

Desenvolvimento de espelhos e telescópios

ANDREA BETTANIN

ASTRONOMIA FUNDAMENTAL

DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- “Colocando o nosso sentido da visão muito além do reino da imaginação dos nossos antepassados, esses maravilhosos instrumentos, os telescópios, abrem o caminho para um mais profundo e mais perfeito conhecimento da natureza”

RENÉ DESCARTES 1637

DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- Século VII - Árabes constroem observatórios e instrumentos como astrolábio, quadrantes, ampulhetas e esferas armilares. No século XI conquistam a Espanha e a astronomia surge na Europa.
- Leonard Digges (~1520-1559) : *geometrical practise, name pantometria*. Descreve o teodolito. sistema com uma lente de longa distância focal e outra de curta distância focal.
- Lentes rudimentares escavadas na Ilha de Creta datam já de 2000a.c.
- Lentes e óculos já eram usados em 1350.
- Em 1590, Zacharias Janssen inventa o microscópio.

DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- Em 1608, o alemão Hans Lippershey (1570-1619) descobre que observando um objeto através de uma lente côncava e outra convexa, colocadas a uma determinada distância, sua imagem é aumentada. O primeiro telescópio é inventado.
- Uso militar.



DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

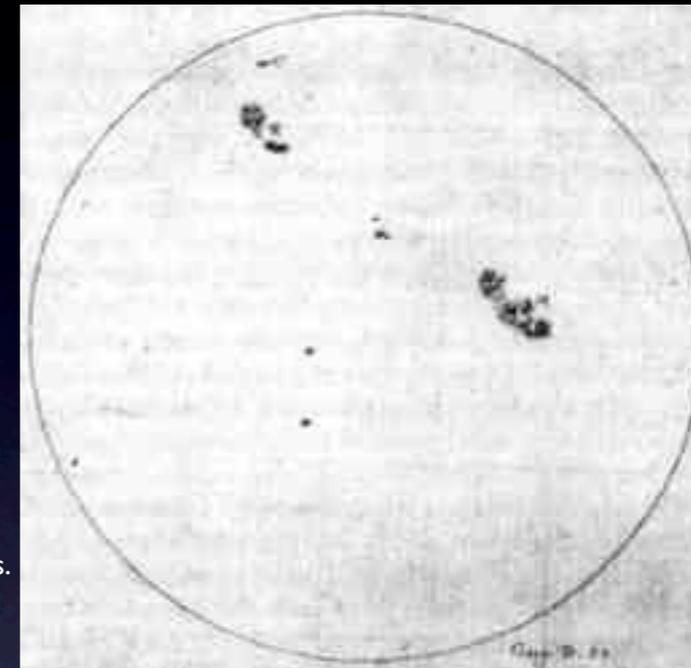
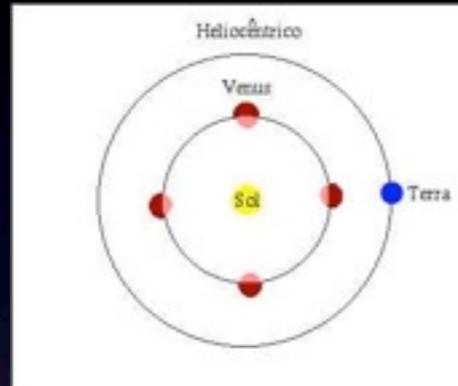
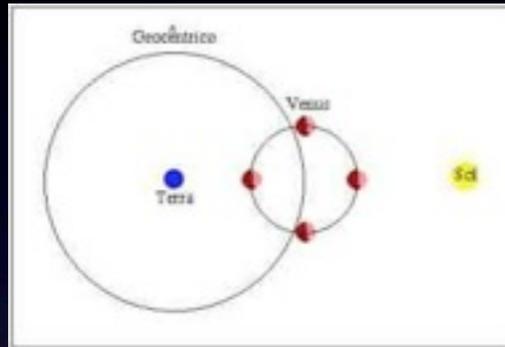
- Galileo Galilei (1564-1642) fica sabendo da invenção do instrumento e resolve construir seu proprio telescópio. Em 1609, da noite para o dia, ele faz o seu com um aumento de 3 vezes, e em seguida constrói o melhor de todos da época, com um aumento superior a 20x.
- “Eu fui levado à opinião e convicção de que a superfície da lua não é lisa, uniforme, e precisamente esférica como um grande número de filósofos acredita que seja, mas é irregular, cheia de cavidades, rugosidade e proeminências, sendo não diferente da face da Terra”
Galileo Galilei

GALILEO GALILEI

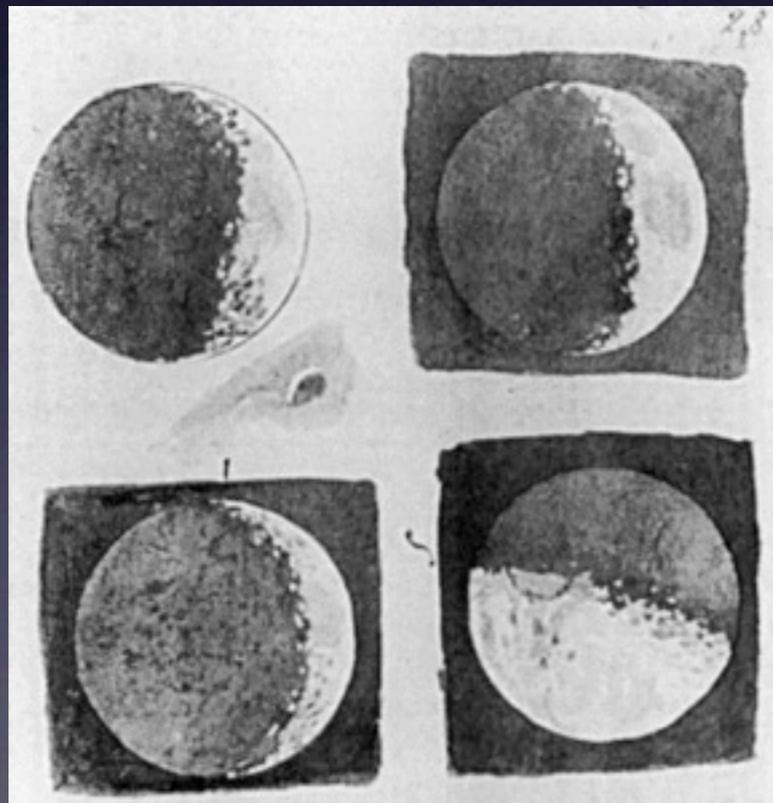
- Além das irregularidades da superfície da Lua, muitas observações de extrema importância para o conhecimento de Astronomia da época foram realizadas por Galileo:
- **Júpiter e suas luas:** Observou Júpiter e 4 pontos de luz que dia após dia mudavam de posição junto ao planeta, era como uma dança cósmica orbitando o planeta. Esses quatro pontos de luz ficariam conhecidas como as luas de Júpiter de Galileo.
- **Fases de Vênus:** Assim como a lua, o planeta Vênus também possui fases ao longo dos dias.
- **Manchas solares:** O sol possui manchas, não sendo uma esfera perfeita.
- **“Braços de Saturno:** Sem conseguir concluir que eram anéis de Saturno, observou que o planeta apresentava “braços”.
- **Estrelas:** Muitas.
- ***Sidereus Nuncius* (Mensageiro das Estrelas):** Livro de 24 páginas publicado em latim em 1610, no qual Galileu expõe suas observações.

