

Prova Teórica em Grupo

Pergunta 1: Órbitas dos planetas

Determinar o período de um planeta requer algum cuidado, uma vez que a Terra, de onde fazemos as observações, realiza vários movimentos dependendo do referencial adotado. Chamamos o período sideral (P) de um planeta, o intervalo de tempo que o mesmo leva para completar uma órbita ao redor do Sol. Já o período sinódico (S), é o tempo decorrido entre duas configurações idênticas e sucessivas quando vistas da Terra como, por exemplo, o tempo entre uma conjunção e à seguinte. O período sinódico pode ser determinado diretamente observando o céu, mas o período sideral requer alguns cálculos. Copérnico descobriu como fazê-lo a partir da equação abaixo:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{T} \pm \frac{1}{S}$$

Onde T é o período sideral da Terra. Usamos o sinal positivo quando calculamos o período sinódico de um planeta interno, e o sinal negativo para planetas externos.

- A partir a relação acima, complete os dados faltantes na tabela referente ao período sideral ou sinódico dos planetas. Adote: 1 ano = 365,26 dias.
- Usando a terceira Lei de Kepler, complete a tabela com os valores dos semieixos maiores das órbitas dos planetas.
- Io é uma das quatro grandes luas de Júpiter, descobertas por Galileu, que orbita à distância de 421 600 km do centro de Júpiter com período orbital de 1,77 dias. A partir destes dados, determine a massa combinada de Júpiter e Io.
- Dado que a massa de Io é uma pequena fração da massa de Júpiter, determine a massa de Júpiter.

Planeta	Período Sideral (anos)	Período Sinódico (dias)	Semieixo maior (ua)
Mercúrio		115,88	
Vênus		584,00	
Terra	1,0	----	
Marte		780,00	
Júpiter	11,9		
Saturno		378,00	
Urano	84,1		
Netuno		368,00	

Pergunta 2: Forças de Maré

As forças de maré são diferenças nas atrações gravitacionais em diferentes pontos de um objeto, uma consequência da gravidade que deforma os planetas e remodela as galáxias. Podemos ver os resultados desta força no fato de que a Lua permanece sempre com a mesma face voltada para a Terra, a medida que mantém a sua órbita. De acordo com a Lei da Gravitação Universal, proposta por Isaac Newton, a força da atração gravitacional (F) entre objetos de massas m_1 e m_2 é maior quanto mais próximos esses dois objetos estão entre si. Quando necessário, adote como valor da constante gravitacional: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$.

A partir da Lei da Gravitação Universal de Newton, responda as perguntas abaixo:

- (a) Considere que a massa da Lua é de $7,35 \cdot 10^{22}$ kg, enquanto que a da Terra é $5,98 \cdot 10^{24}$ kg. A distância média entre o centro da Lua e o centro da Terra é de 384 000 km.
- (i) Qual é a intensidade da força gravitacional que a Terra exerce sobre a Lua?
 - (ii) Qual é a intensidade da força gravitacional que a Lua exerce sobre a Terra? Justifique sua resposta a partir de uma das Leis de Newton.
- (b) Considerando que a massa do Sol é $1,99 \cdot 10^{30}$ kg, determine a relação entre a força gravitacional Terra-Sol e Terra-Lua. Adote: $1 \text{ ua} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$.

As forças de maré também são importantes em escalas galácticas. A imagem seguinte, do HST, mostra um o par de galáxias em interação - NGC2207 (à esquerda) e IC2163 (à direita). Durante os milhões de anos em que tem ocorrido esse encontro, as forças de maré da galáxia maior capturaram um imenso rastro de estrelas e gás interestelar da galáxia menor.



Crédito de imagem: HST / NASA / ESA.

Dahari, em 1984, desenvolveu um formalismo para estimar a força de maré sobre grandes objetos. Pode-se calcular o parâmetro (Q) do efeito desta força que uma galáxia, de massa M_2 , exerce sobre outra de massa M_1 e diâmetro D_1 , que são separadas por uma distância d , a partir da equação:

$$Q = \log \left[\left(\frac{M_2}{M_1} \right) \left(\frac{D_1}{d} \right)^3 \right]$$

Com esta definição, note que o parâmetro da força de maré é adimensional.

