

# **SIMULAÇÃO: LEIS DE KEPLER**

Sequência desenvolvida pelo aluno Gustavo Henrique Sahd nas aulas de Estágio Supervisionado de Física III em 2024 sob orientação do Prof. Dr. Ricardo Francisco Pereira DFI/UEM.

## **Objetivos**

- Descrever as características de uma elipse, apoiando a compreensão da órbita dos astros com base na Primeira Lei de Kepler;
- Entender o significado de área de uma órbita e relacionar com intervalos de tempos iguais no contexto da Segunda Lei de Kepler;
- Explorar a relação entre o semi-eixo maior e o período de uma órbita dentro do contexto da Terceira Lei de Kepler.

## **Sugestão de organização do tempo**

- 03 Aulas.

## **Conceitos principais**

- Leis de Kepler;
- Astronomia;
- Órbita;
- Elipse;
- Período;
- Área;
- Força gravitacional;
- Velocidade.

## Organização do conhecimento

Este simulador reproduz virtualmente órbitas de astros do sistema solar, possuindo controles e comandos para controlar e modificar elementos visuais a fim de proporcionar uma melhor visualização e entendimento dos conceitos inerentes as Leis de Kepler. O simulador se constitui de 4 janelas separadas, a primeira janela é projetada para trabalhar a Primeira Lei de Kepler, ela possui um menu onde é possível visualizar os elementos da elipse como: foco, eixos, semieixos e excentricidade, também é possível visualizar os vetores velocidade e força gravitacional, além de outro menu que mostra a excentricidade das órbitas quando ativamos a opção de visualizar a excentricidade. A segunda janela é projetada para trabalhar a Segunda Lei de Kepler, ela já possui dois menus, o menu da esquerda é possível visualizar os vetores velocidade e força gravitacional e também visualizar o afélio e o periélio da órbita, o menu da direita possui um gráfico da área da órbita varrida pelo planeta pelas divisões de período, nesse menu também é possível alterar as divisões de período. A terceira janela é projetada para trabalhar a Terceira Lei de Kepler, ela também possui dois menus, no menu da direita é possível visualizar os vetores velocidade e força gravitacional e o período também, no menu da esquerda existem um gráfico de período por valor do semi eixo maior “a”, e é possível alterar a potência que está sendo aplicada a cada grandeza dos eixos, ao variar o semi eixo maior da órbita podemos ver o comportamento do gráfico. A quarta janela é um compilado com as três janelas, mas trabalhando de formas independentes.

## Orientações







Os alunos devem formar grupos de 3 a 4 integrantes para fazer as atividades propostas em cada aula, todas as três aulas serão divididas em duas partes, cada parte terá uma atividade associada, a primeira parte das aulas será passado aos grupos atividades para verificar o nível de conhecimento dos alunos e fazer com que os grupos pensem e cheguem a conclusões, e anotem essa conclusões na folha de atividade. Na segunda parte das aulas será trabalhado outra atividade, mas dessa vez utilizando o

simulador.

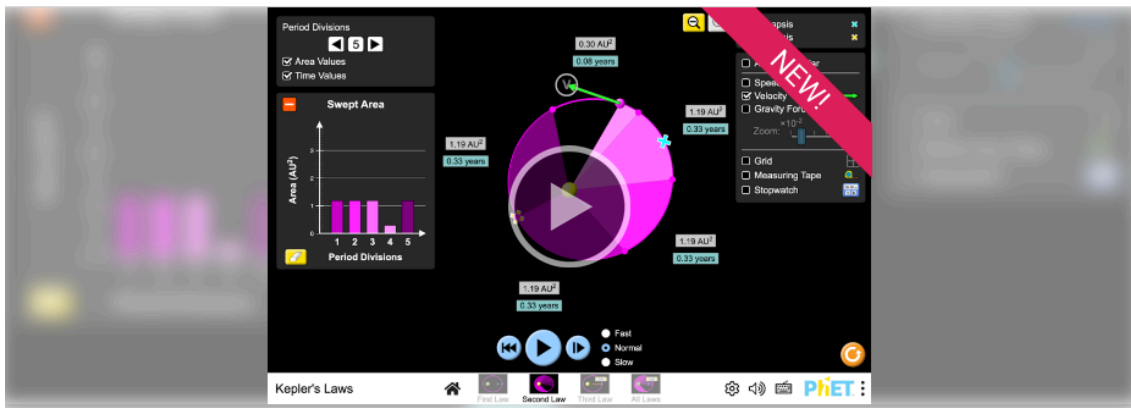
## Primeira Aula - Primeira Lei de Kepler

- Os alunos deverão formar grupos de 3 a 4 integrantes;
- Será entregue aos alunos uma folha com 3 questões listadas abaixo:

- 
- 1) Desenhem o Sol e as cinco primeiras órbitas planetárias do Sistema Solar, vocês sabem o nome dos planetas? Discutam em grupo para lembrar a ordem correta das órbitas.
  - 2) Quais são os fatores que vocês acreditam influenciar a órbita dos planetas?
  - 3) Quais são as formas possíveis que uma órbita pode ter? Marque qual das seguintes formas você acha que poderia ser encontrado em órbitas planetárias:

Formato	Figura	Sim/Não	Explicação (Se tiver uma)
Círculo			
Triângulo			
Quadrado			
Elipse			
Retângulo			
Parábola			

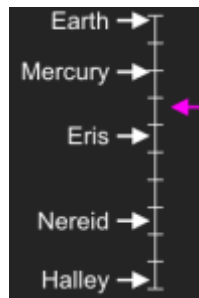
- 
- Acesse o simulador – Leis de Kepler, indicado no link: [Leis de Kepler \(colorado.edu\)](https://www.colorado.edu), e na figura abaixo:



## Leis de Kepler



- Os grupos devem abrir a simulação na janela 1 e clicar na esfera rosa e arrastar ela para longe ou para perto do Sol, alterando o semi eixo maior da órbita, em seguida eles devem selecionar o vetor velocidade e aumentar e diminuir seu valor, para verificar como esses elementos alteram a órbita do corpo;
- Ainda para verificar os elementos que alteram as órbitas eles devem ir para a terceira janela do simulador e variar a massa da estrela que o planeta está orbitando, eles devem anotar o que acontece com a órbita sempre que esses parâmetros são alterados;
- Voltando a janela 1, os grupos devem colocar a velocidade da esfera em um valor muito baixo, depois retornar a velocidade normal, então devem aproximar excessivamente a esfera do Sol e afastá-la excessivamente, eles devem anotar o que acontece com a órbita em cada um dos casos;
- Os alunos devem clicar no botão laranja para resetar a simulação e marcar as caixas de seleção do foco, excentricidade e eixos, então os alunos devem alterar a posição do astro afastando/aproximando da estrela percorrendo todas as marcações do menu da esquerda, os alunos devem anotar a excentricidade de cada marcação;



- Quando estiver na marcação de Eris, os alunos devem selecionar a trena e medir os valores de “a” e “c”, e aplicar na equação disponível no menu e verificar se o valor coincide com o mostrado para a excentricidade;

$$\text{Excentricidade} = \frac{c}{a}$$

- Ainda tendo acesso ao simulador será entregue aos alunos a segunda atividade da primeira aula, essa atividade terá 7 perguntas listadas abaixo:

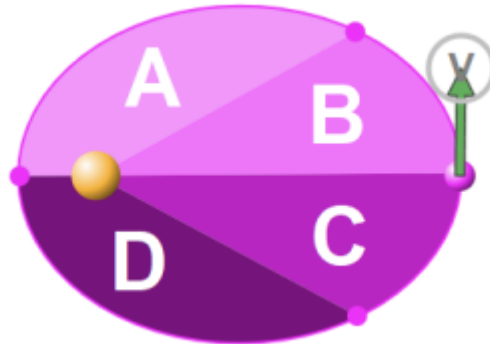
- 
- 1) No simulador encontre 3 formas de mudar a órbita dos planetas, liste as três formas e explique como a órbita é alterada com cada parâmetro.
  - 2) Quais elementos todas as órbitas possuem em comum?
  - 3) Descreva pelo menos 3 maneiras de alcançar casos extremos na simulação (a órbita fica tracejada e um aviso aparece na tela). Escreva a mensagem de aviso e o que você fez para alcançar essa órbita e como estabilizar a órbita em cada caso.
  - 4) Nas suas palavras, o que é excentricidade?
  - 5) O que você pode perceber com relação aos focos e a excentricidade?
  - 6) Em uma órbita estável, o que acontece com a velocidade do astro conforme ele se move? Explique!
  - 7) Refaça a primeira atividade.
- 

## Segunda Aula - Primeira Lei de Kepler

- Os alunos devem formar os mesmos grupos da última aula;

- Será entregue aos alunos uma folha com 3 questões listadas abaixo:
- 

Olhem a figura abaixo, e responda às seguintes perguntas:



- 1) A figura representa uma elipse dividida em 4 partes e ela mostra um astro rosa orbitando uma estrela amarela? qual parte possui a maior área?
  - 2) Em qual ponto da órbita a velocidade do astro rosa será maior e em qual será menor? Por que?
  - 3) O planeta vai demorar mais tempo para percorrer a área B ou a área A?
- 

- Os grupos devem abrir a simulação na janela 2 e ativar as caixas de afélio e periélio, e então marcar a caixa de seleção do vetor velocidade, os alunos deverão prestar atenção ao que acontece com a velocidade do astro nos dois pontos;
  - Os alunos devem criar uma órbita dividida em 5 partes e ativar as caixas de marcação “Valores de área” e “valores de tempo”;
  - Os alunos deverão ativar a caixa de marcação da Força Gravitacional, e deverão prestar atenção ao que acontece com os vetores velocidade e força gravitacional nos pontos de afélio e periélio;
  - Ainda tendo acesso ao simulador será entregue aos alunos a segunda atividade da segunda aula, essa atividade terá 3 perguntas listadas abaixo:
- 

- 1) O planeta possui maior velocidade quando está no afélio ou no periélio? e a atração gravitacional é mais intensa em qual desses pontos?
- 2) preencha a tabela abaixo de acordo com o período, velocidade e área

da órbita estudada

Área	Período	Tamanho da área	O que acontece com a velocidade?
1			
2			
3			
4			
5			

3) Refaça a primeira atividade!

