adalah sama dengan pecutan graviti.

Jika laju linear satelit menjadi kurang daripada laju linear satelit yang sepatutnya, satelit itu akan jatuh ke orbit yang lebih rendah, dan terus memusar mendekati Bumi sehingga memasuki atmosfera. Gerakan satelit dengan laju linear tinggi bertentangan dengan rintangan udara akan menjana haba dan boleh menyebabkan satelit itu terbakar.

Satelit Geopegun dan Bukan Geopegun

Rajah 3.36 menunjukkan dua jenis satelit yang mengorbit Bumi, iaitu satelit geopegun dan satelit bukan geopegun. Teliti ciri-ciri satelit tersebut.

Satelit geopegun

- Berada dalam suatu orbit khas yang dinamakan Orbit Bumi Geopegun
- Bergerak mengelilingi Bumi dalam arah yang sama dengan arah putaran Bumi pada paksinya
- Tempoh orbit $T = 24$ jam, iaitu sama dengan tempoh putaran Bumi.
- Sentiasa berada di atas kedudukan geografi yang sama di permukaan Bumi

Satelit geopegun



<https://www.nasa.gov/content/goes>

Satelit bukan geopegun



<https://go.nasa.gov/2W2xcIZ>



Satelit bukan geopegun

- Biasanya berada dalam orbit lebih rendah atau lebih tinggi daripada orbit Bumi geopegun
- Mempunyai tempoh orbit yang lebih pendek atau lebih panjang daripada 24 jam
- Berada di atas kedudukan geografi yang berubah-ubah di permukaan Bumi

Rajah 3.36 Satelit geopegun dan bukan geopegun



Tujuan: Mencari maklumat tentang satelit geopegun dan satelit bukan geopegun dari segi fungsi dan tempoh hayat

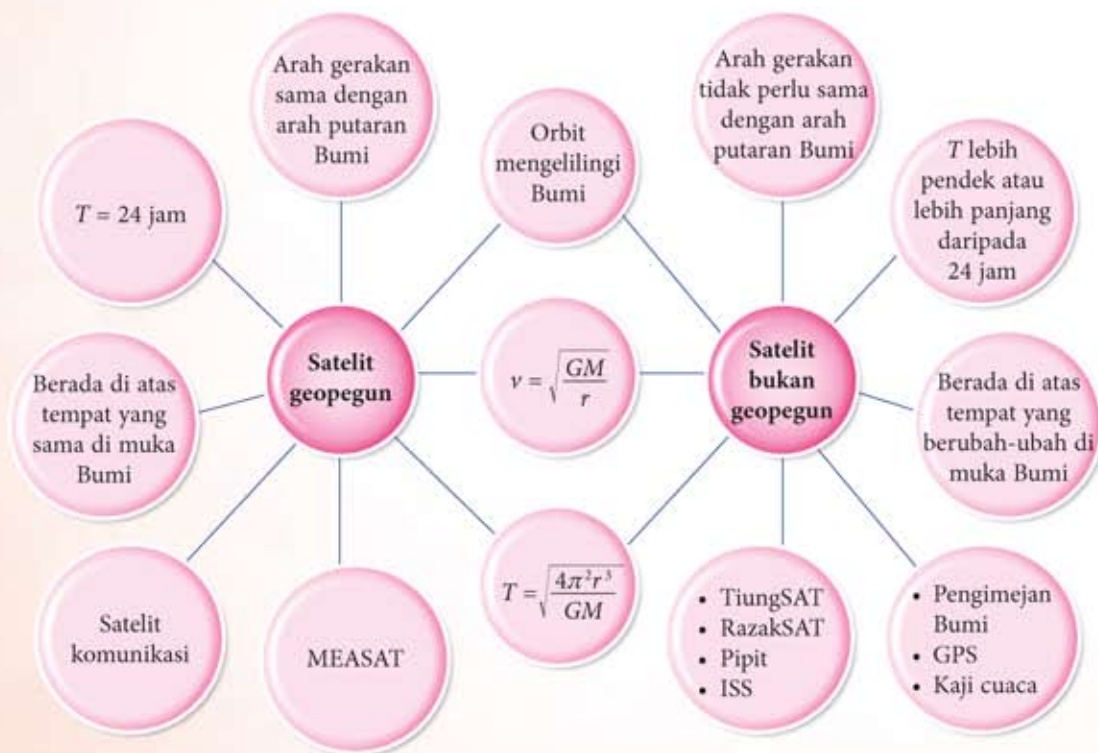
Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Layari laman sesawang untuk mencari maklumat mengenai fungsi dan tempoh hayat bagi satu contoh satelit geopegun dan satu contoh satelit bukan geopegun.
3. Bentangkan hasil pencarian anda dalam bentuk folio dan pamerkannya di Pusat Sumber sekolah anda.

