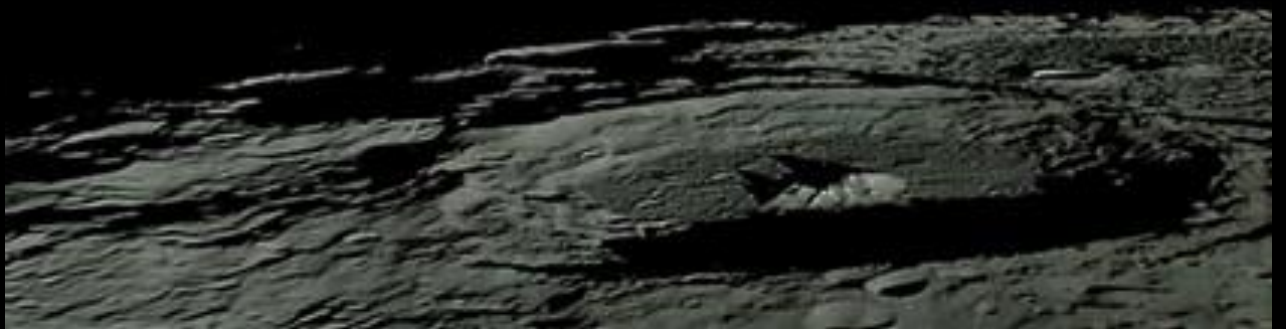


TERRA e LUA

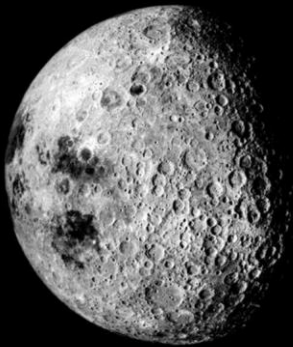


As Faces da Lua



Face voltada para a Terra

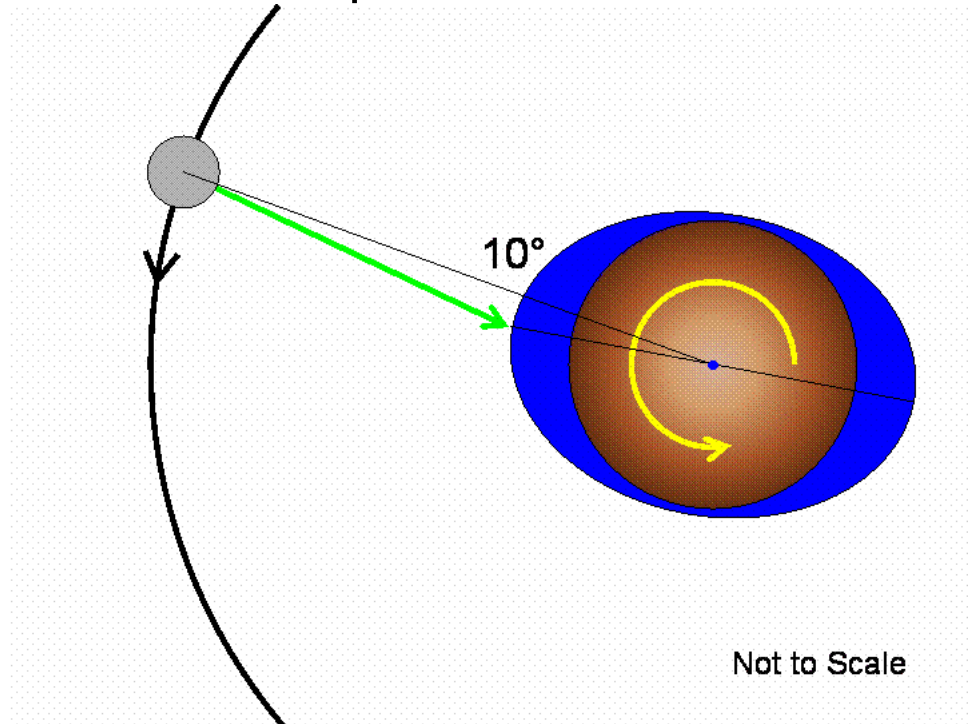
Face voltada para a Terra é consequência da sincronidade de períodos: período de rotação = período de translação



