

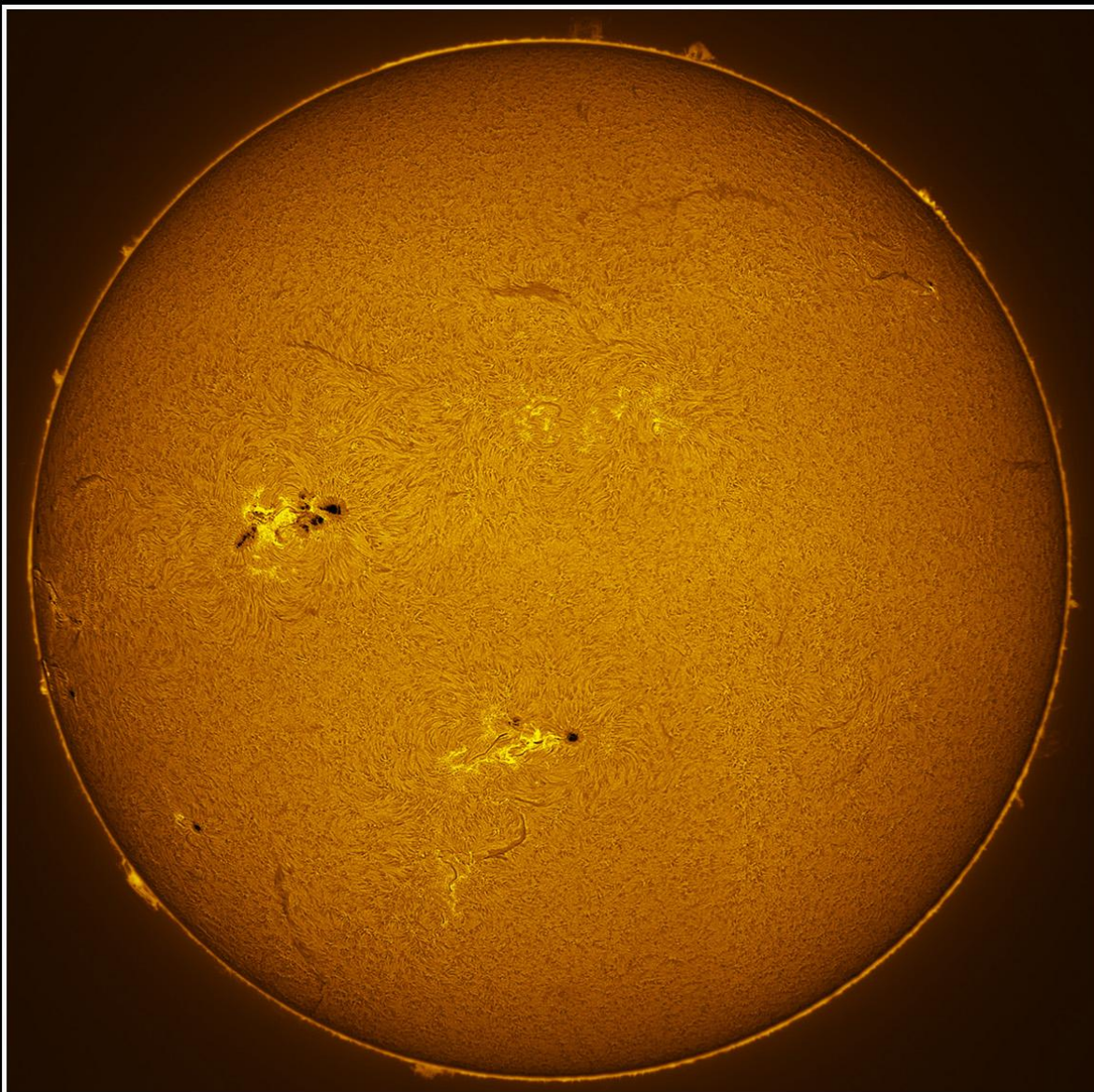


APAA

Associação
Portuguesa
de Astrónomos
Amadores

ASTRONOMIA de Amadores

N.º 42 Janeiro/Junho 2012



3 AS QUADRÂNTIDAS E O SEU RADIANTE: RAZÕES DE UMA DESIGNAÇÃO HISTÓRICA. Guilherme de Almeida

5 O BRILHO DAS ESTRELAS E AS MAGNITUDES COMBINADAS. Guilherme de Almeida

10 A REFRAÇÃO ATMOSFÉRICA E OS SEUS PROBLEMAS NAS OBSERVAÇÕES ASTRONÓMICAS. Guilherme de Almeida

15 EXPERIÊNCIAS FALHADAS EM RADIOASTRONOMIA ... E NÃO SÓ. Alcaria Rego

22 UM "PSTM" FORA DE CASA. Alcaria Rego

25 ASTROMANIA — DO PUSH-TO-GO AO CONTROLO REMOTO. João Cruz

32 ALVAN CLARK (1804-1887), GEORGE BASSETT CLARK (1827-1891) AND ALVAN GRAHAM CLARK (1832-1897), AMERICAN MAKERS OF TELESCOPE OPTICS. Pedro Ró

40 JOSEPH VON FRAUNHOFER (1787 - 1826) AND THE GREAT DORPAT REFRACTOR. Pedro Ró

47 THE 25-INCH NEWALL REFRACTOR. Pedro Ró

ASTRONOMIA DE AMADORES

Revista de divulgação astronómica (n.º 42) — Janeiro/Junho — ano 2012

Propriedade: Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores (APAA); P.C. n.º 501 213 414.

Sede: Rua Alexandre Herculano, 57- 4.º Dto., 1250 - 010 Lisboa (telefone: 213 863 702)

email: info@apaa.co.pt • <http://apaaweb.com/>

*REPRODUÇÃO PROIBIDA, EXCEPTO SOB AUTORIZAÇÃO EXPRESSA DA DIRECÇÃO DA APAA.
AS REFERÊNCIAS E AS CITAÇÕES DEVEM INDICAR EXPLICITAMENTE A ORIGEM.*

REVISTA ASTRONOMIA DE AMADORES

Equipa redactorial: Pedro Ré, Guilherme de Almeida.

Periodicidade: Semestral

Distribuição: a Revista **ASTRONOMIA DE AMADORES** é distribuída gratuitamente a todos os associados que à data da publicação do respectivo número estejam em pleno gozo dos seus direitos, assim como aos sócios honorários e membros do Conselho Técnico e Científico.

