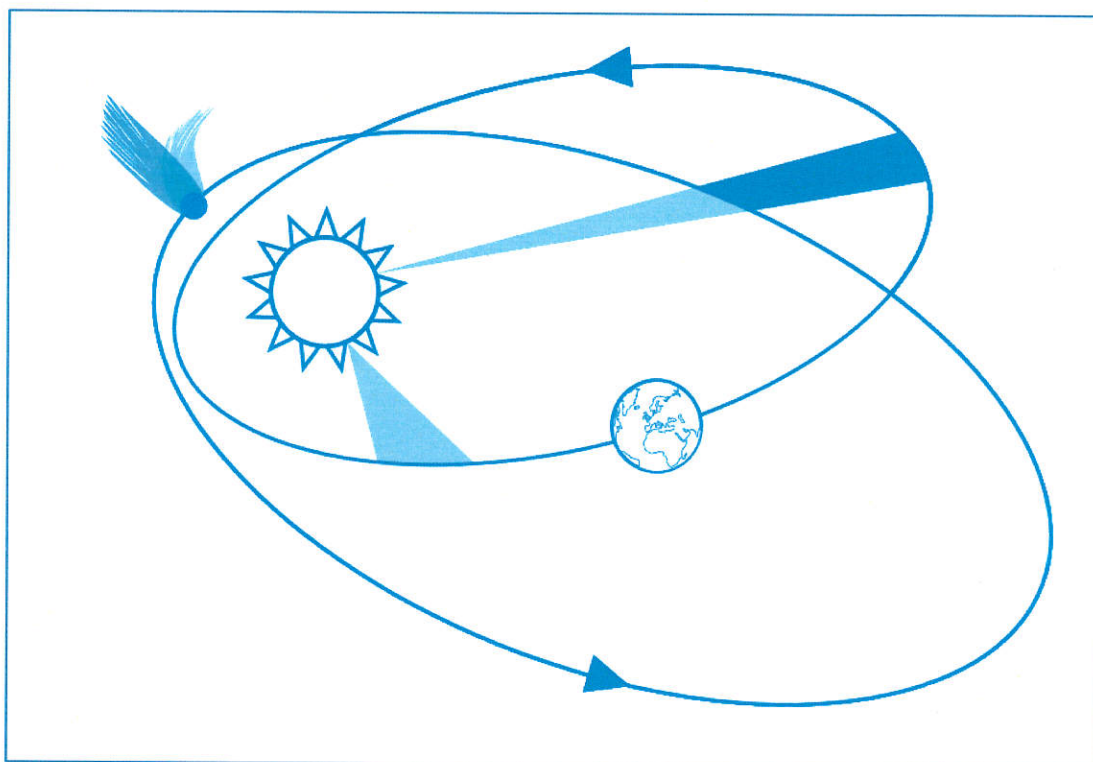


## LEIS de KEPLER na Sala de aula

---



Adaptação da atividade da ESA - MARBLE-OUS ELLIPSES - Speed and time of orbiting bodies

2.ª Conferência

**Professores Espaciais**

**ESERO Portugal**

Nível aconselhado	Duração	Resultados da aprendizagem
Ensino secundário	60 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Os alunos devem ser capazes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Saber que as órbitas que os planetas descrevem no seu movimento de translação são elípticas.</li> <li>- Construir um gráfico de velocidade x tempo e interpretá-lo tendo em conta os conceitos de aceleração</li> <li>- Compreender a variação da força da gravidade em função da distância a um planeta ou uma estrela.</li> <li>- Relacionar a variação da velocidade e aceleração com a força gravítica quando um planeta ou satélite descreve uma órbita elíptica</li> </ul> </li> </ul>

## Algumas considerações iniciais

No início dos anos 1600, o astrónomo Johannes Kepler revolucionou a nossa visão do sistema solar e da natureza das órbitas. Após análise minuciosa dos dados obtidos pela observação dos movimentos de Marte no céu noturno e observações feitas por outros astrónomos, Kepler concluiu que as órbitas dos planetas deviam ser elípticas e não circulares. Com mais estudos e cálculos, Kepler foi capaz de enunciar três leis que se aplicam a todos os objetos com movimentos orbitais.