Face oposta

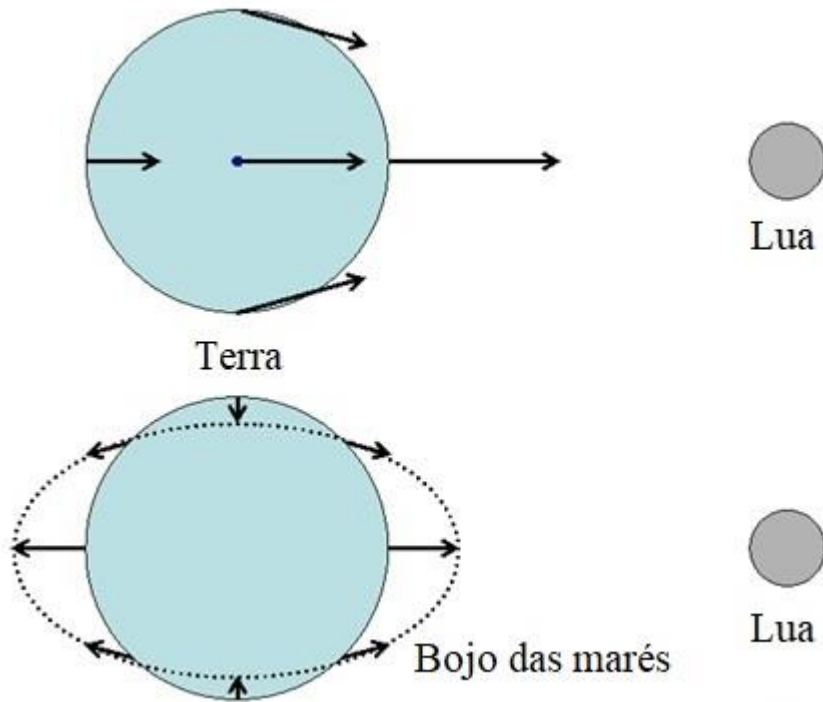
Fricção de maré

- A rotação da Terra ultrapassa a tração da Lua que provoca subida e descida das marés
- A gravidade da Lua exerce um pequeno arrasto – a fricção de maré devido a torques
- Essa fricção gradualmente desacelera a rotação da Terra



Rotação síncrona

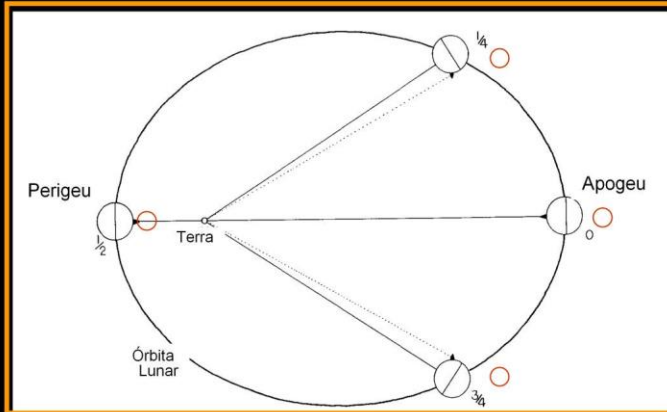
- A Lua sempre mantém a mesma face voltada para a Terra – rotação síncrona.
- A rotação síncrona se relaciona estreitamente às marés



Librações da Lua

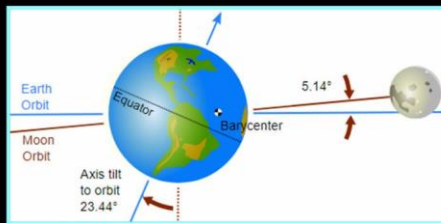
Libração em longitude

Como a órbita da Lua não é circular, as diferenças de velocidade orbital no perigeu (+ rápida) e apogeu (+ lenta) expõe uma fração adicional da superfície. No esquema isso é ilustrado através de uma suposta figura de superfície lunar, demarcada com círculo vermelho.



Libração em latitude

Estas librações provocam efeitos semelhantes, expondo frações adicionais da superfície lunar, porém em latitude.



A variação da distância à Terra afeta o tamanho aparente da Lua .

Os efeitos combinados permitem

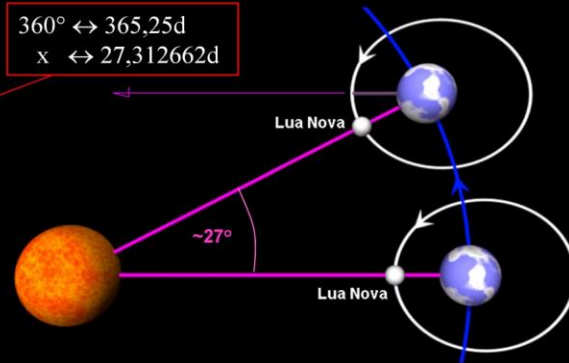
que mais de 50% da superfície lunar seja vista da Terra

Mês Sinódico e Mês Sideral

Mês sideral (27,321662d = 27d 7h 43m 12s): período orbital da Lua.

Mês sinódico (29,530589d = 29d 12h 44m 3s): período das lunações ou das fases da Lua (Nova-Nova, Cheia-Cheia etc.)

Essa diferença ocorre porque durante um mês sideral a Terra avançou cerca de 27° em relação à posição anterior e a repetição da fase lunar esperada só ocorrerá 2,208927 dias mais tarde



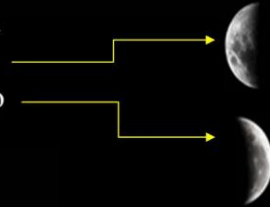
Fases da Lua



A imagem aparente da Lua é invertida nos hemisférios.

