



# TEMA: MEKANIK NEWTON

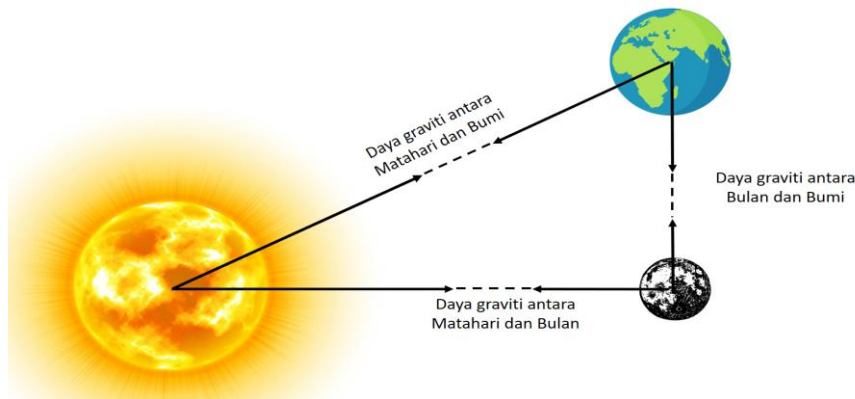
## BAB 3: KEGRAVITIAN

	Standard Kandungan	Standard Pembelajaran
3.1	Hukum Kegravitian Semesta Newton	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terangkan Hukum Kegravitian Semesta Newton.</li> <li>1. Menyelesaikan masalah yang melibatkan Hukum Kegravitian Semesta Newton untuk:               <ol style="list-style-type: none"> <li>i. dua jasad pegun pada Bumi</li> <li>ii. jasad di permukaan bumi</li> <li>iii. Bumi dan satelit</li> <li>iv. Bumi dan Matahari</li> </ol> </li> <li>2. Menghubungkan pecutan graviti, <math>g</math> di permukaan bumi dengan pemalar kegravitian semesta, <math>G</math></li> <li>3. Mewajarkan kepentingan mengetahui nilai-nilai pecutan graviti planet-planet di dalam Sistem Suria.</li> <li>4. Memeriksa daya memusat dalam gerakan satelit dan planet.</li> <li>5. Menentukan jisim Bumi dan Matahari menggunakan Hukum Kegravitian Semesta Newton dan daya memusat.</li> </ol>
3.2	Hukum Kepler	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan Hukum Kepler I, II dan III.</li> <li>2. Merumuskan Hukum Kepler Ketiga.</li> <li>3. Menyelesaikan masalah menggunakan Hukum Kepler Ketiga.</li> </ol>
3.3	Satelit Buatan Manusia	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menerangkan bagaimana orbit satelit dikekalkan pada ketinggian tertentu dengan menggunakan halaju satelit yang sesuai.</li> <li>2. Berkomunikasi untuk menerangkan satelit geopegun dan bukan geopegun.</li> <li>3. Mengkonsepsikan halaju lepas.</li> <li>4. Menyelesaikan masalah yang melibatkan halaju lepas, <math>v</math>, bagi roket dari permukaan Bumi, Bulan, Marikh dan Matahari.</li> </ol>

### 3.1 Hukum Kegravitian Semesta Newton

Daya graviti sebagai daya semesta;

- bertindak di antara mana-mana dua jasad di alam semesta
- kedua-dua jasad mengalami daya graviti dengan magnitud yang sama



Daya graviti berkadar terus dengan hasil darab dua jisim jasad.

$$F \propto m_1 m_2$$

Daya graviti berkadar songsang dengan kuasa dua jarak di antara pusat dua jasad tersebut.

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

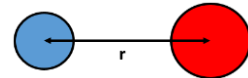
#### Hukum Kegravitian Semesta Newton:

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.

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$

- F = daya graviti antara dua jasad
- m<sub>1</sub> = jisim jasad pertama
- m<sub>2</sub> = jisim jasad kedua
- r = jarak antara pusat jasad pertama dan kedua

G = pemalar graviti  
(6.67 x 10<sup>-11</sup> N m<sup>2</sup> kg<sup>-2</sup>)



#### Latihan

1. Diberi jisim bola boling adalah 10 kg dan jisim Bumi adalah 5.97 x 10<sup>24</sup> kg. Jarak antara pusat Bumi dan bola adalah 6.37 x 10<sup>6</sup>m. Kira daya graviti antara bola dan Bumi.

