

CURSO DE ASTRONOMIA BÁSICA

Instrumentos Ópticos

Prof^o. Marcos Jerônimo Roque Barreto

PODER DE RESOLUÇÃO DO OLHO HUMANO

- **Poder de resolução óptico** - Menor ângulo entre 2 pontos de modo que o olho ainda consiga vê-los como 2 pontos distintos e não como uma mancha.
- O poder de resolução do olho humano nu é de cerca de 1' (1 **minuto de grau**), ou seja $1/60$ do grau.
- Se 2 astros estiverem a menos de 1' um do outro, o olho humano vê uma mancha em lugar dos 2 astros.
- 1' era, pois, a melhor precisão que os observadores antigos podiam alcançar, já que menos do que isso o olho não percebia.
- **OBS:** O ângulo de 1' corresponde à abertura angular da visão de uma moeda de 2 cm de diâmetro colocada a cerca de 70 metros do olho.

TYCHO BRAHE (1546 - 1601) E AS OBSERVAÇÕES COM INSTRUMENTOS DE VISADA



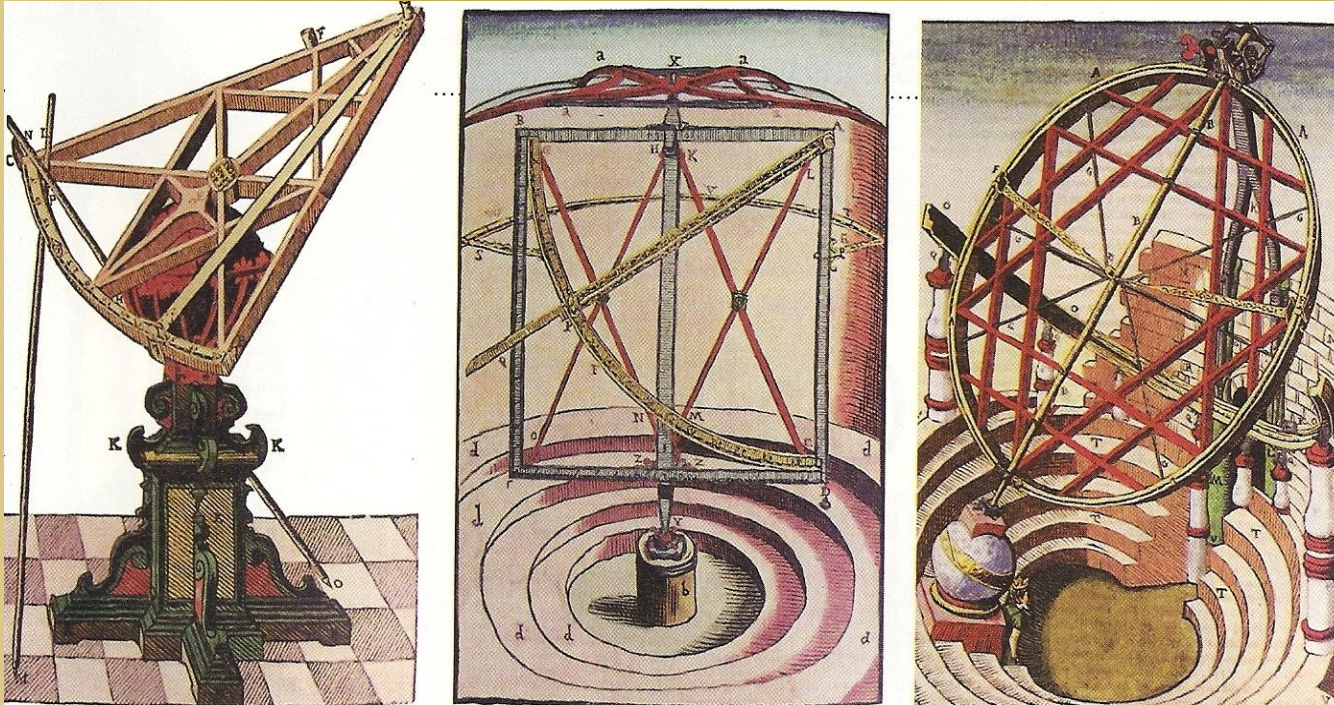
- Antes da invenção dos sistemas ópticos, todas observações e medições angulares astronômicas eram realizadas a **olho nu** através de "pínulas" montados sobre círculos graduados.



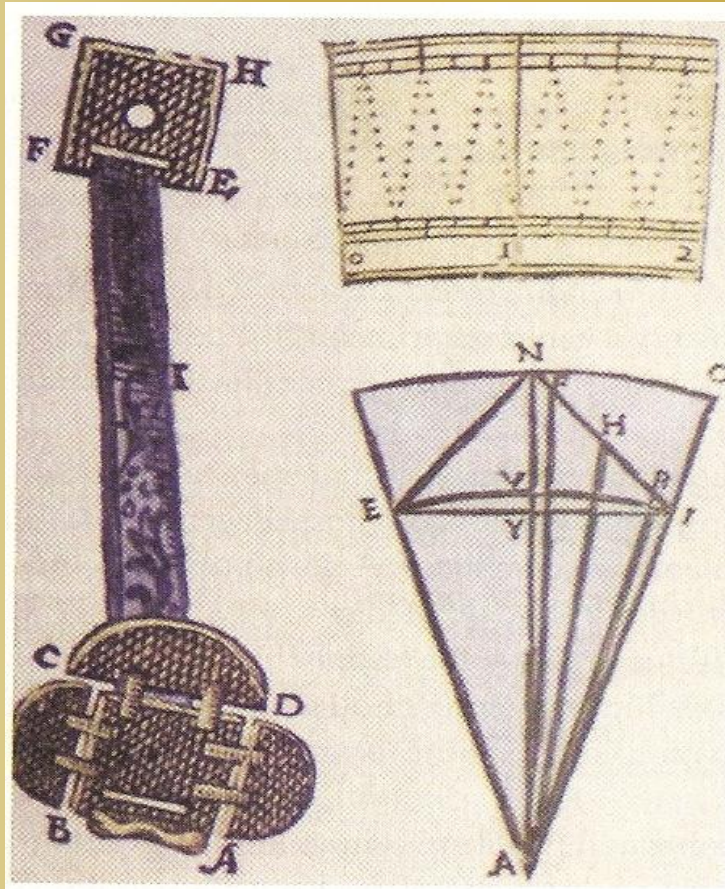
- **Brahe** foi o astrônomo que melhor obteve proveito dos instrumentos construídos em seu observatório (observações a olho nu) na **ilha de Hven**, onde confeccionou a mais completa tabela dos movimentos planetários.
- Tycho Brahe com seus assistentes.

INSTRUMENTOS DO OBSERVATÓRIO DE TYCHO BRAHE

- O sextante, o quadrante e a esfera armilar.



QUALIDADE DAS OBSERVAÇÕES



- Tycho Brahe melhorou os seus instrumentos com a introdução de novos visores e escalas graduadas.
- b) chegou a determinar a posição dos corpos celestes com precisão de até um minuto de arco.
- c) permitiu a formulação das três leis que regem o movimento dos planetas pelo seu assistente Johannes Kepler (1571 - 1630).

O ASTROLÁBIO

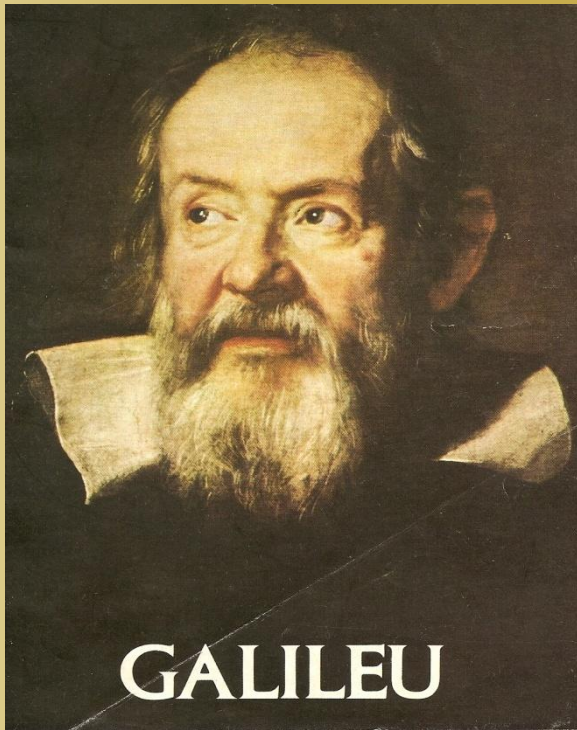


- O astrolábio era composto por:
- Um disco circular graduado nas suas bordas;
- Uma régua pivotante em torno do centro do disco;
- Um anel para pendurar o instrumento no dedo do observador para garantir a verticalidade do plano do disco graduado.
- Pendurado no dedo, o observador visava o astro e lia sua **altura h** com relação ao **horizonte** na circunferência graduada no disco

