

# FUNDAMENTOS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA

Semanas 4 e 5 (aulas 13 a 18)

Astronomia Clássica

Prof. Renato Pugliese  
[renatopugliese.wordpress.com](http://renatopugliese.wordpress.com)

IFSP/Pirituba  
2017

# I. As primeiras medidas do céu

Fig. 1: Nascer do Sol no solstício sobre Stonehenge



2016 June 20

Sunrise Solstice over Stonehenge

Image Credit & Copyright: [Max Alexander](#), [STFC](#), [SPL](#)

© Max Alexander

Explanation: Today the Sun reaches its northernmost point in planet Earth's sky. Called a **solstice**, the date astronomically marks a change of seasons -- from spring to summer in Earth's Northern Hemisphere and from fall to winter in Earth's **Southern Hemisphere**. The featured image was taken during the week of the 2008 summer **solstice** at **Stonehenge** in **United Kingdom**, and captures a picturesque sunrise involving fog, trees, clouds, **stones placed** about 4,500 years ago, and a 4.5 billion year old **large glowing orb**. Even given the **precession of the Earth's rotational axis** over the millennia, the **Sun** continues to rise over **Stonehenge** in an **astronomically significant way**.

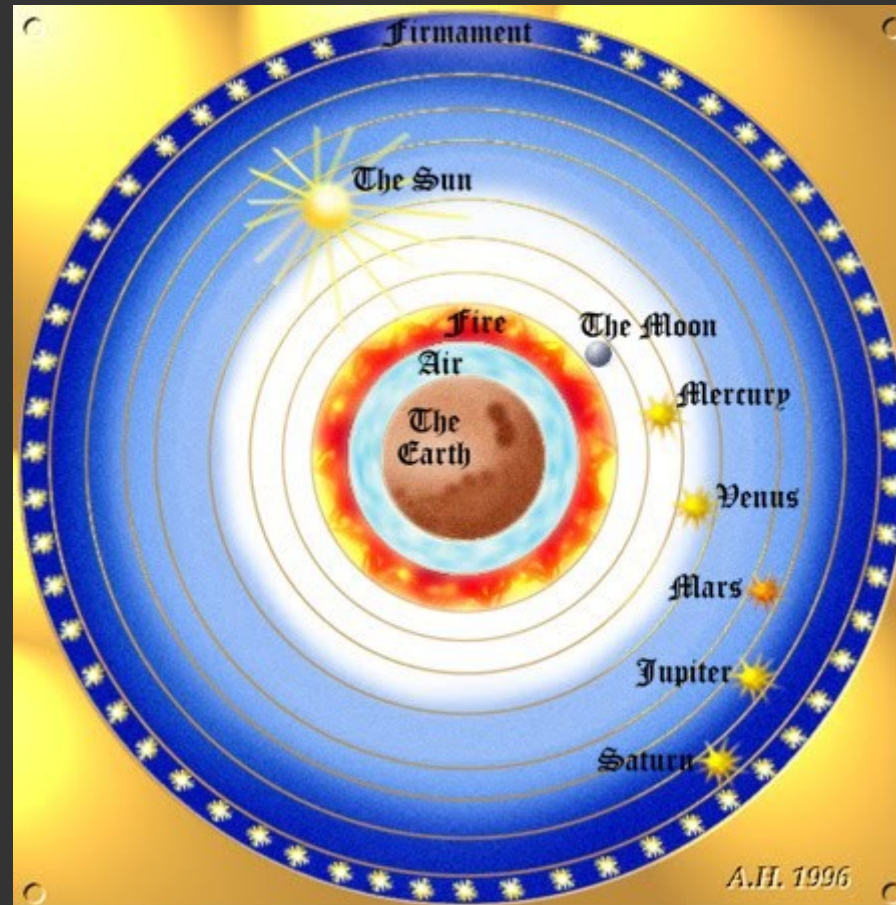
# I. As primeiras medidas do céu

Antiguidade pré-helênica (3000 a 1000 a.C.): pirâmides, templos, monumentos, pedras... orientadas segundo algum aspecto astronômico. Conhecimento do posicionamento aparente do Sol, da Lua e das constelações como base para agricultura e viagens.

- Thales (~600 a.C.) → Terra plana flutuante;

- Pitágoras (~530 a.C.), Aristóteles e Eudóxio (~350 a.C.) → Terra esférica, em rotação, em torno de Fogo Central, circundada por 10 esferas concêntricas contendo estrelas e planetas: Modelo de Universo!

# I. As primeiras medidas do céu



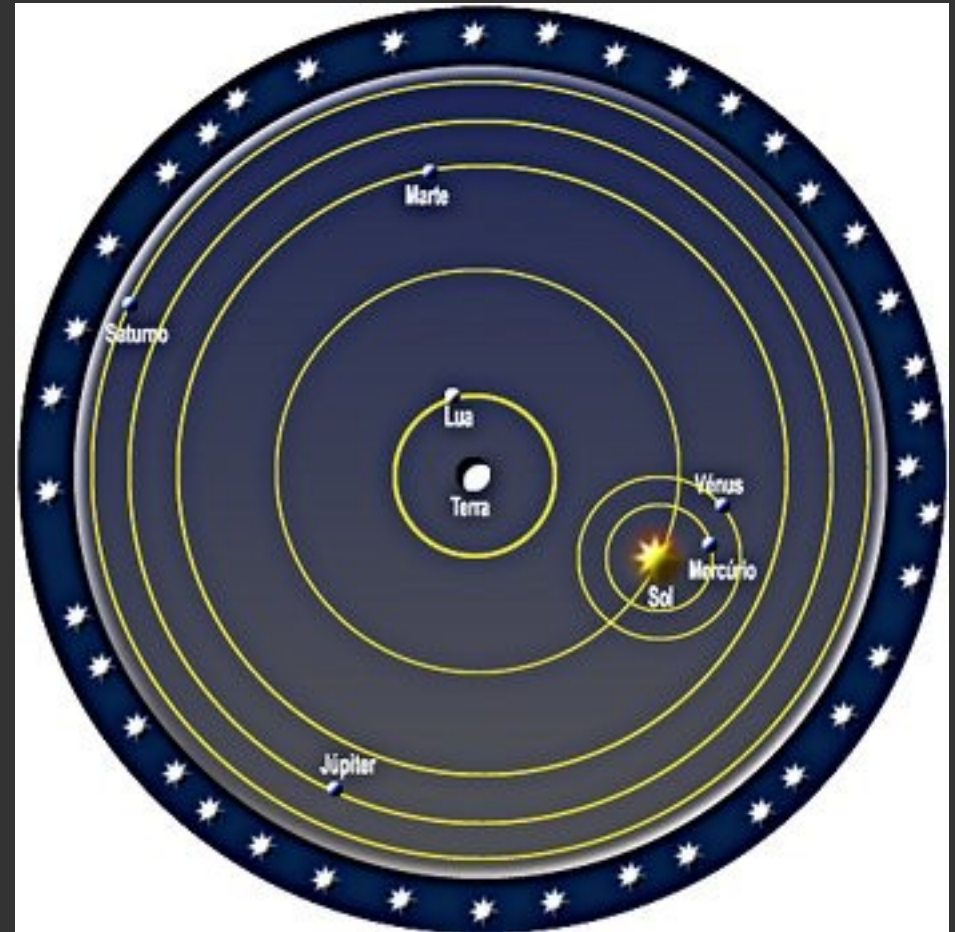
[http://ventosdouniverso.blogspot.com.br/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://ventosdouniverso.blogspot.com.br/2010_08_01_archive.html)

Fig. 2: Modelo Aristotélico-Pitagórico

# I. As primeiras medidas do céu

- Heráclito (~330 a.C.) → Sistema com dois centros.

Fig. 3: Modelo de Heráclito.