GALILEO GALILEI

Sistema Geocêntrico e Heliocêntrico.

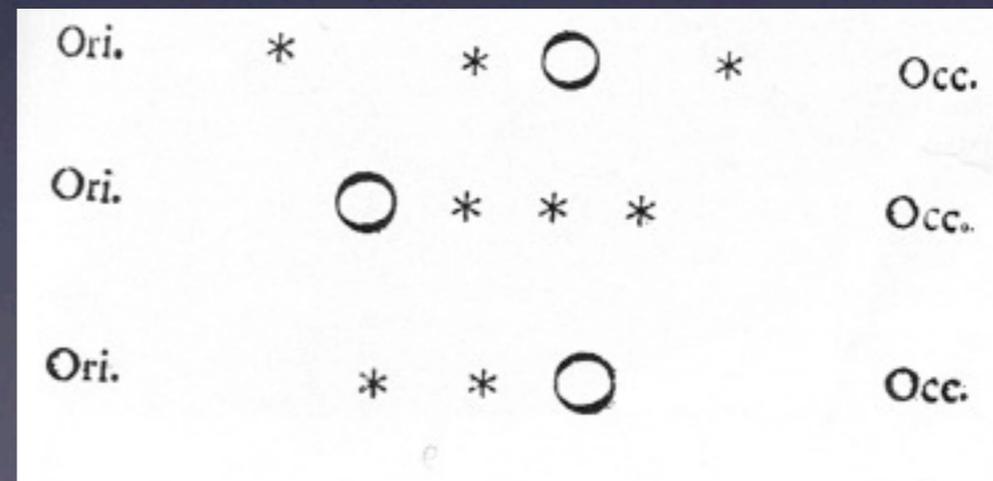


Desenho de Galileu do Sol e suas manchas.



Desenho de Galileu da Lua e suas fases.

Júpiter e seus satélites.



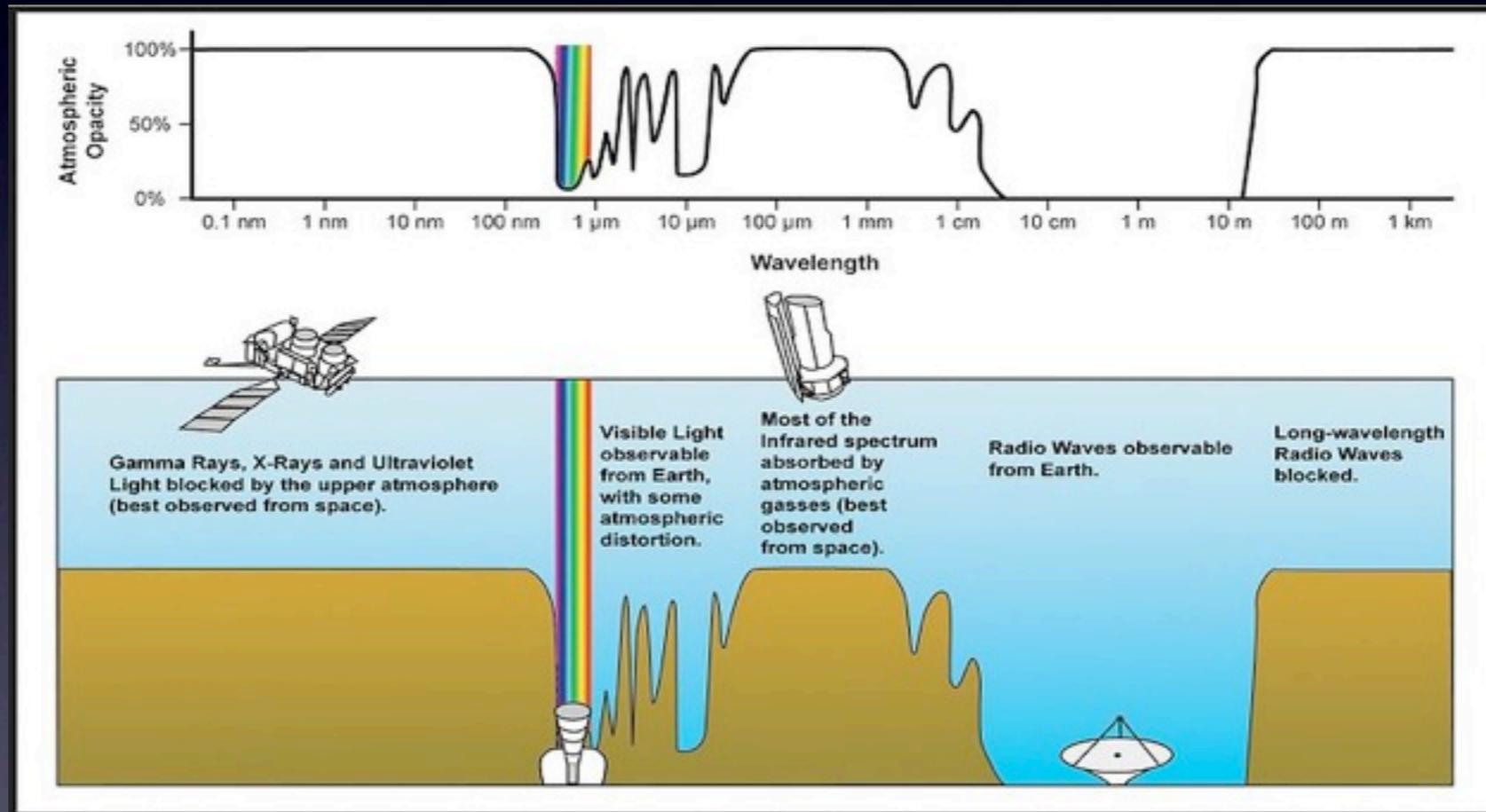
HUYGENS(1629-1695)

- Possuía os melhores telescópios da época.
- Observou os anéis de saturno, os quais Galileo nunca havia conseguido interpretá-los (os anéis de Saturno não são realmente sólidos, mas sim formados por uma infinidade de fragmentos brilhantes girando em volta do planeta).
- Desenhou o primeiro mapa de marte (viu linhas que pareciam canais de uma civilização, o que o conduziu a acreditar que haveria vida em outros planetas com seres semelhantes aos humanos).