LUNETAS E TELESCÓPIOS

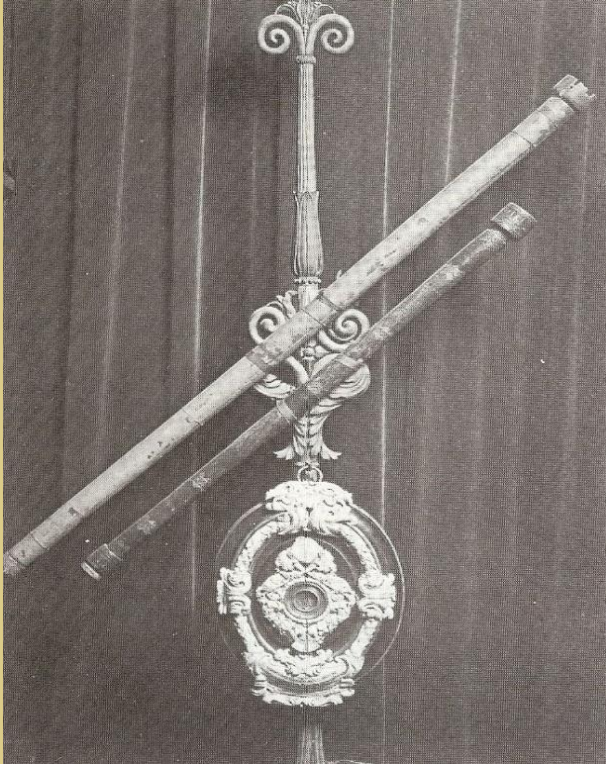
- São instrumentos utilizados para observação e ampliação de objetos distantes que foi inventado por um óptico (fabricante de óculos) holandês, **Hans Lipperhey (1587-1619)**.
- A palavra significa literalmente "ver longe" (do grego **TELE** = longe e **SKOPEIN** = ver).
- E foi inventada por **Demisiane**, em 14 de abril de 1611, em Roma, durante um banquete ao qual **Galileu** estava presente.

GALILEU GALILEI (1564 - 1642)

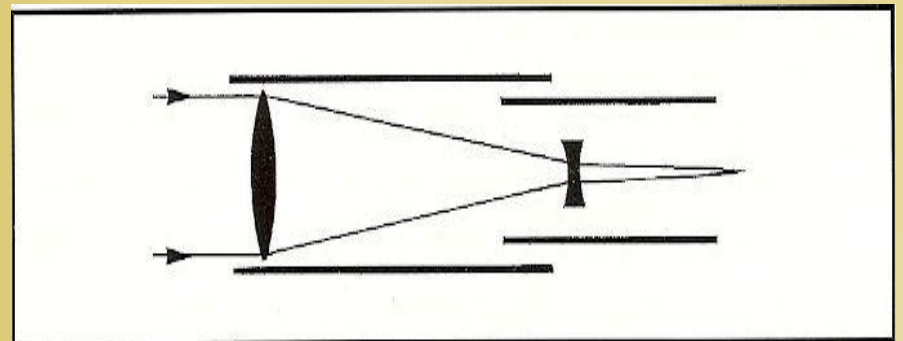


- 1609 - 1º a observar o céu com um telescópio.
- Pioneiro da astronomia telescópica.
- Importantes descobertas sobre o Cosmos.

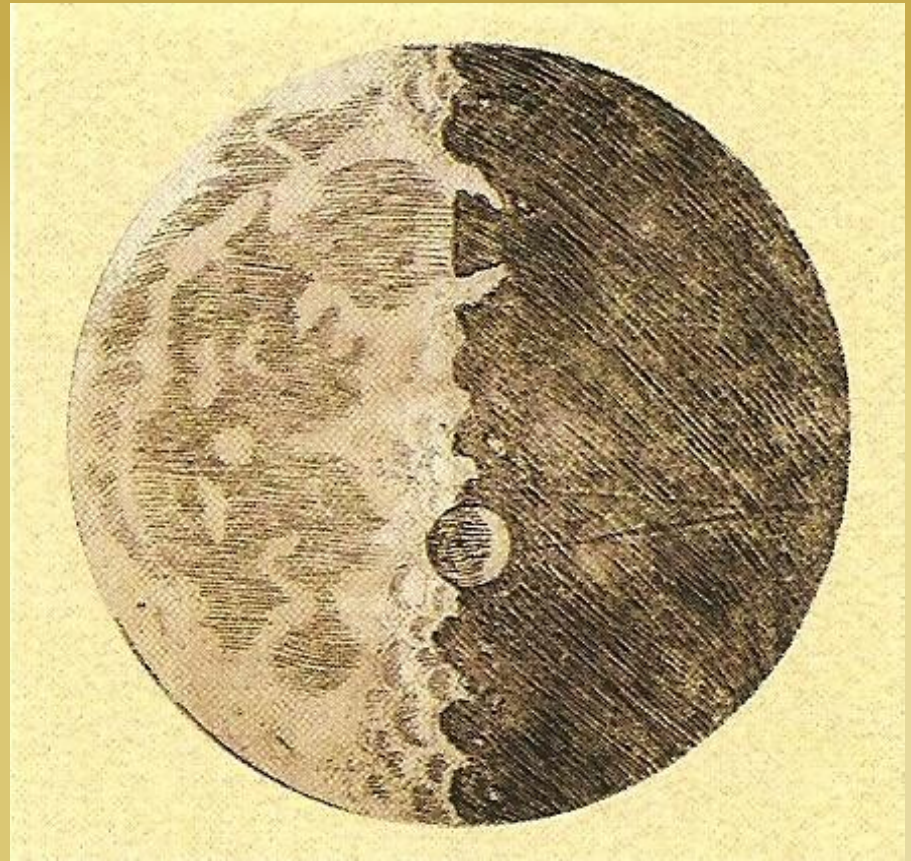
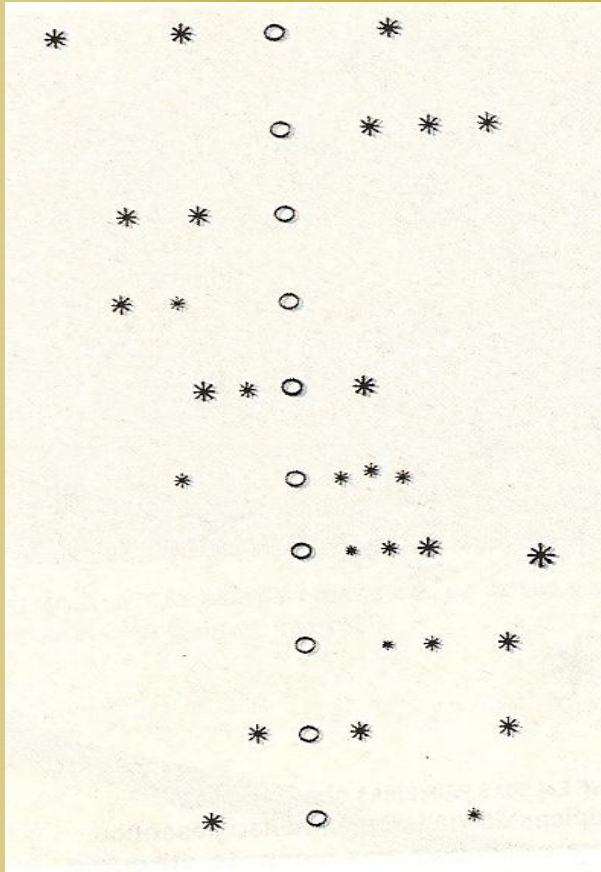
LUNETTA DE GALILEU



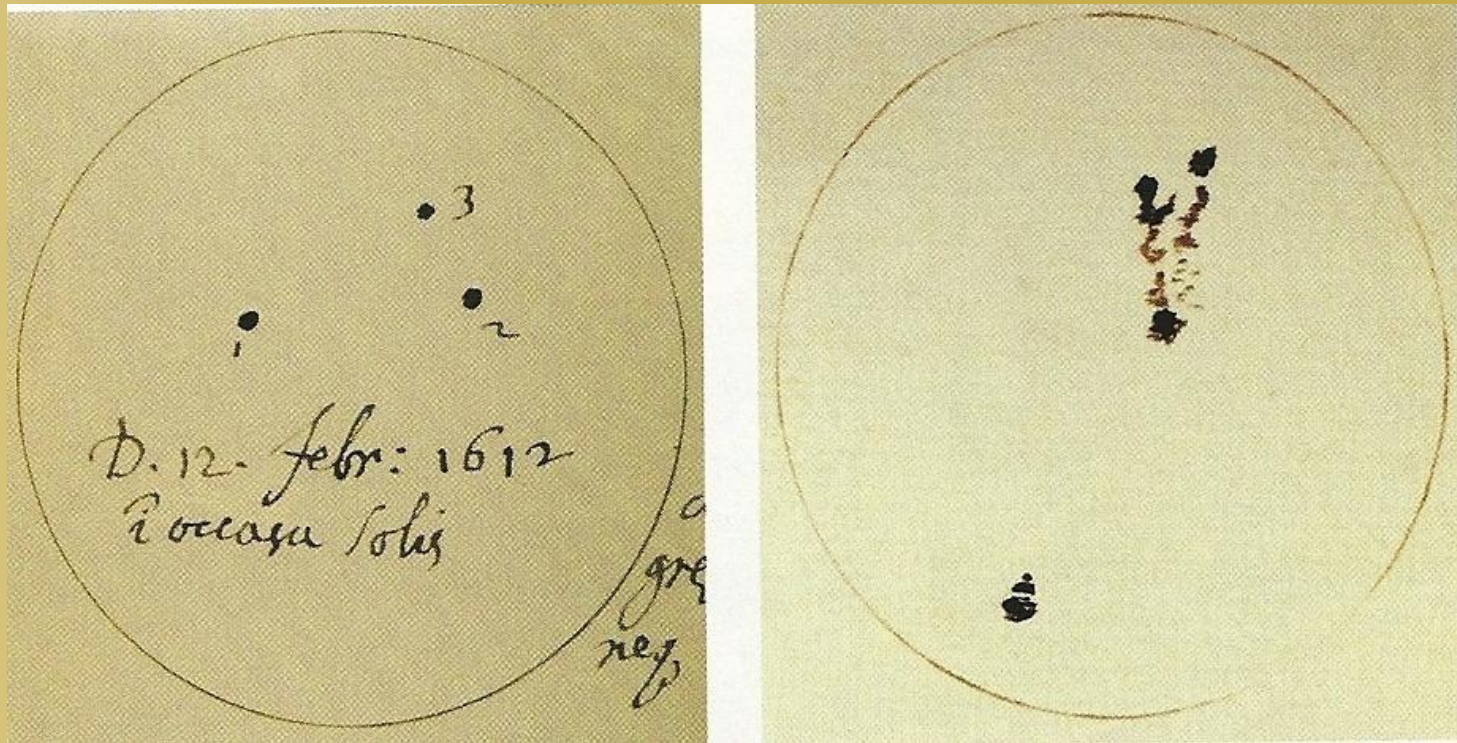
- A luneta de Galileu era constituída de uma lente biconvexa de 4cm como objetiva e de uma lente bicôncava como ocular, dentro de um tubo de chumbo com 1,5m.
- O aumento era de 30X e a imagem formada era real sem inversões.