Sabe-se que NGC2207 tem massa de $1,16 \cdot 10^{10}$ massas solares e diâmetro de 31,33 kpc. Já IC2163 tem massa de $7,28 \cdot 10^9$ massas solares e diâmetro de 28,76 kpc. Considerando que os centros das galáxias são separados por uma distância de 23,40 kpc, responda as seguintes questões:

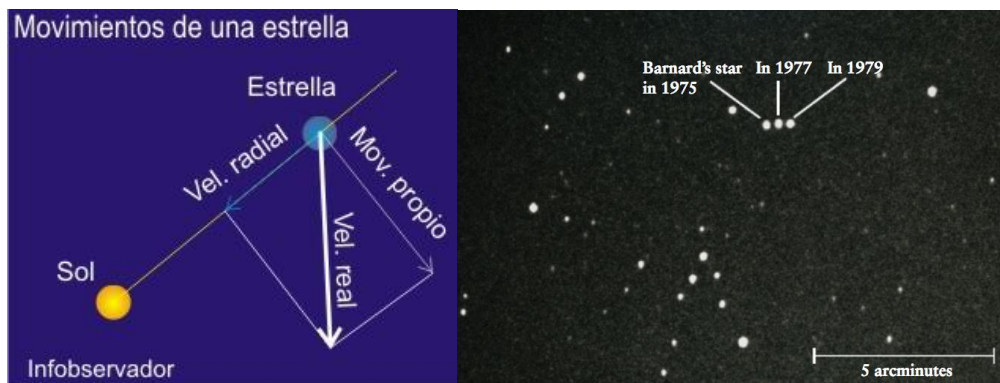
- (c)
- (i) Qual é o parâmetro da força de maré que a galáxia NGC2207 exerce sobre a galáxia IC2163?
 - (ii) Calcule o parâmetro da força de maré que a galáxia IC2163 exerce sobre a galáxia NGC2207. Compare com o resultado obtido anteriormente. Explique seu resultado.
- (d) Estime o parâmetro da força de maré entre a Via Láctea e a galáxia de Andrômeda. Justifique sua estimativa.

Pergunta 3: Movimento das estrelas

As estrelas podem se mover através do espaço em qualquer direção. A velocidade real de uma estrela descreve o quão rápido e em que direção ela se move. Como mostra a figura a seguir, a velocidade real (v) de uma estrela pode ser dividida em duas componentes perpendiculares entre si. Uma delas é a velocidade tangencial (v_t), perpendicular à nossa linha de visada. Para determiná-la, os astrônomos devem conhecer a distância (d) até a estrela e também o seu

movimento próprio (μ). Assumindo μ , em segundo de arco por ano, e d , em parsecs, o valor da velocidade tangencial, em km/s, é determinado pela relação:

$$v_t = 4,74 \cdot \mu \cdot d$$



Crédito de imagen John Sanford/Science Photo Library

A componente do movimento da estrela, paralela à nossa linha de visada, é chamada de velocidade radial (v_r). Seu valor pode ser determinado a partir do Efeito Doppler das linhas espectrais da estrela. Se uma estrela se aproxima, os comprimentos de onda das suas linhas espectrais diminuem (*blueshift*). Já quando a estrela está se afastando, os comprimentos de onda aumentam (*redshift*).

Na figura acima à direita, temos o movimento da estrela de Barnard a partir de três fotografias tiradas ao longo de quatro anos. Durante este período, Barnard se moveu cerca de 41,44 segundos de arco. Mais do que qualquer outra estrela! Quando necessário, adote $c = 3 \cdot 10^5$ km/s.

- Determine a velocidade tangencial da estrela Barnard, considerando que sua distância é de 1,83 pc.
- No espectro desta estrela, a linha de ferro tem um comprimento de onda de 516,45 nm. Determine o módulo da sua velocidade radial, sabendo que a mesma linha espectral tem um comprimento de onda de 516,63 nm quando observada em um laboratório fixo na Terra.
- A estrela de Barnard está se afastando ou se aproximando de nós? Justifique.
- Determine a velocidade real da estrela de Barnard.