[http://ventosdouniverso.blogspot.com.br/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://ventosdouniverso.blogspot.com.br/2010_08_01_archive.html)

- Aristarco (~280 a.C.) → Terra em rotação e translação ao redor do Sol;
- Eratóstenes (~250 a.C.) → Cálculo do raio de curvatura da Terra com Gnômon.  
Mas o que é o Gnômon? E como foi calculado o raio da Terra há tanto tempo?

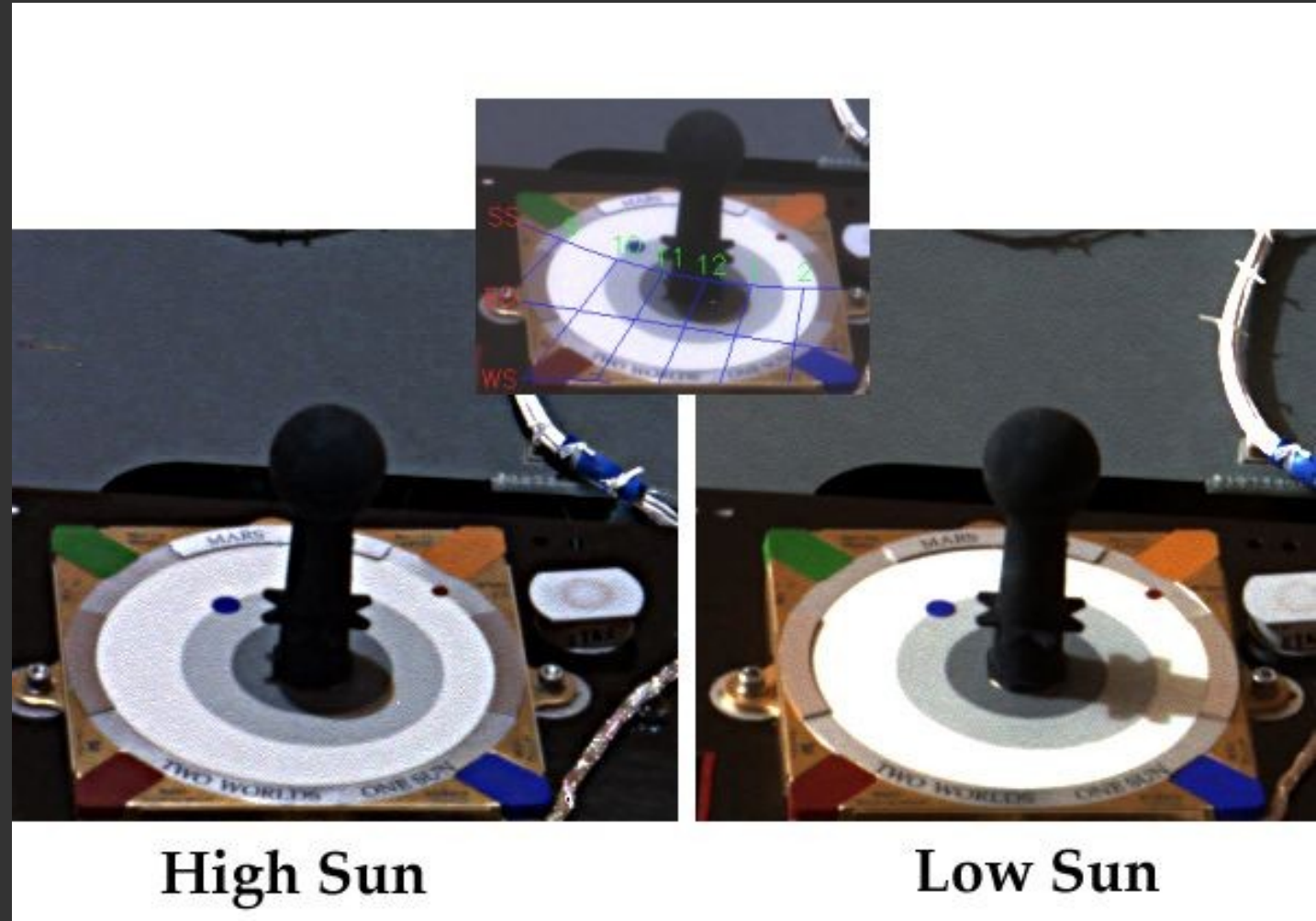


# I. As primeiras medidas do céu

Fig. 4: Dois mundos, um Sol

(alvo para calibração de câmera na Spirit, em Marte, também funciona como Relógio solar, ou relógio marciano)

Ex. 1: determinação do raio da Terra (desenhar). Siena – Alexandria: 800 km. Diferença angular:  $7^\circ$ . Relação arco-ângulo.



2004 January 10  
Two Worlds, One Sun

Credit: Cornell University, Mars Exploration Rover Mission, JPL, NASA

Explanation: *Two Worlds, One Sun*, is the legend emblazoned on the Spirit rover's camera calibration target. Resting on the rover's rear deck, it also doubles as a sundial, allowing students to determine the solar time at Spirit's landing site on Mars. Examples of the sundial or Marsdial are shown above where the left image, captured near local noon, shows the effect of the Sun high in the martian sky. The right image from later in the afternoon with the Sun lower in the sky, shows a long shadow cast by the Marsdial's 3.5 centimeter high central post. Based on the computer generated grid overlay, students determined the local time in the central inset image to be about 12:17 pm local solar time. The face of the Marsdial was designed by astronomy artist Jon Lomberg in collaboration with other team members. Did you know, the Marsdial idea was a brainchild of Bill Nye, the Science Guy? Now you know ...