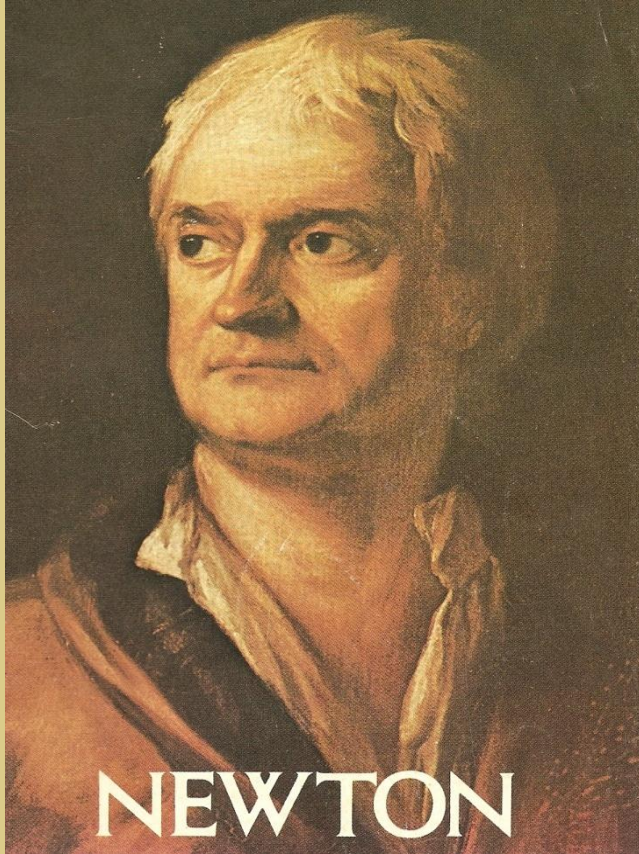
OBSERVAÇÃO DOS SATÉLITES DE JÚPITER EM 1609 E DA SUPERFÍCIE LUNAR EM 1610 POR GALILEU.



OBSERVAÇÃO DAS MANCHAS SOLARES POR GALILEU EM 12 DE FEVEREIRO DE 1612

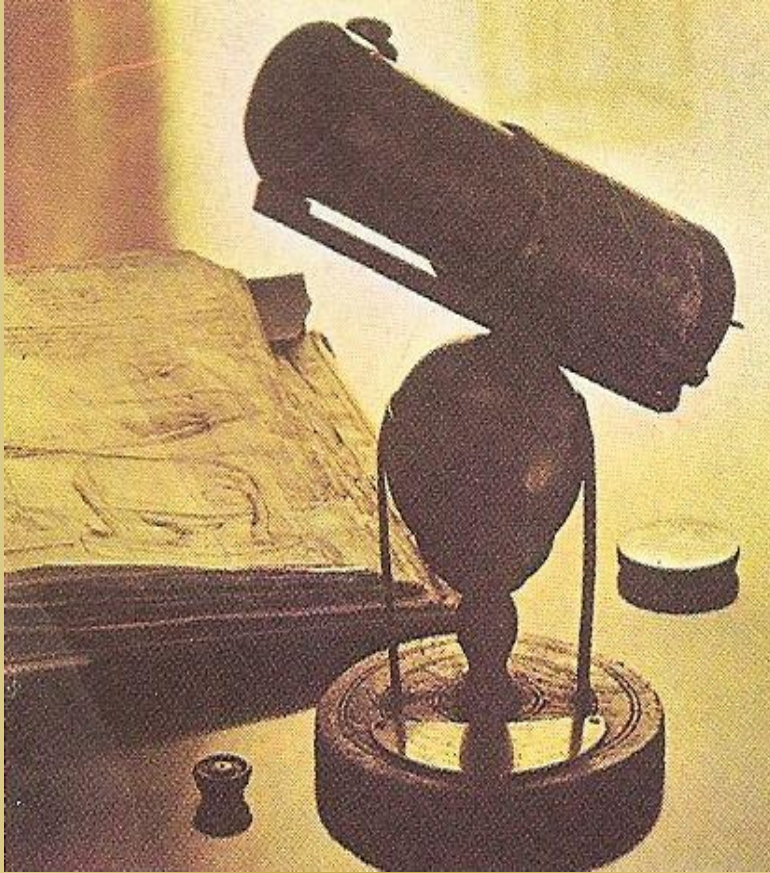


ISAAC NEWTON (1642 - 1727)



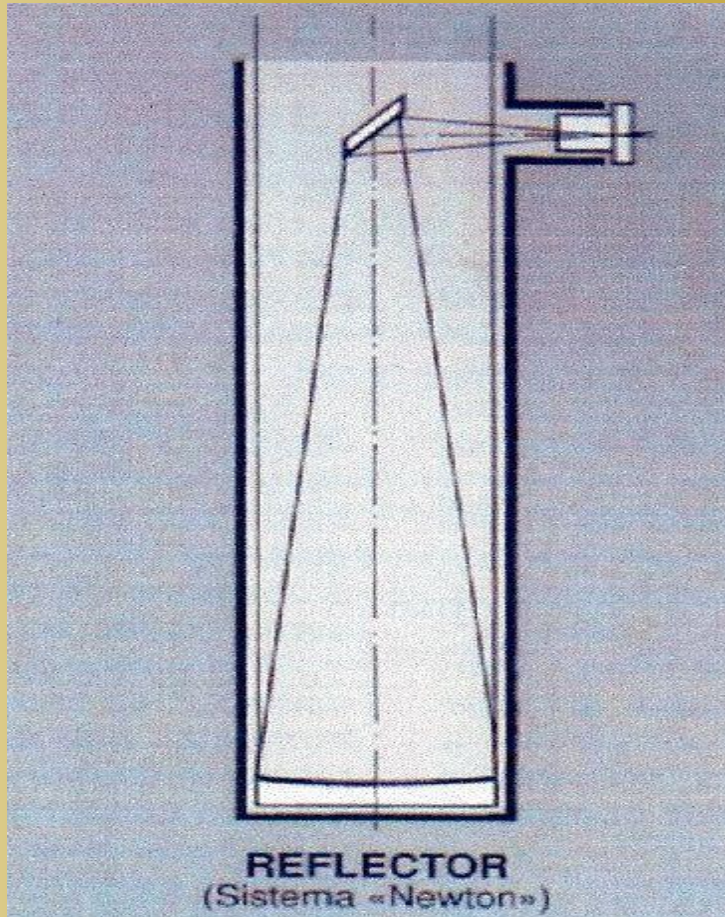
- Desiludido com a eficácia das lunetas da época, construiu o primeiro telescópio refletor de **espelho côncavo**, com observação lateral pela ocular, desviado por um **espelho plano**.

REFLETOR DE NEWTON



- O telescópio construído por Newton possui um espelho de 6cm de diâmetro com um diafragma de 3,4cm; distância focal de 15cm e aumento de 30X.
- O telescópio foi doado por Newton em 1672 a Real Sociedade de Londres.

