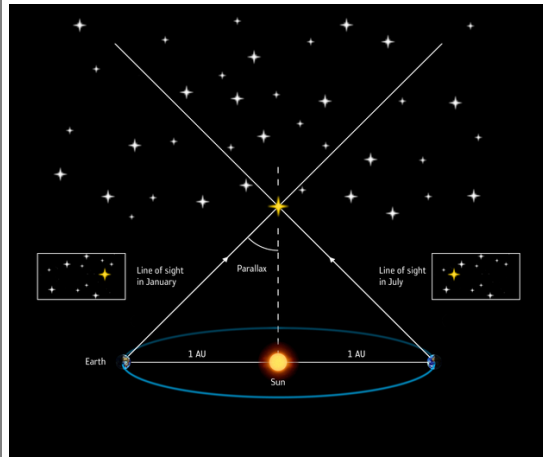


Hoje, eu sou  
William  
Herschel!



Recriar a descoberta do  
planeta Úrano.

# Metadados

## Informação Geral

Título: Hoje, eu sou William Herschel!

Breve descrição: Os alunos fazem uma simulação das observações históricas de William Herschel e calculam o período orbital de Úrano.

### Palavras-chave

Úrano, Lei de Kepler, planetas, sistema solar, distância, espaço.

## Contexto educativo

Contexto: Os alunos exploram os conceitos de triangulação, paralaxe e deslocamento angular e a forma como podem ser utilizados para obter distâncias de objetos astronómicos. Depois, fazem uma simulação das observações históricas de William Herschel que levaram à descoberta de Úrano e utilizam os resultados para determinar a sua distância orbital e o seu período.

Faixa etária: 13 – 18 anos

Pré-requisitos: trigonometria, conhecimentos básicos sobre o Sistema Solar

Nível de dificuldade 3

Nível de agregação

Duração: 3 a 4 horas

## Objetivo pedagógico

### Objetivos cognitivos

- Familiarizar-se com a escala de distâncias com que os astrónomos trabalham.

### Afetivo

- Compreender a importância da evolução da tecnologia na ciência.

### Psicomotor

- Utilização de instrumentos de medida (régua, transferidor)

## Domínio

### As Grandes ideias da ciência

O Sistema Solar é uma parte muito pequena de uma galáxia entre milhões de galáxias do Universo.

### Disciplina

Física

# Orientar e fazer perguntas

## Conhecimento prévio

Estávamos em 1781. William Herschel, um músico profissional que decidiu tornar-se astrónomo aos 35 anos, estava a observar os céus na região da constelação de Touro com o seu telescópio caseiro de 15 cm.



**WILLIAM HERSCHEL (1738-1822) E O TELESCÓPIO UTILIZADO NA DESCOBERTA DE ÚRANO.**

A 13 de março, ele encontrou acidentalmente no céu um objeto invulgarmente brilhante que tinha um disco muito bem definido, ao contrário das estrelas, e que se movia lentamente de uma noite para a outra de encontro às estrelas de fundo.

No início, pensou que poderia ser um cometa, longe do Sol, sem uma cauda desenvolvida. Mas depois de várias observações, concluiu que o objeto não era

um cometa, mas sim um planeta para lá da órbita de Saturno. Herschel tinha descoberto Úrano, o sétimo planeta e o primeiro planeta descoberto na era moderna.

Com esta demonstração, vais reconstituir os passos de Herschel, primeiro refletindo sobre como podemos obter a distância e o período orbital de um objeto apenas pelo seu movimento aparente nos céus. Depois, vais recriar as observações de Herschel usando software planetário. Por fim, vais calcular o período orbital e a distância de Úrano usando estas simulações. Hoje, tu és **William Herschel!**

### Medir a distância de objetos distantes



Antes de fazermos de conta que somos o Herschel, vamos fazer uma pergunta: como é que é possível saber a distância que nos separa de um planeta? Não há fitas métricas de milhões de quilómetros disponíveis no mercado. Consegues imaginar como é que as pessoas podem calcular a distância de objetos distantes sem utilizar uma fita métrica? Discute as possibilidades com os teus colegas.