Perbincangan:

1. Apakah kelebihan satelit bukan geopegun?
2. Mengapakah satelit komunikasi perlu berada dalam orbit geopegun?

Rajah 3.37 menunjukkan perbandingan antara satelit geopegun dengan satelit bukan geopegun serta contoh-contoh satelit.



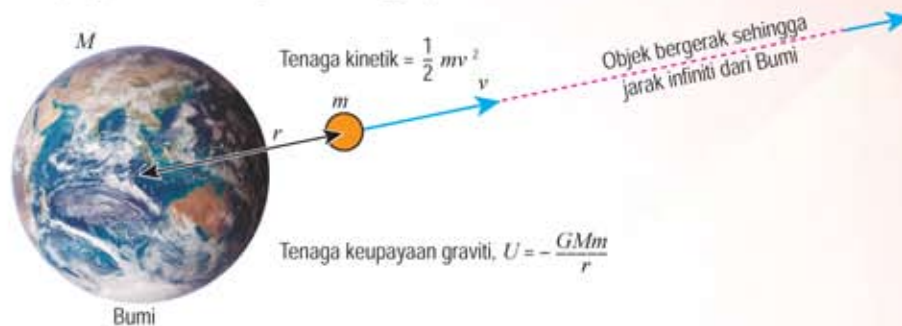
Rajah 3.37 Perbandingan satelit geopegun dan bukan geopegun

Halaju Lepas

Halaju lepas, v ialah halaju minimum yang diperlukan oleh objek di permukaan Bumi untuk mengatasi daya graviti dan terlepas ke angkasa lepas. Rumus halaju lepas boleh diterbitkan dengan cara yang ditunjukkan di bawah.

Katakan suatu objek berada pada jarak r dari pusat Bumi. Jisim objek ialah m dan jisim Bumi ialah M . Objek itu mempunyai tenaga keupayaan graviti, $U = -\frac{GMm}{r}$

Rajah 3.38 menunjukkan sebuah objek dilancar dengan halaju lepas, v . Objek itu boleh mengatasi daya graviti dan bergerak sehingga jarak infiniti dari Bumi.



Rajah 3.38 Objek dilancar dengan halaju lepas

Halaju lepas dicapai apabila tenaga kinetik minimum yang dibekalkan kepada objek itu dapat mengatasi tenaga keupayaan gravitinya. Oleh itu,

$$\text{Tenaga kinetik minimum} + \text{Tenaga keupayaan} = 0$$

$$\text{Iaitu, } \frac{1}{2}mv^2 + \left(-\frac{GMm}{r}\right) = 0$$

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

$$\text{Halaju lepas, } v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

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

$$\text{Jejari Bumi, } R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Halaju lepas dari Bumi, } v &= \sqrt{\frac{2GM}{R}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times (6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24})}{(6.37 \times 10^6)}} \\ &= 1.12 \times 10^4 \text{ m s}^{-1} \\ &= 11.2 \times 10^3 \text{ m s}^{-1} \\ &= 11.2 \text{ km s}^{-1} \end{aligned}$$

Halaju lepas, v bagi suatu objek bergantung kepada jisim Bumi, M dan jarak, r objek dari pusat Bumi. Halaju lepas tidak bergantung kepada jisim objek, m yang dilepaskan ke angkasa lepas.