TELESCÓPIOS

- O telescópio (do grego “tele”-longe, “scopio”-observar) é um instrumento que permite ampliar a capacidade humana de observar e mensurar objetos que se encontram muito distantes. Hoje em dia existem muitos tipos de telescópio, cada um para observar uma determinada faixa de comprimento de onda.



TELESCÓPIOS

- Atualmente, os telescópios são divididos em três categorias:
 - **Telescópios Ópticos:**
 - >Refrator;
 - >Reflector;
 - >Catadióptrico;
 - >Infravermelho;
 - Radiotelescópios;**
 - Telescópio de Partículas de Alta Energia.**

DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- Principais fatores que afetam a imagem na ocular de um telescópio:
 - Abertura:** É o diâmetro da lente objetiva ou do espelho primário do telescópio. Ligada ao poder coletor de luz.
 - Magnificação:** É limitada pela a abertura do instrumento, mas controlada pelas propriedades da ocular. Uma menor distância focal da ocular contribui para uma maior magnificação.

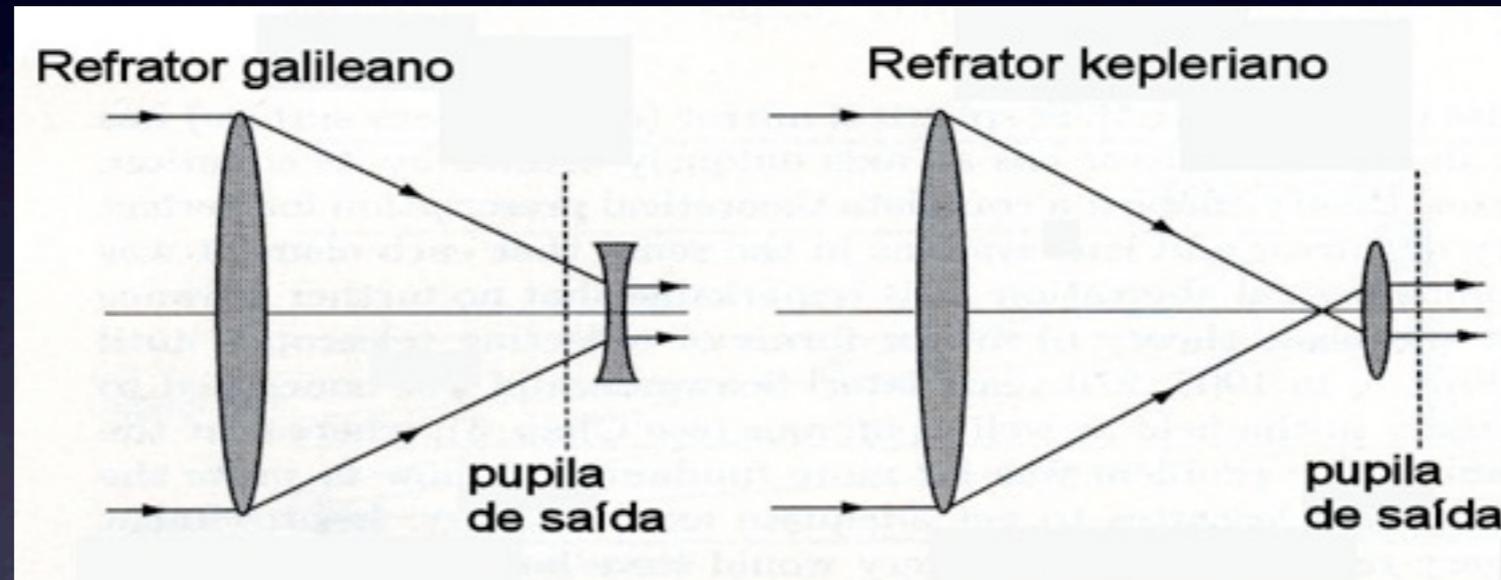
$$A = F/f \quad \text{onde}$$

F = distância focal da objetiva do instrumento

f = distância focal da ocular do instrumento

TELESCÓPIOS REFRACTORES

- O telescópio de Galileu, construído em 1609-1610, era composto de uma lente biconvexa, a objetiva, e uma lente bicôncava, a ocular. Johannes Kepler, no seu livro *Dioptrice* publicado em 1611, explicou que seria melhor construir um telescópio com duas lentes biconvexas, como se usa atualmente.



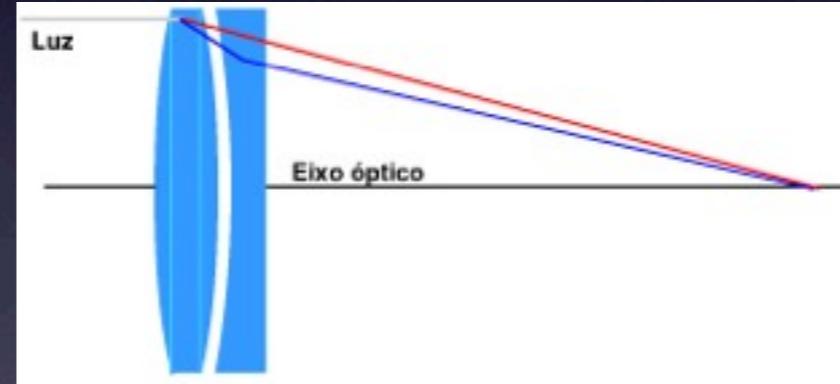
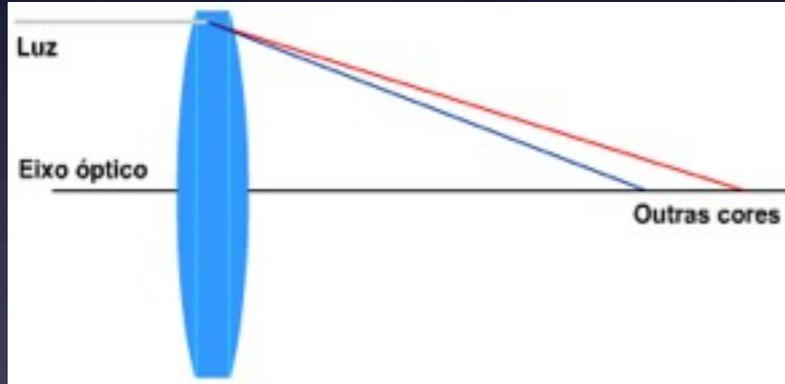
DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- **Telescópios passam de refratores para refletores, com o uso de espelhos:**