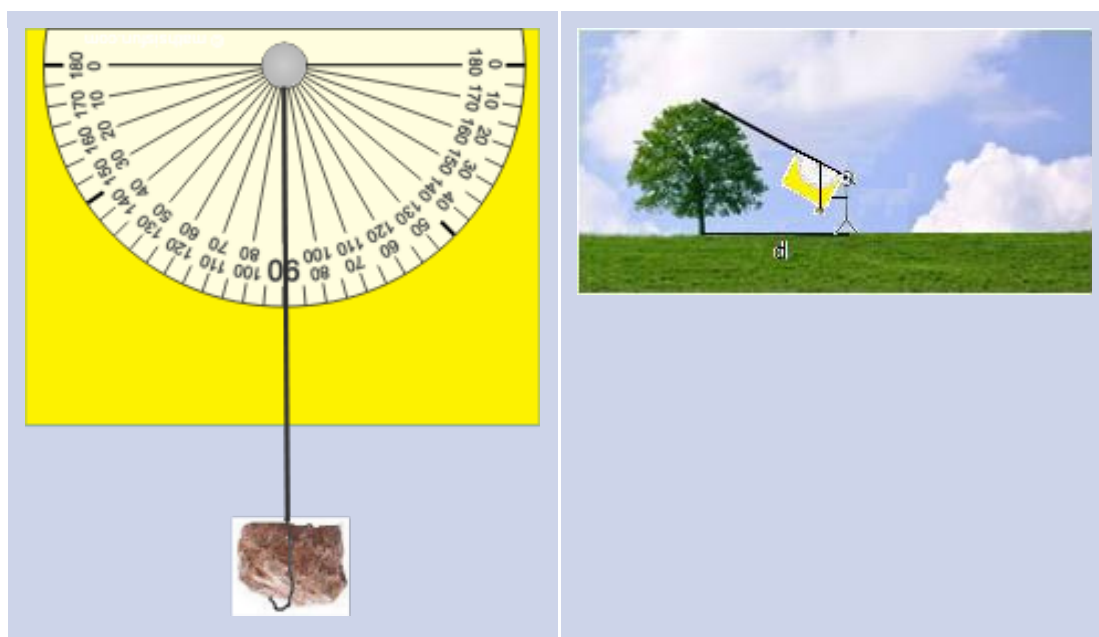
Provavelmente já viste este cenário: algumas pessoas com capacetes de proteção a olhar através de um estranho instrumento posicionado sobre um tripé. O mais provável é que sejam engenheiros ou estudantes de engenharia a utilizar um teodolito. Este instrumento secular permite medições angulares precisas de objetos do primeiro plano em relação a um fundo mais distante.



Os teodolitos são muito úteis para medir tamanhos e distâncias de objetos. Por exemplo, como é que se pode medir o tamanho de uma árvore alta ou de um edifício? Se medirmos o ângulo que o topo do objeto faz com o solo com um teodolito e, de alguma forma, soubermos a distância do objeto até nós, o cálculo é simples.

Não precisas de comprar um teodolito para entenderes como funciona. Em vez disso, podes construir uma versão simples utilizando materiais de escritório comuns. Ao seguires as instruções desta ligação, poderás construir um teodolito simples e medir a altura de uma árvore.

<https://www.mathsisfun.com/activity/how-high.html>

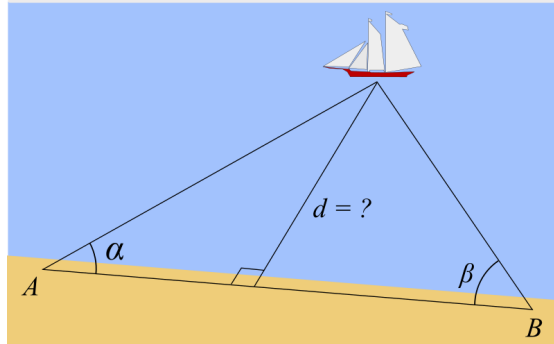


### UTILIZAR UM TEODOLITO PARA MEDIR A ALTURA DE UMA ÁRVORE.



Este mesmo princípio pode ser utilizado para calcular a distância a um objeto muito distante, como as montanhas. Isto é feito comparando a posição aparente do objeto a partir de dois pontos de observação diferentes. A esta deslocação aparente chama-se paralaxe.