Pergunta 4: Lei de Hubble

Suponha que você esteja com um telescópio em um observatório e tira o espectro de uma galáxia distante. Quando você o examina, descobre que as linhas espectrais estão se movendo em direção ao vermelho do espectro. O *redshift* da galáxia (z), é dado por:

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

A partir do *redshift* podemos determinar a velocidade radial de uma galáxia, conhecida como velocidade de recessão. Se o *redshift* for inferior a 0,1, podemos desprezar os efeitos relativísticos, de modo que $v = c \cdot z$, onde $c = 3 \cdot 10^5$ km/s é a velocidade da luz.

Conforme mostrado ao lado [Gráfico 1], a relação entre z e v não é sempre linear. Se o *redshift* for maior do que 0,1, então devemos usar a seguinte relação:

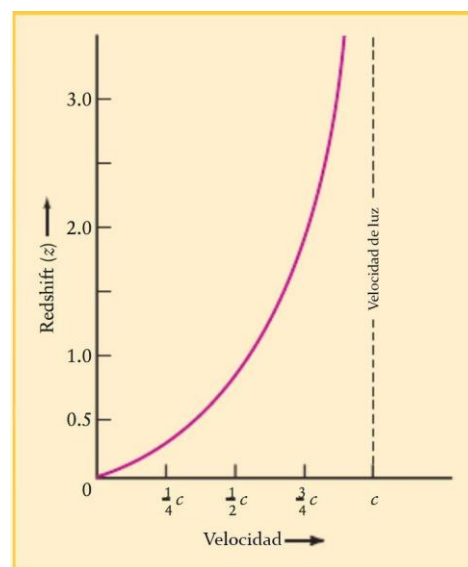


Gráfico 1

$$v = \left[\frac{(z+1)^2 - 1}{(z+1)^2 + 1} \right] \cdot c$$

Conhecendo a velocidade de recessão da galáxia, podemos determinar sua distância (D) a partir da Lei de Hubble:

$$v = H_0 \cdot D$$

Onde $H_0 = 73 \text{ km.s}^{-1}.\text{Mpc}^{-1}$, é a constante de Hubble.

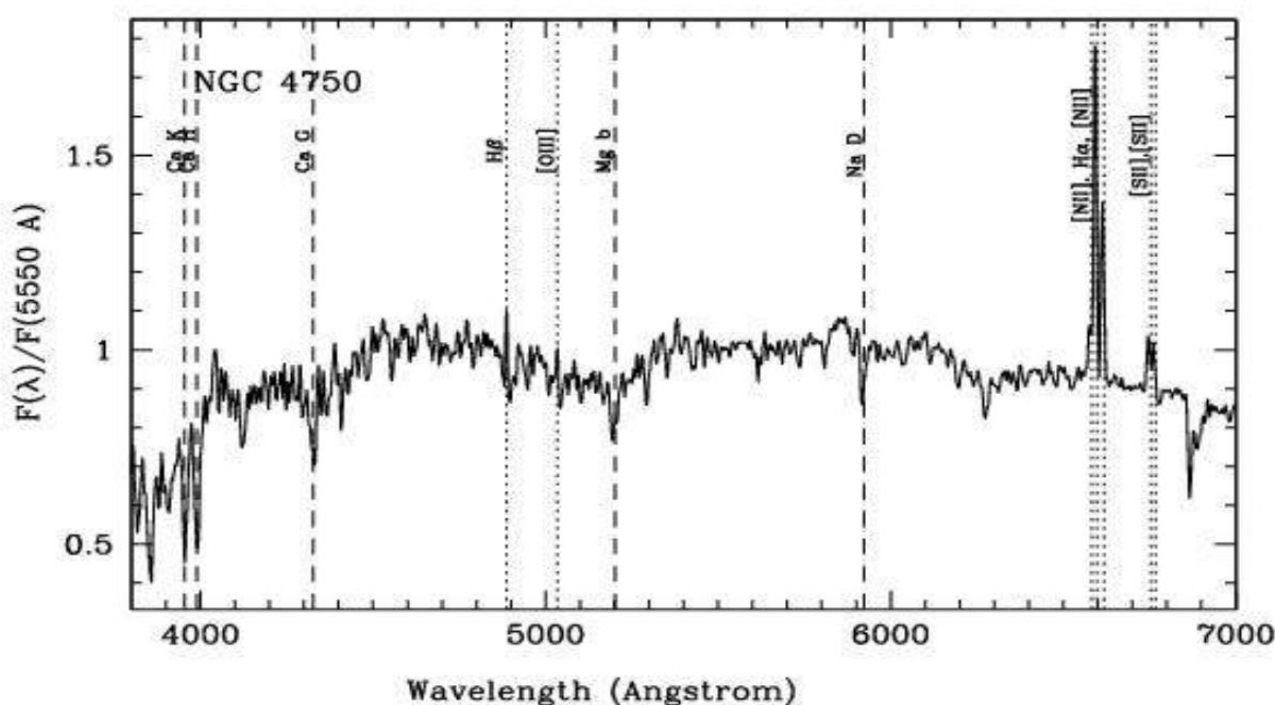
A partir dos dados apresentados, responda os itens a seguir.