2. Diberi jisim Bumi adalah 5.97 x 10<sup>24</sup> kg. Jarak antara pusat kereta dan pusat Bumi adalah 6.37 x 10<sup>6</sup>m. Jika daya graviti antara kereta dan Bumi ialah 7000 N, kira jisim kereta.

3. Diberi jisim planet A ialah 6 x 10<sup>15</sup> kg dan jisim planet B ialah 3.5 x 10<sup>20</sup> kg. Jika daya graviti antara dua planet ialah 5500 N, kira jarak antara pusat kedua planet itu.

Jisim vs daya graviti	Jarak vs daya graviti
<p>Lebih besar jisim jasad, lebih besar daya graviti.</p>	<p>Lebih jauh jarak antara jasad, lebih kecil daya graviti.</p>

Apabila jisim objek pertama ialah  $m_1$ , jisim objek kedua ialah  $m_2$  dan jarak antara dua jasad ialah  $r$ , daya graviti ialah  $F$ . Dengan merujuk kepada  $F$ , nyatakan daya apabila;

a. jisim jasad pertama menjadi dua kali ganda.	b. jisim jasad kedua menjadi disetengahkan.	c. jarak menjadi tiga kali ganda.	d. jarak ialah suku dari jarak asal.
--	---	-----------------------------------	--------------------------------------

Hubungkait $g$ dan $G$	Hubungkait $g$ dan $r$
<p>Di atas permukaan planet, daya graviti bersamaan dengan berat objek.</p> $F = mg$ $F = \frac{GMm}{r^2}$ $F = F$ $mg = \frac{GMm}{r^2}$ $g = \frac{GM}{r^2}$	<p><math>R =</math> jejari Bumi</p> <p>Apabila <math>r &lt; R</math>, <math>g</math> adalah berkadar terus dengan <math>r</math>. Apabila <math>r \geq R</math>, <math>g</math> adalah berkadar songsang dengan <math>r^2</math>.</p>

$r < R$	$r = R$	$r \geq R$
$g \propto r$	$g = \frac{GM}{r^2}$	$g \propto \frac{1}{r^2}$

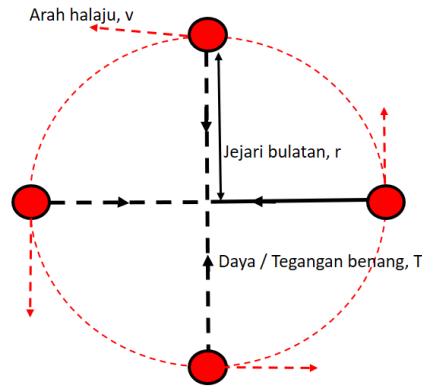
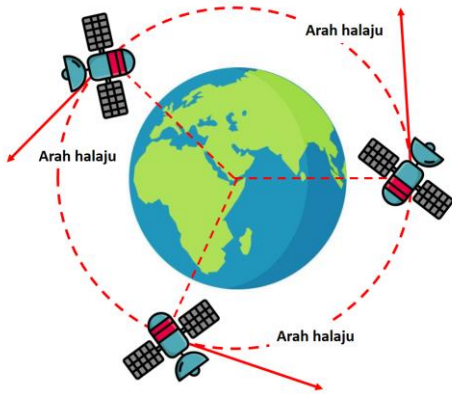
Mendapatkan formula untuk mengira pecutan graviti pada jarak berbeza relative kepada permukaan Bumi.

Bawah permukaan	Atas permukaan	Pada suatu ketinggian
$g = \frac{GM}{(R - h)^2}$	$g = \frac{GM}{R^2}$	$g = \frac{GM}{(R + h)^2}$

Latihan	
<p>1. Jisim Planet M ialah <math>3.17 \times 10^{27}</math>kg dan jejari planet adalah <math>4.37 \times 10^7</math> m. Jika terdapat jasad yang mempunyai jisim 5 kg di permukaan Planet M, kira;</p> <p>a. pecutan graviti b. berat objek</p> <p>(<math>G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}</math>)</p>	
<p>2. Sebuah satelit mengorbit bumi pada ketinggian 500 km dari permukaan. Kira pecutan graviti pada kedudukan satelit.</p> <p>(<math>G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}</math>, <math>M = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}</math>, <math>R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}</math>)</p>	
<p>3. Buktikan bahawa pecutan graviti di permukaan bulan adalah <math>\frac{1}{6}</math> dari pecutan graviti di permukaan bumi.</p> <p>(<math>G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}</math>, jisim bulan = <math>7.35 \times 10^{22} \text{ kg}</math>, jejari bulan = <math>1.74 \times 10^6 \text{ m}</math>)</p>	