3.3.3

Halaju lepas



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



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

Fail info

Bagi objek di permukaan Bumi, jaraknya dari pusat sama dengan jejari Bumi, R .

Halaju lepas bagi objek itu ialah

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Fail info

Oleh sebab Bumi mempunyai jisim yang besar, halaju lepas dari Bumi mempunyai nilai yang tinggi, $11\,200 \text{ m s}^{-1}$ atau $40\,300 \text{ km j}^{-1}$.

Manfaat dan Implikasi Halaju Lepas

Halaju lepas dari Bumi yang tinggi, iaitu $11\,200\text{ m s}^{-1}$ membawa manfaat dan implikasi kepada manusia. Antara manfaatnya ialah Bumi berupaya mengekalkan lapisan atmosfera di sekelilingnya. Molekul-molekul dalam atmosfera bergerak dengan laju linear purata 500 m s^{-1} , iaitu jauh lebih kecil daripada halaju lepas dari Bumi. Oleh yang demikian, molekul-molekul udara yang bergerak secara rawak tidak mungkin terlepas dari Bumi dan meresap ke angkasa lepas.



Rajah 3.39 Atmosfera Bumi

Halaju lepas dari Bumi yang tinggi juga membolehkan kapal terbang komersial atau jet pejuang terbang sehingga aras yang tinggi dalam atmosfera tanpa kemungkinan terlepas ke angkasa lepas. Laju linear kedua-duanya masih lebih rendah daripada halaju lepas dari Bumi. Kapal terbang komersial boleh terbang dengan laju linear 250 m s^{-1} manakala jet pejuang boleh mencapai laju linear supersonik sehingga $2\,200\text{ m s}^{-1}$.



Gambar foto 3.1 Kapal terbang komersial

Pelancaran roket memerlukan kuantiti bahan api yang besar. Pembakaran bahan api perlu menghasilkan kuasa rejang yang tinggi bagi membolehkan roket mencapai halaju lepas dari Bumi dan menghantar kapal angkasa ke angkasa lepas.



Gambar foto 3.2 Pelancaran roket

Menyelesaikan Masalah yang Melibatkan Halaju Lepas

Anda telah menghitung halaju lepas dari Bumi dengan rumus $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$. Sebenarnya, rumus ini boleh juga digunakan untuk menghitung halaju lepas dari jasad lain seperti Bulan, Marikh dan Matahari.



Aktiviti 3.13

Pemikiran Logik

KBMM

Tujuan: Membincangkan halaju lepas dari planet-planet

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Salin semula dan lengkapkan Jadual 3.4 dengan menghitung nilai halaju lepas.

Jadual 3.4

Planet	Jisim, M / kg	Jejari, R / m	Halaju lepas, $v / \text{m s}^{-1}$
Zuhrah	4.87×10^{24}	6.05×10^6	
Marikh	6.42×10^{23}	3.40×10^6	
Musytari	1.90×10^{27}	6.99×10^7	

Halaju lepas adalah berbeza antara setiap planet. Halaju lepas dari Marikh yang kecil menyebabkan atmosfera Marikh 100 kali kurang tumpat daripada Bumi. Musytari pula mempunyai halaju lepas yang begitu tinggi sehingga gas panas di permukaan tidak dapat terlepas ke angkasa lepas. Pengetahuan tentang halaju lepas adalah penting untuk menentukan bagaimana kapal angkasa dapat mendarat dan berlepas semula dengan selamat dari sebuah planet.

Imbas kembali

Ciri-ciri planet dalam Sistem Suria



Contoh 1

Bulan dan Matahari ialah dua jasad dalam Sistem Suria. Jadual 3.5 menunjukkan nilai jisim dan jejari bagi Bulan dan Matahari. Bandingkan

- (i) pecutan graviti di Bulan dan di Matahari, dan
 - (ii) halaju lepas dari Bulan dan dari Matahari
- berdasarkan data yang diberikan dalam Jadual 3.5.