Conselho Técnico e Científico: Alcária Rego, Alfredo Pereira, António Cidadão, António da Costa, Cândido Marciano, Carlos Saraiva, Guilherme de Almeida, José Augusto Matos, Pedro Ré e Rui Gonçalves.

Colaboraram neste número: Pedro Ré, Guilherme de Almeida, Alcária Rego, João Cruz.

Artigos para publicação: Os trabalhos destinados a publicação, devem ser fornecidos em formato Word 7 ou anterior, acompanhados de memorando explicitando o fim a que se destinam e sendo o conteúdo da responsabilidade dos autores. Só serão aceites trabalhos originais. Os artigos destinados a publicação serão previamente apreciados por um ou mais membros do Conselho Técnico e Científico ou da Redacção que, caso entendam necessário, incluirão nota devidamente assinalada. A APAA encoraja os seus sócios (e até os não sócios) a enviar artigos. Estes traduzem a opinião dos autores, e não necessariamente os pontos de vista da APAA.

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE ASTRÓNOMOS AMADORES (APAA)

Direcção

Presidente: Pedro Ré; **Vice-Presidente:** Carlos Saraiva; **Tesoureiro:** Pedro Figueiredo; **Secretário:** Vítor Quinta;

Secretário-Adjunto: Raimundo Ferreira.

Mesa da Assembleia-Geral

Presidente: António Magalhães; **Secretário:** Rui Gonçalves; **Vogal:** José Egeia.

Conselho Fiscal

Presidente: José Cardoso Moura; **Vogal:** Paulo Coelho; **Vogal:** Miguel Claro.

Pagamento de quotas

2ª a 5ª feira: das 10 h às 13 h e das 15 h às 19 h;

Pagamentos em cheque cruzado à ordem da APAA, vale postal ou transferência bancária.