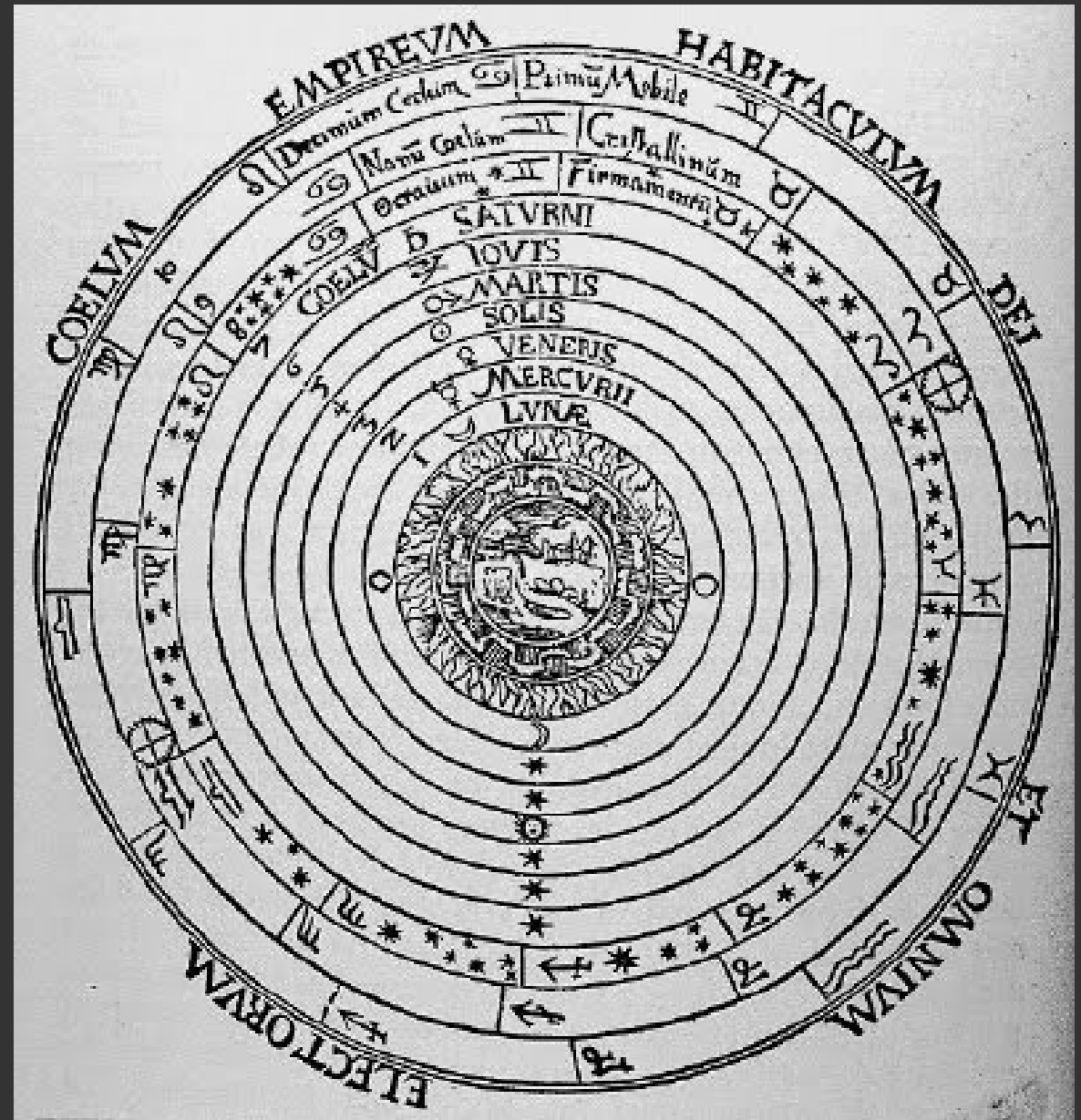
# I. As primeiras medidas do céu

- Hiparco (150 a.C.) → Catálogo de estrelas (800) em magnitudes de 1 a 6. Duração das estações do ano, calculou a distância Terra-Lua (em eclipses), descobriu a precessão dos equinócios.

- Ptolomeu (150 d.C.) → *Almagestum*: síntese e coletânea de todo o conhecimento grego/árabe/norte-africano sobre Astronomia. Previsão de estações, fases da Lua, eclipses, conjunções e alinhamentos.

# I. As primeiras medidas do céu

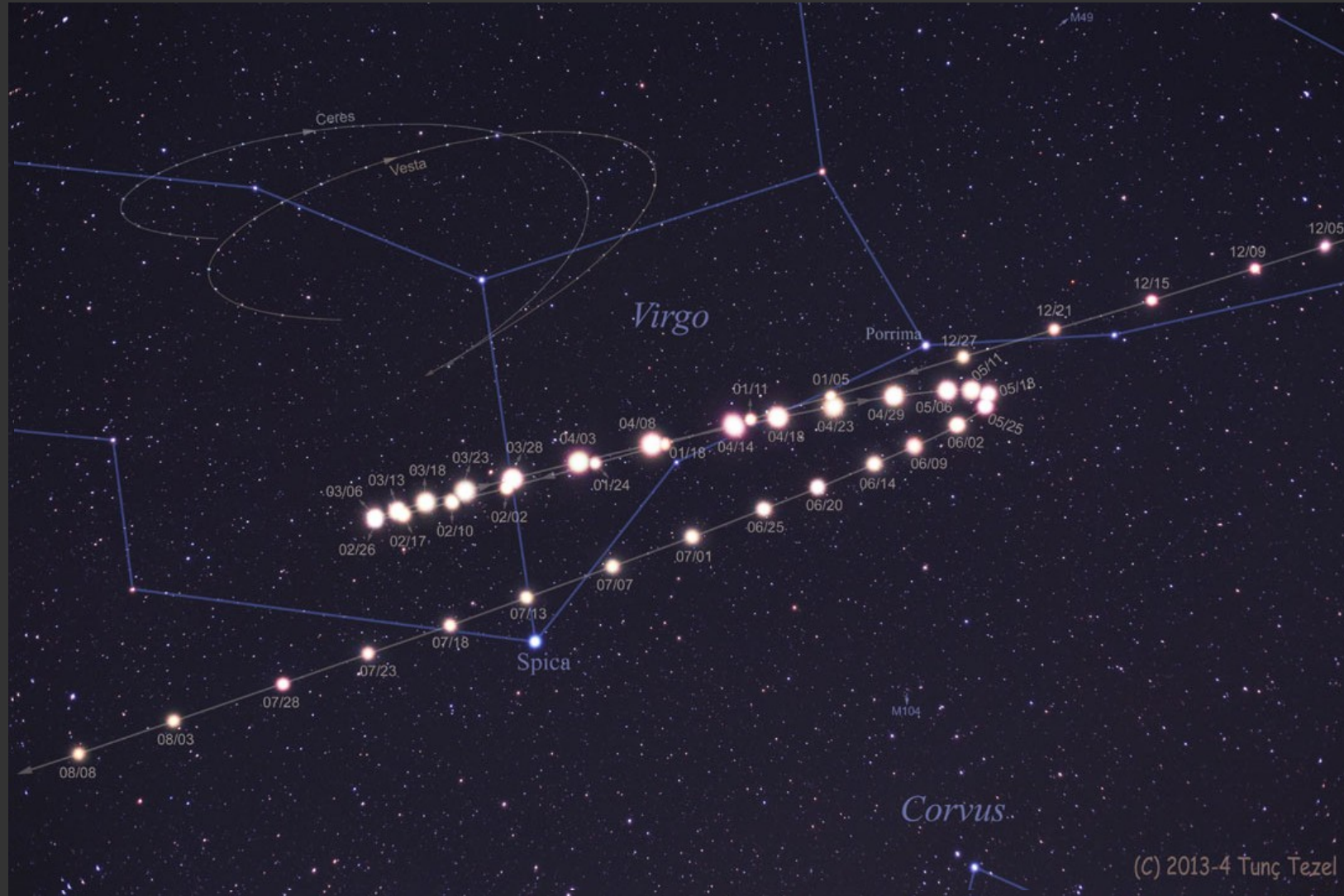
Fig. 5: Modelo Aristotélico-Ptolomaico





# I. As primeiras medidas do céu

Fig. 6: Marte retrógrado



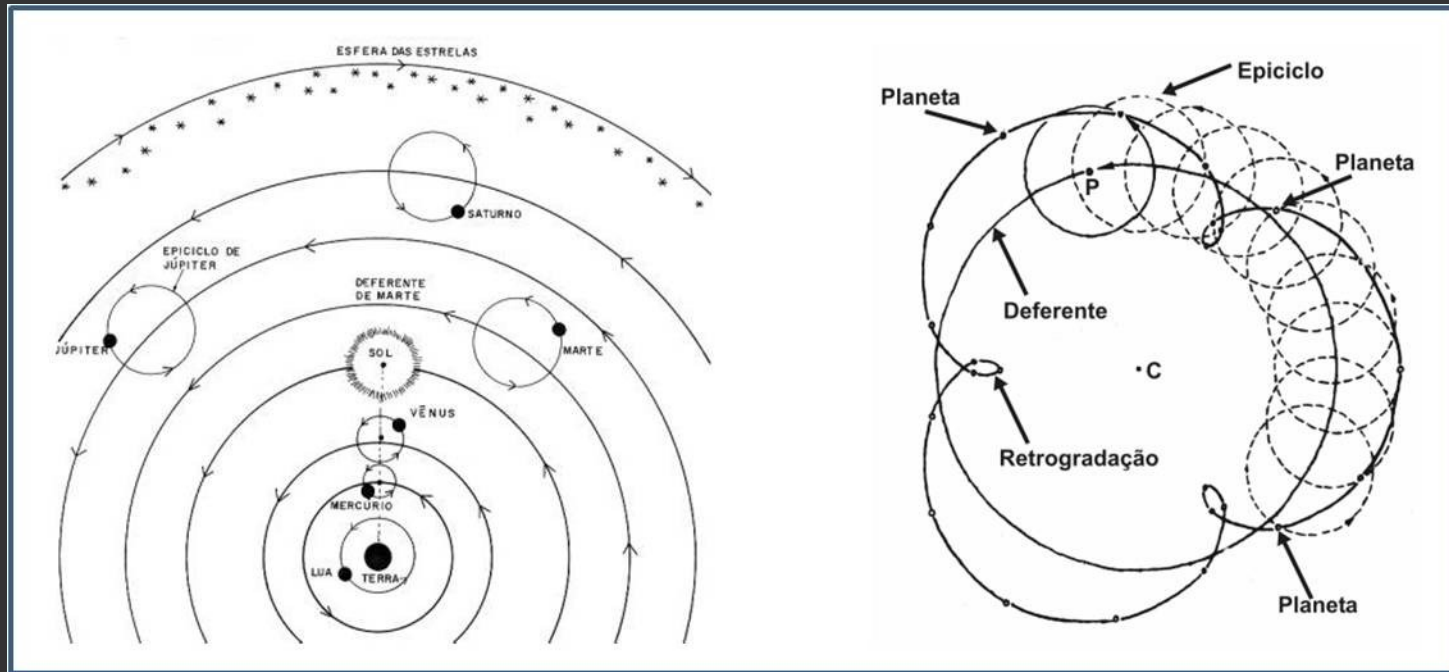
2014 October 28  
Retrograde Mars

Credit & Copyright: Tunç Tezel (TWAN)