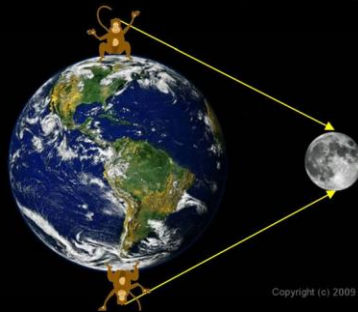
Hemisfério sul: a fase crescente tem formato côncavo

Hemisfério norte: a fase crescente tem formato convexo



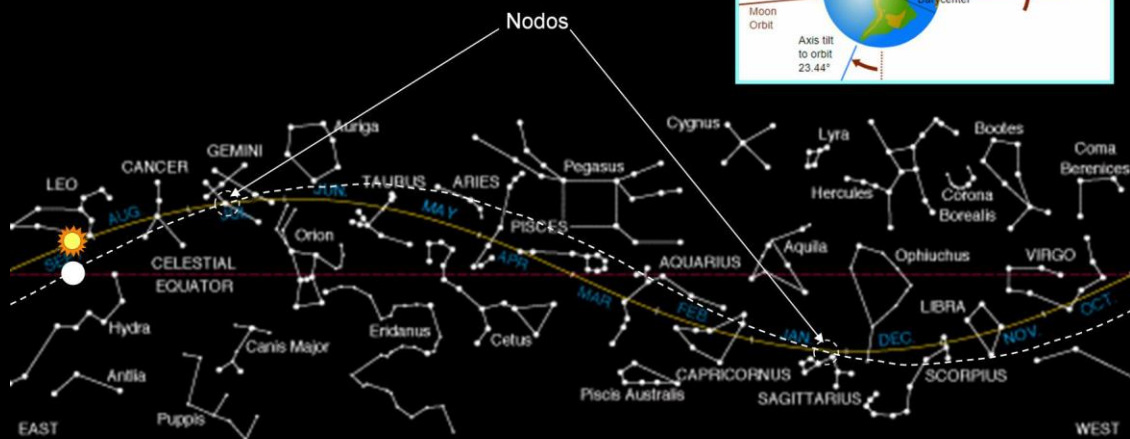
Fases

Visão 3D



Copyright (c) 2009 by Derek Owens

As órbitas no plano do céu



Os eclipses ocorrem quando o Lua e Sol estão simultaneamente próximos dos nodos.

Eclipse Solar : Sol e Lua estão localizados no mesmo nodo.

Eclipse Lunar : Sol está em um nodo e a Lua está 12h adiante em ascensão reta.

Eclipse Lunar – Lua Cheia



©2000 F. Espenak

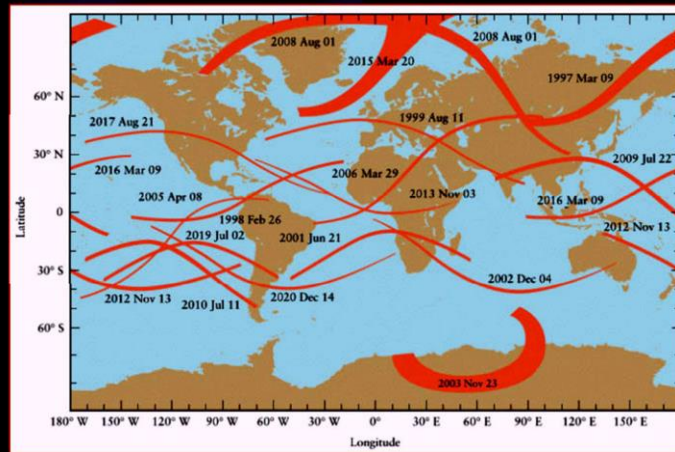
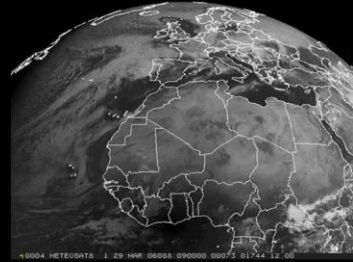
www.MrEclipse.com