Novos sócios:

Para se inscrever na APAA, basta enviar por carta, ou entregar pessoalmente na sede, uma folha A4 contendo nome, morada, data de nascimento, habilitações literárias e endereço e-mail (caso tenha), acompanhado de meio de pagamento da inscrição (5 Euros) e das quotas de pelo menos um trimestre (6 Euros). A quota mensal é de 2 Euros/mês. Os jovens até 25 anos têm uma redução das quotas de 50%. Em <http://apaaweb.com/> existe um formulário de inscrição on-line que poderá facilitar todo este processo.

OBSERVATÓRIO APAA

Este observatório resulta de um protocolo estabelecido entre a APAA e o Planetário Calouste Gulbenkian. Denomina-se "Observatório Comandante Conceição Silva" e encontra-se anexo ao Planetário em Belém, junto ao Mosteiro dos Jerónimos.

ÍNDICE

- 3 **AS QUADRÂNTIDAS E O SEU RADIANTE: RAZÕES DE UMA DESIGNAÇÃO HISTÓRICA**
GUILHERME DE ALMEIDA
- 5 **O BRILHO DAS ESTRELAS E AS MAGNITUDES COMBINADAS**
GUILHERME DE ALMEIDA
- 10 **A REFRAÇÃO ATMOSFÉRICA E OS SEUS PROBLEMAS NAS OBSERVAÇÕES ASTRONÓMICAS**
GUILHERME DE ALMEIDA
- 15 **EXPERIÊNCIAS FALHADAS EM RADIOASTRONOMIA ... E NÃO SÓ**
ALCARIA REGO
- 22 **UM "PSTm" FORA DE CASA**
ALCARIA REGO
- 25 **ASTROMANIA — DO PUSH-TO-GO AO CONTROLO REMOTO**
JOÃO CRUZ
- 32 **ALVAN CLARK (1804-1887), GEORGE BASSETT CLARK (1827-1891) AND ALVAN GRAHAM CLARK (1832-1897), AMERICAN MAKERS OF TELESCOPE OPTICS**
PEDRO RÉ
- 40 **JOSEPH VON FRAUNHOFER (1787 - 1826) AND THE GREAT DORPAT REFRACTOR**
PEDRO RÉ
- 47 **THE 25-INCH NEWALL REFRACTOR**
PEDRO RÉ

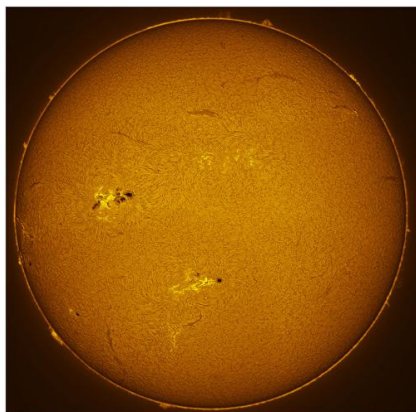
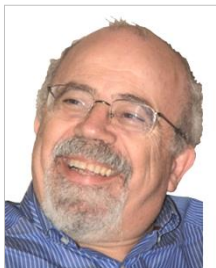


Imagem da Capa:

SUN (20111123). LUNT 152 F/6, BF3400, DMK41, 2x six-panel mosaic (stack of 500 images each panel). Pedro Ré (2011)
<http://re.apaaweb.com/>

AS *QUADRÂNTIDAS* E O SEU RADIANTE: RAZÕES DE UMA DESIGNAÇÃO HISTÓRICA



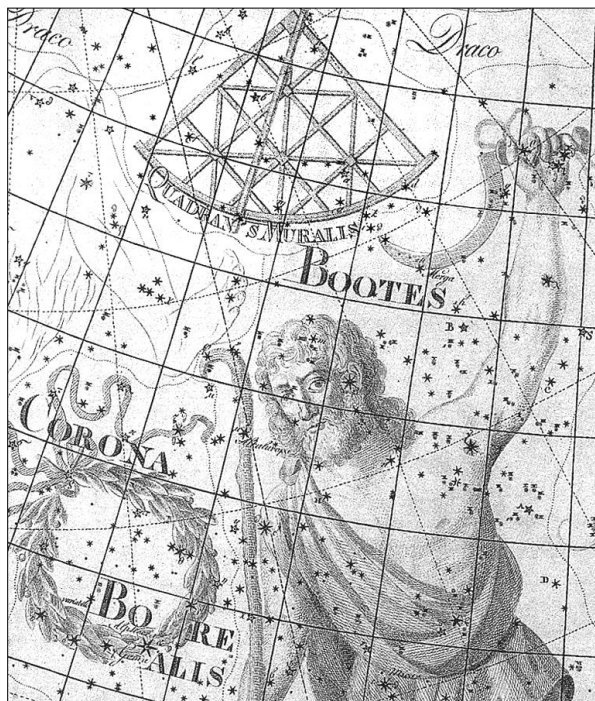
Guilherme de Almeida
g.almeida@vizzavi.pt