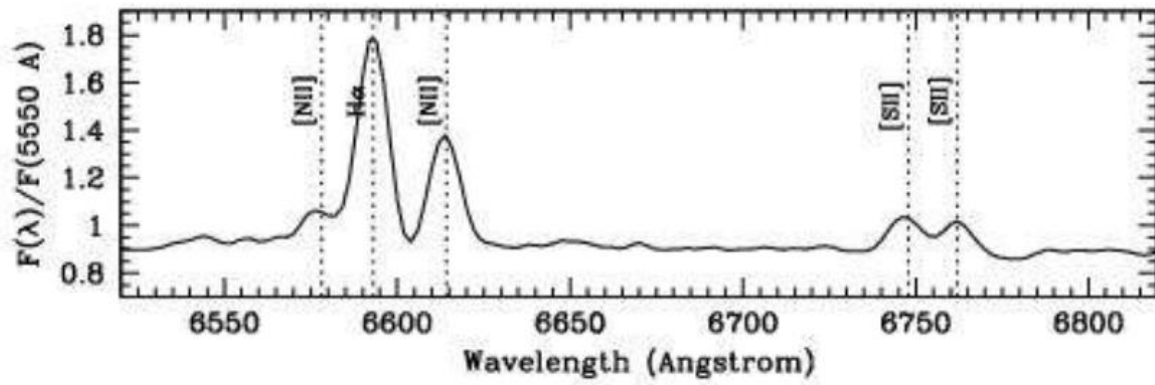
- Quando medido em um laboratório fixo na Terra, a linha K do cálcio ionizado, possui um comprimento de onda $\lambda_0 = 393,3 \text{ nm}$. Já quando medido no espectro da galáxia elíptica gigante NGC4889, essa mesma linha encontra-se em $\lambda = 401,8 \text{ nm}$. Determine a distância da Terra a NGC4889.
- No final de 1997, os astrônomos observaram uma supernova tipo Ia, chamada SN1997ff, com *redshift* $z = 1,7$. Use a Lei de Hubble para encontrar a distância até essa supernova.
- Observe a seguir os espectros de três galáxias - NGC4750, NGC7714 e NGC4631. Para cada galáxia é apresentado o espectro observado no óptico e a amplificação na faixa espectral da linha $H\alpha$ ($\lambda_0 = 6562,8 \text{ \AA}$). Analisando os gráficos, preencha a tabela com os comprimentos de onda observados (λ) em cada galáxia. Estime também o *redshift*, a velocidade de recessão e a distância, em relação a Terra, de cada um dos objetos. *Nota:* Mostramos como um exemplo a identificação de linhas de absorção e emissão para a primeira galáxia, NGC4750.

Galáxia	$\lambda(\text{\AA})$	z	$v \text{ (km/s)}$	$D \text{ (Mpc)}$
NGC4750	6593			
NGC7714				
NGC4631				