Jadual 3.5

Jasad	Jisim, M / kg	Jejari, R / m
Bulan	7.35×10^{22}	1.74×10^6
Matahari	1.99×10^{30}	6.96×10^8

Penyelesaian:

- (i) Pecutan graviti dihitung dengan rumus $g = \frac{GM}{R^2}$

Bulan

$$g = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (7.35 \times 10^{22})}{(1.74 \times 10^6)^2}$$

$$= 1.62 \text{ m s}^{-2}$$

Matahari

$$g = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (1.99 \times 10^{30})}{(6.96 \times 10^8)^2}$$

$$= 274.0 \text{ m s}^{-2}$$

- (ii) Halaju lepas dihitung dengan rumus $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

Bulan

$$v = \sqrt{\frac{2 \times (6.67 \times 10^{-11}) \times (7.35 \times 10^{22})}{1.74 \times 10^6}}$$

$$= 2.37 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

Matahari

$$v = \sqrt{\frac{2 \times (6.67 \times 10^{-11}) \times (1.99 \times 10^{30})}{(6.96 \times 10^8)}}$$

$$= 6.18 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

- Bulan mempunyai pecutan graviti dan halaju lepas yang kecil kerana jisim Bulan adalah lebih kecil daripada Matahari.
- Matahari merupakan jasad yang terbesar dalam Sistem Suria. Pecutan graviti di Matahari dan halaju lepas dari Matahari mempunyai nilai yang tertinggi berbanding dengan Bulan serta planet-planet lain.