### Leis de Kepler

Primeira lei de Kepler:

- Um planeta que orbite em torno o Sol segue uma trajetória elíptica com o Sol em um dos focos

Segunda lei de Kepler:

- O raio que une um planeta e o Sol descreve áreas iguais em intervalos de tempo iguais.

Terceira lei de Kepler

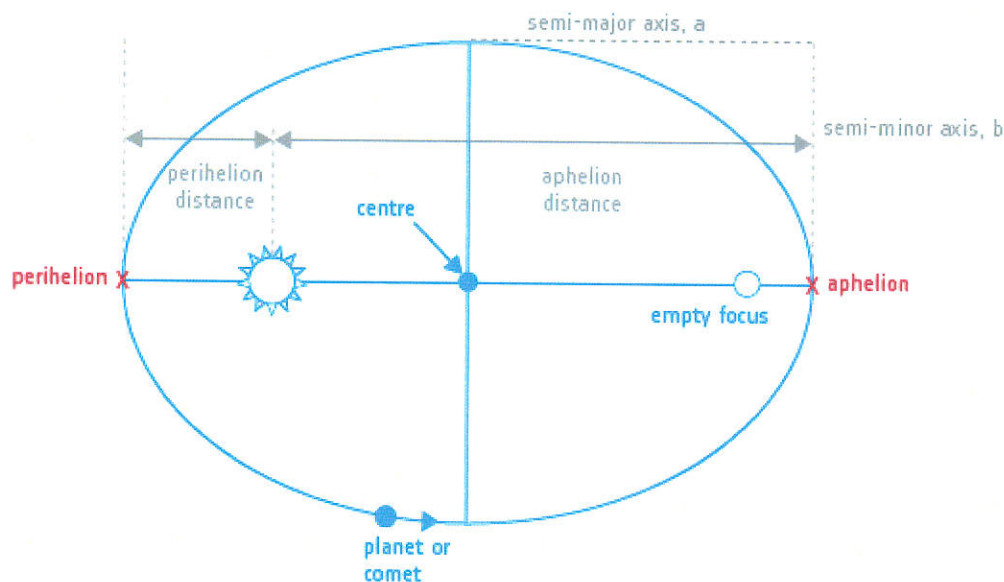
- O quadrado do período de revolução de qualquer planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo do semi-eixo maior da órbita.

## Propriedades de órbitas elípticas

A fim de efetivamente analisar as propriedades de um objeto em órbita, e aplicar as leis de Kepler de uma forma significativa, precisamos definir alguns termos-chave:

### - Eixos

Uma elipse é uma curva num plano que envolve dois focos. A soma da distância a partir de qualquer ponto da elipse para os dois focos é constante. O eixo principal é o diâmetro maior de uma elipse que passa pelos focos e pelo centro. O eixo menor é a linha que divide ao meio o eixo principal. Os eixos e o ponto onde se encontra o planeta considerado na elipse desempenham papéis importantes na análise da velocidade e energia desse planeta. Também utilizamos os termos semi-eixo maior e o semi-eixo menor. No caso de um círculo, estes eixos são iguais, e é chamado raio do círculo.

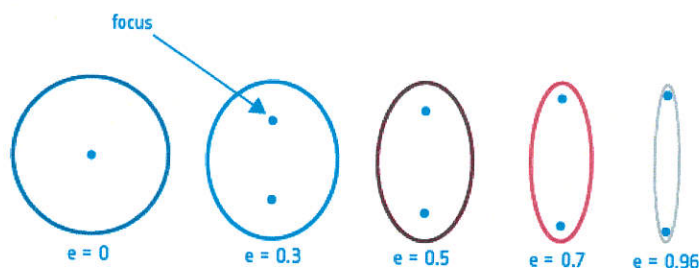


O ponto mais próximo do Sol é conhecido como periélio. O ponto mais distante do Sol é conhecido como afélio.