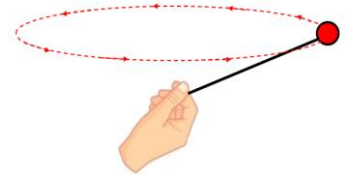
Daya Memusat dalam Sistem Gerakan Satelit dan Planet

- Dalam ketiadaan daya, jasad akan bergerak dalam satu garis lurus dan halaju yang seragam.
- Daya 0 N → jasad bergerak dalam arah yang sama.
- Dalam suatu orbit, jasad sentiasa mengubah arahnya.
- Terdapat daya yang bertindak ke atas jasad pada arah pusat bulatan (orbit) → daya memusat.

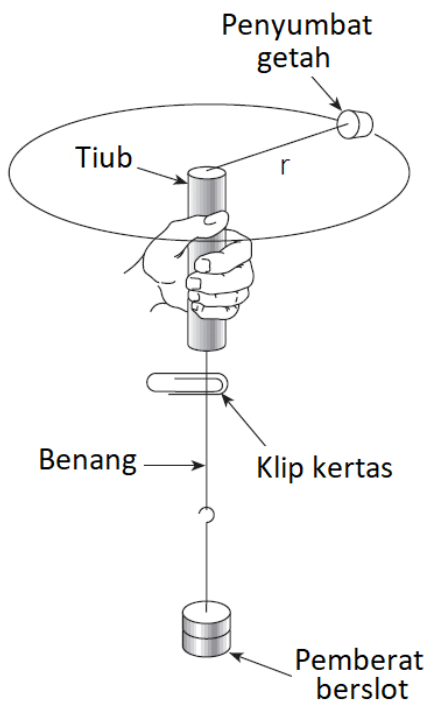


$$F = \frac{mv^2}{r}$$

- F = daya memusat
- m = jisim
- v = laju linear
- r = jejari bulatan



Kit Daya Memusat



Latihan

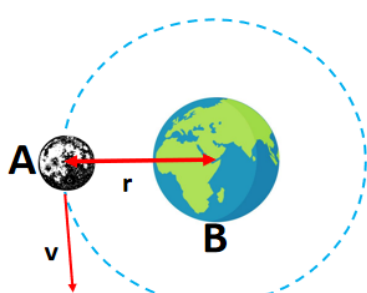
4. Dalam satu eksperimen menggunakan kit daya memusat, penyumbat getah diputar dalam satu bulatan dengan kelajuan  $3\text{ms}^{-1}$ . Jejari bulatan ialah  $0.8\text{m}$  apabila jisim penyumbat getah ialah  $0.178\text{kg}$ . Berapakah jisim pemberat berslot?
5. Ali memusingkan seketul batu berjisim  $130\text{g}$  dengan tali sepanjang  $1.5\text{m}$ . Jika laju batu ialah  $3\text{ms}^{-1}$ , berapakah ketegangan tali?

- F = ketegangan tali (pemberat)
- m = jisim penyumbat getah
- v = laju linear penyumbat getah
- r = jejari bulatan

Satelit Mengorbit Bumi	
	<p>Trajektori ①: Apabila laju linear rendah</p> <p>Trajektori ②: Apabila laju linear cukup tinggi, jasad akan mengelilingi Bumi dan tidak akan kembali ke Bumi.</p>
	<p>Pecutan memusat dari daya memusat</p>
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <math display="block">F = \frac{mv^2}{r}</math> <math display="block">F = ma</math> <math display="block">F = m \left( \frac{v^2}{r} \right)</math> <math display="block">a = \frac{v^2}{r}</math> </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">a = \frac{v^2}{r}</math> </div> <div style="font-size: small;"> <p>a = pecutan memusat</p> <p>v = laju linear</p> <p>r = jejari orbit</p> </div> </div>