A paralaxe pode ser demonstrada fechando um olho e levantando o dedo indicador à distância de um braço. Coloca o outro dedo indicador numa posição mais próxima do teu rosto. Agora, olha para os teus dedos com o outro olho. Ao alternares entre o olho esquerdo e o direito, os teus dedos parecem mover-se para trás e para a frente. Esta observação deve-se ao facto de a posição a partir da qual estás a ver o teu dedo estar a mudar.



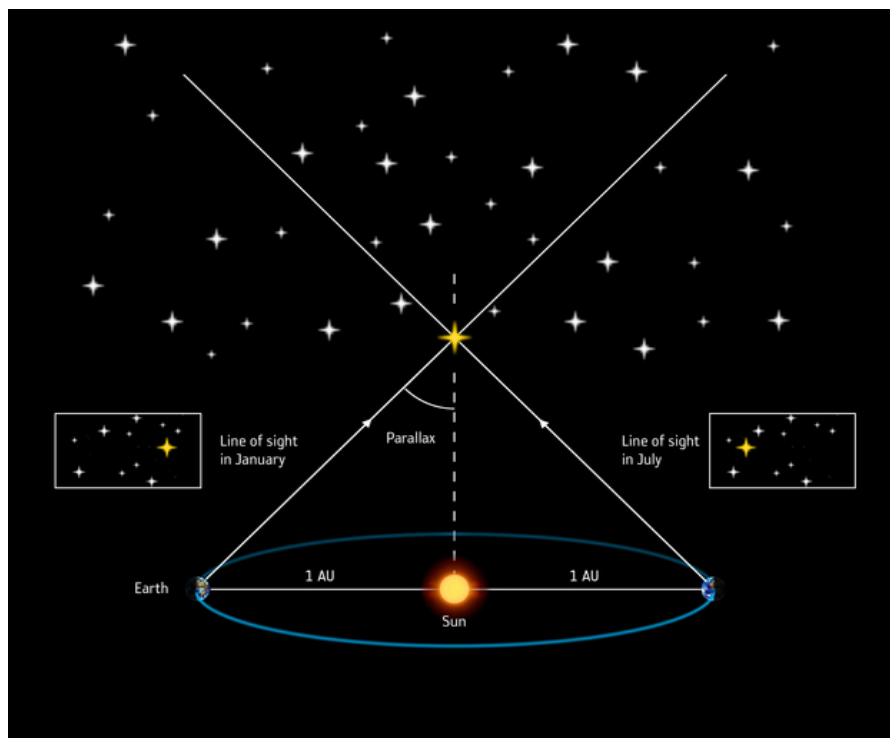
Podemos utilizar a paralaxe para medir a distância a que se encontra um navio distante. Dois observadores nos pontos A e B separados por uma distância medem os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$ . Portanto, a distância  $d$  ao navio pode ser obtida usando as propriedades do triângulo retângulo.

$$d = \ell \frac{\sin \alpha \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$





O que acontece com os ângulos de paralaxe à medida que a distância até ao objeto aumenta? Consegues imaginar como podemos utilizar a paralaxe para medir a distância até aos planetas? Discute esta questão com os teus colegas. A paralaxe ocorre quando se observam planetas e estrelas próximas a partir da Terra, enquanto ela órbita em torno do Sol. Os planetas e algumas estrelas parecem mover-se muito, enquanto outras parecem não se mover tanto. Assim, ao medir o ângulo de paralaxe, é possível determinar aproximadamente a distância a que se encontra um objeto celeste. Os astrónomos conseguem-no observando a estrela ou o planeta a partir de dois pontos diferentes da órbita da Terra em torno do Sol. Para estrelas muito distantes, não parece haver qualquer mudança de posição e, conseqüentemente, pode ser difícil estimar as suas distâncias em relação à Terra.