Explanation: Why would Mars appear to move backwards? Most of the time, the apparent motion of Mars in Earth's sky is in one direction, slow but steady in front of the far distant stars. About every two years, however, the Earth passes Mars as they orbit around the Sun. During the most recent such pass starting late last year, Mars as usual, loomed large and bright. Also during this time, Mars appeared to move backwards in the sky, a phenomenon called retrograde motion. Featured here is a series of images digitally stacked so that all of the stars coincide. Here, Mars appears to trace out a narrow loop in the sky. At the center of the loop, Earth passed Mars and the retrograde motion was the highest. Retrograde motion can also be seen for other Solar System planets.

# I. As primeiras medidas do céu

Fig. 7: Epículos (Sistema Aristotélico-Ptolomaico)



[http://ventosdouniverso.blogspot.com.br/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://ventosdouniverso.blogspot.com.br/2010_08_01_archive.html)

# I. As primeiras medidas do céu

Copérnico (~1543) → *De Revolutionibus Orbium Coelestium* e *Commentariolos*: O movimento dos astros celestes se torna muito mais fácil de estudar/prever matematicamente num sistema heliocêntrico.

Por mais de 1300 anos o sistema Aristotélico-Ptolomaico foi aceito e trabalhado como paradigma vigente, ou seja, como verdade científica. A chamada Revolução Copernicana transforma essa visão de mundo científica e cotidiana.

# II. O movimento aparente dos corpos celestes

Esfera celeste: observador na Terra, no centro da esfera, com vista para um hemisfério celeste.

[Desenhar] Hemisfério celeste e horizonte.

Movimento diário do céu

- Sol
- Lua
- Estrelas fixas (atualmente 88 constelações)
- Errantes / planetas (visíveis a olho nu: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno)

Movimento diário da esfera celeste.

- Polos Sul e Norte celeste.

# II. O movimento aparente dos corpos celestes

Interpretação atual: Terra em movimento bastante complexo, com componentes:

- Rotação: em torno de seu eixo (1 dia);
- Translação: em torno do Sol (1 ano);
- Precessão: rotação angular do eixo de rotação (26000 anos);
- Rotação galáctica: translação com Sistema Solar em torno do centro da galáxia ( $250 \cdot 10^6$  anos).

Coordenadas na esfera celeste:

- Zênite
- Nadir
- Plano do horizonte / Linha do horizonte
- Circunferência vertical: Define Polos Norte e Sul Geográficos (N e S) quando cruza com Polos Norte e Sul Celestes.
- Leste e Oeste (L e O) geográficos como cruzamento perpendicular da linha Norte e Sul.

# III. As fases da Lua e o mês



- 1 Jan** Ano Novo
- 6 Jan** Dia de Reis
- 2 Feb** Dia de Iemanjá
- 14 Feb** Dia de São Valentim
- 19 Feb** Horário de inverno
- 28 Feb** Carnaval
- 1 Mar** Cinzas
- 8 Mar** Dia da Mulher
- 1 Abr** Dia da Mentira
- 9 Abr** Semana Santa
- 16 Abr** Páscoa
- 21 Abr** Tiradentes
- 22 Abr** Descobrimento do Brasil
- 23 Abr** Dia de São Jorge

- 1 Mai** Dia do Trabalhador
- 14 Mai** Dia das Mães
- 31 Mai** Dia do Espírito Santo
- 4 Jun** Pentecostes
- 12 Jun** Dia dos Namorados
- 15 Jun** Corpus Christi
- 24 Jun** Dia de São João

- 20 Jul** Dia da 1ª Viagem à Lua
- 13 Ago** Dia dos Pais
- 7 Set** Independência do Brasil
- 12 Out** Nossa Senhora Aparecida
- 12 Out** Padroeira do Brasil
- 12 Out** Dia das Crianças
- 15 Out** Horário de verão

- 2 Nov** Finados
- 15 Nov** Proclamação da República
- 28 Nov** Ação de Graças
- 25 Dez** Natal

Calendário & Feriados

# 2017

Calendario **365**.com.br

Fig. 8:  
calendário  
2017



# III. As fases da Lua e o mês

Calendário: conjunto de regras que permitem agrupamentos de dias

Períodos místicos ou observacionais?

Semana: fases da Lua ou sete corpos celestes importantes?

Português	Domingo D do Senhor	Segunda- feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado D do shabbat
Espanhol	Domingo D do Senhor	Lunes Dia da Lua	Martes D de Marte	Miércoles D. de Mercúrio	Jueves D. de Júpiter	Viernes D. de Vênus	Sábado D do shabbat
Alemão	Sonntag Dia do Sol	Montag Dia da Lua	Dienstag Dia de Tyr	Mittwoch Média semana	Donnerstag Dia do trovão	Freitag D de Freyja	Samstag Shabbat
Inglês	Sunday Dia do Sul	Monday Dia da Lua	Tuesday Dia de Tyr	Wednesday Dia de Woden	Thursday Dia de Thor	Friday D de Freija	Saturday D de Saturno
Sueco / Norueguês	Söndag D do Sol	Mandag D da Lua	Tisdag D de Tyr Deus-guerra	Onsdag D de Odin Deus-pai	Torsdag D de Thor Deus-trovão	Fredag D de Freija Deusa-beleza	Lördag D do banho
Francês	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
Italiano	Domenica	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato

<http://dicasdeportugues.com/os-dias-da-semana-em-outras-linguas/>

<http://conversadeportugues.com.br/2008/12/historia-da-lingua-os-dias-da-semana/>

Mês: ciclo lunar

Ano: ciclo solar (ano das estações)

# III. As fases da Lua e o mês

Fig. 9: Lua encontra Júpiter



2016 July 10

Moon Meets Jupiter

Image Credit & Copyright: [Cristian Fattinanzi](#)

Explanation: What's that next to the Moon? Jupiter -- and its four largest moons. [Skygazers](#) around planet Earth enjoyed the close encounter of planets and Moon in 2012 July 15's [predawn skies](#). And while many saw bright Jupiter next to the slender, waning crescent, Europeans also had the opportunity to watch the [ruling gas giant](#) pass behind the lunar disk, occulted by the Moon as it slid through the night. Clouds threaten in this telescopic view from [Montecassiano, Italy](#), but the frame still captures Jupiter after it emerged from the occultation along with all four of its large [Galilean](#) moons. The sunlit crescent is overexposed with the Moon's night side faintly illuminated by [Earthshine](#). Lined up left to right beyond the dark lunar limb are Callisto, Ganymede, Jupiter, Io, and Europa. [In fact](#), Callisto, Ganymede, and Io are larger than Earth's Moon, while [Europa](#) is only slightly smaller. Last week, [NASA's Juno](#) became the second [spacecraft](#) ever to orbit Jupiter.