www.MrEclipse.com

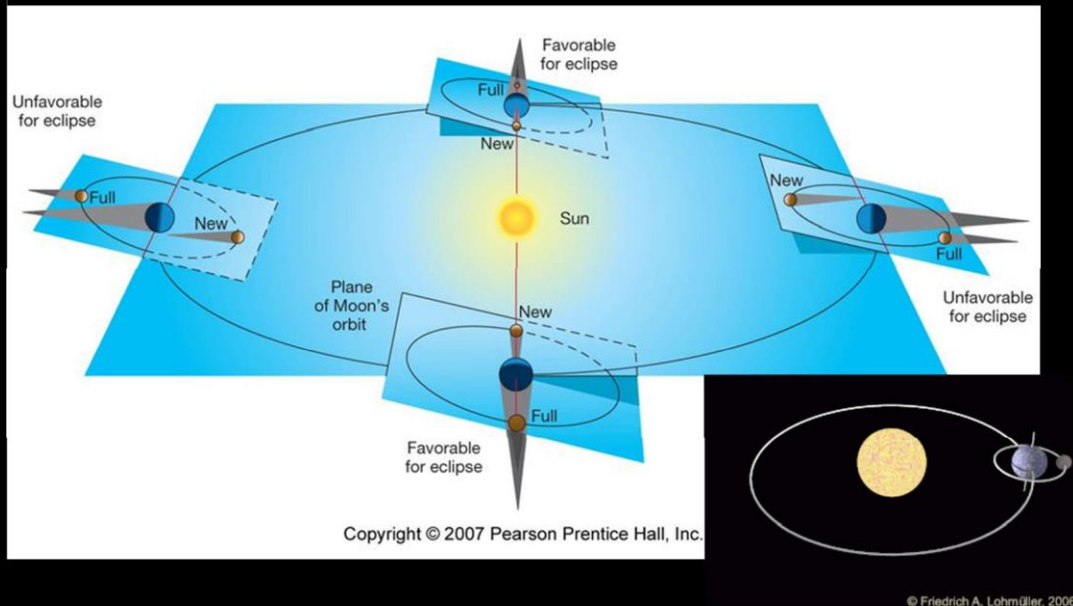
©2003 F. Espenak

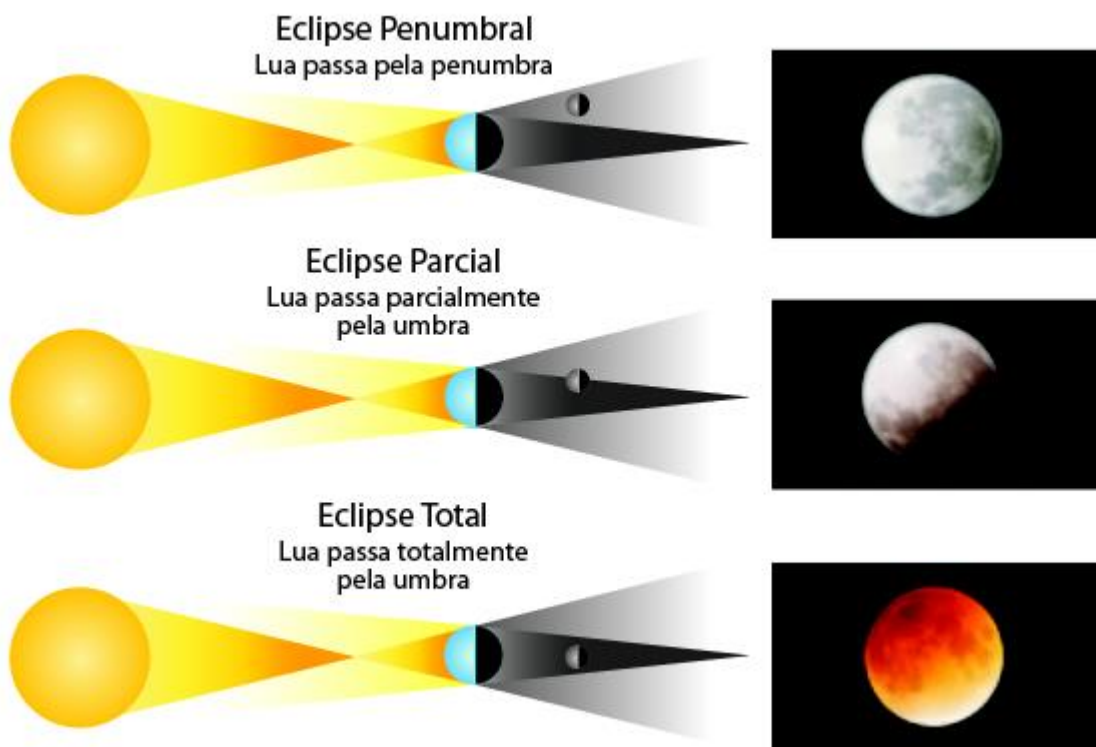
Eclipse Solar (Lua Nova)



Órbita Lunar e frequência dos eclipses

Os eclipses não ocorrem todos os meses porque as órbitas da Terra e da Lua não estão no mesmo plano.

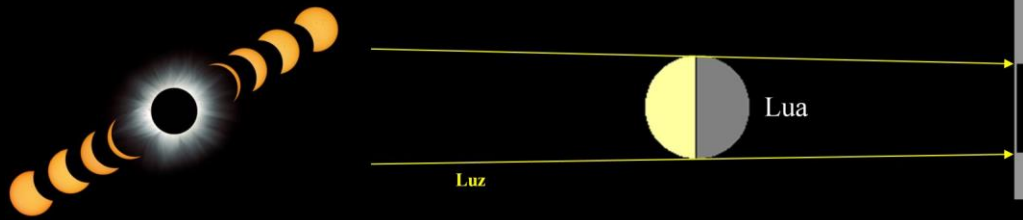




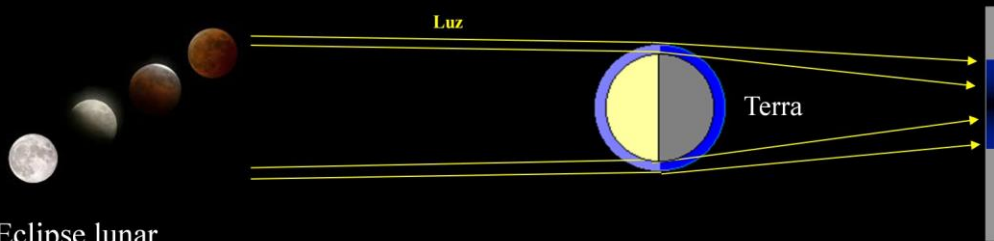
Iluminação nos eclipses

Sem atmosfera a luz solar propaga-se em linha reta, por isso a sombra lunar é bem delineada, encobrindo completamente o disco solar.