Quando Herschel descobriu acidentalmente Úrano, estava na realidade a tentar medir os ângulos de paralaxe das estrelas. Acontece que as estrelas estão tão distantes que estes ângulos são incrivelmente pequenos - dez mil vezes mais pequenos do que um grau. Só 57 anos após a descoberta de Herschel é que os astrónomos conseguiram medir a distância de uma estrela utilizando a paralaxe. Isto foi feito por Friedrich Bessel em 1838. Ele mediu a distância à estrela 61 Cygni usando um instrumento especial chamado heliómetro. O seu ângulo de paralaxe é de 0,287 segundos de arco, o que se traduz numa distância de 11,4 anos-luz, ou 100 triliões de quilómetros!

# Criação e formulação de hipóteses

## Formulação de Hipóteses ou Explicações Preliminares

Movimento aparente dos objetos do sistema solar



Os planetas estão muito mais próximos do que as estrelas. De facto, Herschel concluiu imediatamente que o objeto que descobriu era um objeto do sistema solar porque se movia de encontro ao fundo estrelado noite após noite. Era uma questão de determinar se se tratava de um cometa ou de um planeta. Consegues imaginar como é que ele foi capaz de diferenciar? Quais poderiam ser as principais diferenças no movimento aparente entre os dois tipos de objetos? Discute isso com os teus colegas.

Quando olhamos para o céu, vemos objetos celestes a distâncias de nós muito diferentes. Temos a Lua, o nosso vizinho mais próximo no espaço a 384 000 km,

planetas como Júpiter e Saturno que estão a várias centenas de milhões de quilómetros de distância, e as estrelas muito mais distantes.

Se observarmos o céu durante várias noites, vamos notar que alguns objetos não aparecem exatamente na mesma posição em relação às estrelas de fundo. Qual é o objeto que apresenta o movimento aparente mais perceptível? Qual é o fator mais relevante para a magnitude deste movimento? Discute esta questão com os teus colegas.

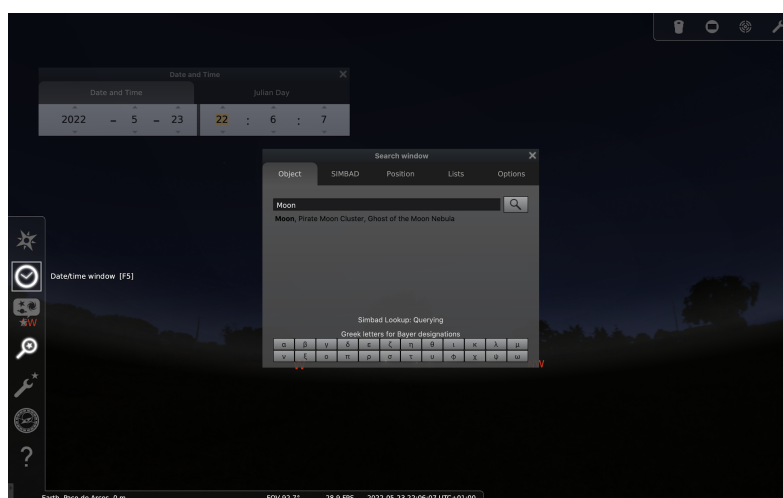
A conclusão é que quanto mais próximo o objeto estiver do observador, mais rápido será o seu movimento aparente em relação ao fundo. Os astrónomos designam por período orbital o intervalo entre duas posições idênticas de um objeto. No século XVII, o astrónomo Johannes Kepler descobriu uma relação notável entre o período orbital e a distância dos objetos solares.

A chamada Lei Harmónica, ou Terceira Lei do Movimento Planetário de Kepler, afirma que o quadrado do período orbital é proporcional à terceira potência da distância orbital média. Por outras palavras, se for possível medir o período orbital de um objeto do sistema solar, é possível determinar a sua distância ao Sol utilizando a terceira lei de Kepler. [Este vídeo](#) resume as descobertas históricas de Kepler relativamente às órbitas planetárias.