Na sua viagem anual em torno do Sol, a Terra atravessa diferentes regiões do espaço interplanetário, num percurso orbital de cerca de 940 milhões de quilómetros. Entre o primeiro e o quinto dias de Janeiro de cada ano, a Terra passa por uma região particularmente rica em poeiras, brindando-nos com uma chuva de meteoros (na linguagem popular denominados "estrelas cadentes") característica desta época: a chuva das *Quadrântidas*.

Sabemos que as chuvas de meteoros recebem o nome derivado da constelação de onde os traços dos seus meteoros parecem divergir¹ (ponto denominado "radiante" da chuva de meteoros). Assim, as Leónidas têm o seu radiante na constelação do Leão, as Perseidas em Perseu, etc. Mas as Quadrântidas terão o seu radiante onde? Não há actualmente nenhuma constelação de nome parecido. E o seu radiante situa-se a norte do Boieiro (*Boötes*). De onde virá então esta estranha designação que, por razões históricas, se manteve até aos dias de hoje?

Na verdade, na posição do radiante das Quadrântidas encontrava-se a antiga constelação do Quadrante Mural (*Quadrans Muralis*), presentemente extinta. Foi ela que deu o nome a este enxame de estrelas cadentes (Fig. 1). O Quadrante Mural é uma das constelações extintas mais conhecidas, porque lhe foi dado o nome desta chuva de meteoros, que ocorre em Janeiro de cada ano e cujo radiante se situa nesta região celeste. A constelação do Quadrante Mural (*Quadrans Muralis*) foi inventada em 1795 pelo astrónomo francês Joseph-Jerôme de Lalande (1732-1807) para representar o enorme quadrante, fixado à parede, com o qual mediu as posições de 50 000 estrelas no Collège de France (Fig. 2).

Fig. 1. O Quadrante Mural (*Quadrans Muralis*) segundo o Atlas *Uranographia*, de Johan Bode, publicado em 1801 (Adaptação).

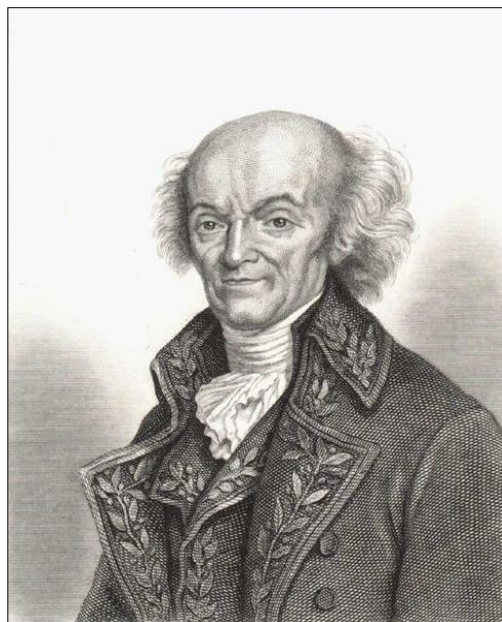


Esta antiga constelação foi representada pela primeira vez num atlas ilustrado por Jean Fortin, engenheiro e fabricante francês de globos e esferas para a família real francesa. Mais rigorosamente, o Quadrante Mural ocupava a região que é actualmente a parte norte do Boieiro, próximo da extremidade da cauda da Ursa Maior (Fig. 1). Localizava-se precisamente entre o pé direito de Hércules, a mão esquerda do Boieiro e o Dragão.

A União Astronómica Internacional não aceitou nem reconheceu oficialmente esta constelação, logo nos seus primeiros trabalhos de 1922. E ela já não constou da 88 constelações cartografadas e delimitadas no trabalho final do astrónomo belga Eugène Delporte, *La Délimitation Scientifique des Constellations*, de 1930.