A luz deve passar pelo diâmetro da lente do telescópio, por isso a sensibilidade do telescópio está limitada ao tamanho da lente. Dobrando o seu tamanho, podemos detectar objetos 4 vezes mais fracos. No entanto, a maior lente que se pode construir tem aproximadamente 1 metro de diâmetro, pesa meia tonelada e deforma-se devido ao seu próprio peso, pois não pode ser apoiada por trás como um espelho.

DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- **John Dolland (1706 - 1761):** Patentou a lente acromática, que combina duas lentes de vidros e formatos diferentes para focar a luz de diferentes comprimentos de onda no mesmo ponto focal.



A segunda lente é confeccionada com um vidro de maior índice de refração, de maneira que os diferentes comprimentos de onda interceptem o eixo óptico no mesmo ponto, diminuindo a aberração cromática.

DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- Em 1668, Isaac Newton (1643 - 1727) constrói um telescópio refletor (catóptrico, do grego katóptron, espelho), usado atualmente em todos os observatórios profissionais, com um espelho curvo em vez de uma lente.

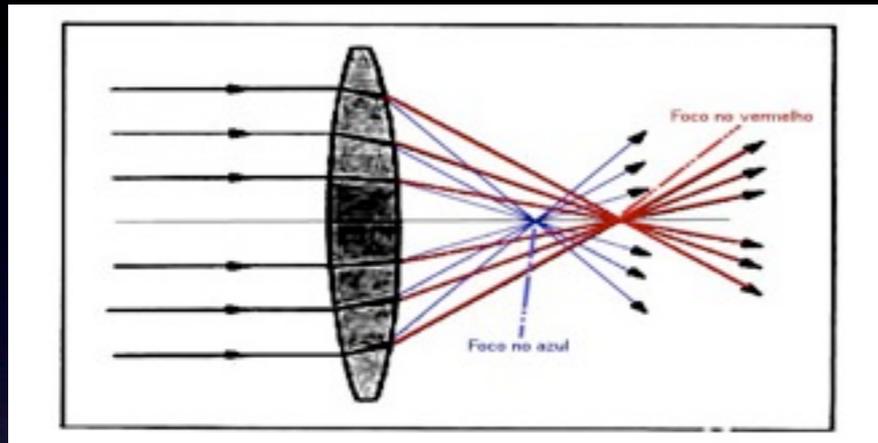
Seu telescópio tinha apenas 3,3 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento, e conseguia um aumento 9 vezes maior que de um telescópio refrator 4 vezes mais longo. Argumentou que a luz branca era composta de diferentes tipos de raios que produzem cores espectrais distintas e que refratam em ângulos ligeiramente diferentes.

Lembrar que a teoria corpuscular da luz pertence a Newton, ou seja, ele não tratava a luz como ondas!!

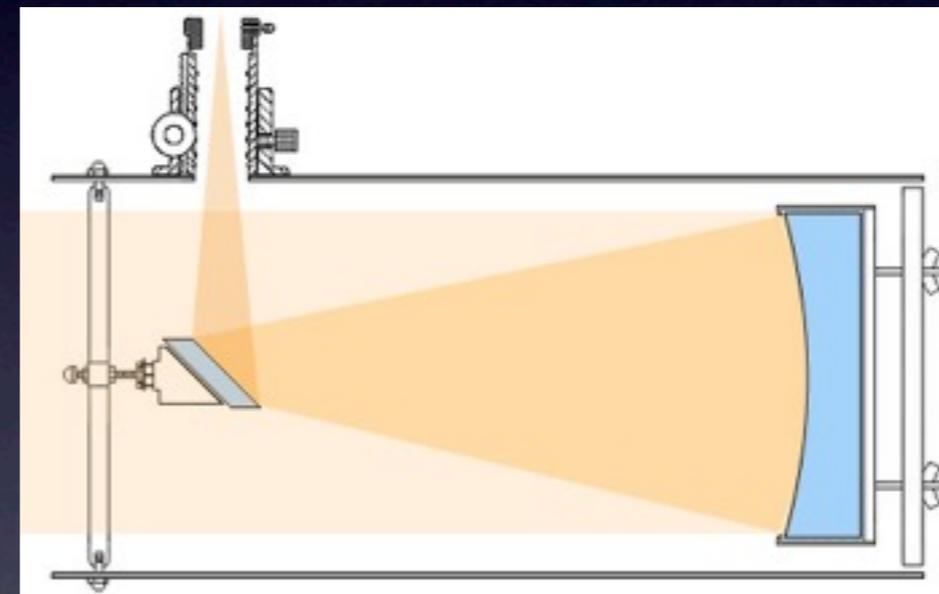
TELESCÓPIO REFLETOR

- Em um telescópio refletor, a objetiva é um espelho côncavo, chamado de espelho primário, que reflete a luz formando uma imagem. Pouco antes do foco está um espelho secundário, de proporções bem menores.
- **O telescópio de Newton:** Espelho primário côncavo capta a luz e a reflete em direção ao espelho secundário, plano, com uma inclinação de 45° em relação ao eixo óptico do sistema, e sustentado por um suporte de três hastes chamado de aranha. O espelho reflete a luz para a lateral, onde encontra-se a lente ocular.

