

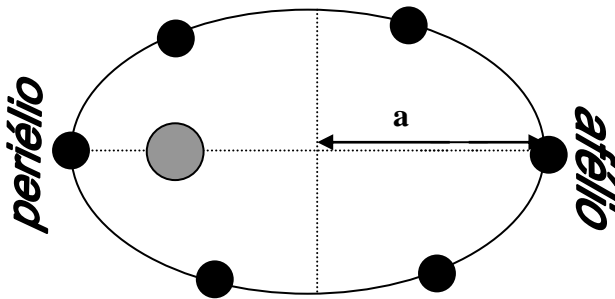
## Unidade IX: Gravitação Universal

**9.1 Introdução:** Até o século XV, o homem concebia o Universo como um conjunto de esferas de cristal, com a Terra no centro. Essa concepção do Universo, denominada Geocentrismo, dominou toda a Antiguidade e Idade Média. Foi derrubada por pensadores como Nicolau Copérnico (1473 - 1543) e Galileu Galilei (1564 - 1642), que mostraram que nosso planeta gira em torno do Sol.

**9.2- Leis de Kepler:** As leis de Kepler descrevem o movimento dos planetas ao redor do Sol.

### Primeira lei de Kepler

**Em seu movimento em torno do Sol, os planetas descrevem órbitas elípticas, sendo um dos focos ocupado pelo Sol.**



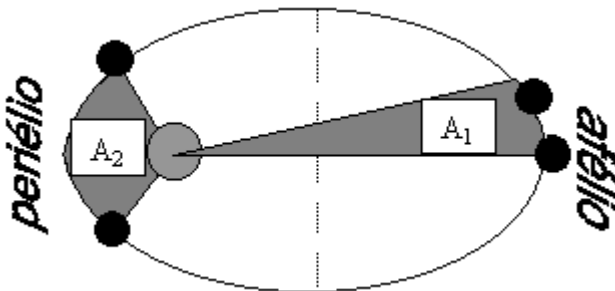
$a$  = Raio médio da órbita

**Periélio** = ponto mais próximo do Sol.

**Afélio** = ponto mais afastado do Sol.

### Segunda lei de Kepler

**O raio-vetor - linha imaginária que une o Sol ao planeta, varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais.**



O raio-vetor varre a mesma área no mesmo intervalo de tempo, porque nos pontos mais próximos do Sol o planeta se move mais rapidamente e, nos pontos mais afastados, mais lentamente. A velocidade dos planetas é **máxima** no periélio e **mínima** no afélio.

Obs. A razão entre a área varrida pelo raio-vetor e o tempo, é denominada de velocidade areolar. Cada planeta tem sua velocidade areolar bem definida. Esta velocidade areolar é constante para um determinado planeta, ou satélite. Observe também que do periélio para o afélio o planeta terá um movimento retardado e do afélio para o periélio o movimento é acelerado.

### Terceira lei de Kepler

**O quadrado do período de qualquer planeta é proporcional ao cubo de sua distância média ao Sol.**

Matematicamente temos:  $T^2 = k \cdot a^3$  onde:  $\begin{cases} T \text{ é o período do planeta} \\ a \text{ é a distância média ao Sol} \\ k \text{ é uma constante.} \end{cases}$

**Curiosidade: O valor de k para o sistema solar é  $k = 3 \cdot 10^{-19} \text{ s}^2/\text{m}^3$**

A tabela a seguir mostra os valores das distâncias médias ao Sol de cada um dos planetas do sistema solar e os seus respectivos períodos. A unidade de medida das distâncias é a distância média da Terra ao Sol ( $1,49 \cdot 10^8 \text{ km}$ ), chamada **unidade astronômica** (u.a.). A unidade de medida dos períodos é o **ano terrestre**.

PLANETA	DISTÂNCIA MÉDIA AO SOL (u.a.)	Período (ano terrestre)
Mercúrio	0,387	0,241
Vênus	0,713	0,615
Terra	1	1
Marte	1,524	1,881
Júpiter	5,203	11,86
Saturno	9,540	29,46
Urano	19,18	84,01
Netuno	30,07	164,8
Plutão (Não é mais planeta)	39,44	248,4

**Exemplo 1: Dois satélites de um planeta têm respectivamente períodos de revolução de 32 dias e de 256 dias. Se o raio da órbita do primeiro vale uma unidade, quantas unidades vale o raio da órbita do segundo?**

R: 4 unidades

**Exemplo 2: Determine o período, em anos terrestres, de um planeta hipotético que gire em torno do Sol a uma distância 8 vezes maior que a da Terra.**

R: 22,6 anos

**9.3 - Lei da gravitação universal**

A lei da gravitação, estabelecida por Newton, tem o seguinte enunciado:

**Entre dois pontos materiais de massas  $m_1$  e  $m_2$ , separados pela distância  $r$ , existe uma força de atração  $F$ , proporcional às massas  $m_1$  e  $m_2$  e inversamente proporcional ao quadrado da distância  $r$ .**

Matematicamente, a lei da gravitação universal pode ser escrita da seguinte forma:

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

onde a constante  $G$  é denominada **constante universal da gravitação** e vale, em unidades do SI:

$$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$$

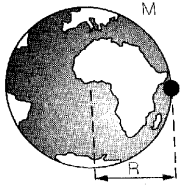
**Exemplo 1:** Calcule a força de atração gravitacional entre duas pessoas de 70 kg e 80 kg de massa, separadas pela distância de 2m. Considere  $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$  a constante de gravitação universal.

R:  $9,4 \cdot 10^{-8} \text{ N}$

**Exemplo 2:** O que acontece com a força de atração gravitacional entre dois corpos quando a distância entre eles é dobrada?

### 9.4 - Aceleração da gravidade

A partir da lei da gravitação de Newton, podemos determinar a aceleração da gravidade a uma distância  $R$  do centro da Terra.

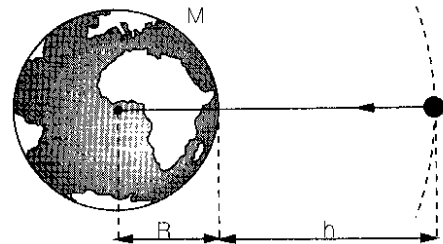


**Demonstração:**

**Observação:** Devido ao movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo, a aceleração da gravidade sofre um pequeno desvio em relação ao valor calculado pela lei de Newton. Esse desvio não existe nos pólos e cresce à medida que nos aproximamos do equador. No Equador, onde o desvio é máximo, a diferença entre o valor dado pela lei de Newton e o valor real é da ordem de 0,5%.

Em pontos externos ao planeta teremos:

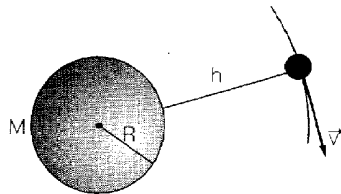
$$g_{ext} = \frac{GM}{(R+h)^2}$$



### 9.5 - Velocidade de um satélite para se manter em órbita

A velocidade de um satélite situado a uma altura  $h$  da superfície de um planeta de massa  $M$  e raio  $R$  é dada por:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$



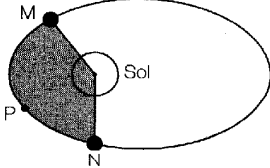
**Demonstração:**

#### EXERCÍCIOS GERAIS:

- O módulo da força de atração gravitacional entre duas pequenas esferas de massa  $m$  iguais, cujos centros estão separados por uma distância  $d$ , é  $F$ . Substituindo-se uma das esferas por outra de massa  $2m$  e reduzindo-se a distância entre os centros das esferas para  $d/2$ , resulta uma força gravitacional de módulo:
  - $F$
  - $2F$
  - $4F$
  - $8F$
  - $16F$
- Qual é, aproximadamente, o valor do módulo da aceleração de um satélite em órbita circular em torno da Terra, a uma altitude igual a 5 vezes o raio terrestre?
  - $25 \text{ m/s}^2$
  - $9,8 \text{ m/s}^2$
  - $5 \text{ m/s}^2$
  - $2 \text{ m/s}^2$
  - $0,3 \text{ m/s}^2$
- (Fuvest-SP) Considere um satélite artificial em órbita circular.. Duplicando a massa do

satélite sem alterar o seu período de revolução, o raio da órbita será:

- duplicado
  - quadruplicado
  - reduzido à metade
  - reduzido à Quarta parte
  - o mesmo
- (UFPA) Dois satélites, 1 e 2, de um mesmo planeta têm períodos que satisfazem à relação  $T_2 = 2T_1$ . Então, a razão  $R_1/R_2$  entre os raios das órbitas desses satélites seria:
    - $1/2$
    - $\sqrt[3]{1/4}$
    - $1/2\sqrt{2}$
    - $2\sqrt{2}$
    - 4
  - (UFRN) Se a massa da Terra não se alterasse, mas o seu raio fosse reduzido à metade, o nosso peso seria:
    - reduzido à Quarta parte;
    - reduzido à metade;
    - o mesmo;
    - dobrado;
    - quadruplicado.