## Desenho/Modelo

Para recriar a descoberta de Úrano por Herschel, vamos utilizar uma ferramenta poderosa: o Stellarium, um software que foi apresentado no nosso kit de ferramentas. O Stellarium permite-nos simular a posição de objetos celestes com grande precisão, milhares de anos atrás ou no futuro.

Para simular o céu desta noite na sua localização, usa o Stellarium. Selecciona a ferramenta de pesquisa (lupa) para localizares a Lua. Agora, avança a simulação uma noite. A Lua alterou a sua posição relativamente às estrelas de fundo? Quanto é que mudou?



## LOCALIZAR A LUA NO CÉU NOTURNO UTILIZANDO O STELLARIUM

Agora, localiza no céu o planeta Júpiter. Faz a mesma experiência. Notaste alguma alteração na posição de Júpiter?

Como já deves imaginar, quanto mais longe um planeta está do Sol, mais lento é o seu movimento em relação às estrelas de fundo. São necessários vários anos para que um planeta exterior complete uma volta completa em torno do Sol. Então, como podem os astrónomos determinar o período orbital de planetas distantes após alguns meses de observações? Discute esta questão com os teus colegas e como podes testar a tua hipótese utilizando o Stellarium.

# Planeamento e Investigação

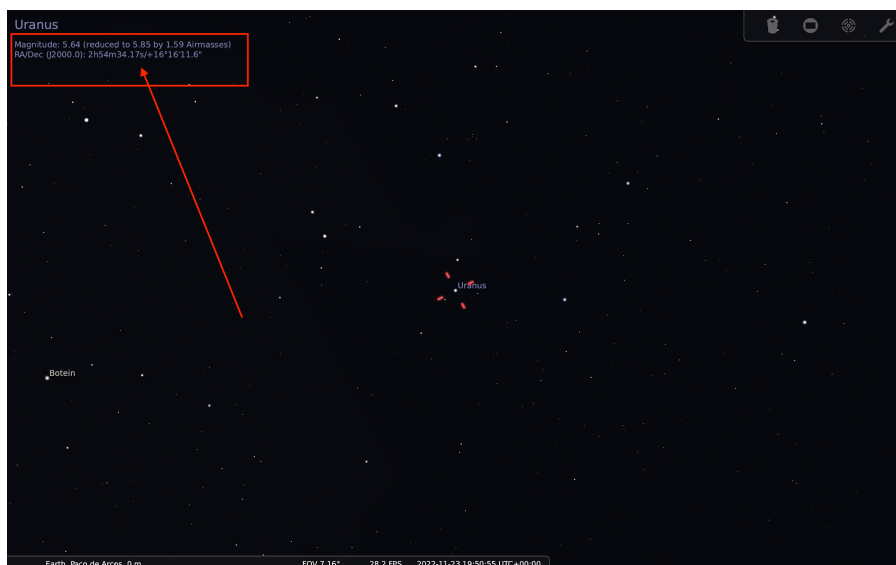
## Plano de investigação

Na seção anterior, deves ter concluído que os astrónomos não precisam de observar uma volta completa de um objeto celeste em torno do Sol para calcular o seu período orbital. É apenas necessário seguir o movimento do corpo celeste em relação às estrelas de fundo durante um curto período de tempo, normalmente alguns meses, e medir o seu movimento global aparente. A isto chama-se um arco de observação e é medido em unidades de ângulo/tempo.

Por exemplo, se um hipotético objeto apresenta um movimento aparente de um grau por ano, então uma simples regra de proporção resulta que demorará cerca de 365 anos a completar uma volta completa à volta do Sol.

Usa este raciocínio para planejar as simulações que vão provar que este método é útil. Como podes utilizar o Stellarium para simular arcos de observação de Júpiter e Saturno? Depois, como utilizar os resultados da simulação para obter as propriedades orbitais destes planetas (período orbital e distância orbital)? Discute com os teus colegas.

Pode ser útil utilizar as coordenadas celestes Ascensão Reta (RA) e Declinação (De) para medir a deslocação angular. Estas são apresentadas no canto superior direito. Por razões históricas, a Ascensão Reta é normalmente medida em horas, minutos e segundos em vez de graus. Uma hora de ascensão reta equivale a 15 graus.