TELESCÓPIO REFLETOR



Aberração cromática e geométrica: o **foco** para cores diferentes (mais perto da objetiva quanto menor o λ) ou para posições diferentes dos raios na lente, está **em posições distintas**. Embora possa ser corrigida usando-se lentes de materiais distintos e diferentes distâncias focais, a aberração cromática é grande para lentes maiores que $D=25$ cm. A aberração geométrica pode ser corrigida com superfícies parabólicas ou hiperbólicas.



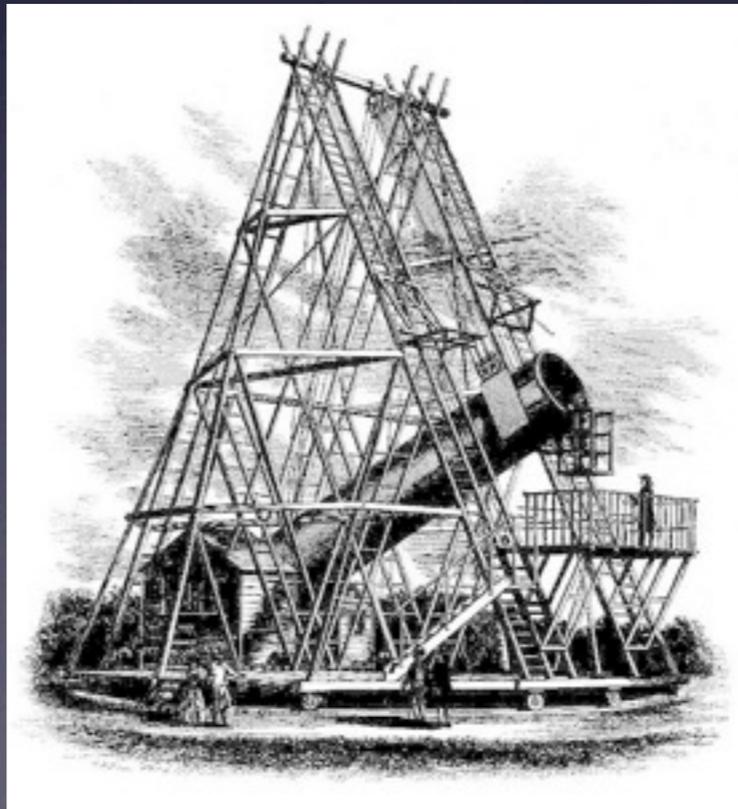
Esquema telescópio de Newton



Réplica do telescópio de Newton

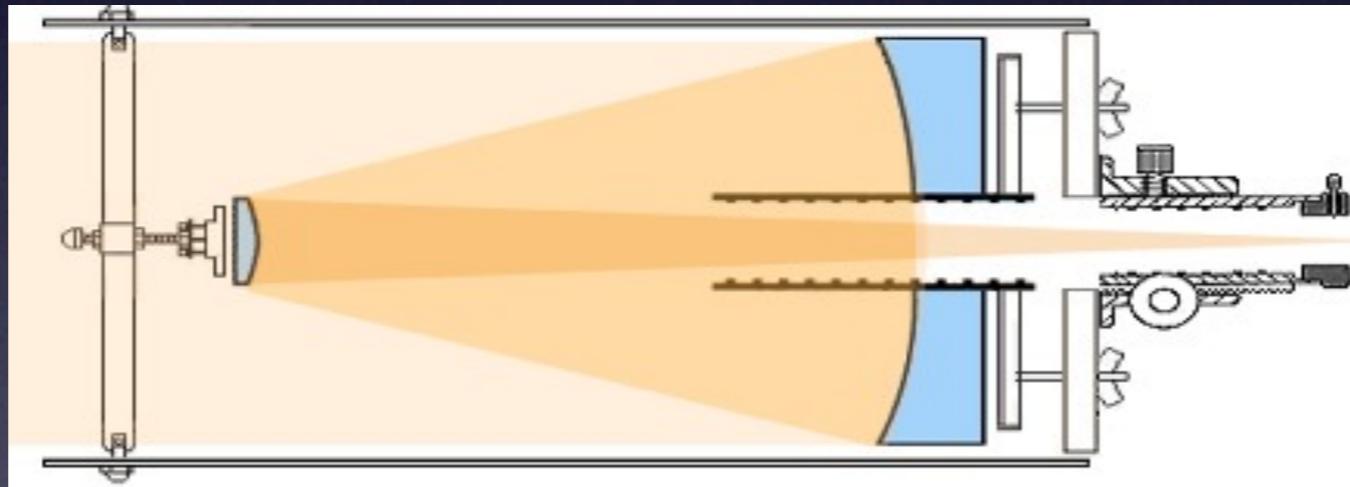
DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- **William Herschell (1738-1822):** Seu telescópio possuía 12 metros de comprimento e através dele foi possível a descoberta de dois satélites naturais de Saturno (Encélado e Mimas) , e os dois maiores satélites de Urano (Titânia e Oberon).Maiores espelhos do mundo, construiu mais de 400 telescópios. Catalogou milhares de estrelas, concluiu que a via láctea deveria ser um disco plano, conseguiu medir o movimento do sistema solar nesse disco observando o movimento relativo entre os planetas e estrelas. Em 1781 descobre Urano.



TELESCÓPIO REFLETOR

- **CASSEGRAIN (1629-1693):** Cassegrain em 1672 propõe que se fosse utilizado um espelho convexo como espelho secundário, convergindo a luz para um buraco no centro do espelho principal seria possível controlar a distância focal a partir da distância entre os dois espelhos, e uma grande escala da imagem seria obtida.

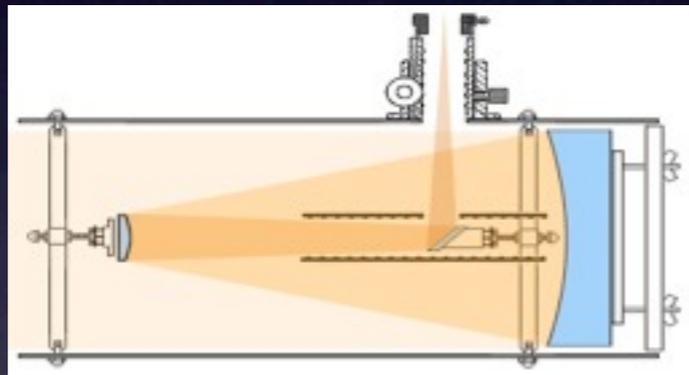


Esquema do telescópio construído por Cassegrain: Este telescópio é de difícil construção, pois necessita de um orifício central no espelho primário. A maioria dos telescópios modernos têm foco Cassegrain.