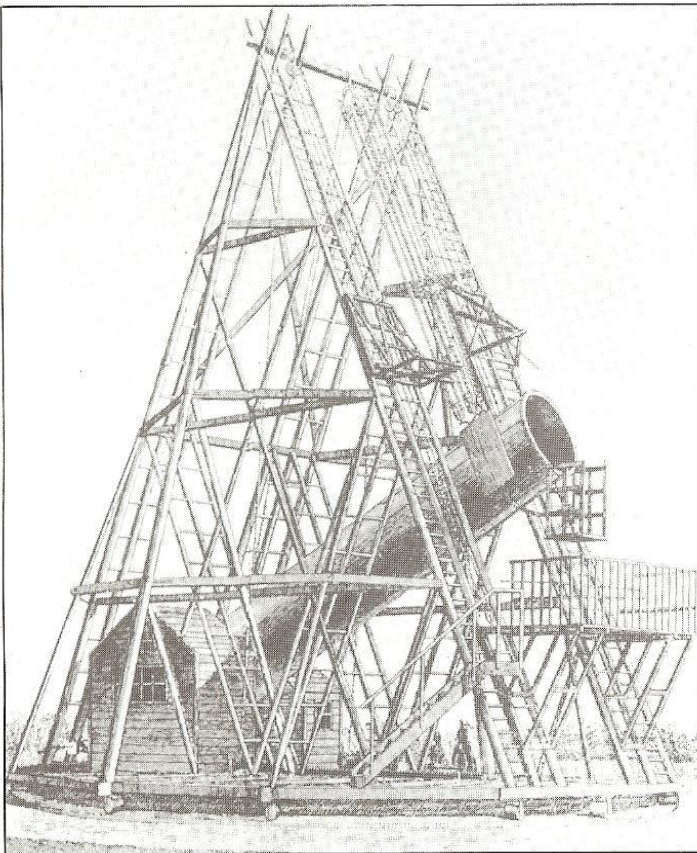
CARACTERÍSTICAS DE UM REFLETOR NEWTONIANO



- A imagem do objeto observado é captada pelo espelho principal côncavo (objetiva) e é enviado para um espelho secundário plano (diagonal) inclinado a 45° , que é desviada lateralmente e ampliada pela ocular.

CARACTERÍSTICAS DO REFLETOR DE HERSHEL

Fig. 12.- Telescopio construido por W. Herschel en 1789, de 122 cm de abertura y 12,2 m de distancia focal.



- Esquema do telescópio de Herschel.

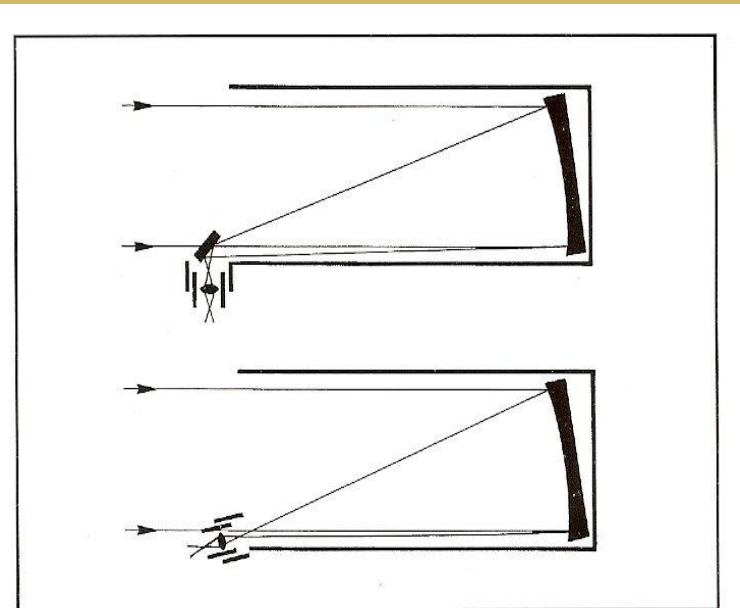
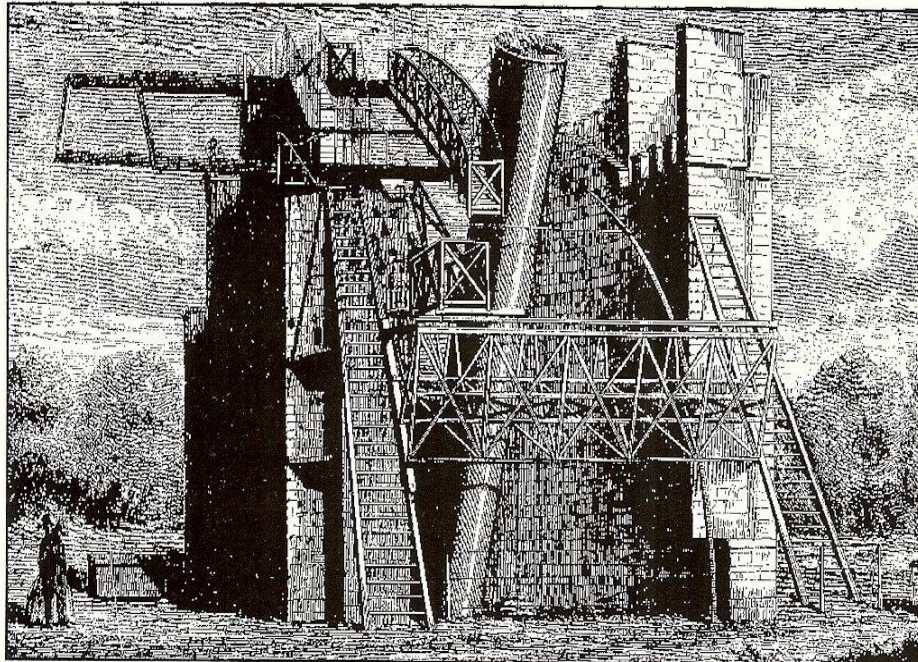


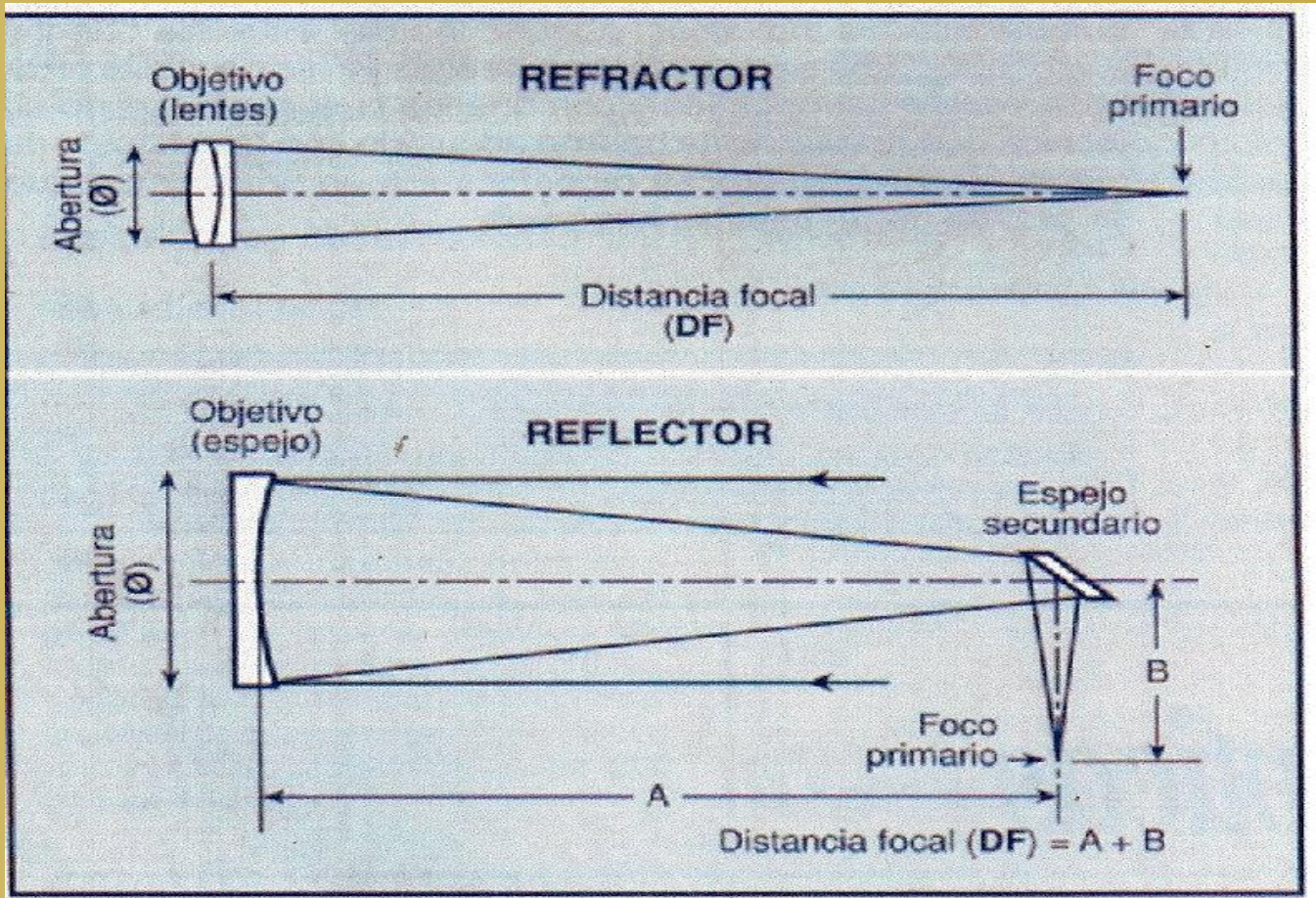
Fig. 13.- Esquemas de los telescopios de Herschel. Cuando la abertura era pequeña colocaba un espejo diagonal en el portaocular; en telescopios grandes el ocular se situaba directamente en la boca del tubo.