---

### Terceira Aula - Terceira Lei de Kepler

- Os alunos devem formar os mesmos grupos da última aula;
  - Será entregue aos alunos uma folha com 3 questões listadas abaixo:
- 

- 1) Escreva com suas palavras o que é o período de uma órbita.
  - 2) Uma elipse possui raio como um círculo? Explique!
  - 3) A Terra sempre está na mesma distância do Sol? E os outros astros?
  - 4) Conhece o cometa Halley? o período da órbita dele é maior ou menor que o da Terra? Por que?
- 

- No simulador, abra a janela 4, e vá a simulação 1, marque a opção de órbita circular fixa, vá até a simulação 3, marque o período, e o com ajuda da trena, o valor do semi eixo maior, veja o que ocorre na simulação e veja o valor da excentricidade, em seguida, desmarque a órbita circular fixa e refaça o mesmo procedimento para uma órbita próxima a de Eris e outra próxima a de Nereida;
- Resete a simulação com o botão laranja, vá para a simulação 3, mova o astro para longe e perto da estrela alterando o tamanho de sua órbita e

marcando dados no gráfico a esquerda, em seguida deve-se achar uma relação linear entre o semi eixo maior e o período da órbita, então deve-se ir alterando as potências até encontrar a relação linear entre período e semi eixo maior;

- Ainda tendo acesso ao simulador será entregue aos alunos a segunda atividade da segunda aula, essa atividade terá 3 perguntas listadas abaixo:

1) Preencha a tabela abaixo:

Tipo de Órbita	Período	Semi eixo maior	$T^2/a^3$
Circular			
Levemente elíptica			
Altamente elíptica			

- 2) Qual a combinação de expoentes para a relação  $T/a$  que torna essa relação constante para todas as órbitas? Como isso é representado graficamente?
- 3) Qual a relação entre o semi-eixo maior e o período? a relação  $T/a$  se altera de planeta para planeta? E a relação  $T^2/a^3$ ?
- 4)
- 5) Verifique o que acontece com a relação  $T^2/a^3$  conforme a massa do Sol muda.
- 6) Refaça a primeira atividade da terceira aula

---

## Explicação das Leis de Kepler

### Primeira Lei de Kepler (Lei das Órbitas Elípticas)

A primeira lei afirma que os planetas se movem em órbitas elípticas,



com o Sol ocupando um dos focos da elipse. Isso significa que a distância entre um planeta e o Sol varia ao longo de sua órbita.

## **Segunda Lei de Kepler (Lei das Áreas Iguais)**

A segunda lei estabelece que o segmento que une um planeta ao Sol (raio vetor) varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais. Em outras palavras, um planeta se move mais rapidamente quando está mais próximo do Sol (periélio) e mais lentamente quando está mais distante (afélio).

## **Terceira Lei de Kepler (Lei dos Períodos)**

A terceira lei relaciona o período orbital de um planeta (o tempo que leva para completar uma órbita) com o semi-eixo maior de sua órbita. Especificamente, o quadrado do período orbital ( $T$ ) é proporcional ao cubo do semi-eixo maior ( $a$ ) da órbita:

$$T^2 \propto a^3$$

Isso significa que planetas mais distantes do Sol têm períodos orbitais mais longos.

## **Aplicação do conhecimento:**

**Satélites de Comunicação:** As leis de Kepler são fundamentais para calcular as órbitas dos satélites que usamos para comunicação, GPS, e previsão do tempo. Por exemplo, a terceira lei de Kepler ajuda a determinar a altitude correta para que um satélite geoestacionário permaneça fixo em relação a um ponto na Terra.

**Exploração Espacial:** As missões espaciais, como as que enviam sondas a outros planetas, utilizam as leis de Kepler para planejar trajetórias e economizar combustível. Isso é crucial para garantir que as sondas alcancem seus destinos com precisão.

**Descoberta de Exoplanetas:** As leis de Kepler são usadas para detectar e estudar exoplanetas (planetas fora do nosso sistema solar). Observando as variações na luz das estrelas, os cientistas podem inferir a presença de

planetas e calcular suas órbitas.

**Astrofísica e Cosmologia:** As leis de Kepler são a base para a compreensão do movimento dos corpos celestes. Elas ajudam a explicar fenômenos como a formação de sistemas planetários e a dinâmica das galáxias.