# III. As fases da Lua e o mês

Fig. 10: Super Lua x Micro Lua



Super Moon  
05.05.2012

Micro Moon  
28.11.2012

2012 November 29

Super Moon vs. Micro Moon

Image Credit & Copyright: Catalin Paduraru

Explanation: **Did you see** the big, bright, beautiful Full Moon Wednesday night? That was actually a Micro Moon! On that night, the smallest Full Moon of 2012 reached its full phase only about **4 hours before apogee**, the most distant point from Earth in the Moon's elliptical orbit. Of course, earlier this year on May 6, a Full Super Moon was near perigee, the closest **point in its orbit**. The relative **apparent size** of November 28's Micro Moon (right) is compared to the famous **May 6 Super Moon** in these two panels, **matching telescopic images** from Bucharest, Romania. **The difference** in apparent size represents a difference in distance of just under 50,000 kilometers between apogee and perigee, given the Moon's average distance of about 385,000 kilometers. How long do you have to wait to see another Full Micro Moon? Until January 16, 2014, when the lunar full phase will occur within about 3 hours of apogee.

# III. As fases da Lua e o mês

Aristarco (~280 a.C.) e a explicação das fases da Lua.

Lembrar: imagem da aula 1 (Lua Cheia, Terra Cheia) e incidência paralela da luz solar (escala).

Sincronicidade de rotação/translação da Lua e a questão da mecânica.

Fig. 11:  
fases da  
Lua



[http://www.alunos.esfl.pt/lua/fases\\_da\\_lua.htm](http://www.alunos.esfl.pt/lua/fases_da_lua.htm)

# IV. As estações do ano

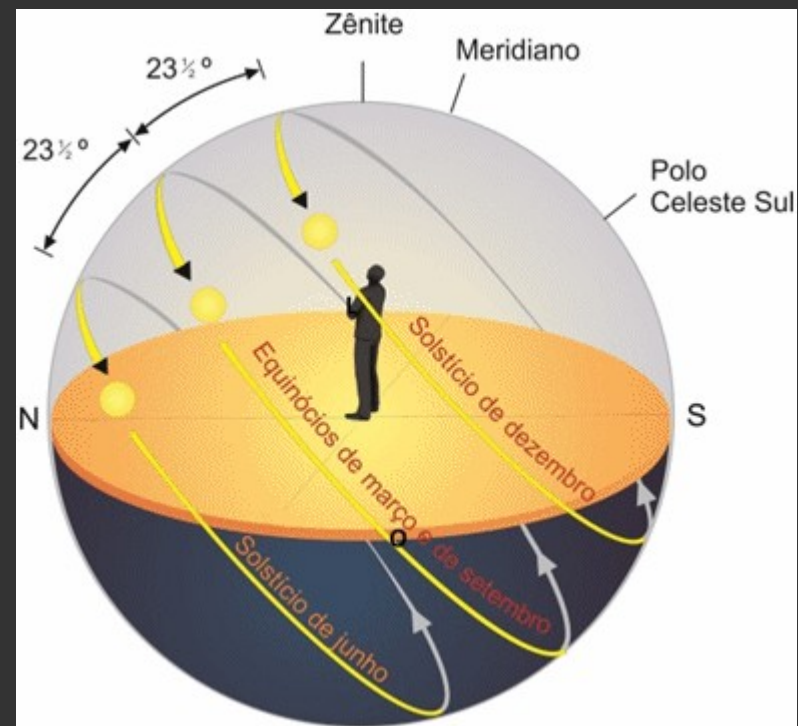
Solstícios de verão e inverno vistos no Gnômon.

Equinócios de primavera e outono: dias e noites com igual duração.

Ano solar: 365,242199 dias (365 dias 05 h 48 min 46 s).

Explicação geocêntrica (referencial):

Fig. 12:  
representação  
do movimento  
do Sol.



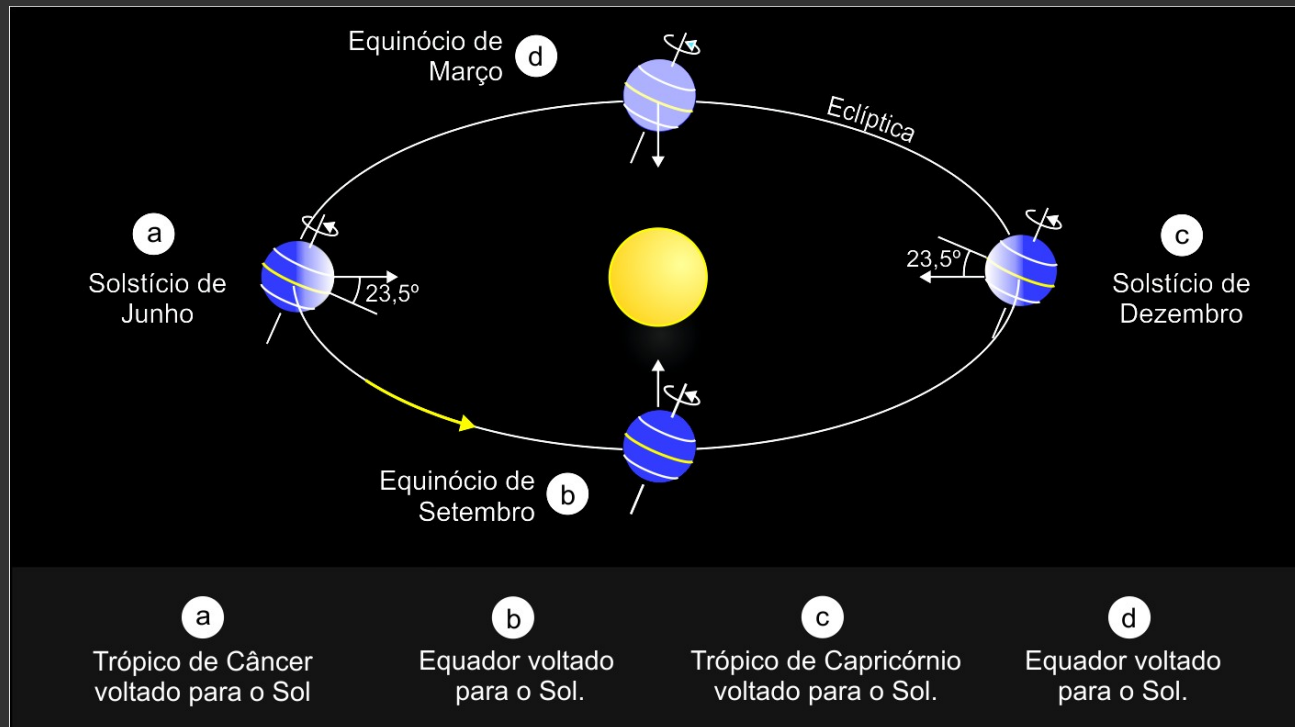
<http://astro.if.ufrgs.br/tempo/mas.htm>

# IV. As estações do ano

Inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita (ou à eclíptica):  $23,5^\circ$ .

Estações x distância Terra-Sol: confusão comum.

Explicação heliocêntrica (atual):



<http://astro.if.ufrgs.br/tempo/mas.htm>

Fig. 13: estações do ano.



# IV. Medidas de tempo

- Dia solar (tempo solar): 24 h solares (definição pela média) – intervalo de tempo de passagem do Sol num mesmo ponto visto da Terra.
- Dia sideral (tempo sideral): baseado nas estrelas fixas – intervalo de tempo de passagem de uma dada estrela pelo mesmo ponto visto da Terra (23 h 56 min 04 s).

[Desenhar] Dia solar e dia sideral.

- Tempo das efemérides
- Tempo dinâmico
- Tempo atômico (cristais de quartzo, césio, saltos eletrônicos)

SI / INMETRO, 2012

Padrão de medida de tempo: Segundo (s) é o intervalo de tempo decorrido entre 9.192.631.770 ciclos de transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do césio 133 (Cs-133).

# V. Calendários

Períodos possíveis

Lunação: 29,530589 dias

Ano solar: 365,242199 dias

Lunações/ano: 12,368267

Fig. 14: Pedra do Sol  
(Calendário asteca).