Se não fosse por este enxame anual de meteoros, a antiga constelação do Quadrante Mural estaria esquecida tal como sucedeu a várias outras constelações obsoletas como *Apis* (Abellha), *Globus Aerostaticus* (Balão de Ar Quente), *Machina Electrica* (Máquina Electrostática), *Felis* (o Gato), *Rangifer* (a Rena) e outras. Sempre que as Quadrântidas regressam ao céu nocturno, o nome desta constelação esquecida volta às nossas recordações.

Fig. 2. O astrónomo francês Joseph-Jerôme de Lalande (1732-1807). Foi contemporâneo do conhecido Charles Messier (1730-1817) e apenas dois anos mais novo do que este.



Observação das Quadrântidas

Se as condições meteorológicas o permitirem, não deixe de olhar para o firmamento por estas datas (Fig. 3), especialmente na noite de 3 para 4 de Janeiro, para contemplar esta bela chuva de meteoros, denominada chuva das Quadrântidas, com um pico de cerca de 40 meteoros por hora.



Localize a região situada entre as constelações de Ursa Maior, do Boieiro, do Dragão e de Hércules, acima da região nordeste do horizonte. Preste atenção às regiões envolventes desta área e mantenha a visão lateral alerta. Embora esta não seja das chuvas de meteoros mais intensas merece a nossa atenção e por vezes a sua intensidade pode ser surpreendente.

Fig. 3. Representação do céu na direcção noroeste, com as constelações circundantes. Sugerem-se alguns traços de meteoros e a posição do radiante foi marcada com a cruz (+) amarela. Guilherme de Almeida (2010).

(1) – Na verdade os meteoros caem para a Terra segundo trajectórias paralelas entre si e o radiante é uma ilusão de perspectiva. Trata-se de uma situação idêntica àquela em que alguns traços paralelos entre si parecem convergir para o ponto de fuga.

Referências:

FERREIRA, M. E ALMEIDA, G.—*Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, 7.ª ed., Plátano Editora, Lisboa, 2004.
Constelações obsoletas: http://www.pa.msu.edu/people/horvatin/Astronomy_Facts/obsolete_constellations.htm

O BRILHO DAS ESTRELAS E AS MAGNITUDES COMBINADAS (ARTIGO 5)



Guilherme de Almeida
g.almeida@vizzavi.pt

Este é o quinto e último artigo de uma série de cinco, dedicados à magnitude estelar e às suas implicações. Veremos algumas particularidades da escala de magnitudes de Pogson e abordaremos a questão da *magnitude combinada* de duas ou mais estrelas que se apresentem com a *aparência de uma estrela única*, por insuficiência de resolução (seja a olho nu ou através de um telescópio). Relacionaremos quantitativamente a magnitude do conjunto (*magnitude combinada*) com a magnitude de cada uma das suas componentes. Veremos ainda como fazer outros cálculos interessantes neste domínio.

1. Um breve resumo histórico

A classificação das estrelas segundo os seus brilhos aparentes é uma ideia antiga, inicialmente desenvolvida por Hiparco (190-120 a.C.), que classificou as estrelas em 6 classes de brilho inicialmente denominadas *grandezas*. Nessa concepção, as estrelas mais brilhantes (as primeiras que a visão humana discernia após o pôr do Sol) foram consideradas de 1.^a grandeza e as menos brilhantes que a visão humana permitia ver, caída a noite profunda, foram designadas de 6.^a grandeza: penas números inteiros, sem haver subdivisões ou distinções entre as estrelas de cada grandeza, apesar de ser mais do que óbvio que, por exemplo, Sírio (α CMa) é muito mais brilhante do que Vega (α Lyr) e esta última bem mais brilhante do que Deneb (α Cyg). Esta mesma escala foi seguida por Cláudio Ptolomeu (85-160 d.C.), que a refinou ligeiramente criando patamares intermédios como "ligeiramente menos brilhante do que a 4.^a grandeza", ou ligeiramente mais brilhante do que 5.^a grandeza", etc.

Em 1856, o astrónomo inglês Norman Robert Pogson (1829-1891) sistematizou e quantificou o brilho das estrelas, criando uma escala comparativa: a escala de Pogson (como vimos num artigo anterior). A antiga palavra "grandeza" foi gradualmente substituída por "magnitude".