WILLIAM PARSONS (1800 - 1867), CONDE DE ROSSE



- O gigantesco telescópio "Leviatán" (monstro da mitologia fenícia) de Lord Rosse inaugurado em abril de 1845.
- O espelho tinha 1,82m de diâmetro e 16,61 de distância focal pesando 3.809Kg.
- Descobriu a natureza gasosa das nebulosas e mais tarde a estrutura das "nebulosas espirais" galáxias.

DIFERENÇAS BÁSICAS DOS TELESCÓPIOS REFRATOR X REFLETOR



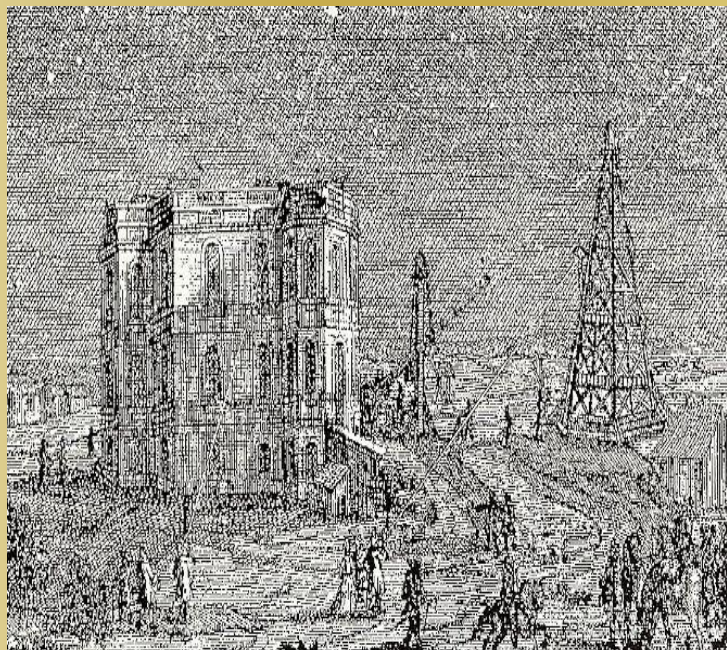
JOHANNES KEPLER E A LUNETTA ASTRONÔMICA



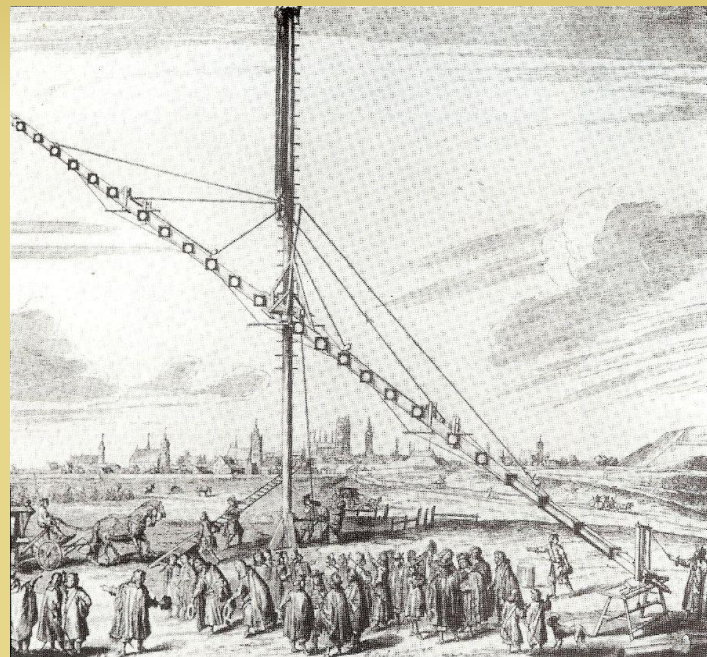
- Com a substituição da lente ocular **côncava** por uma lente **convexa** de foco curto, houve um aumento considerável na ampliação das imagens observadas, com o uso de **objetivas** de diâmetro cada vez maior (objetivas plano convexas de foco longo).
- A imagem passou a ser real e invertida.

OBJETIVAS COM ABERRAÇÃO CROMÁTICA

- Observatório de Paris em 1672 onde se vê os telescópios aéreos ao ar livre.

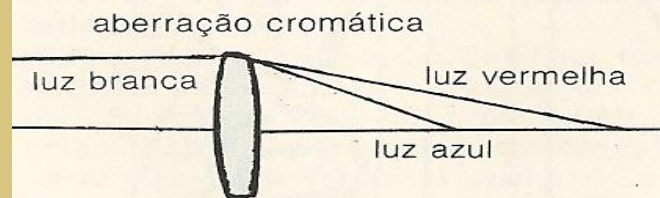


- Telescópio aéreo construído por Hevelius em 1673, tendo uma distância focal de 49m e o mastro de sustentação com 29m de altura.



ABERRAÇÕES NAS LENTES OBJETIVAS

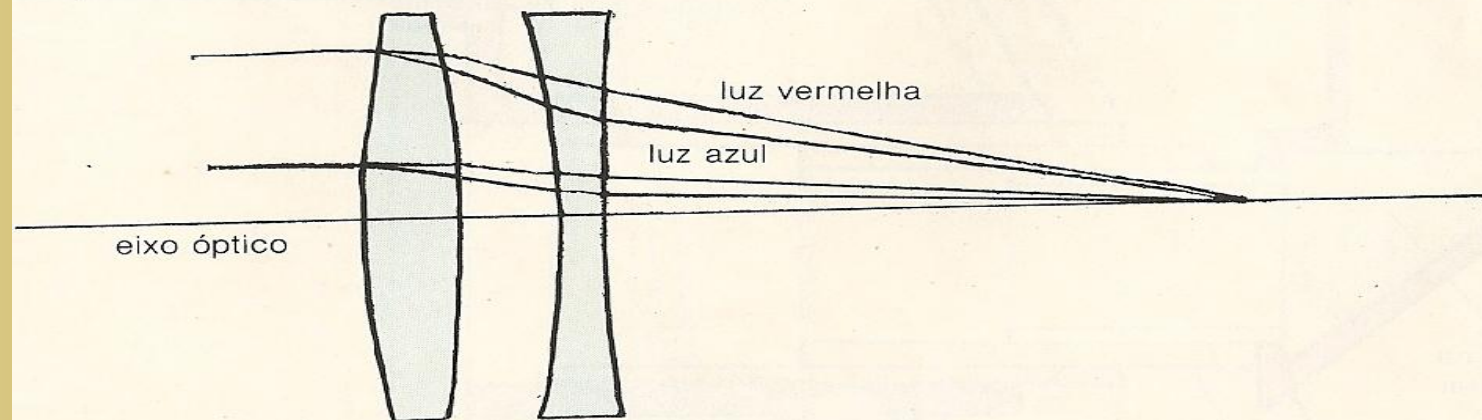
PRINCIPAIS ABERRAÇÕES DE UMA LENTE SIMPLES



As radiações de comprimento de onda menor são mais refratadas.

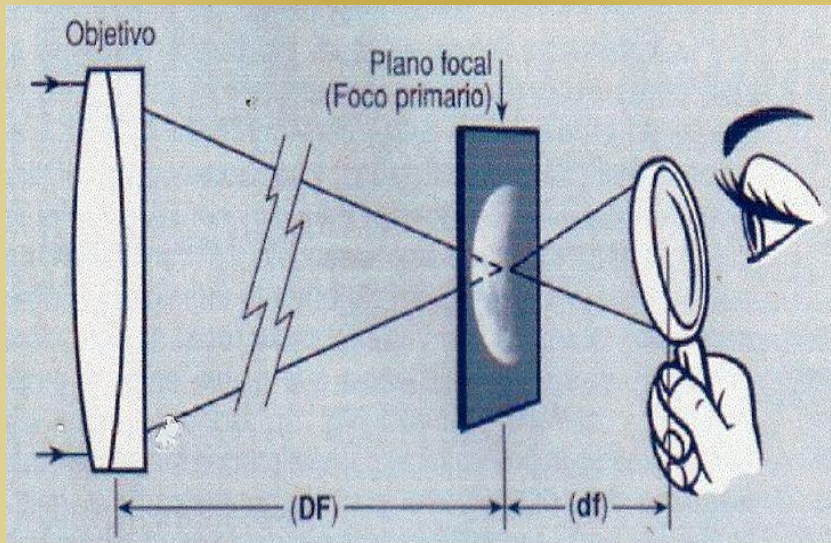


UM DUBLETO ACROMÁTICO CORRIGE A ABERRAÇÃO CROMÁTICA

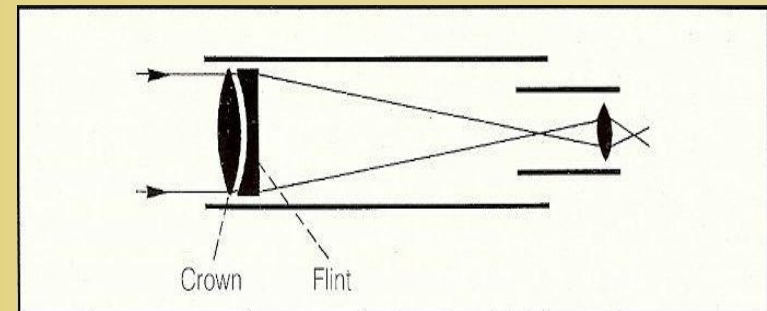


PRINCIPIO DA FORMAÇÃO DA IMAGEM NO TELESCÓPIO E O SISTEMA ACROMÁTICO

- A objetiva forma uma imagem real e invertida que é ampliada pela ocular.