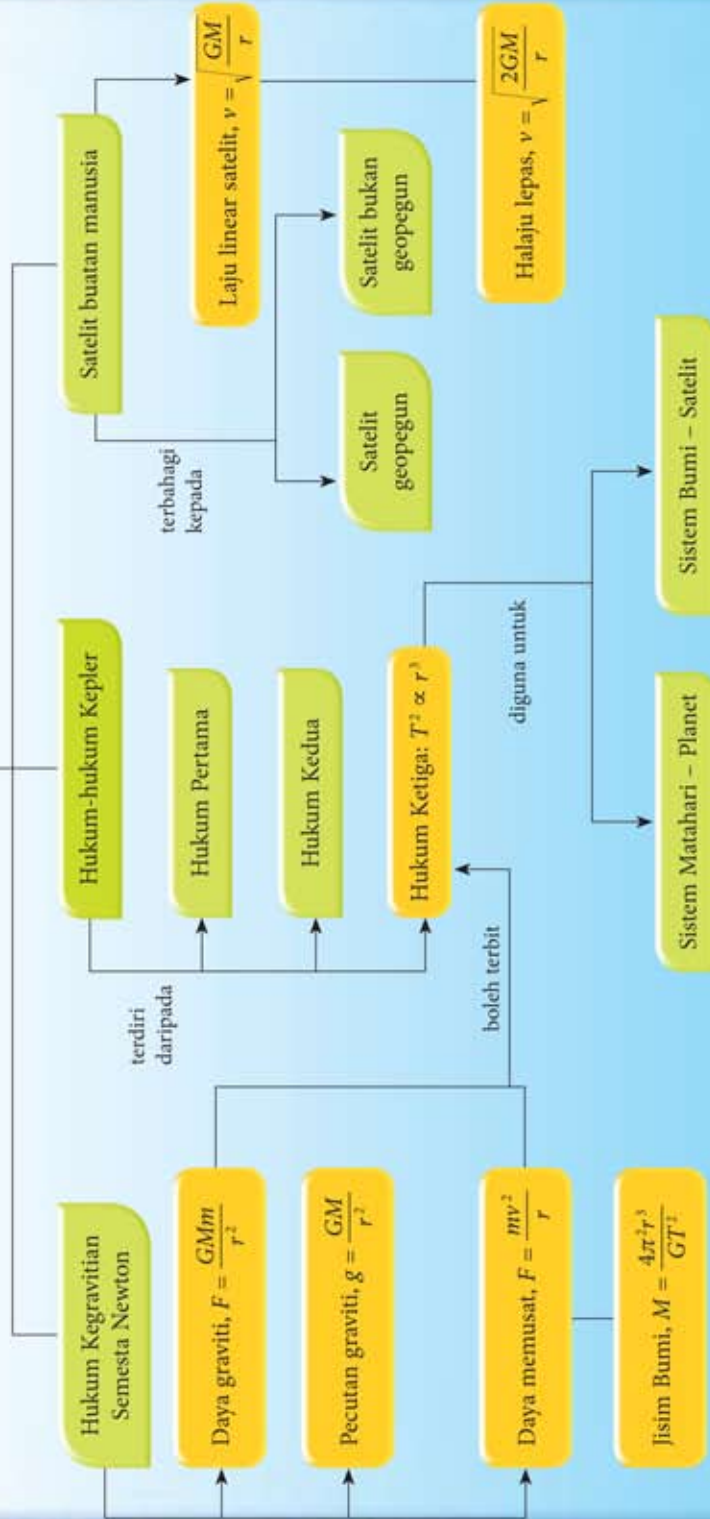
Latihan Formatif**3.3**

1. Banding dan bezakan satelit geopegun dan satelit bukan geopegun.
2. Apakah faktor yang menentukan laju linear satelit-satelit yang mengorbit Bumi?
3. Nyatakan dua faktor yang mempengaruhi nilai halaju lepas dari sebuah planet.
4. Bincangkan sama ada sebuah kapal angkasa X berjisim 1 500 kg dan kapal angkasa Y berjisim 2 000 kg memerlukan halaju lepas yang berbeza untuk terlepas daripada graviti Bumi.
5. Satelit pemerhati Bumi, Proba-1 mengorbit Bumi pada ketinggian 700 km. Berapakah laju linear satelit itu? 🍌

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

Rantian Konsep

Kegravitian



KUIZ Interaktif



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

REFLEKSI KENDIRI

1. Perkara baharu yang saya pelajari dalam bab kegravitian ialah _____.
2. Perkara paling menarik yang saya pelajari dalam bab kegravitian ialah _____.
3. Perkara yang saya masih kurang fahami atau kuasai ialah _____.
4. Prestasi saya dalam bab ini.
Kurang baik 😞 1 2 3 4 5 😊 Sangat baik
5. Saya perlu _____ untuk meningkatkan prestasi saya dalam bab ini.

Muat turun dan cetak
Refleksi Kendiri Bab 3

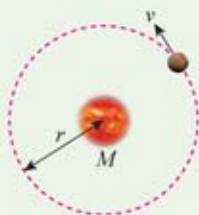


<http://bit.ly/2Frpumf>



Penilaian Prestasi

1. Rajah 1 menunjukkan planet Marikh yang mengorbit Matahari secara membulat dengan tempoh peredaran, T .

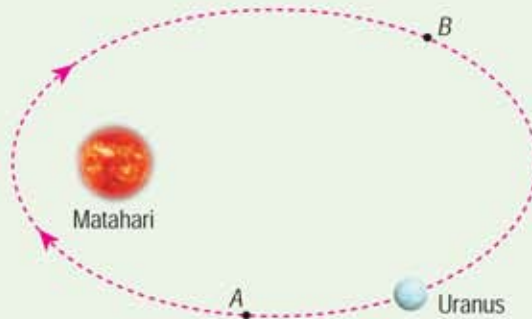


m = jisim Marikh
 M = jisim Matahari
 r = jejari orbit Marikh
 v = laju linear Marikh

Rajah 1

- (a) Bagi planet Marikh, tuliskan rumus bagi:
 - (i) daya graviti dalam sebutan m , M dan r ,
 - (ii) daya memusat dalam sebutan m , v dan r , serta
 - (iii) laju linear dalam sebutan r dan T .
- (b) Terbitkan satu ungkapan bagi jisim Matahari dalam sebutan r dan T dengan menggunakan tiga rumus dalam (a).
- (c) Jejari orbit Marikh ialah $r = 2.28 \times 10^{11}$ m dan tempoh peredarannya ialah $T = 687$ hari. Hitungkan jisim Matahari.