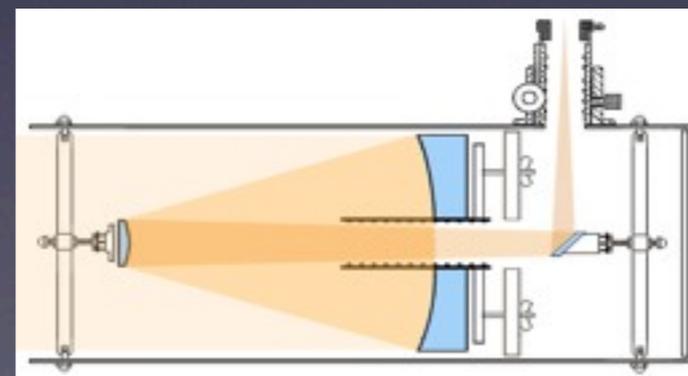
TELESCÓPIO REFLETOR

- **Variações Cassegrain:**

-**Coudé curto:** Terceiro espelho, plano, colocado na frente do espelho primário.



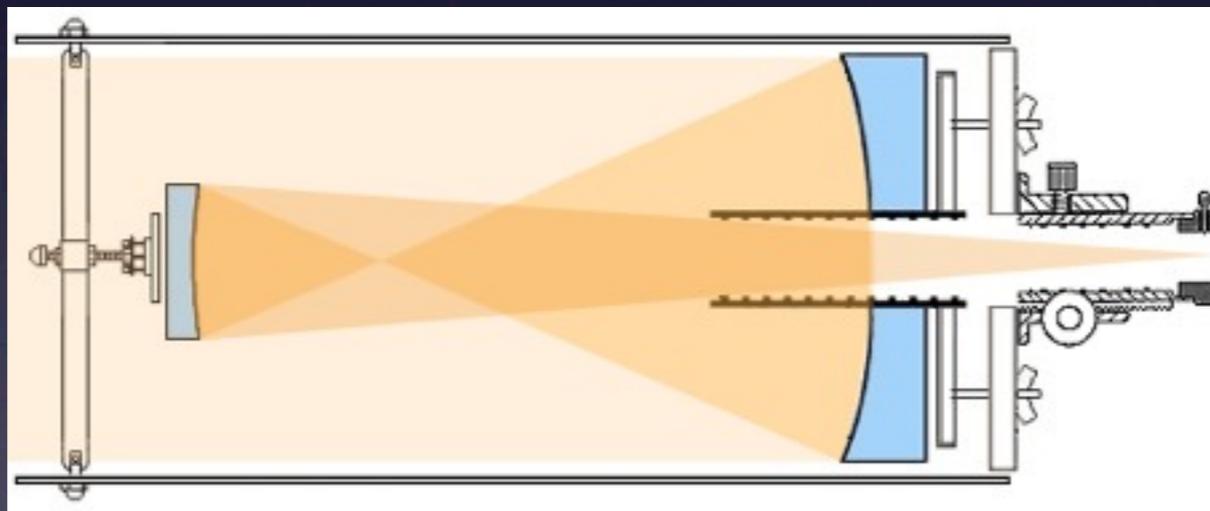
-**Coudé longo:** Terceiro espelho, plano colocado atrás de um orifício central do espelho primário.



DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

Telescópio Gregoriano: Também de difícil construção, possuindo um orifício central no espelho primário.

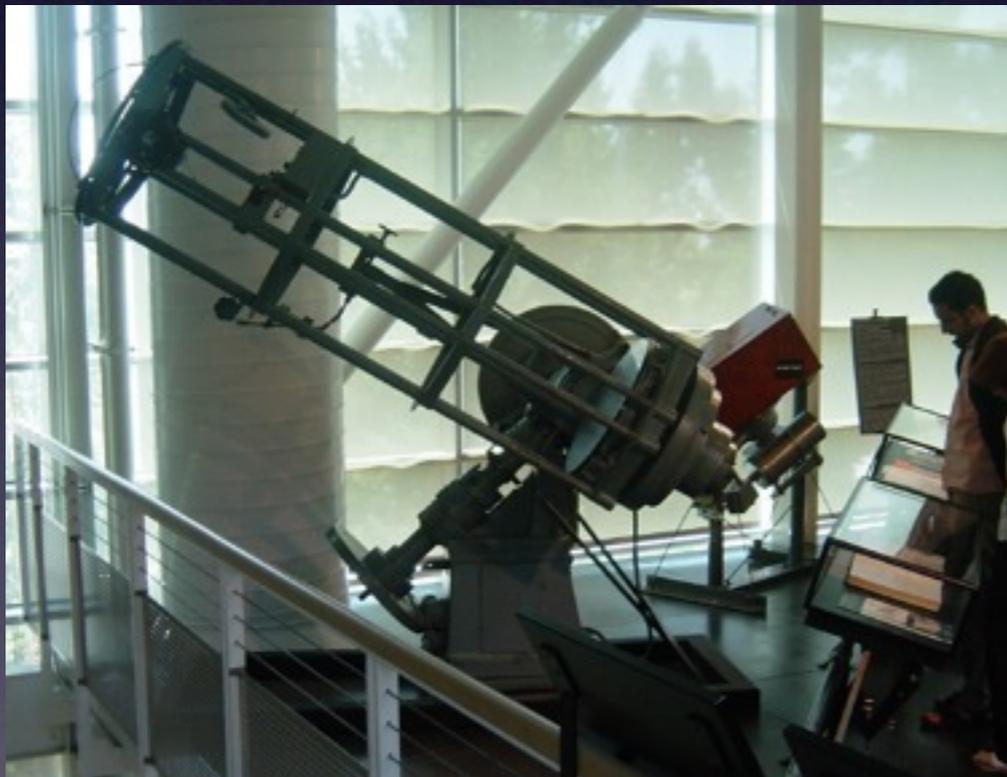
-Espelho secundário côncavo, de forma elíptica, colocado após o foco do espelho primário (diferentemente do tipo cassegrain), portanto, de maior comprimento.



DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- **Telescópios Modernos:**

Focos Ritchey-Chrétien: pequeno espelho secundário do Cassegrain é substituído por outro de forma mais complexa, permitindo a correção da imagem para um campo maior.