Latihan	
<p>1. Seorang atlet melontar tukul besi dengan jisim 7.2 kg. Kelajuan bola besi adalah <math>20 \text{ ms}^{-1}</math>. Kira panjang tali jika daya memusat yang bertindak pada tukul besi ialah 1600 N.</p>	<p>2. Sebuah satelit mengorbit Bumi pada ketinggian 480 km. Jika pecutan memusat satelit adalah <math>8.48 \text{ ms}^{-2}</math>, Apakah laju linear satelit? (<math>R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}</math>)</p>

**Jisim Bumi dan Matahari**



$v = \frac{d}{t}$   
 $d = vt$   
 $d = 2\pi r$   
 $vt = 2\pi r$   
 $v = \frac{2\pi r}{t}$

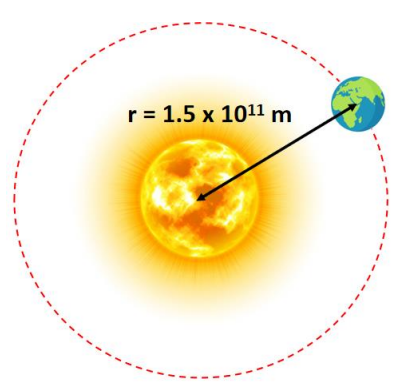
$F = \frac{GMm}{r^2}$   
 $F = \frac{mv^2}{r}$   
 $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$   
 $\frac{GM}{r} = v^2$   
 $\frac{GM}{r} = \left(\frac{2\pi r}{t}\right)^2$   
 $\frac{GM}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{t^2}$   
 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{Gt^2}$   
 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$

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

M = jisim B (jasad di tengah)  
 r = jejari orbit  
 G = pemalar graviti  
 (6.67 x 10<sup>-11</sup> N m<sup>2</sup> kg<sup>-2</sup>)  
 T = tempoh peredaran  
 (Masa yang diambil oleh A untuk mengorbit B)

**Latihan**

1. Rajah menunjukkan Bumi mengorbit Matahari. Bumi mengambil masa lebih kurang 365.25 hari untuk mengorbit Matahari sepenuhnya. Hitung jisim Matahari

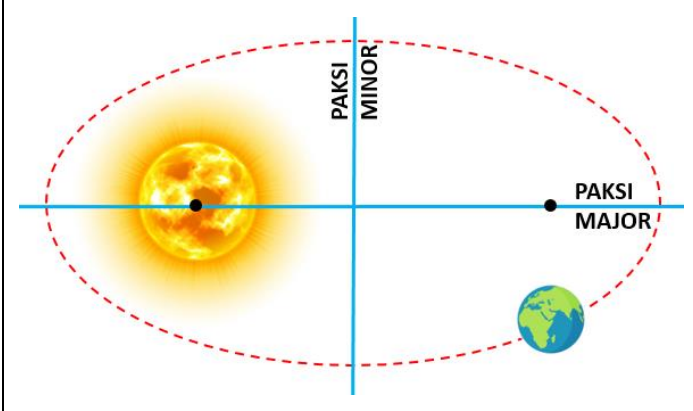


2. Bumi mengambil 365.25 hari untuk mengorbit Matahari sepenuhnya. Jejari orbit ialah 1.5 x 10<sup>11</sup>m. Berapakah laju Bumi mengelilingi Matahari?

### 3.2 Hukum Kepler

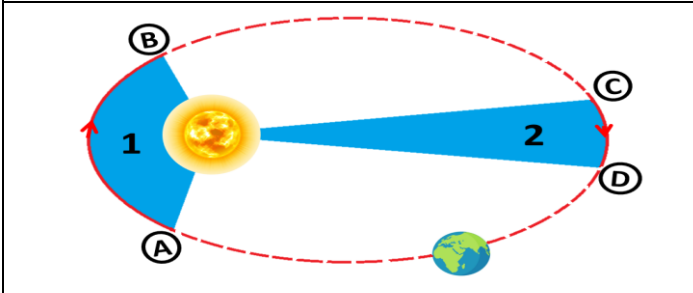
①	②	③
Hukum orbit	Hukum Luas	Hukum Tempoh

Hukum Kepler Pertama: Orbit bagi setiap planet adalah elips dengan Matahari berada di satu daripada fokusnya.