# V. Calendários

Alguns exemplos:

- Egípcios (há alguns milênios): 12 meses com 30 dias + 5 dias no último mês (365 dias), com aberrações percebidas.
- Babilônios (até 2500 a.C.): 12 meses lunares, resultando em 354 dias. Por vezes incluíam um 13º mês para correção.
- Méton (império grego, 430 a.C.): em 19 anos, há 6940 dias e 235 lunações – Ciclo metônico. Ainda sobrevive no calendário judaico.
- Festas católicas: domingo de Páscoa – 1º domingo após primeira Lua Cheia que ocorre após início da primavera boreal (outono austral).
- Calendário muçulmano: Lunar, 12 meses e 354 dias. Ano Novo no primeiro dia do mês de Mouharram, quando o crescente lunar (pós Lua Nova) aparece pela primeira vez ao anoitecer.
- Calendários outros: Chinês, Búlgaro, Cristão, Hindu, Islandês, Maia...

# V. Calendários

Calendário padrão atual: Gregoriano, 1582 (Papa Gregório XIII encomendou o trabalho de diversos matemáticos e astrônomos, especialmente Christopher Clavius e Tycho Brahe).

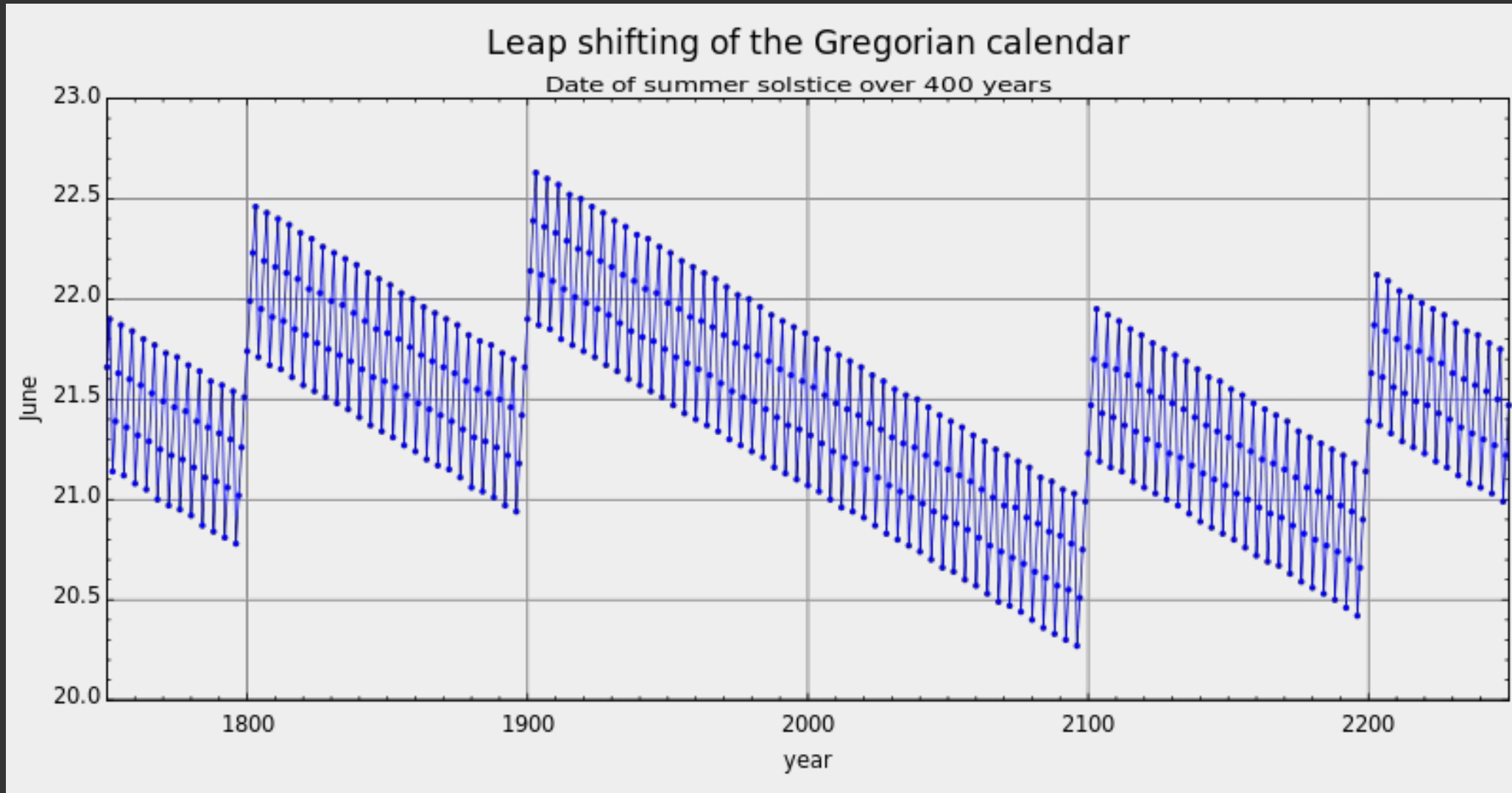


Fig. 15: calendário gregoriano.

# VI. Os eclipses

Por que não ocorrem eclipses em todos os meses, solar e lunar, se pensarmos na explicação das fases da Lua?

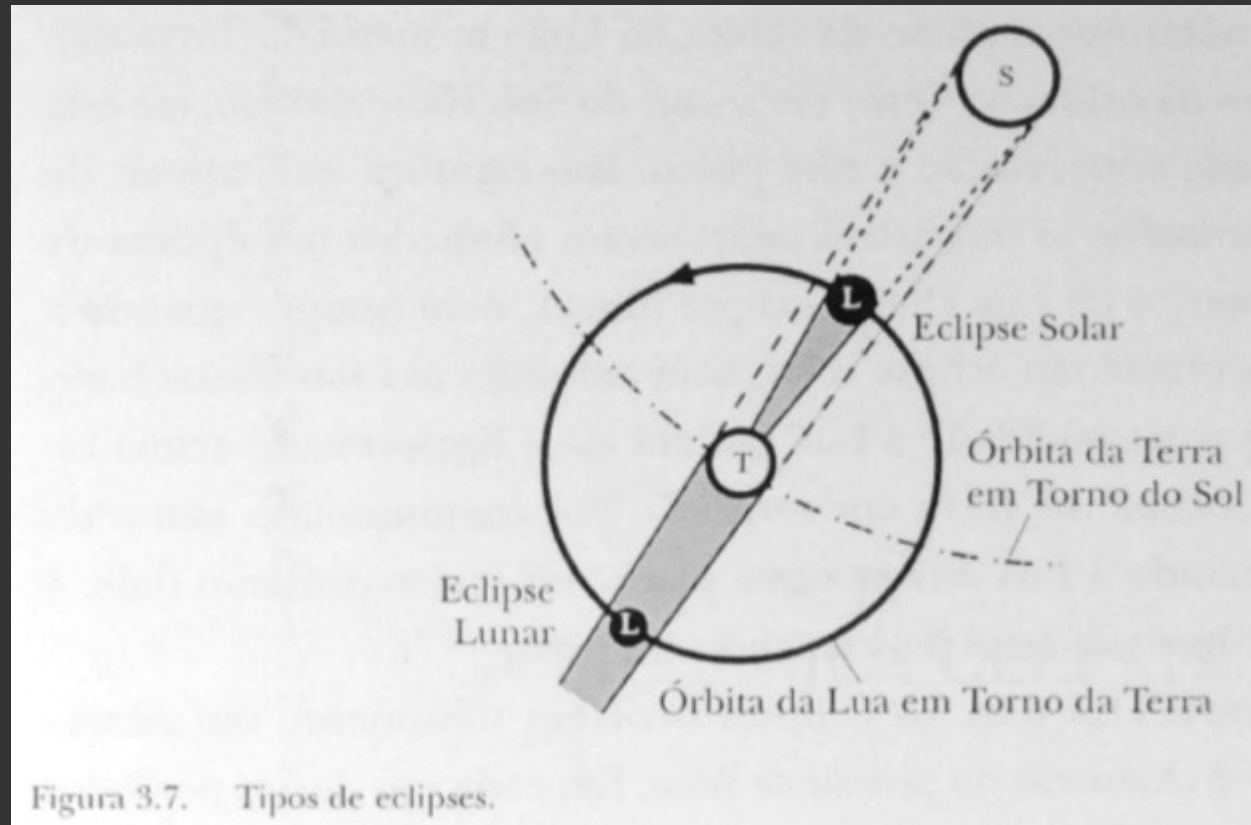


Fig. 16: Eclipses (Livro base, p. 49).