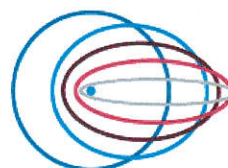
Para considerarmos a velocidade com que um astro percorre a sua órbita temos que considerar as variações de energia cinética e potencial gravítica. No ponto onde terá energia cinética máxima a sua energia potencial gravitacional é mínima, e onde terá o mínimo de energia cinética, a energia potencial gravitacional terá o valor máximo.

## Excentricidade

Excentricidade é, em Geometria, a distância do centro da elipse em relação a um foco e designa-se por «e».



Um círculo é uma elipse especial onde os dois focos se sobrepõem, criando um único foco. Círculos perfeitos têm uma excentricidade de 0.



À medida que a elipse se torna mais excêntrica, o valor de 'e' aumenta. O intervalo para excentricidade elíptica é:  $0 < e < 1$ .

## Questão Problema

**Como varia a velocidade de um objeto que descreve uma órbita elíptica?**

(Os alunos devem saber previamente os conceitos de velocidade, força gravítica, energia potencial gravítica, energia cinética)

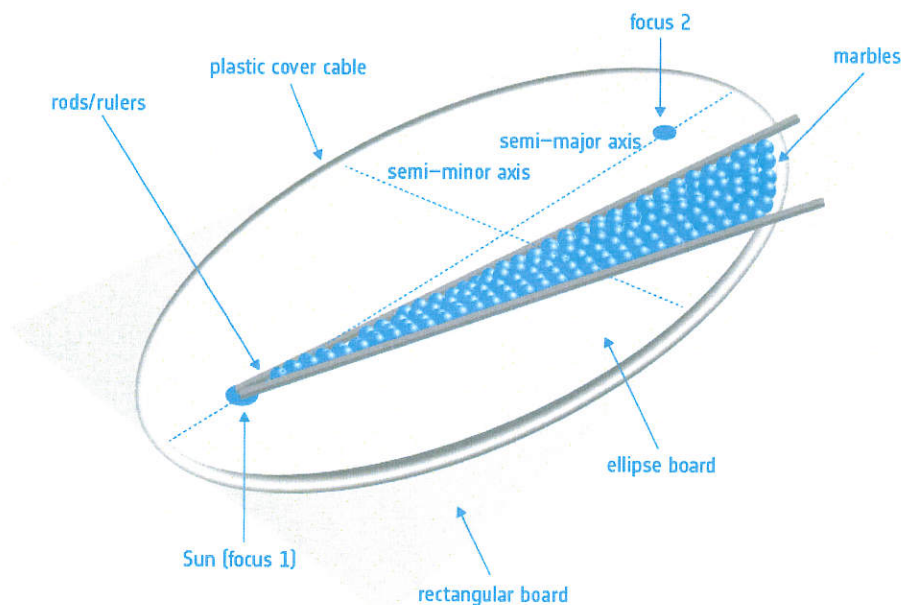
Os alunos deverão procurar informação sobre elipses, excentricidade, e procurar relacionar como variam a energia potencial gravítica, e a energia cinética. Deverão também procurar informação sobre as leis de Kepler.

Após os alunos terem dado resposta à questão problema em grupo e registar as suas observações poderá propor-se aos alunos a seguinte experiência:

### Materiais

- Folha A3 com uma elipse desenhada ladeada com corda.
- Berlindes
- Corda
- Marcador
- 2 Réguas





1 - Como indica a figura deverá colocar uma das régua entre o foco 1 e o afélio. Colocar sobre a mesa uma determinada quantidade de berlindes e com a ajuda de uma segunda régua, tal como indica a figura, cobrir a área entre as das régua de berlindes. Marque o ponto da segunda régua.