- Orbit berbentuk elips
- Elips mempunyai dua fokus
- Matahari sentiasa di salah satu fokus
- Paksi major adalah lebih panjang daripada paksi minor tetapi biasanya hampir sama untuk Sistem Suria
- Jejari orbit: Nilai purata jarak antara planet dan 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.



- Luas kawasan 1 = luas kawasan 2
- Masa yang diambil dari A ke B = C ke D
- AB meliputi lebih jarak berbanding CD dalam jangka masa yang sama, AB adalah lebih cepat daripada CD

Hukum Kepler Ketiga: Kuasa dua tempoh orbit planet adalah berkadar terus dengan kuasa tiga jejari orbitnya.

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

$$T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM}$$

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

$$T^2 = kr^3$$

$T^2 \propto r^3$

$$T^2 = kr^3$$

$$\frac{T^2}{r^3} = k$$

Disebabkan k ialah pemalar;

$$k_1 = k_2$$

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

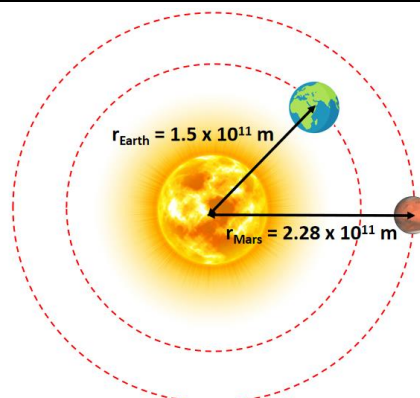
atau

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

$k = \frac{4\pi^2}{GM}$

- Jika digunakan untuk planet dan Matahari, M ialah jisim Matahari
- Jika digunakan untuk satelit dan bumi, M ialah jisim Bumi

Latihan



Jika tempoh orbit Bumi adalah 1 tahun, berapa lama masa yang diambil untuk Marikh untuk mengorbit Matahari?

### 3.3 Satelit Buatan Manusia

$$F = \frac{m v^2}{r} \qquad F = \frac{G M m}{r^2}$$

$$\frac{m v^2}{r} = \frac{G M m}{r^2}$$

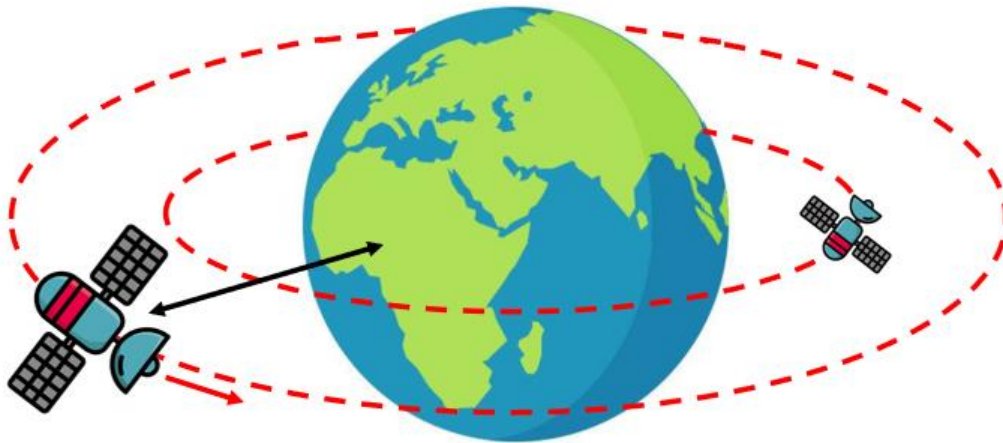
$$v^2 = \frac{G M}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{G M}{r}}$$

- Jika laju linear satelit, v adalah kurang daripada laju yang sepatutnya, satelit akan jatuh ke orbit yang lebih rendah
- Satelit akan memusar ke arah Bumi sehingga ia memasuki atmosfera
- Pergerakan laju satelit bertentangan dengan rintangan udara akan menghasilkan haba, menyebabkan satelit terbakar

Latihan

Stesen Angkasa Antarabangsa (ISS) ialah 408 km dari permukaan bumi. Berapakah kelajuannya? ( $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ,  $M = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$ ,  $R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$ )