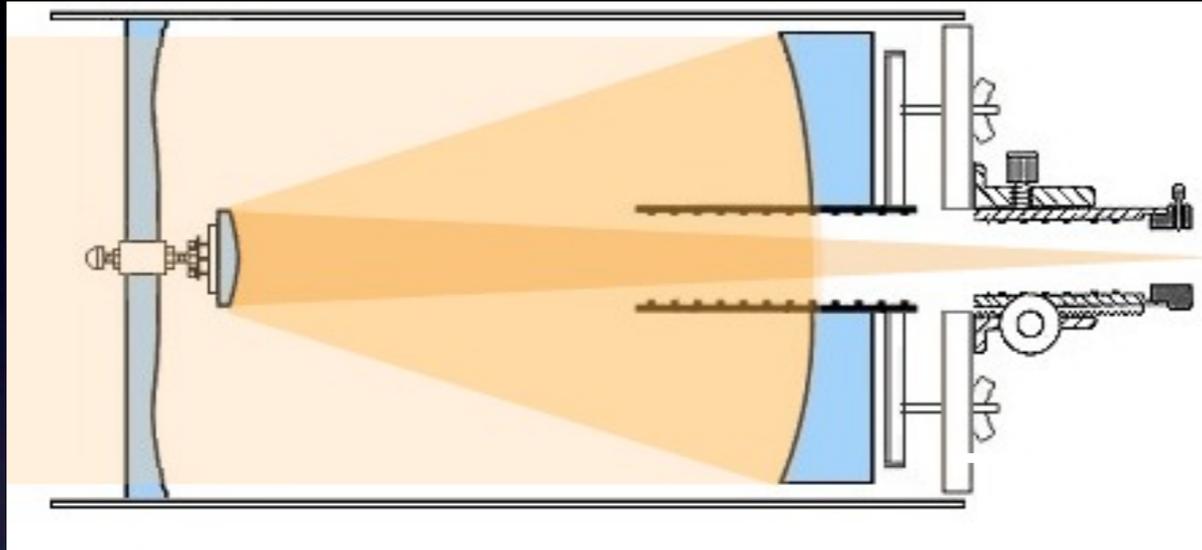
Primeiro telescópio refletor Ritchey-Chrétien a ser construído,

DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

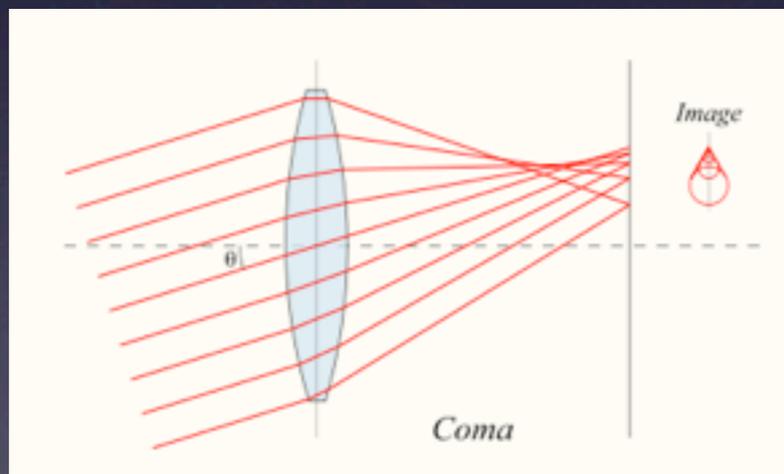
- **Telescópios Catadriópticos (espelho mais lente corretora):**

-**Schmidt-Cassegrain:** Reflexão feita pelos espelhos primário e secundário. Refração feita pela lente corretora, que corrige a aberração esférica dos espelhos e a curvatura de campo, diminuindo o efeito “coma”. A placa corretora também sustenta o espelho secundário, eliminando as hastes da aranha. Pequena razão focal(pequeno porte), sem turbulência: placa corretora deixa o tubo do telescópio fechado, eliminando a turbulência de ar interna. A função da placa corretora é corrigir a aberração esférica do primário. A placa corretora produz uma aberração de mesma proporção, mas inversa àquela existente no espelho principal.

CATADRIÓPTICOS



Schmidt-cassegrain: A placa corretora também sustenta o espelho secundário, eliminando as hastes da aranha. Possui pequena razão focal (pequeno porte) e permite que o tubo do telescópio seja fechado, eliminando totalmente a turbulência de ar interna. O resultado são imagens mais estáveis e nítidas.



“Coma” é uma aberração encontrada em telescópios que utilizam espelhos ou lentes parabólicas. Quando a fonte de luz vem diretamente do centro do campo todos os feixes se encontram no mesmo ponto. No entanto, quando estes raios não provém deste centro as diferentes partes do espelho ou lente não focalizam os raios no mesmo ponto.

DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- Os telescópios na terra podem enxergar objetos da ordem de 1 segundo de arco ou maiores (1seg ~ uma moeda de 25 centavos a 50km de distâncias).

Atualmente, diversas tecnologias surgiram para aperfeiçoar estes instrumentos, como a **ótica adaptativa**. Esta modifica rapidamente a forma dos espelhos para compensar as variações causadas pela atmosfera da Terra, conseguindo resultados de $R = 0,3$ segundos de arco.

Também a **fotografia** foi introduzida na astronomia em 1840: um filme com grãos de haleto de prata foto-sensíveis, que quando expostos à luz, esse grãos escurecem, e o que obtemos é uma imagem negativa, com pontos escuros (estrelas) num fundo iluminado. Com uma exposição mais longa, mais estrelas são reveladas.

DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- A tecnologia de hoje substituiu a prata pelo silício, e os grãos pelos pixels. Entramos na era digital com as câmeras CCD (*Charged-Couple Device*).
- Câmeras CCD: Alta sensibilidade, poder de correção digital de defeitos.



Fotos mostrando a diferença com o uso da ótica adaptativa

DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS



TELESCOPIO DE HALE, MONTE PALOMAR, CALIFORNIA. 200 polegadas, 5 metros de diâmetro. Levou 20 anos para ser construído e foi um instrumento fundamental no estudo dos Quasares. Foi o maior telescópio do mundo por três décadas.



TELESCOPIOS KECK I E KECK II. Desde de 1993 é o maior telescópio. Possuem 10 metros de diâmetro cada, formados por mosaicos de espelhos menores. Localizaods a 4.150 metros de altitude no pico do monte Mauna Kea, no Havaí. São utilizados na detecção de planetas extrasolares.



