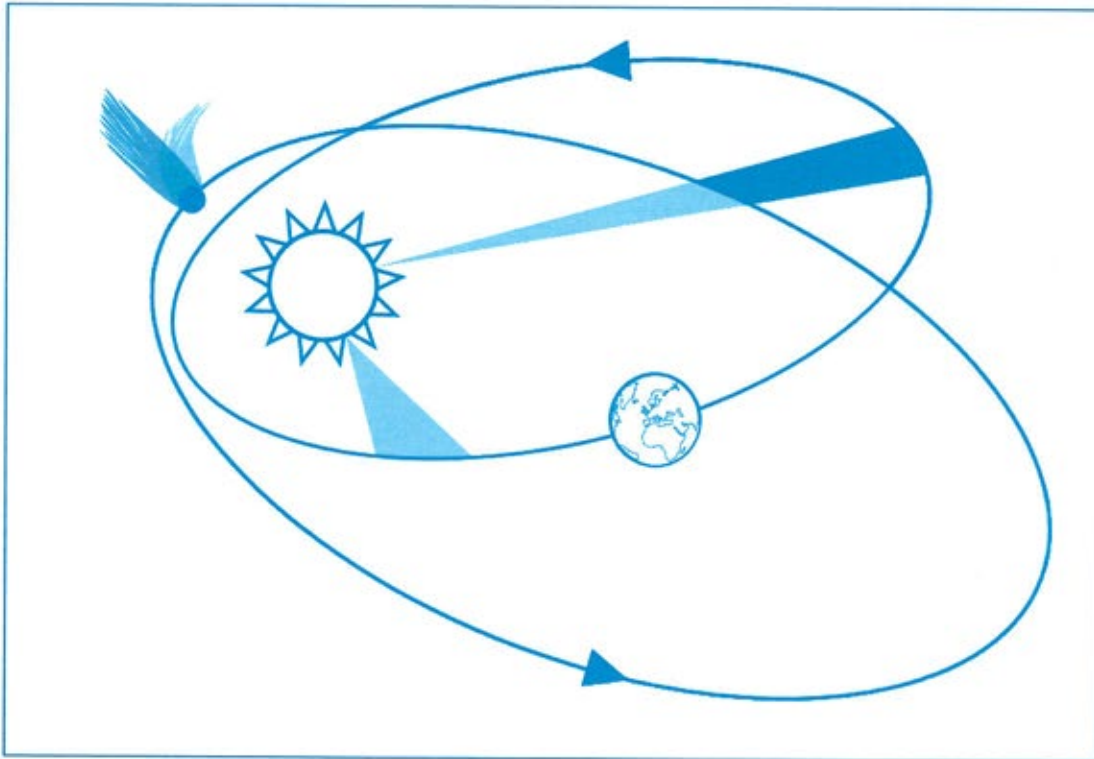


LEIS de KEPLER na Sala de aula



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

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

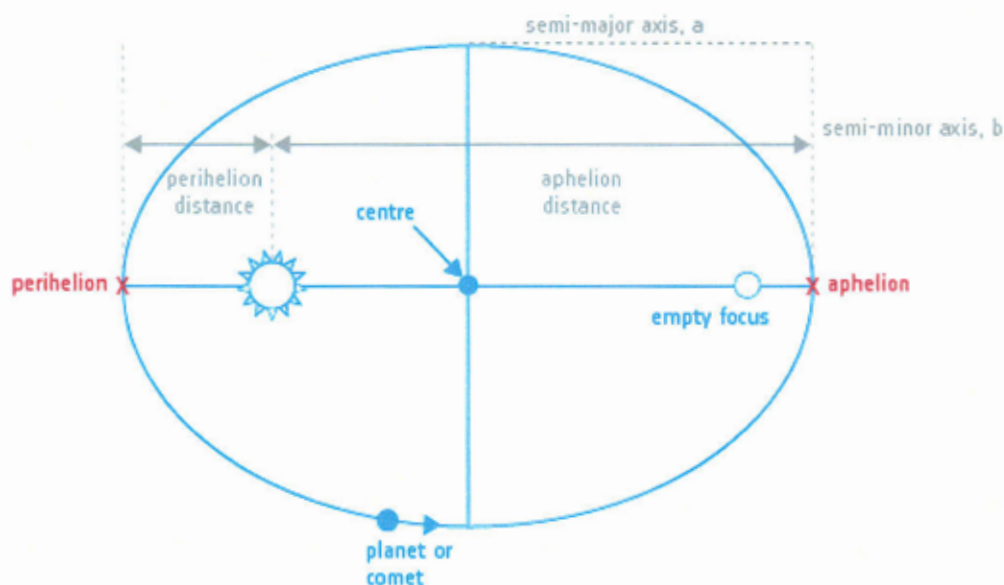
- O quadrado do período de revolução de qualquer planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo do semi-eixo maior da órbita.