Satelit geopegun

Satelit bukan geopegun

Orbit mengelilingi Bumi

$$v = \sqrt{\frac{G M}{r}}$$

$$T = \sqrt{\frac{4 \pi^2 r^3}{G M}}$$

Arah pergerakan yang sama dengan arah putaran Bumi

Arah gerakan tidak perlu sama dengan arah putaran Bumi

T = 24 jam

T lebih panjang atau lebih pendek dari 24 jam

Di atas tempat yang sama di muka Bumi

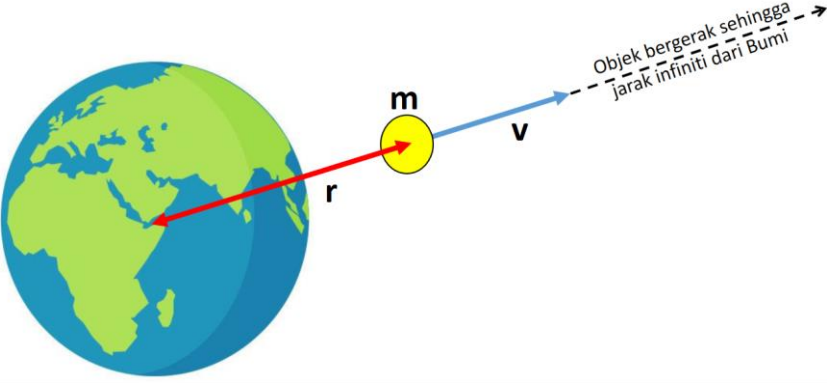
Di atas tempat yang berubah-ubah di muka Bumi

Fungsi: satelit komunikasi

Fungsi: pengimejan Bumi, GPS, kaji cuaca

Contoh: MEASAT

Contoh: TiungSAT, RazakSAT, Pipit, ISS

Halaju Lepas	
Halaju lepas:	Halaju minimum yang diperlukan oleh objek di permukaan Bumi untuk mengatasi daya graviti dan terlepas ke angkasa lepas
Halaju lepas dari Bumi:	11200 ms <sup>-1</sup>
	<p>Halaju lepas dicapai apabila tenaga kinetik minimum yang dibekalkan kepada objek itu dapat mengatasi tenaga keupayaan graviti.</p> $K_E = \frac{1}{2}mv^2 \quad U = -\frac{GMm}{r}$ $\frac{1}{2}mv^2 + \left(-\frac{GMm}{r}\right) = 0$ $v^2 = \frac{2GM}{r}$ $v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$

Manfaat dan Implikasi Halaju Lepas
1. Bumi mampu mengekalkan lapisan atmosfera sekelilingnya <ul style="list-style-type: none"> <li>• molekul dalam atmosfera mempunyai laju linear rendah (500ms<sup>-1</sup>) daripada halaju lepas Bumi</li> <li>• tidak dapat terlepas ke angkasa lepas</li> </ul>
2. Kapal terbang dan jet tidak akan terlepas ke angkasa lepas <ul style="list-style-type: none"> <li>• kedua-duanya mempunyai laju linear yang lebih rendah daripada halaju lepas Bumi</li> </ul>
3. Pelancaran roket ke angkasa lepas <ul style="list-style-type: none"> <li>• menggunakan banyak bahan api untuk menghasilkan kuasa rejang yang tinggi</li> <li>• menghasilkan laju yang lebih besar daripada halaju lepas Bumi</li> </ul>

Latihan		
Berdasarkan maklumat yang diberi, kirakan halaju lepas daripada Bumi, Matahari dan Bulan.		
	R (m)	M (kg)
Bumi	6.4 x 10 <sup>6</sup>	6.0 x 10 <sup>24</sup>
Matahari	7.0 x 10 <sup>8</sup>	2.0 x 10 <sup>30</sup>
Bulan	1.7 x 10 <sup>6</sup>	7.4 x 10 <sup>22</sup>

## Senarai formula dan pemalar

Daya tarikan antara dua jasad

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

Pecutan graviti di atas permukaan planet

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

Daya memusat

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

Pecutan memusat

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

Laju jasad di dalam orbit

$$v = \frac{2\pi r}{t}$$

Jisim Bumi atau Matahari

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

Pemalar graviti,  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

Pecutan graviti permukaan Bumi,  $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$

Hukum Kepler Ketiga

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

Laju orbit satelit

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

Tenaga keupayaan graviti

$$U = -\frac{GMm}{r}$$

Tenaga kinetik

$$K_E = \frac{1}{2}mv^2$$

Halaju lepas

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