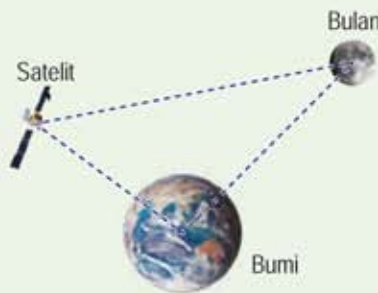
2. Sebuah satelit mengorbit Bumi dengan jejari, r dan tempoh, T .
- Tuliskan laju linear satelit itu dalam sebutan r dan T .
 - Gunakan rumus-rumus lain yang sesuai untuk menerbitkan rumus bagi laju linear satelit itu dalam sebutan r dan M . M ialah jisim Bumi. 🧠
 - Mengapakah laju linear satelit yang mengorbit Bumi tidak bergantung pada jisim satelit itu?
3. Rajah 2 menunjukkan orbit planet Uranus.



Rajah 2

Huraikan perubahan laju linear planet Uranus apabila Uranus bergerak dari titik A ke titik B.

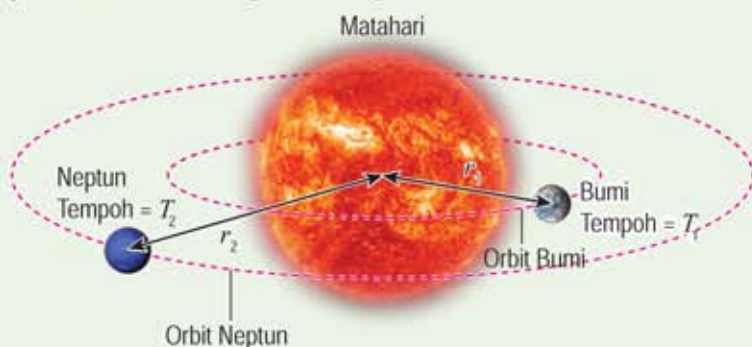
4. Rajah 3 menunjukkan Bumi, Bulan dan sebuah satelit.



Rajah 3

- Pasangan jasad yang manakah mengalami daya graviti yang paling kecil? Beri sebab untuk jawapan anda.
 - Hitungkan daya graviti antara Bumi dengan satelit itu.
[Jisim Bumi = 5.97×10^{24} kg, jisim satelit = 1.2×10^3 kg, jarak di antara pusat Bumi dengan pusat satelit = 7.87×10^6 m] 🧠
5. (a) Apakah faktor-faktor yang menentukan nilai pecutan graviti di suatu kedudukan?
- (b) Sebuah satelit berada pada jarak 4.20×10^7 m dari pusat Bumi. Berapakah nilai pecutan graviti di kedudukan ini? 🧠
[Jisim Bumi = 5.97×10^{24} kg]

6. Rajah 4 menunjukkan Bumi dan planet Neptun.



Rajah 4

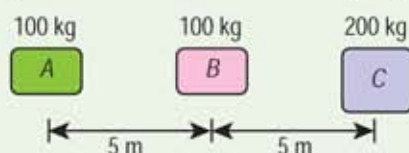
- (a) Tuliskan hubungan antara tempoh orbit dengan jejari orbit bagi Bumi dan Neptun.
- (b) Tempoh orbit Bumi ialah 365 hari dan jejari orbit Bumi ialah 1.50×10^{11} m. Hitungkan jejari orbit Neptun jika tempoh orbitnya ialah 5.98×10^4 hari. 🍌
7. Bumi mengorbit Matahari dengan jejari orbit 1.50×10^{11} m dan tempoh peredaran 1 tahun. Planet Zuhal membuat orbit dengan jejari orbit 1.43×10^{12} m. Berapakah tempoh orbit Zuhal? 🍌
8. Sebuah kapal angkasa mengorbit Bumi pada ketinggian 1 600 km. Hitungkan halaju lepas untuk kapal angkasa ini. 🍌
[$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$, jisim Bumi = 5.97×10^{24} kg, jejari Bumi = 6.37×10^6 m]
9. Rajah 5 menunjukkan planet Zuhal mempunyai gelang-gelang di sekelilingnya yang terdiri daripada zarah-zarah kecil. Planet Zuhal mempunyai jisim 5.68×10^{26} kg dan jejari 6.03×10^7 m.