2 - Com a ajuda da corda registre o comprimento da linha que une o ponto afélio ao ponto marcado junto da segunda régua e registre o valor na tabela para o efeito.

3 - Coloque a primeira régua na posição em que se encontrava a segunda, junte os berlindes entre as régua de novo e marque outro ponto que sinalize a posição da segunda régua. De novo meça a linha que une o ponto marcado anteriormente e o marcado na segunda posição da régua.

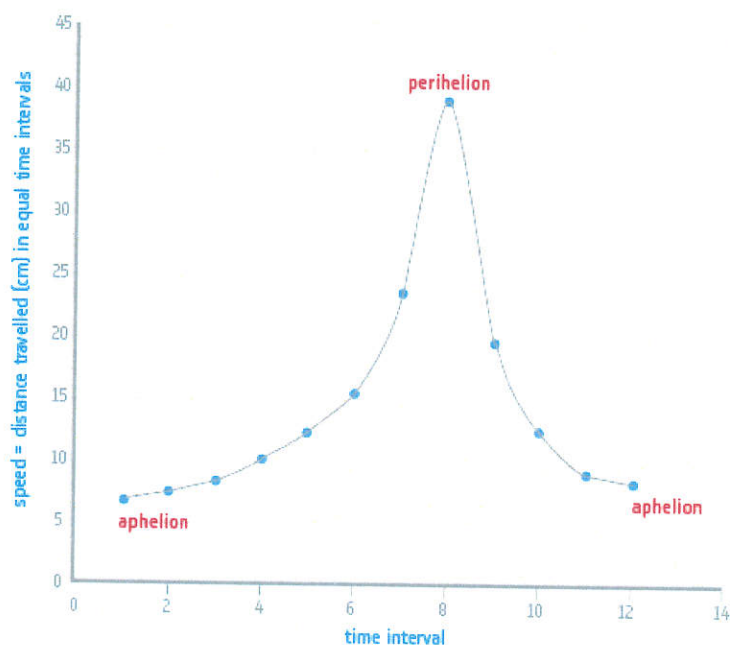
4 - Repita a experiencia várias vezes até que dê uma volta completa à elipse.

5 - Registe numa tabela todos os valores obtidos. Considere que cada área coberta representa um intervalo de tempo (número de área medida - a primeira área é intervalo de 1, a segunda área é intervalo de 2, etc.). Como as áreas são sempre iguais de acordo com as leis de Kepler os intervalos de tempo são também iguais.

Os valores medidos com a corda dá-nos a variação da velocidade (distância percorrida em intervalos de tempos iguais).

6 - Fazer o gráfico com os valore obtidos como se mostra no exemplo seguinte:

area number	distance
time interval	speed
1	6.7
2	7.5
3	8.4
4	10.1
5	12.2
6	15.5
7	23.6
8	39.2
9	19.8
10	12.5
11	9.2
12	8.4



A curva/linha no gráfico dependerá da excentricidade da elipse - uma elipse mais excêntrica vai dar um pico abrupto, enquanto uma elipse menos excêntrica (mais ou menos circular) vai dar um pico menos definido.

### Análise de resultados

A partir do gráfico os alunos em grupo deverão responder à questão problema e comparar com as soluções já encontradas anteriormente.

O professor poderá colocar outras questões como por exemplo;

Como varia a aceleração ao longo da órbita elíptica? A força de atração do Sol?

E se os valores do exemplo dado fossem de um cometa?

O que é que o declive da linha em qualquer ponto nos diz?

Onde se verifica a aceleração máxima? E a aceleração mínima?

Que mais informações podemos retirar do gráfico?

O gráfico mostra a distância percorrida pelo cometa. É fácil ver que como o cometa se aproxima do periélio, a distância percorrida pelo cometa por seção tempo, aumenta devido à sua velocidade crescente, correspondendo a uma maior área. Da mesma forma,

Os alunos deverão registar as suas conclusões quer seja sobre a forma de apresentação, vídeo e outros.

[illegible]