Eclipse solar

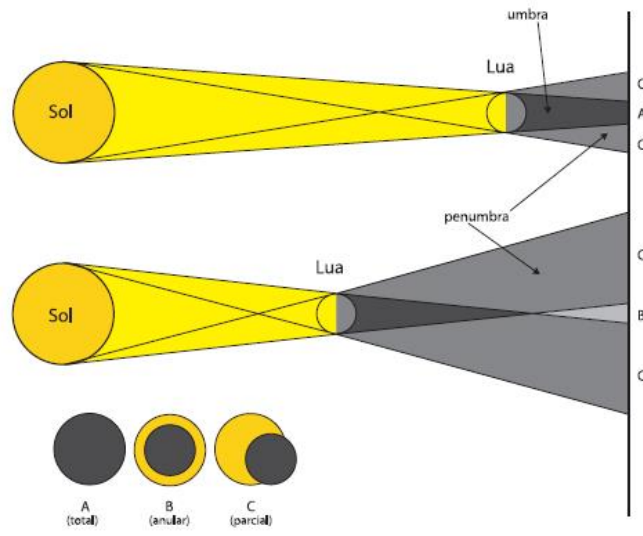


Eclipse lunar



A atmosfera terrestre refrata a luz solar, provocando um disco de sombra parcialmente iluminado. Por isso a Lua é vista durante um eclipse lunar.

Ilustração fora de escala





Perigeu

Super Lua!



Apogeu

Diferentes tipos de mês lunar

- Mês sinódico (29d 12h 44m 2.8s): o mês das fases da lua.
- Mês sideral (27d 7h 43m 11.6s): em relação às estrelas.
- Mês tropical (27d 7h 43m 4.7s): em relação ao ponto vernal. Ligeiramente mais curto do que o sideral, devido à retrogradação do ponto vernal causada pela precessão.
- Mês draconítico (27d 5h 5m 35.8s): em relação aos nodos da órbita lunar. Mais curto do que o sideral, devido à retrogradação da linha dos nodos no período de 18.61 anos.
- Mês anomalístico (27d 13h 18m 33.2s): em relação ao perigeu da órbita lunar. Mais longo do que o sideral devido ao avanço da linha das apsídias no período de 8.83 anos.

Período de Saros

- A periodicidade e a recorrência dos eclipses é governada pelo Ciclo de Saros (já conhecido dos Caldeus), um período de $\sim 6.585,3$ dias (18 anos 11 dias 8 horas).

- Razão $\rightarrow$ harmonia entre os períodos orbitais da Lua:

Mês Sinódico (lunações): $29,53059$ dias = 29d 12h 44m

Mês Dracônico (de nodo a nodo): $27,21222$ dias = 27d 05h 06m

Mês Anomalístico (perigeu a perigeu) $27,55455$ dias = 27d 13h 19m

- O ciclo compreende 223 meses sinódicos $\approx$ 242 meses dracônicos $\approx$ 239 meses anomalísticos.
- As condições praticamente se repetem a cada ciclo.

Movimento lunar e duração de eclipse solar total

- A Para leste, em relação ao Sol: $360^\circ / 29,5 \text{ dias} \sim 12^\circ / \text{dia}$ (valor aproximado)
- B Velocidade: $\frac{12^\circ/\text{dia}}{360^\circ} \times 2\pi \times 384\,000 \text{ km} \simeq 80\,400 \text{ km}/\text{dia} \simeq 56 \text{ km}/\text{min}$
- C Velocidade de rotação da Terra (superfície): $\frac{2\pi R_\oplus}{1 \text{ dia}} = \frac{2\pi \times 6\,370 \text{ km}}{24 \text{ h}} = 1667 \text{ km}/\text{h} \simeq 28 \text{ km}/\text{min}$
- D Velocidade relativa aproximada: $56 \text{ km}/\text{min} - 28 \text{ km}/\text{min} = 28 \text{ km}/\text{min}$
 Valor preciso (leva em conta a geometria): $34 \text{ km} / \text{min}$
- E Duração máxima: $\frac{270 \text{ km}}{34 \text{ km}/\text{min}} = 7,9 \text{ min}$ *Diâmetro máximo da sombra lunar sobre a superfície terrestre*

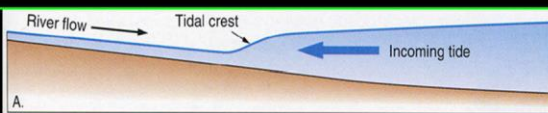


Marés e o nível das águas

Adaptado de Steve Dexter

Marés e o nível das águas

Nas marés altas as águas dos oceanos avançam sobre as águas dos rios



[/www.youtube.com/watch?v=lrUpBss4XYk](https://www.youtube.com/watch?v=lrUpBss4XYk)