Very Large Telescope VLT. construídos pelo ESO (European Southern Observaory). Maior conjunto de telescópios ópticos. 4 telescópios que podem funconar de forma independente ou combinados (através de interferência). Captam luz visível e luz vermelha. Estão erguidos na montanha Cerro Paranal, no Chile, de 2.635 metros de altitude, distante de centros populacionais.

TELESCÓPIO ESPACIAL HUBBLE

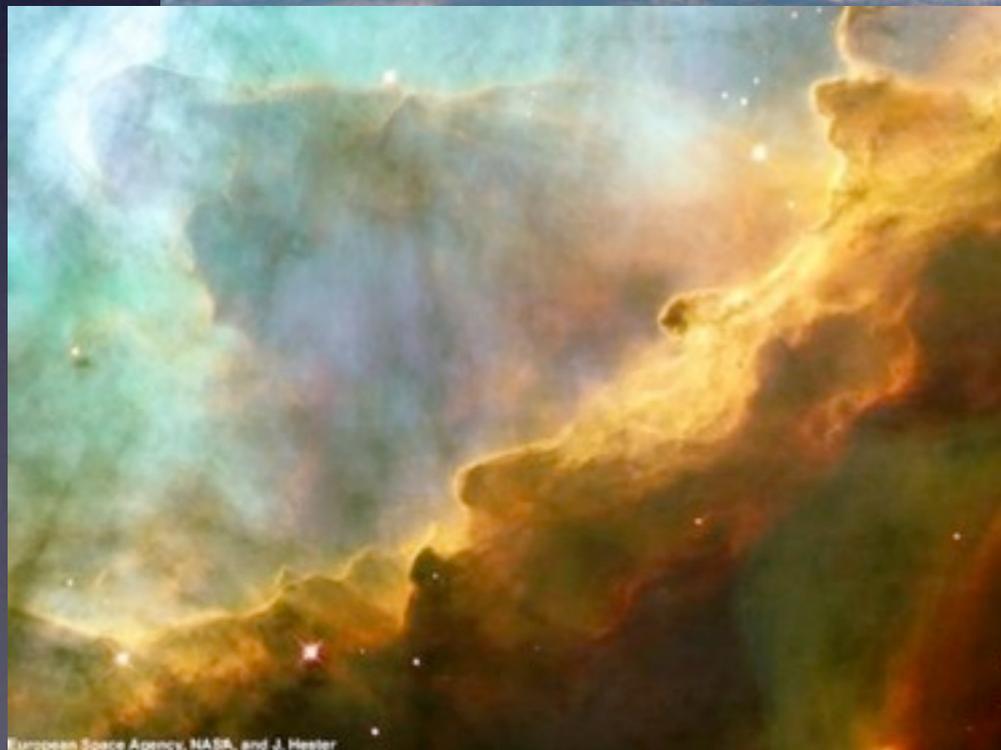
- Luz dos astros não precisa passar pela atmosfera
- Resolução cerca de 10 vezes melhor que a de um telescópio situado na Terra

Com a ajuda de reduções fotográficas feitas por um computador seria possível distinguir os dois faróis de um carro que estivesse na Lua!!

TELESCÓPIO ESPACIAL HUBBLE



Telescópio Espacial Hubble



Ômega, ou Nebulosa do Ganso. É varrida por raios ultra-violetas provenientes de outras estrelas



Superfície do Sol!

RADIOTELESCÓPIOS

- Em 1932, Karl Jansky trabalhava para os Laboratórios Bell, e, incumbido de estudar ruídos de fundo que perturbavam a boa recepção telefônica, descobre uma emissão de origem desconhecida que variava com um período de 24h. Demonstrou posteriormente que a origem dessa radiação estava no centro da Via Lactea.
- Hoje em dia, a radioastronomia se estende desde frequências de poucos megahertz até 300GHz

RADIOTELESCÓPIOS



VLA (Very Large Array): Conjunto de telescópios em Socorro, Novo Mexico



Desde de 1963, maior radiotelescópio até hoje, com 300 metros de diâmetro. Localizado em Arecibo, Porto Rico. Principal ferramenta para estudos de vida extraterrestre, e decida-se também ao estudo de galáxias e pulsares.

TELESCÓPIOS DE PARTÍCULAS DE ALTA ENERGIA

- Estuda objetos astronômicos que a radiação eletromagnética liberada tem altos valores de energia, como a astronomia de raios-X, raios gama e ultravioleta, neutrinos e raios cósmicos.
- Buracos negros;
- Estrelas de nêutrons;
- Núcleos ativos de galáxias'
- Supernovas;
- Erupções de raios gama.

DESENVOLVIMENTO ESPELHOS E TELESCÓPIOS

- A Europa já sabia o valor da observação do céu, mas possui poucos instrumentos para isso, além de estes serem muito rudimentares. Copérnico possuía apenas uma *hipótese* de que o universo não está na realidade centrado na Terra, mas no Sol, pois conseguia explicar de uma maneira muito mais simples e precisa o movimento dos corpos celestes. É o telescópio que abre esse caminho ao homem. A hipótese de Copérnico coloca-se como melhor explicação quando observa-se as fases de Vênus, as luas de Júpiter e manchas solares.
- A divindade da esfera celeste é posta em dúvida com as observações de Galileo da superfície lunar.
- Hoje em dia, somos capazes de chegar a teorias como a do Big Bang, e de simular o que ocorreu microssegundos após esta explosão, tecnologia que só pode ter sido alcançada devido à necessidade que a Europa se encontrava naquela época de saber o que havia além da Terra e à maneira que encontrou para isso, os telescópios.
- A publicação do *Discurso do método*, de Descartes, é poucos anos posterior ao telescópio de Galileo. Qual terá sido o tamanho da influência do italiano para a formulação do método científico, base da ciência até hoje?

BIBLIOGRAFIA

<http://fpslivroaberto.blogspot.com/2009/08/evolucao-dos-telescopios.html>

http://pt.wikipedia.org/wiki/Very_Large_Telescope

<http://astro.if.ufrgs.br/telesc/>

<http://www.clubedeastronomia.com.br/telescopio.php>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Telescópio>

<http://www.telescopiosastronomicos.com.br/caracteristicas.html>

<http://www.zenite.nu/>

http://en.wikipedia.org/wiki/William_Herschel

Ronan, Colin A. - A História Ilustrada da Ciência da Universidade de Cambridge. v.3 - Editora Jorge Zahar