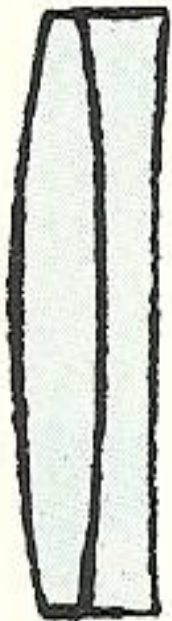


- O sistema acromático foi desenvolvido em 1733 por **Chester Moor Hall** (1703-1771), onde a objetiva é constituída por um par de lentes convergente biconvexo confeccionada com vidro **Crown** associada a uma divergente plano côncava confeccionada com vidro **Flint**.



TIPOS DE OBJETIVAS ACROMÁTICAS DOS REFRACTORES

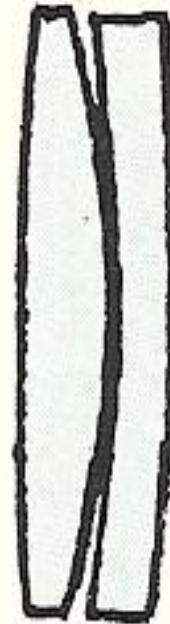
ALGUNS TIPOS DE DUBLETOS ASTRONÔMICOS



Clairaut



Littrow



Fraunhofer



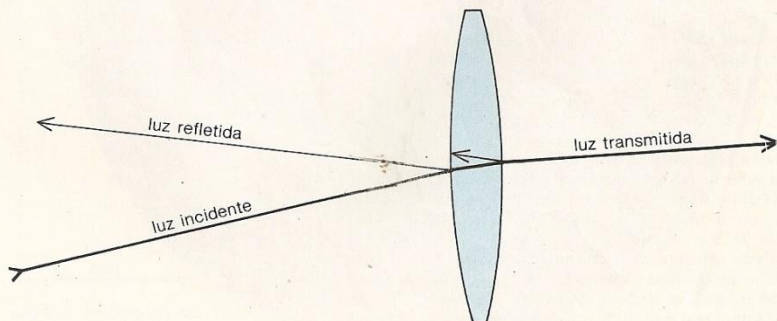
Clark

FATOR DIÂMETRO E REFLEXÃO



Abertura	Magn. lim.
0,7 cm (olho humano)	6,3
3 cm (binóculo pequeno)	9,5
7 cm (telescópio pequeno)	11,3
20 cm (bom telescópio amador)	13,6
100 cm (telescópio profissional)	17,1
600 cm (maior telescópio do mundo)	20,9

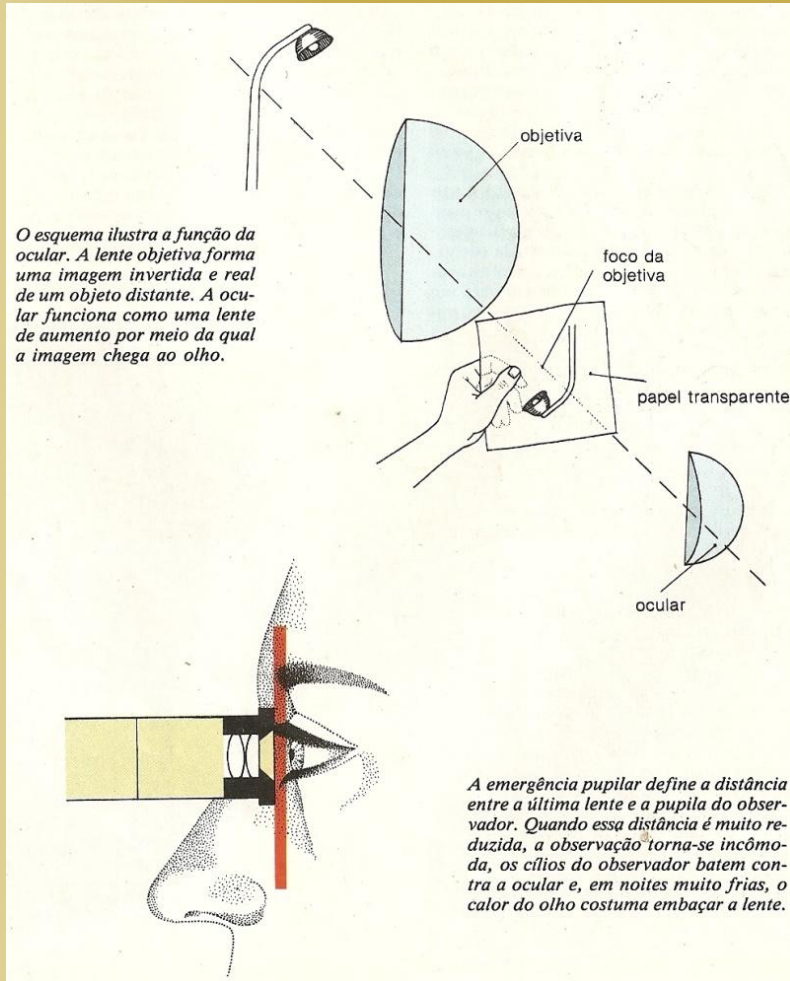
A capacidade de recolher luz depende da superfície da lente. Desse modo, uma objetiva de 10 cm de diâmetro admite duzentas vezes mais luz do que o olho humano.



Quando um raio de luz incide sobre a superfície da lente, uma parte é refletida e se perde durante a formação da imagem: essa perda equivale a 4%.

- Quanto maior for o **diâmetro** da lente ou espelho objetiva, maior será a capacidade de captar a luz de objetos distantes.
- O limite está imposto na confecção das objetivas grandes e na turbulência atmosférica que interfere na qualidade das imagens observadas.
- Um banho com **material anti-reflexivo** (fluoreto de magnésio) na superfície da lente reduz consideravelmente a perda por reflexão.

AS OCULARES



- São os elementos responsáveis pela ampliação da imagem observada.
- Para cada ocular utilizada se terá um aumento proporcional ao numero especificado em mm.
- Uma ocular com 12.5mm de foco quer dizer que seu olho deve ficar a 12.5mm de distância da lente.

CAMPO DE UMA OCULAR



visão com campo
pequeno (30 graus)



visão com campo
amplo (50 graus)