Inclinação do plano da órbita da Lua com relação ao plano da órbita da Terra (eclíptica):  $5,2^\circ$

# VI. Os eclipses

Tipos de eclipse:

- Solar total
- Solar parcial
- Solar anular
  
- Lunar total
- Lunar parcial
- Lunar penumbral (total e parcial)

Umbra (sombra) e penumbra.



# VI. Os eclipses

Fig. 17: Eclipse Lunar Total em Super Lua e uma tempestade de raios



© Jose Antonio Hervás

2015 September 29

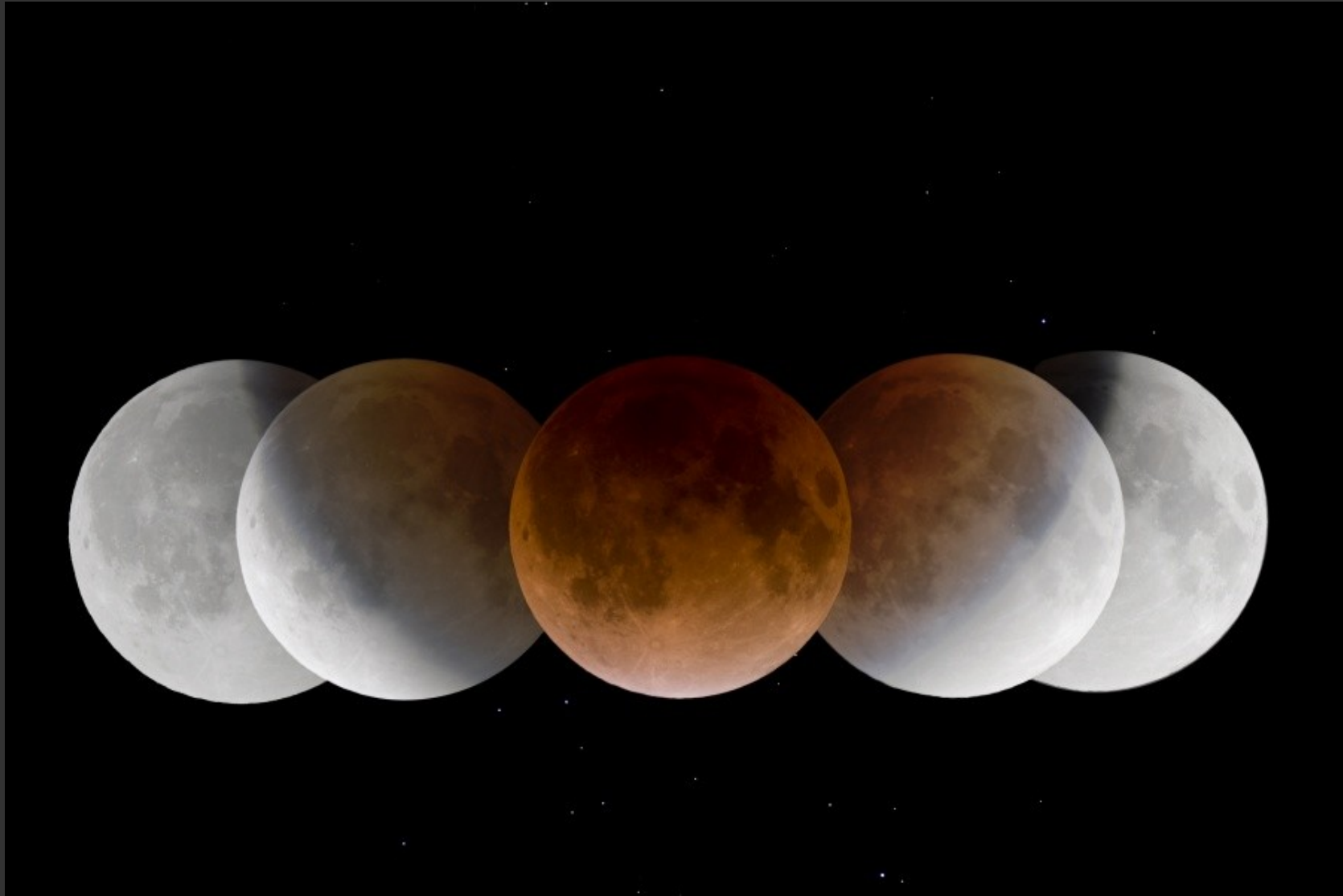
Supermoon Total Lunar Eclipse and Lightning Storm

Image Credit & Copyright: [Jose Antonio Hervás](#)

Explanation: What's more rare than a supermoon total lunar eclipse? How about a supermoon total lunar eclipse over a lightning storm. Such an electrifying sequence was captured yesterday from [Ibiza](#), an island in southeastern [Spain](#). After planning the location for beauty, and the timing to capture the entire eclipse sequence, the only thing that had to cooperate for this astrophotographer to capture a [memorable eclipse sequence](#) was the weather. What looked to be a [bother](#) on the [horizon](#), though, turned out to be a [blessing](#). The [composite picture](#) features over 200 digitally combined images from the same location over the course of a night. The full moon is seen setting as it [faded to red](#) in Earth's shadow and then returned to normal. The fortuitous lightning is seen reflected in the Mediterranean to the right of the 400-meter tall rocky island of [Es Vedra](#). Although the next total eclipse of a large and bright supermoon will occur in 2033, the [next total eclipse](#) of any full moon will occur in January 2018 and be best [visible](#) from eastern Asia and Australia.

# VI. Os eclipses

Fig. 18: A  
sombra da  
Terra



2011 December 15  
The Umbra of Earth

Image Credit & Copyright: Wang, Letian

Explanation: The dark, inner shadow of planet Earth is called **the umbra**. Shaped like a cone extending into space, it has a circular cross section most easily seen during a **lunar eclipse**. For example, last Saturday the **Full Moon slid** across the southern half of Earth's umbral shadow, **entertaining moonwatchers** around much of the planet. In the total phase of the eclipse, the Moon was completely within the umbra for 51 minutes. Recorded from Beijing, China, this composite eclipse image uses **successive** pictures from totality (center) and partial phases to trace out a large part of the umbra's **curved edge**. Background stars are visible in the **darker** eclipse phases. The result shows the relative size of the shadow's cross section at the distance of the Moon, as well as the Moon's path **through Earth's umbra**.

# VI. Os eclipses

Fig. 19: Olhando por detrás de uma Terra sob Eclipse.



2007 June 10

Looking Back at an Eclipsed Earth

Credit: [Mir 27 Crew](#); Copyright: [CNES](#)

Explanation: Here is what the Earth looks like during a [solar eclipse](#). The shadow of the [Moon](#) can be seen darkening part of [Earth](#). This [shadow](#) moved across the [Earth](#) at nearly 2000 kilometers per hour. Only observers near the center of the [dark circle](#) see a total solar eclipse - others see a partial eclipse where only part of the [Sun appears blocked by the Moon](#). This [spectacular picture](#) of the 1999 August 11 [solar eclipse](#) was one of the last ever taken from the [Mir](#) space station. The two bright spots that appear on the upper left are [possibly Jupiter and Saturn](#), although this has yet to be proven. [Mir](#) was [deorbited](#) in a controlled re-entry in 2001.