- 6) Adotando o Sol como referencial, aponte a alternativa que condiz com a 1ª Lei de Kepler da Gravitação Universal (Lei das Órbitas):
- As órbitas planetárias são curvas quaisquer, desde que fechadas.
  - As órbitas planetárias são espiraladas.
  - As órbitas planetárias não podem ser circulares.
  - As órbitas planetárias são elípticas, com o Sol ocupando o centro da elipse.
  - As órbitas planetárias são elípticas, com o Sol ocupando um dos focos da elipse.
- 7) A 2ª Lei de Kepler (Lei das Áreas) permite concluir que um planeta possui:
- maior velocidade quando se encontra mais longe do Sol;
  - maior velocidade quando se encontra mais perto do Sol;
  - menor velocidade quando se encontra mais perto do Sol;
  - velocidade constante em toda sua trajetória;
  - velocidade areolar variável.
- 8) Assinale a alternativa que está em desacordo com as Leis de Kepler da Gravitação Universal:
- O quociente do cubo do raio médio da órbita pelo quadrado do período de revolução é constante para qualquer planeta de um dado sistema solar.
  - Quadruplicando-se o raio médio da órbita de um satélite em torno da Terra, seu período de revolução fica oito vezes maior.
  - Quanto mais próximo de uma estrela (menor raio médio de órbita) gravita um planeta, menor é o seu período de revolução.
  - Satélites diferentes gravitando em torno da Terra, na mesma órbita, têm períodos de revolução iguais.
  - Devido à sua maior distância do Sol (maior raio médio de órbita), o ano de Plutão tem duração menor que o da Terra.
- 9) Com relação às leis de Kepler, podemos afirmar que:
- não se aplica ao estudo da gravitação da Lua em torno da Terra;
  - só se aplicam ao nosso Sistema Solar;
  - aplicam-se a gravitação de quaisquer corpos em torno de uma grande massa central.
  - Contrariam a Mecânica de Newton;
  - Não prevêem a possibilidade da existência de órbitas circulares.
- 10) (Odonto - Diamantina) As leis de Kepler definem o movimento da Terra em torno do Sol. Na figura, a área hachurada é igual a um quarto da área total da elipse. Assim, o tempo gasto pela Terra para percorrer o trajeto MPN é, aproximadamente, em meses, igual a:
- 9
  - 6
  - 4
  - 3
  - 1
- 
- 11) (Odonto - Diamantina) A velocidade orbital de um satélite que gira em torno da Terra depende, apenas, das seguintes grandezas:
- massas do satélite e da Terra;
  - massa do satélite e raio da órbita;
  - massa da Terra e raio da órbita;
  - massa do Sol e raio da órbita;
  - raio da órbita.
- 12) (Med. ABC) Assinale a afirmação falsa:
- Existe força de atração gravitacional entre dois corpos somente quando grandes massas interagem.
  - A velocidade de um planeta é maior quando ele se encontra mais próximo do Sol.
  - A órbita de um planeta, em torno do Sol, é uma elipse, e o Sol está situado num dos focos da elipse.
  - A força centrípeta, que mantém um planeta em sua órbita, é devida à atração do Sol sobre esse planeta.
  - Os períodos de revolução dos planetas, em torno do Sol, são diferentes uns dos outros.
- 13) Um menino pesa 400N na superfície da Terra, onde se adota  $g = 10\text{m/s}^2$ . Se o menino fosse transportado até uma altura igual ao raio da Terra, sua massa e seu peso seriam, respectivamente:
- 40 kg e 100 N
  - 40 kg e 200 N
  - 40 kg e 400 N
  - 20 kg e 200 N
  - 10 kg e 100 N
- 14) Um satélite artificial terrestre, cuja massa é de 200 kg, descreve uma trajetória perfeitamente circular com velocidade constante, em módulo. A aceleração centrípeta sobre o satélite é de  $8\text{ m/s}^2$ . Qual é, em N, o módulo da força de atração gravitacional da Terra sobre o satélite?

- a) 12 800
- b) 1 960
- c) 1 600
- d) 0,04
- e) 0

- 15) A razão entre os diâmetros dos planetas Marte e Terra é  $1/2$  e entre as respectivas massas é  $1/10$ . Sendo de 160N o peso de um garoto na Terra, pode-se concluir que seu peso em Marte será de: (Despreze a aceleração centrípeta que age sobre o garoto.)
- a) 160 N
  - b) 80 N
  - c) 60 N
  - d) 32 N
  - e) 64 N

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
A										
B				x			x			
C									x	
D	x									x
E		x	x		x	x		x		

	11	12	13	14	15
A		x	x		
B					
C	x			x	
D					
E					x



## Aula de Física

Aula particular de Física pela internet, individual ou em grupo.

☎ (21) 98469-9906 - [Whatsapp](https://www.whatsapp.com)

Programas Skype ou [TeamViwer](https://www.teamviewer.com)

Veja como funciona em

[www.fisicafacil.net](http://www.fisicafacil.net)