Foz do Rio Amazonas (Pororoca): forma-se uma onda de até 5-m de altura entrando a 20 km/h

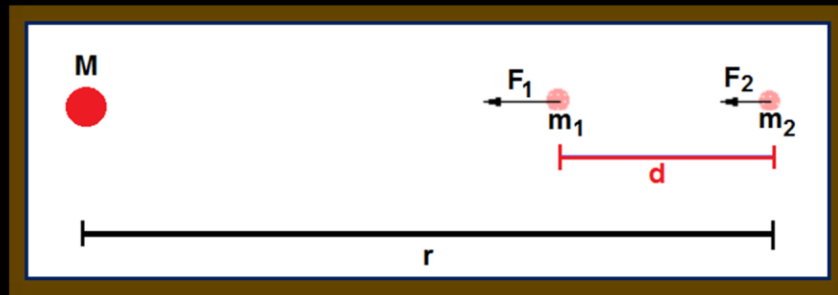
Foz do Rio Fu-Ch'un: a onda tem até 7-8 m de altura e move-se a 25 km/h

[//tv.uol.com.br/video/ondas-da-maior-pororoca-do-mundo-ferem-30-pessoas-na-china-04024C1B3666D0B14326](http://tv.uol.com.br/video/ondas-da-maior-pororoca-do-mundo-ferem-30-pessoas-na-china-04024C1B3666D0B14326)



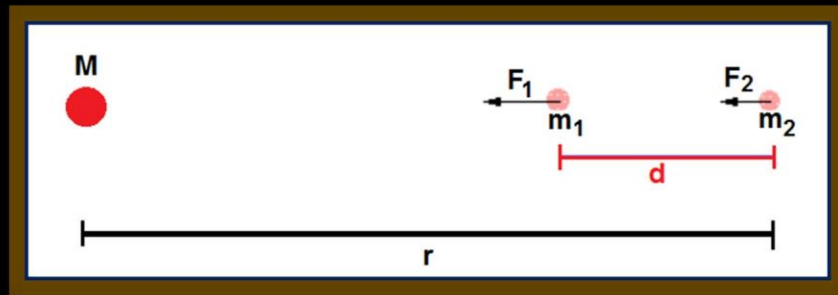
Adaptado de Steve Dexter

Causa física



Maré é consequência da *força gravitacional diferencial* (a diferença entre as forças gravitacionais exercidas em duas partículas vizinhas por um terceiro corpo).

Causa física

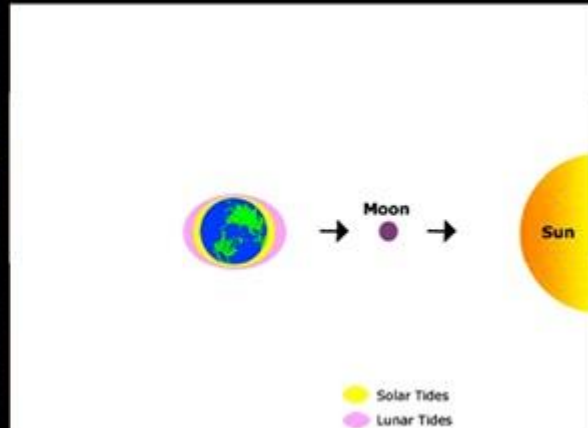
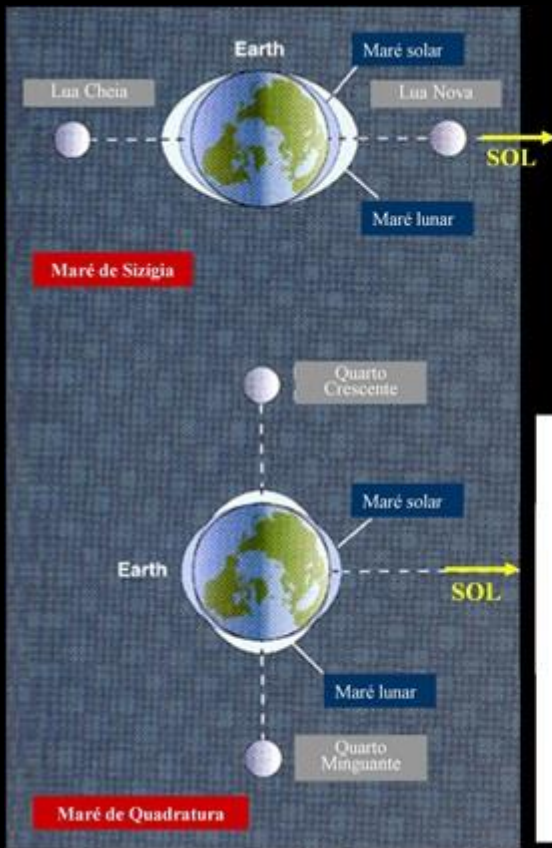


$$F = -\frac{GMm}{r^2} \Rightarrow \frac{dF}{dr} = \frac{2GMm}{r^3} \Rightarrow dF = \frac{2GMm}{r^3} dr \quad \text{ou} \quad \Delta F = \frac{2GMm}{r^3} dr$$