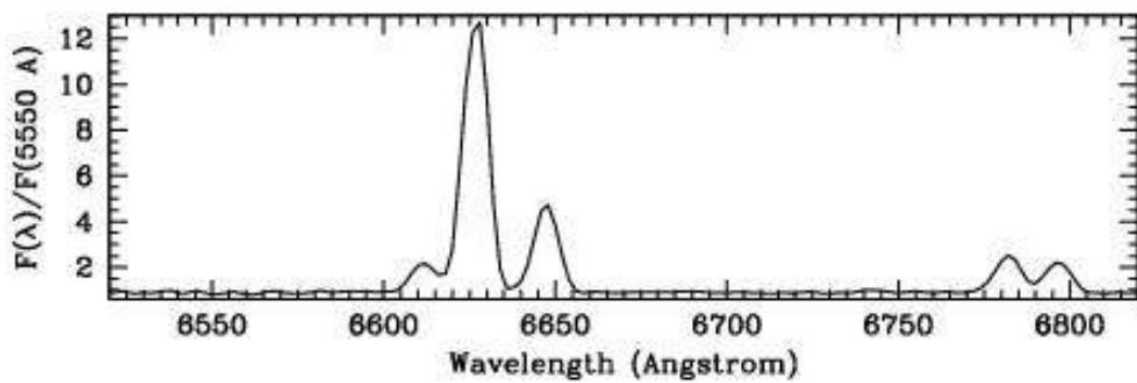
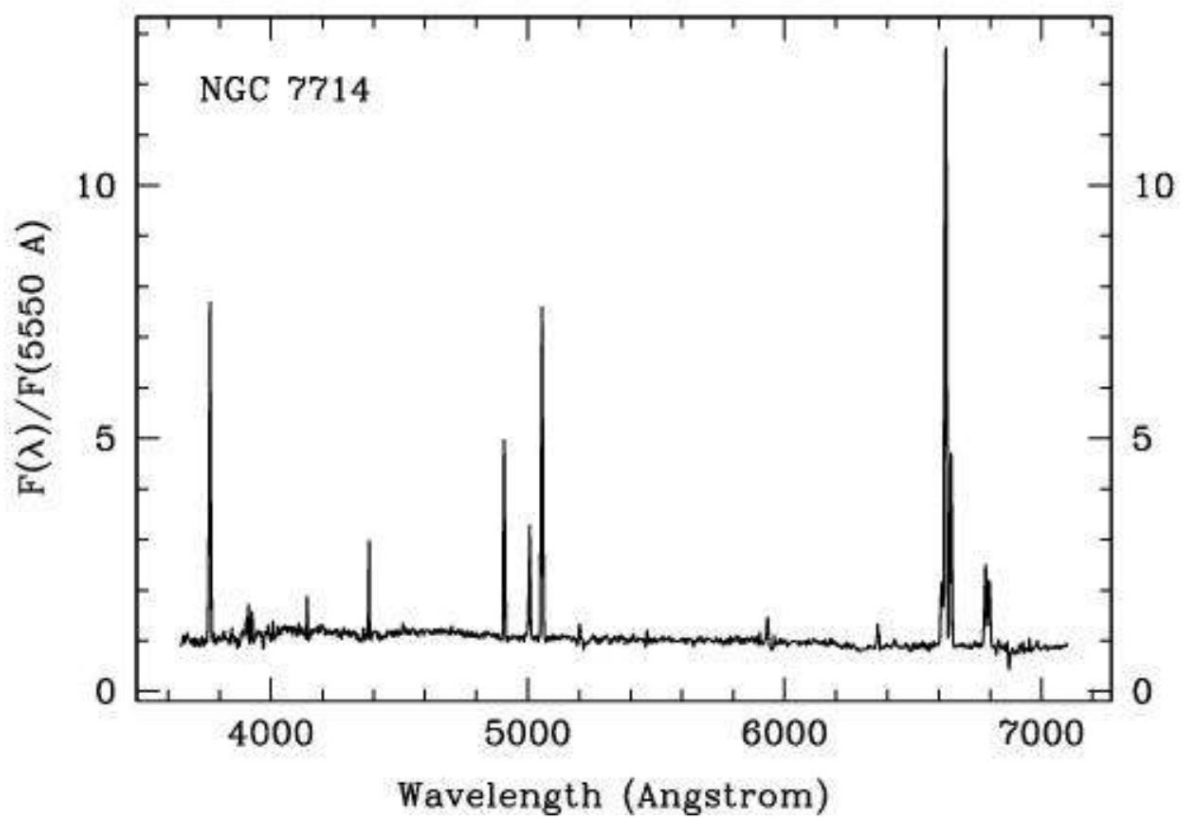
- Contrua um gráfico v versus D com os dados dos objetos dos itens (a), (b) e (c). Tendo em conta que na origem do gráfico está localizado na Via Láctea, o que você pode dizer sobre a dinâmica do nosso universo?

NGC 4750





NGC 7714



NGC4631