Rajah 5

- (a) Hitungkan halaju lepas dari planet Zuhal. 🍌
- (b) Bincangkan kemungkinan zarah-zarah kecil dalam gelang-gelang planet Zuhal terlepas ke angkasa. 🍌

10. Rajah 6 menunjukkan tiga jasad A, B dan C. Diberi daya graviti antara A dengan B ialah P .



Rajah 6

Nyatakan dalam sebutan P , daya graviti antara

- B dengan C, dan
- A dengan C.

11. Jadual 1 menunjukkan maklumat mengenai tiga jenis orbit X, Y dan Z bagi satelit yang mengorbit Bumi.

Jadual 1

Orbit	Bentuk orbit	Ketinggian orbit / m	Tempoh orbit / jam
X	Elips	6.70×10^3	1.41
Y	Bulat	3.59×10^7	24.04
Z	Bulat	5.43×10^7	41.33

Sebuah agensi angkasa ingin melancarkan dua buah satelit P dan Q ke dalam orbit mengelilingi Bumi. Satelit P ialah satelit pengimejan Bumi yang boleh mengambil gambar pelbagai kedudukan di permukaan Bumi manakala satelit Q ialah satelit komunikasi televisyen.

Dengan menggunakan maklumat dalam Jadual 1, tentukan orbit yang manakah sesuai untuk satelit P dan satelit Q. Beri penjelasan untuk pilihan anda.

12. Andaikan diri anda sebagai seorang saintis. Kumpulan anda telah menemui satu sistem jasad yang baharu. Sistem ini terdiri daripada sebuah bintang di pusat dan lima buah planet dalam orbit membulat mengelilingi bintang tersebut. Jadual 2 menunjukkan maklumat sistem jasad itu.

Jadual 2

Jasad	Jisim / kg	Jejari jasad / m	Jejari orbit / m
Bintang	5.90×10^{29}	6.96×10^8	–
Planet A	2.80×10^{22}	1.07×10^6	2.86×10^{10}
Planet B	6.30×10^{23}	2.30×10^6	9.85×10^{10}
Planet C	7.40×10^{22}	3.41×10^6	1.15×10^{11}
Planet D	4.60×10^{25}	1.32×10^7	5.32×10^{11}
Planet E	1.90×10^{21}	2.42×10^5	2.13×10^{12}

- (a) Hitungkan nilai pecutan graviti, halaju lepas dan tempoh orbit bagi tiap-tiap planet. 🌸
- (b) Bagaimanakah nilai pecutan graviti, halaju lepas dan tempoh orbit mempengaruhi kesesuaian suatu planet yang baharu untuk didiami manusia? 🌸
- (c) Seterusnya, pilih planet yang paling sesuai didiami manusia. Beri sebab bagi pilihan anda. 🌸



Sudut Pengayaan

13. Andaikan manusia telah berjaya mendiami planet Marikh. Anda bersama sekumpulan saintis dikehendaki mereka bentuk satu sistem orbit bagi satelit-satelit buatan yang akan mengorbit Marikh. Satelit-satelit buatan tersebut terdiri daripada satelit kaji cuaca, satelit pemetaan permukaan planet dan satelit komunikasi. Jadual 3 menunjukkan maklumat mengenai planet Marikh.

Jadual 3

Jisim / kg	6.42×10^{23}
Jejari planet / m	3.40×10^6
Tempoh putaran / jam	24.6

Berdasarkan maklumat dalam Jadual 3, cadangkan ciri-ciri orbit satelit dari segi ketinggian orbit, tempoh orbit, laju linear satelit, tapak pelancaran serta faktor-faktor lain yang sesuai. 🌸

Tema 3

Haba

Haba berkait rapat dengan kehidupan manusia. Topik dalam tema ini membincangkan konsep dan hukum yang berkaitan dengan tenaga haba. Kita akan mengkaji aspek perubahan fasa jirim, terutamanya perubahan sifat gas. Tiga Hukum Gas, iaitu Hukum Boyle, Hukum Charles dan Hukum Gay-Lussac turut akan diperkenalkan.