DISTORÇÃO DA IMAGEM EM UMA OCULAR

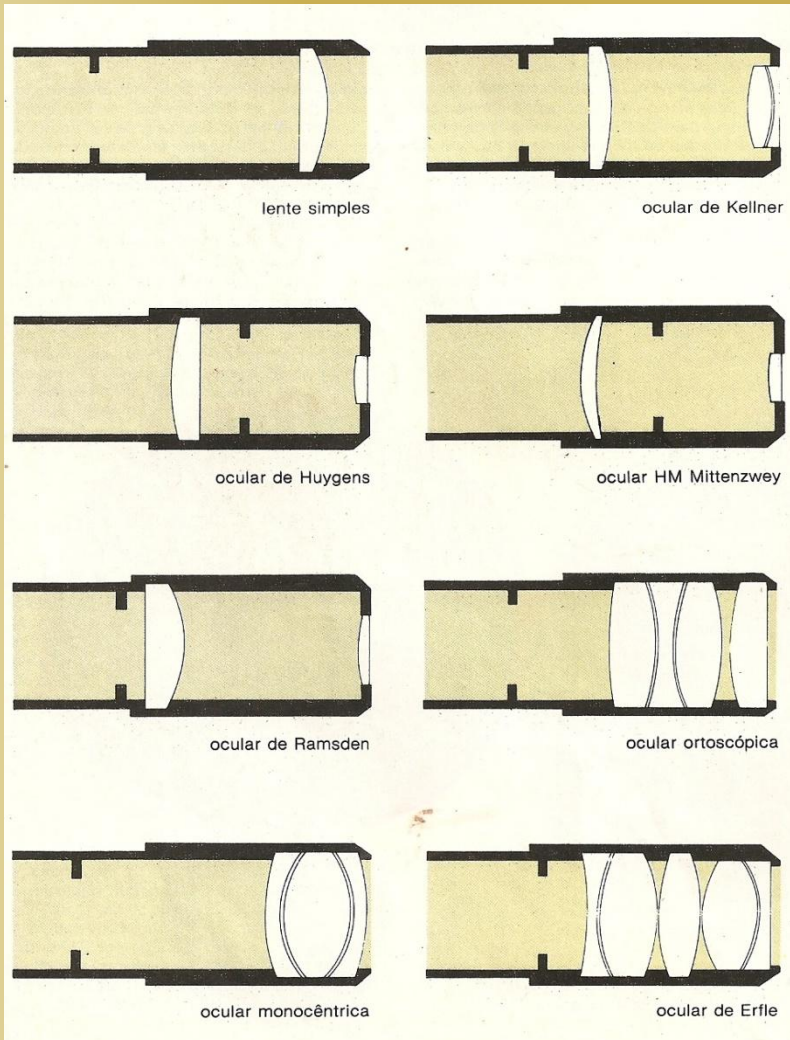


imagem fornecida por uma ocular ortoscópica

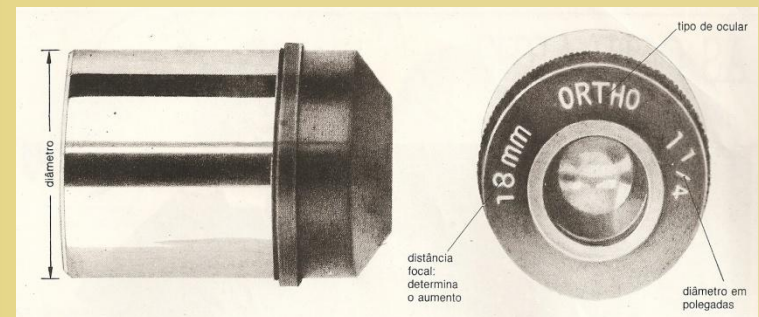


imagem fornecida por uma ocular que apresenta distorção

TIPOS DE OCULARES

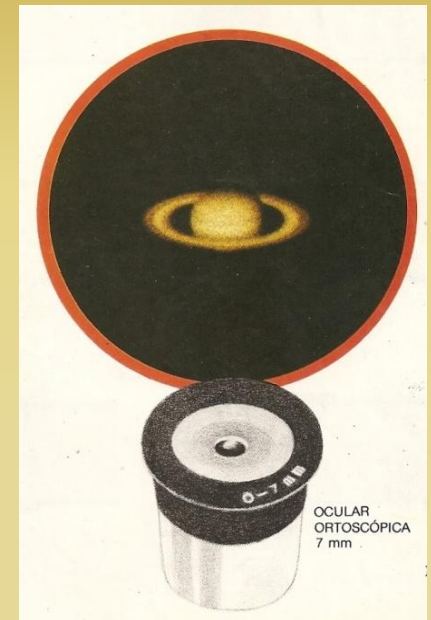
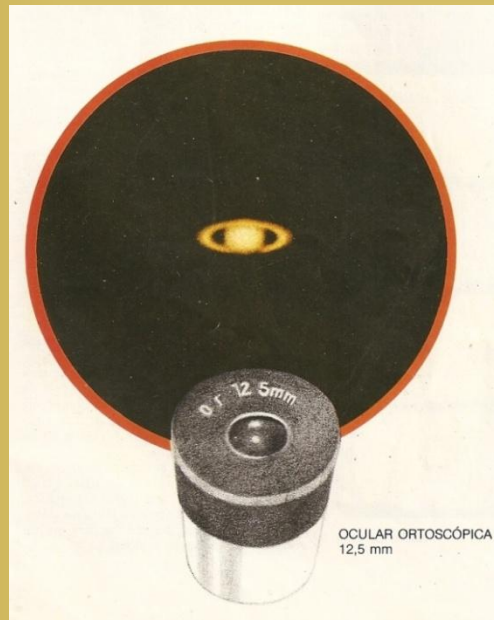


- As oculares ortoscópicas são as mais utilizadas por corrigirem defeitos de aberrações cromáticas e esféricas das objetivas.



AMPLIAÇÕES DAS OCULARES

- Ocular de Pequeno aumento 25mm; Ocular de aumento Médio 12.5mm e Ocular de Grande aumento 7mm.

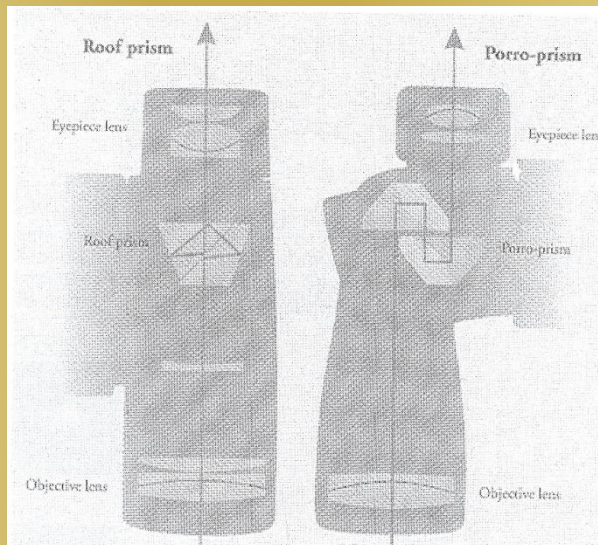


BINÓCULO



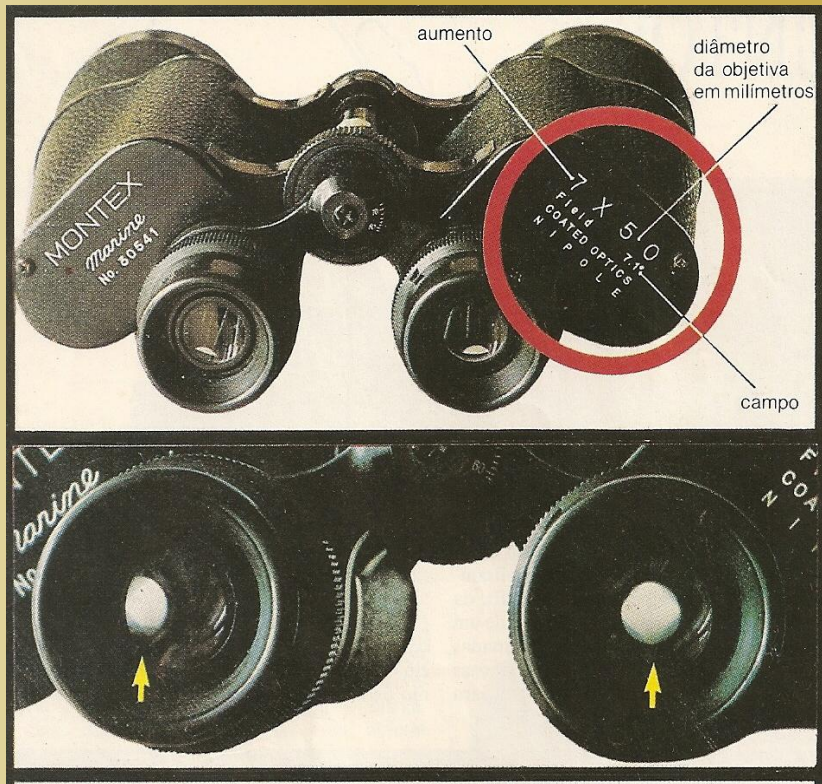
- É o primeiro instrumento que deve ser utilizado pelo amador de astronomia para reconhecimento do céu.

- Proporciona pouco aumento e um grande campo de visão, ideal para observação de regiões estelares, aglomerados e nebulosas.



- É composto por duas pequenas lunetas de pouco aumento conjugadas, cujo interior possui dois prismas de vidro do tipo "Porro" ou "Roof", que servem para **desinverter** as imagens vistas.

ESCOLHA DE UM BINÓCULO



- O binóculo 7 X 50 é o ideal para observação astronômica, isto porque ele aumenta 7 vezes (pouco aumento) proporcionando um grande campo de observação e a razão pupilar (D/a) é igual a 7 próximo ao diâmetro máximo da abertura da pupila humana no escuro (6mm).

BINÓCULO PARA ASTRONOMIA



- O binóculo é um instrumento ideal para observar determinados fenômenos como os eclipses da Lua, estrelas variáveis, aglomerados de estrelas, os cometas etc.
- **OBS:** Nunca devemos usá-lo para observar o Sol sob risco de perdermos a visão irremediavelmente.

TELESCÓPIO REFRACTOR SOBRE MONTAGEM ALTAZIMUTAL



- Luneta refratora com lente objetiva com 60mm de diâmetro e distância focal de 700mm.
- Possui um prisma zenital de 90° para observação dos astros em altura máxima.

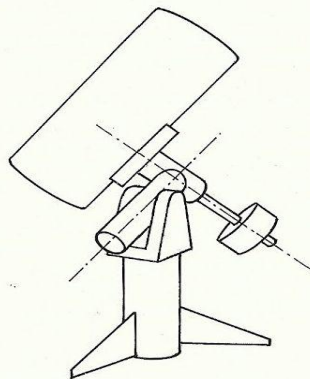
MONTAGEM ALTAZIMUTAL

- Montagem destinada à movimentação do instrumento em altura (0° a 90°) e azimute (0° a 360°).

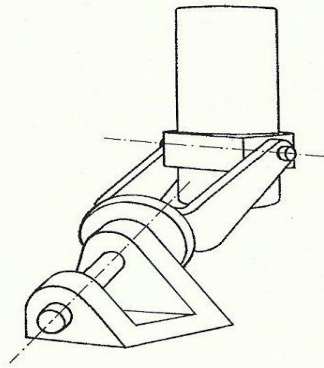


TIPOS DE MONTAGENS EQUATORIAIS

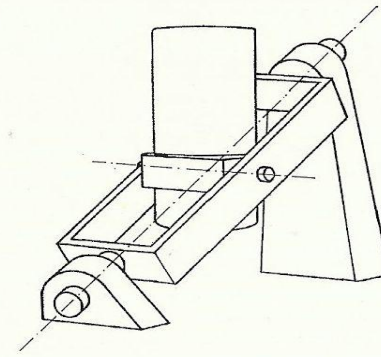
- Montagem Alemã, Montagem em Forca, Montagem Inglesa em Cunha, Montagem Inglesa em Forca e Montagem Inglesa Simples.