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.

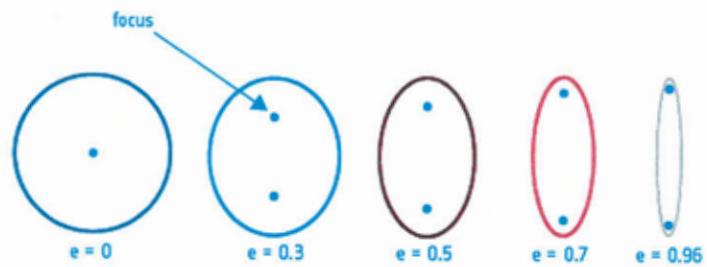


O ponto mais próximo do Sol é conhecido como periélio. O ponto mais distante do Sol é conhecido como afélio.

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?

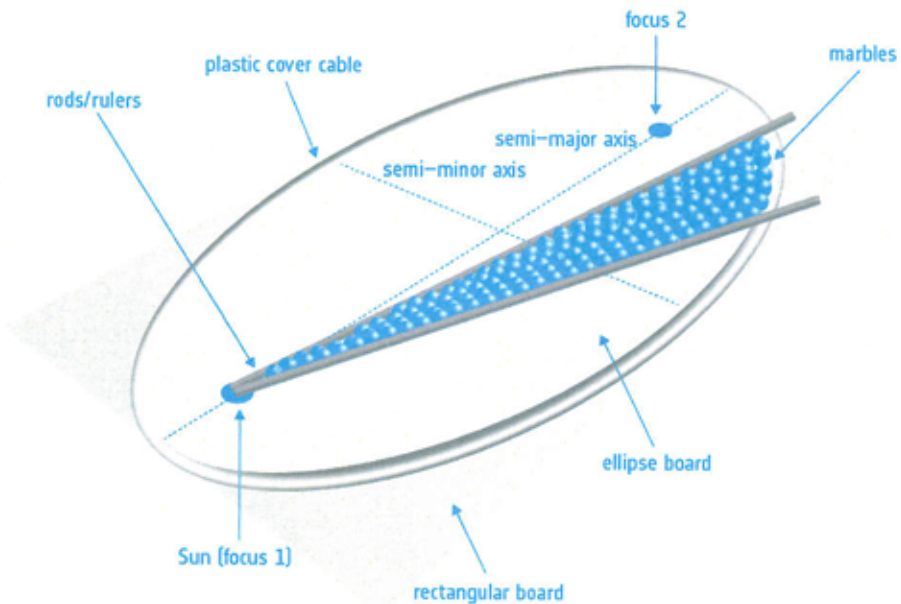
(Os alunos devem saber previamente os conceitos de velocidade, força gravítica, energia potencial gravítica, energia cinética)

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 duas régua de berlindes. Marque o ponto da segunda régua.

2 - Com a ajuda da corda registe o comprimento da linha que une o ponto afélio ao ponto marcado junto da segunda régua e registe 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.

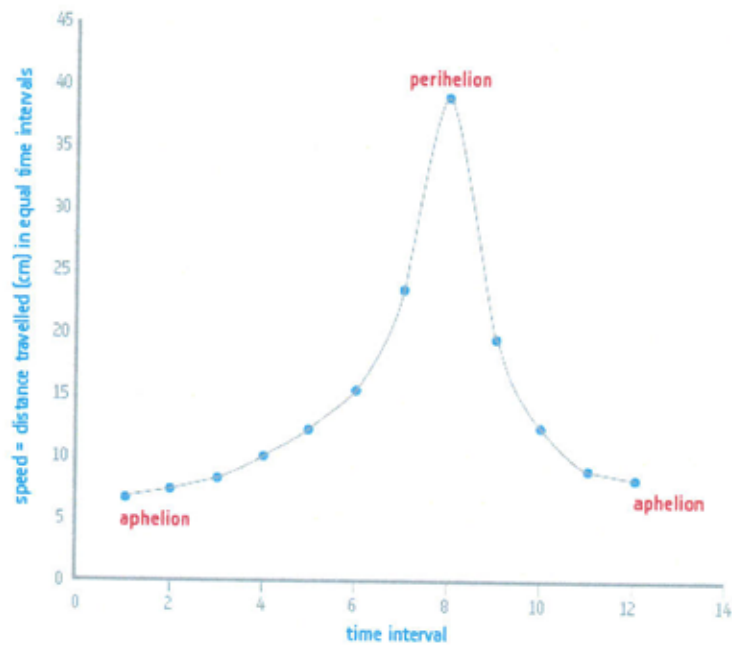
4 - Repita a experiência várias vezes até que dê uma volta completa à elipse.

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 valores obtidos como se mostra no exemplo seguinte:

area number	distance
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,