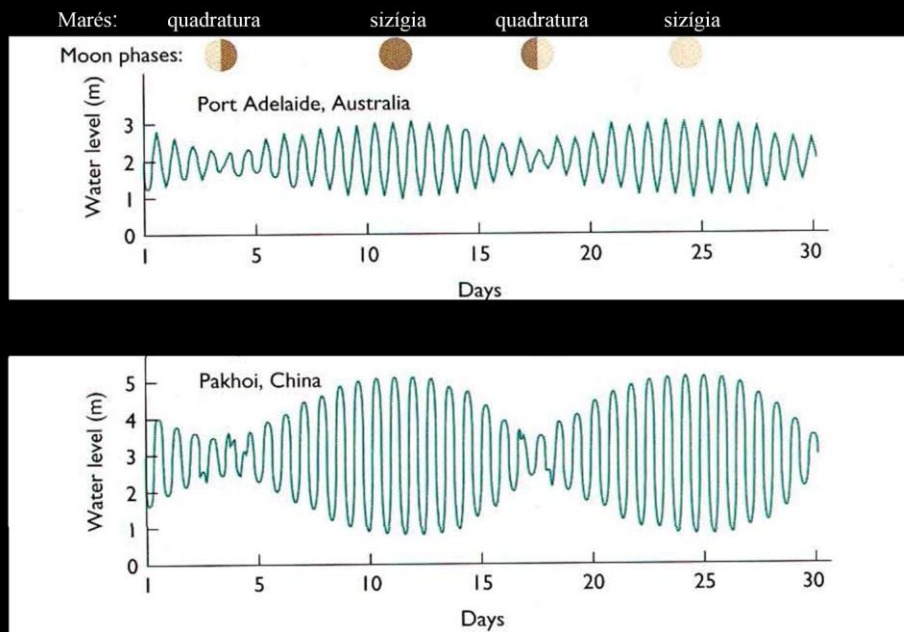
Apesar de a massa do Sol ser bem maior do que a da Lua, a influência da maré solar é menor que a da maré lunar. É que a distância do Sol é bem maior do que a da Lua. A razão entre elas é:

$$\frac{dF_L}{dF_S} = \frac{M_L}{M_S} \left(\frac{d_S}{d_L} \right)^3 = \frac{7,35 \times 10^{22} \text{ kg}}{2 \times 10^{30} \text{ kg}} \times \left(\frac{149.600.000 \text{ km}}{384.000 \text{ km}} \right)^3 = 2,17$$

Efeitos gravitacionais do Sol e da Lua combinados



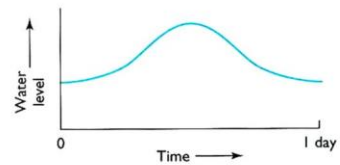
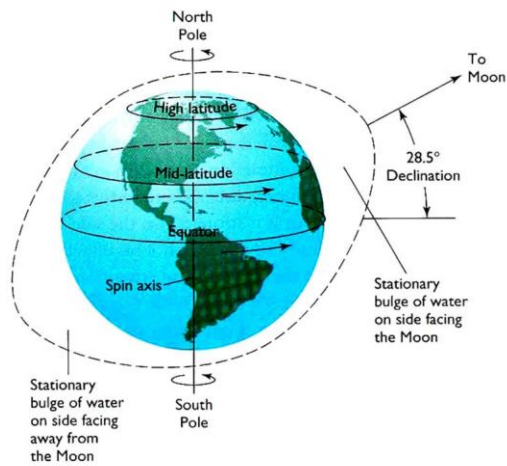
Registros



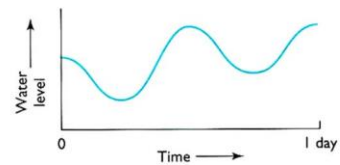
Adaptado de Steve Dexter

Tipos de Marés

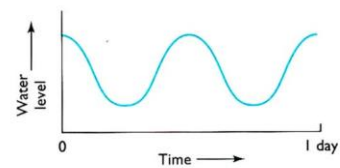
A posição da Lua determina a direção do bojo, por isso as marés variam no tempo