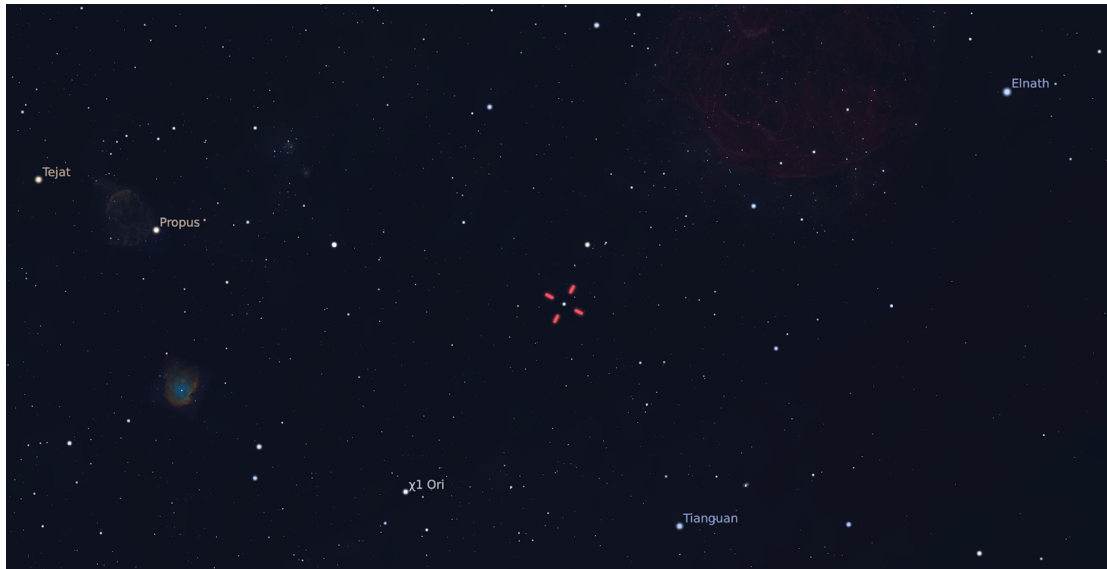
**UTILIZAR COORDENADAS CELESTES PARA MEDIR COM EXATIDÃO POSIÇÕES NO CÉU.**

### Realizar a investigação

Começamos por testar o nosso método com Júpiter e Saturno. Mede a posição destes planetas até teres um arco de observações suficientemente grande (alguns graus são suficientes). De seguida, estima o período orbital e a distância destes planetas. Chegaste a um resultado aceitável?.

Planeta	Período Orbital (anos)	Distância Orbital (UA)
Júpiter	12	5.2
Saturno	29	9.5

Agora é o momento de usar a nossa máquina do tempo para regressar a 1781 e recriar a descoberta de Úrano por Herschel. Usando o Stellarium, define a tua localização para Bath, Inglaterra, e a data para 13 de março de 1781. Nessa noite, Úrano estava na região da estrela Zeta Tauri. Tenta localizar Úrano nesta simulação.



**POSIÇÃO DE ÚRANO NO CÉU NA DATA DA SUA DESCOBERTA POR WILLIAM HERSCHEL.**

## Análise e Interpretação

Discute com seus colegas quantas noites Herschel deveria observar essa região do céu para perceber o movimento aparente de Úrano. Testa essas hipóteses simulando-as no Stellarium. Em seguida, discutam quanto tempo levaria para Úrano completar uma volta completa no céu e retornar ao seu ponto de partida em Touro. Como se pode estimar o período orbital de Úrano? Usando a lei de Kepler, qual é a distância de Úrano ao Sol?

## Conclusão & Avaliação

### Concluir e comunicar resultados/explicações

Parabéns, conseguiu recriar com sucesso as observações históricas de William Herschel que levaram à descoberta do planeta Úrano. Além disso, conseguiu estimar o período orbital e a distância de Úrano. Está na altura de comunicar os resultados aos seus colegas. Elabora uma breve apresentação que explique o trabalho que realizaste.