# VI. Os eclipses

Fig. 20: Um ligeiro Eclipse Duplo do Sol.



2017 August 28  
A Fleeting Double Eclipse of the Sun  
Image Credit & Copyright: Simon Tang

Explanation: Last week, for a fraction of a second, the Sun was eclipsed twice. One week ago today, many people in North America were treated to a standard, single, partial solar eclipse. Fewer people, all congregated along a narrow path, experienced the eerie daytime darkness of a total solar eclipse. A dedicated few with fast enough camera equipment, however, were able to capture a double eclipse -- a simultaneous partial eclipse of the Sun by both the Moon and the International Space Station (ISS). The Earth-orbiting ISS crossed the Sun in less than a second, but to keep the ISS from appearing blurry, exposure times must be less than 1/1000th of a second. The featured image composite captured the ISS multiple times in succession as it zipped across the face of the Sun. The picture was taken from Huron, California in a specific color emitted by hydrogen which highlights the Sun's chromosphere, a layer hotter and higher up than the usually photographed photosphere.

# VI. Os eclipses

Fig. 21: A coroa vista de Svalbard.



Total Solar Eclipse 2015

© 2015 Miloslav Druckmüller, Shadia Habbal, Peter Aniol, Pavel Štarha

2015 March 31

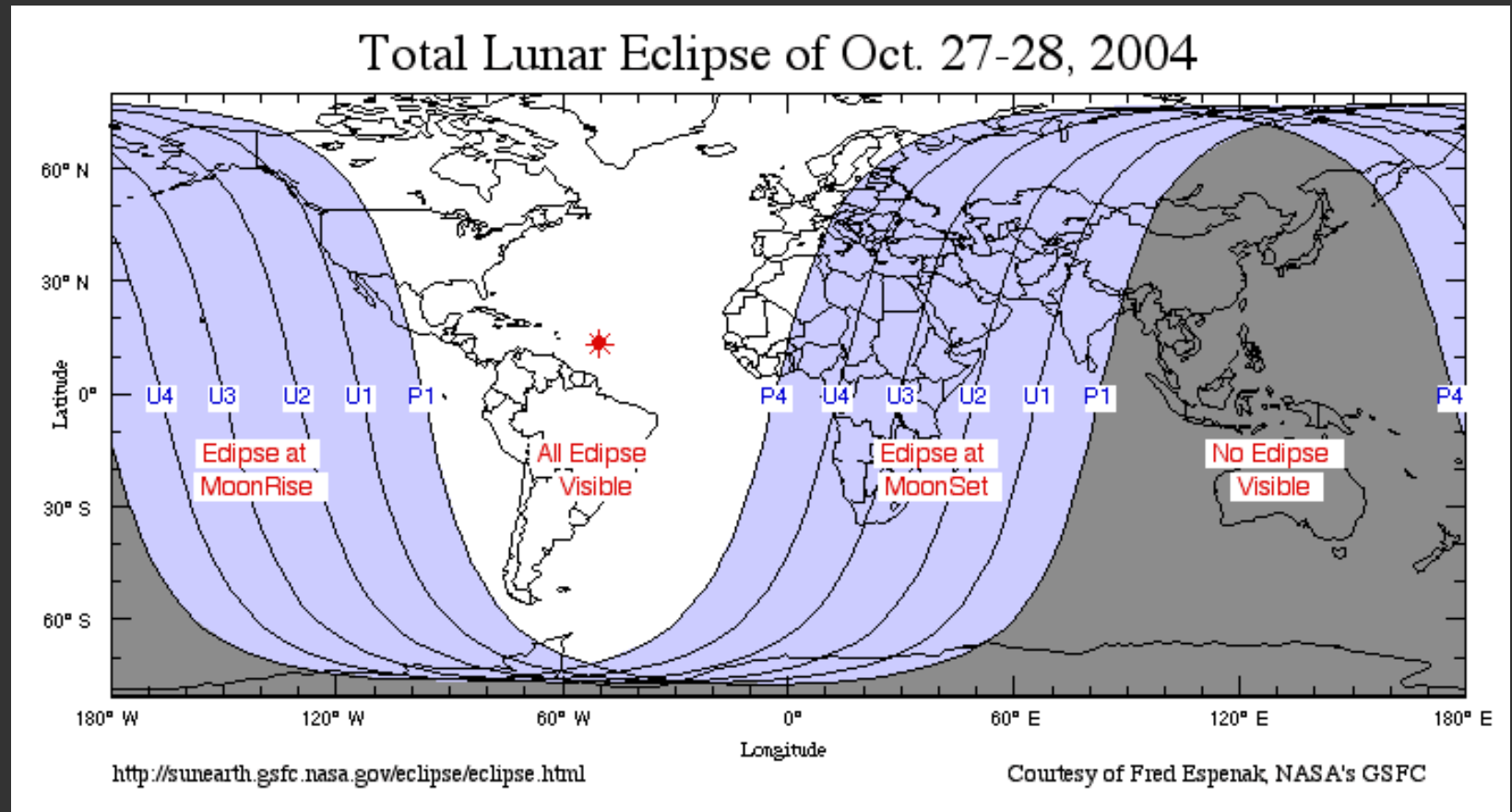
Corona from Svalbard

Image Credit & Copyright: Miloslav Druckmüller, Shadia Habbal, Peter Aniol, Pavel Štarha

Explanation: During a total solar eclipse, the Sun's extensive outer atmosphere, or corona, is an inspirational sight. Streamers and shimmering features that engage the eye span a brightness range of over 10,000 to 1, making them notoriously difficult to capture in a single photograph. But this composite of 29 telescopic images covers a wide range of exposure times to reveal the crown of the Sun in all its glory. The aligned and stacked digital frames were recorded in the cold, clear skies above the Arctic archipelago of Svalbard, Norway during the Sun's total eclipse on March 20 and also show solar prominences extending just beyond the edge of the solar disk. Remarkably, even small details on the dark night side of the New Moon can be made out, illuminated by sunlight reflected from a Full Earth. Of course, fortunes will be reversed on April 4 as a Full Moon plunges into the shadow of a New Earth, during a total lunar eclipse.

# VI. Os eclipses

Fig. 22:  
Eclipse  
Lunar Total  
esta noite  
(27/10/2004)



2004 October 27

Total Lunar Eclipse Tonight

Credit: Fred Espenak, Sun-Earth Connection, GSFC, NASA

Explanation: Go outside tonight and see the total lunar eclipse. Tonight's eclipse is easy and convenient for much of the world to see. Anyone who can spot a full Moon can see it fade out as the Earth's shadow engulfs it. No protective glasses or expensive telescopes are needed, just a little moxie. The above illustration shows how the eclipse will appear across the Earth. The total lunar eclipse starts at 9:14 pm Eastern Daylight Time, equivalent to 1:14 am UT in the morning for sky enthusiasts in the United Kingdom. From the moment the first part of the Moon disappears to the moment that the last part of the Moon reappears will be 3 hours and 40 minutes. For those unfortunate enough to suffer clouds, the eclipse can also be followed over several live webcasts.

# VII. Atividade

## Durante a aula:

- Projetar modelo (maquete, desenho, dança, animação...) de Sistema Sol-Terra-Lua em escala de tamanho e distância.

## Dados:

$$D_{T-L} = 384.000 \text{ km}$$

$$D_{T-S} = 146.000.000 \text{ km}$$

$$\Phi_T = 12.800 \text{ km}$$

$$\Phi_L = 3.500 \text{ km}$$

$$\Phi_S = 1.400.000 \text{ km}$$

## Após a aula

- Ler capítulo 4 do texto base.

## Atividade 2: REGISTRO FOTOGRÁFICO DO SOL – parte 1

Fazer uma fotografia do Sol ao nascer ou ao se pôr, de forma que apareçam referenciais de posição (casas, prédios, árvores...). Registrar data e horário da fotografia e enviar, por whatsapp ou por e-mail, para o professor.