High latitudes: diurnal tides



Mid-latitudes: mixed tides

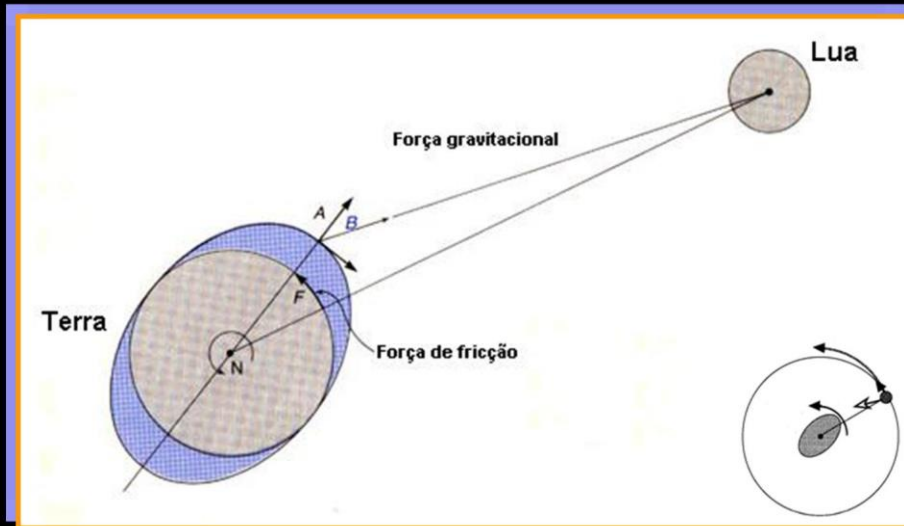


Low latitudes: semidiurnal tides

Adaptado de Steve Dexter

Recessão da Lua

Variação da rotação terrestre: 2 milissegundo/ano/século



A perda de energia da Terra causa um torque sobre a Lua, forçando seu afastamento.

A importância da Lua - <http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=8217>

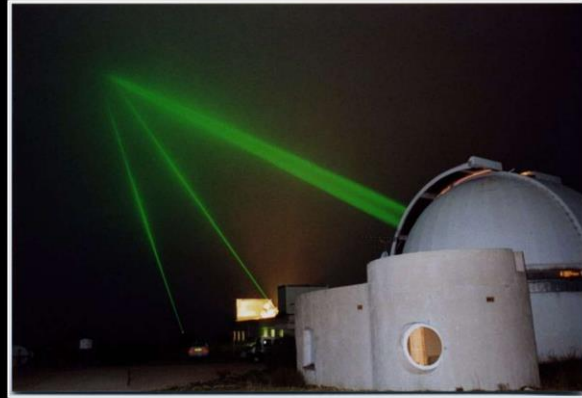
Recessão da Lua

A Terra perde energia e gira cada vez mais lentamente, enquanto a Lua ganha energia e se afasta da Terra.

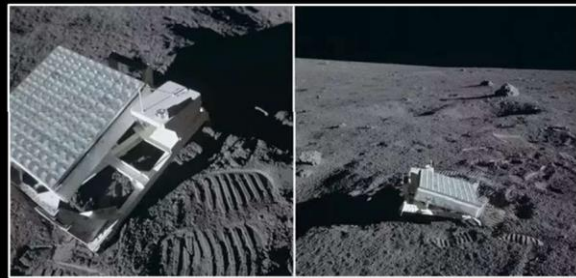
No passado o dia era mais curto, assim como o mês lunar.

No futuro o dia e o mês lunar serão mais longos.

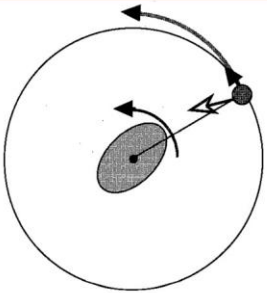
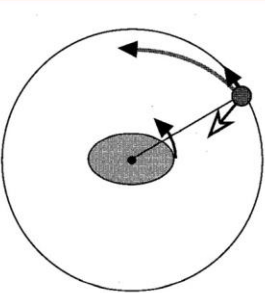
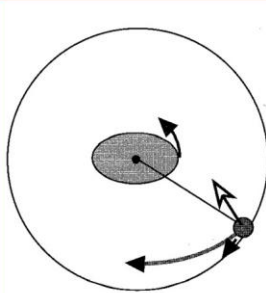
Baricentro: 1.600 km abaixo da
superfície terrestre
Recesso: 3,8 cm/ano
 $1600 / 3,8 \sim 400.000$ anos
O baricentro estará fora da Terra.



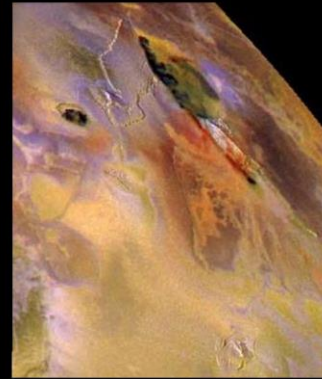
Laser beams shot to the moon from Grasse (MéO) station in Calern, France successfully targeted the reflector on the Soviet Union's old Lunokhod 1 rover. Credit: Jean-Marie Torre, Côte d'Azur Observatory



Influência da maré no movimento orbital

		
Movimento prógrado, com a rotação do planeta mais rápida que a translação do satélite. O bojo “puxa o satélite para frente”; este ganha energia potencial e muda sua trajetória para uma órbita maior, afastando-se lentamente do planeta. Este é o caso da Lua.	Movimento prógrado, com um satélite transladando mais rapidamente que a rotação do planeta. O bojo “puxa o satélite para trás”; este perde energia potencial e muda sua trajetória para uma órbita menor, aproximando-se lentamente do planeta.	Movimento retrógrado, com o satélite transladando em sentido contrário à rotação do planeta. Lentamente o satélite aproxima-se do planeta como consequência da perda de energia orbital.

Influência da maré no satélite Io (Júpiter)



O efeito de maré distorce o satélite. Como sua órbita é elíptica, sua velocidade orbital é máxima no pericentro e mínima no apocentro. Conjugados os efeitos, o satélite sofre torção, deforma-se e a energia liberada nesse processo causa vulcanismo.