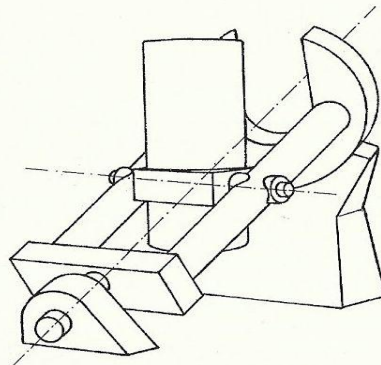
A Montura alemana



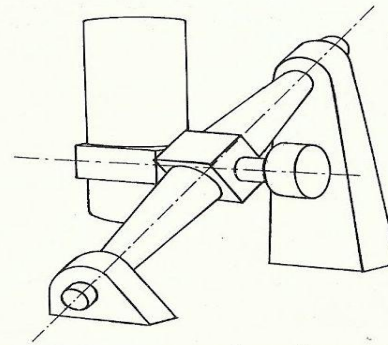
B Montura de horquilla



C Montura inglesa o de cuna. Es igual a la de horquilla, pero con una prolongación de los brazos, que se apoyan en un pilar situado al norte.



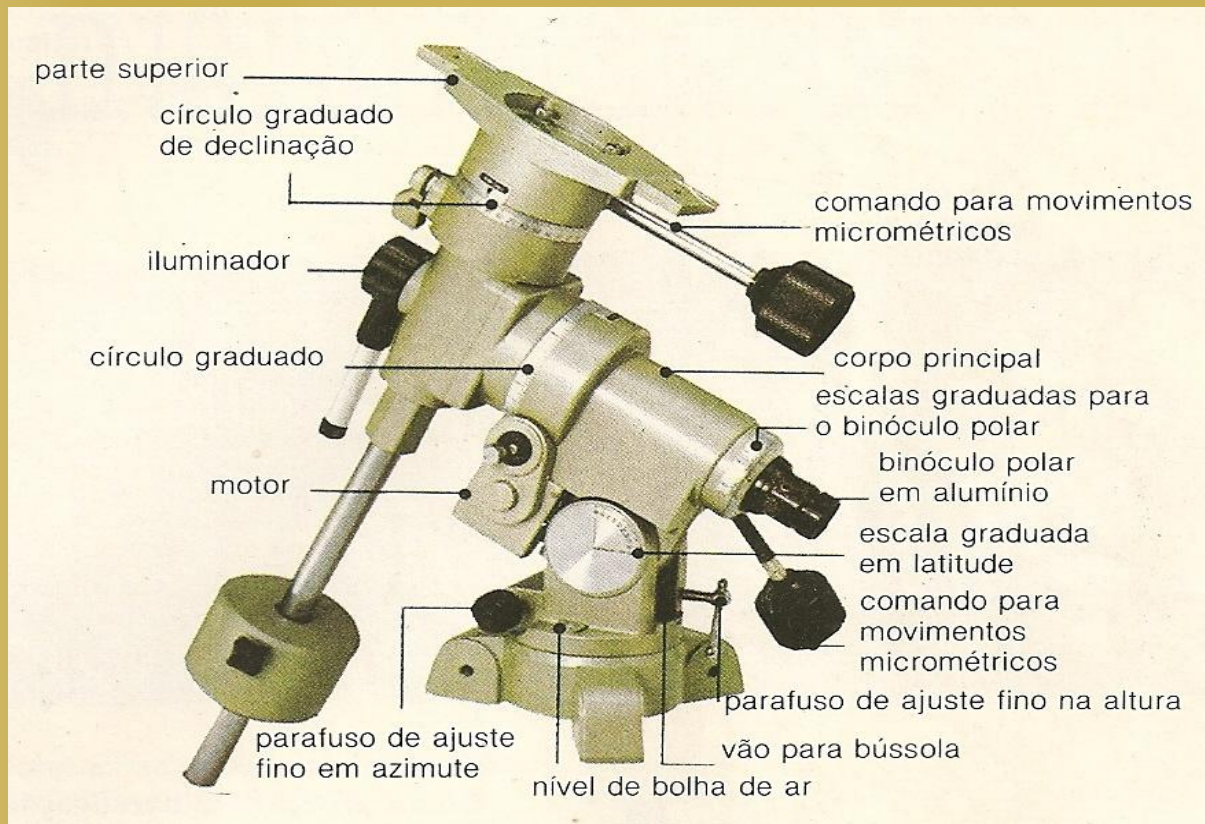
D Montura inglesa con una horquilla en el apoyo norte para permitir la observación de la región polar.



E Montura inglesa simple. Sin problemas para la observación de la región polar.

MONTAGEM EQUATORIAL ALEMÃ

- Tipo de montagem que facilita o acompanhamento manual ou motorizado do astro no céu, devido ao deslocamento motivado pelo movimento de rotação da Terra.



TELESCÓPIO REFLETOR SOBRE MONTAGEM EQUATORIAL ALEMÃ



- Telescópio refletor newtoniano com espelho objetivo de 200mm de diâmetro e 600mm de foco.
- Possui luminosidade muito alta com aumento mínimo de 30X com ocular de 20mm e aumento máximo de 100X com ocular de 6mm. Com utilização da lente Barlow os aumentos duplicam.

VISÃO INTERIOR DO TELESCÓPIO DE 200MM



- Espelho principal com 200mm de diâmetro e superfície coberta com fina película de alumínio.
- Espelho diagonal secundário inclinado 45° .
- Focalizador com pinhão e cremalheira para oculares de 1,25".
- Luneta buscadora com retículo para direcionar o objeto observado.

MONTAGEM EQUATORIAL ALEMÃ



- Tipo de montagem ideal para acompanhamento dos astros com um telescópio.
- Uma vez alinhada com o eixo polar e a latitude do local, pode-se adaptar um motor, sincronizado com o movimento sideral, para acompanhamento dos astros.

As principais características das lunetas e telescópios que devem ser levados em conta (I)

- **O Aumento (A)** - é o valor obtido pela relação entre as distâncias focais da objetiva e da ocular, ou seja; $A = F/f$ (F e f expressos na mesma unidade). Para exemplificar consideremos uma luneta ou telescópio cuja objetiva tenha 900mm(milímetros) de distância focal (F) e a ocular tenha 10mm de distância focal (f), o aumento obtido seria:

$$A \text{ (aumento)} = \frac{F}{f} = \frac{900\text{mm}}{10\text{mm}} = 90 \times \text{(vezes)}$$

- **A Abertura (a)** - é definida como sendo o diâmetro(D) máximo útil da objetiva. Quanto maior for esse diâmetro, maior será a quantidade de luz coletada pelo instrumento. A abertura relativa (ar) ou relação focal (F/D) é a relação existente entre a distância focal da objetiva (F) e o seu diâmetro (D). Quanto menor for esse número, mais luminoso será o instrumento em questão, por exemplo: um telescópio com $(F/D) = 5$ é muito mais luminoso do que um com $(F/D) = 10$ e para fotografia astronômica isto faz muita diferença, pois o primeiro necessita de tempo de exposição do filme à luz do astro, quatro vezes mais curto que o segundo.

As principais características das lunetas e telescópios que devem ser levados em conta (II)

- **O Campo (C)** - é o valor angular do diâmetro aparente máximo que se pode observar através da ocular da luneta ou telescópio. Determina-se dividindo o diâmetro do diafragma (o anel dentro do ocular que define os limites do campo), pela distância focal (F) do telescópio. Outra maneira é dividindo-se o campo aparente pelo aumento (A) utilizado, ou seja:

$$C \text{ (campo)} = \frac{\text{Diafragma}}{F} = \frac{\text{Campo Aparente}}{A}$$

- **A luminosidade (L)** - É a relação entre os quadrados dos diâmetros da objetiva (D) e da pupila (d) do olho humano. A **pupila** do olho humano mede em média durante o dia, em plena luz, **2mm** de diâmetro e a noite ela dilata-se até atingir **6mm** no escuro, logo, temos que:

$$L = \left(\frac{D}{d}\right)^2 = \left(\frac{D}{6}\right)^2 = \frac{D^2}{36}$$

Portanto, se tivermos um telescópio com uma objetiva de 110 mm de diâmetro então:

$$L = \frac{110^2}{36} = 336$$

Este instrumento coleta 336 vezes mais luz do que o olho humano durante a noite.

As principais características das lunetas e telescópios que devem ser levados em conta (III)

- **A Resolução ou Poder separador (P_s)** - representa o valor angular mínimo existente entre 2 objetos que ainda consegue-se ser vistos distintamente um do outro pelo observador através de um determinado telescópio. Teoricamente o poder separador (P_s) é calculado pela expressão: $P_s = 114/D$, mas na prática deve-se utilizar outra constante, $P_s = 300/D$ ou $P_s = 500/D$ dependendo da abertura do telescópio, onde (D) é o diâmetro da objetiva em mm e o valor P_s obtido é dado em **segundos de arco**.

- **A Magnitude limite (M_{lim})** - representa o maior valor alcançado, por um telescópio, da **magnitude aparente** dos astros observados. Esta magnitude pode ser obtida pela expressão: $M_{lim} = 7,1 + 5 \log D$, onde D é o **diâmetro da objetiva** expresso em mm.



- Obrigado