2. Estímulo e percepção

Os nossos órgãos dos sentidos não são transdutores lineares. Por exemplo, o dobro do estímulo não fornece o dobro da sensação, o triplo do estímulo não fornece o triplo da sensação, etc. A percepção (sensação) que temos, perante um dado estímulo sensorial (olfactivo, táctil, gustativo, auditivo ou visual) não varia na mesma proporção que o estímulo que lhe deu origem.

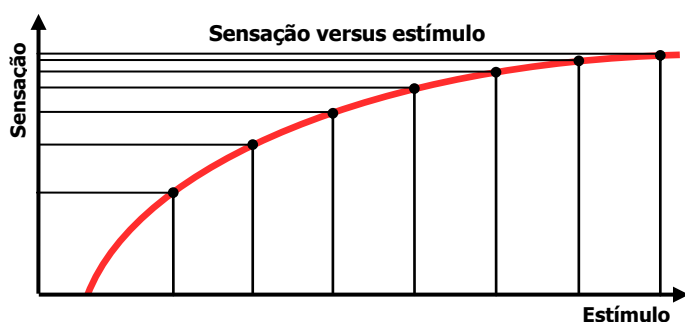


Fig1. Exemplo de uma representação da sensação versus estímulo. Guilherme de Almeida (2010).

Quando um estímulo cresce segundo *iguais variações*, como podemos ver na Fig. 1 (embora a sensação percebida continue a crescer) a sensação correspondente não cresce ao mesmo ritmo que o estímulo: o seu impacto na percepção vai sendo cada vez menor.

Dado que o olho humano (e em geral os órgãos dos sentidos) responde não linearmente a um estímulo recebido, desencadeando uma sensação cujo acréscimo não segue o mesmo ritmo, observa-se que a duplicação do fluxo luminoso não corresponde ao dobro da sensação correspondente, mas a menos do que o dobro, e assim sucessivamente. Para que a sensação cresça em iguais "saltos" é necessário que o estímulo correspondente cresça desmesuradamente. No caso das estrelas, o estímulo é o fluxo luminoso que atinge a retina do observador e a sensação é a *percepção* do brilho das estrelas.

Para melhor compreensão, vamos ver um exemplo simples e corrente. Se estamos a suportar sobre a nossa mão uma massa de 100 gramas (perceptível pelo peso correspondente), talvez não a possamos distinguir de uma

outra, de 105 gramas, mas já a distinguiremos de uma de 110 gramas; neste caso, o *limiar* para discernir o acréscimo de massa é de 10 gramas. Mas no caso de sustentar uma massa de 1000 gramas, 10 gramas não serão suficientes para que notemos a diferença, dado que o limiar da variação da sensação é proporcional à intensidade do estímulo: nesta segunda situação precisaremos de acrescentar 100 gramas para notar a diferença. Se as diferenças de massa fossem sempre constantes, a variação da sensação seria cada vez menor, esbatendo-se como mostra a Fig. 1.

A escala de magnitudes procura reflectir a não linearidade do mecanismo sensorial humano, atendendo às especificidades da percepção humana e, por outro lado, para corresponder dentro do possível à escala empírica anteriormente estabelecida, de modo que a magnitudes 1 e 6 não se afastassem muito dos critérios de Hiparco.

3. Conceção moderna da magnitude estelar

A magnitude estelar é uma grandeza física *adimensional* que *compara* o brilho de diferentes estrelas (ou de outras fontes luminosas que emitam luz própria ou, até mesmo, luz reflectida (o caso da Lua e dos planetas), relativamente a um padrão definido internacionalmente, como veremos adiante.

Existem vários outros critérios de magnitude de que não nos ocuparemos neste artigo, por falta de espaço, para os quais se sugere a leitura das referências bibliográficas apresentadas. Entre esses outros critérios incluem-se a *magnitude absoluta*, a *magnitude fotográfica* (consoante o filtro utilizado), a *magnitude bolométrica* (integrando todo o espectro radiado). Merece relevo particular a magnitude absoluta, M , entendida como a magnitude aparente que uma estrela *teria* se estivesse a uma distância-padrão, convencionalmente estabelecida, de 10 parsecs (10 pc), ou seja, 32,6 anos-luz.

4. Um pouco de Física

O brilho aparente de uma estrela (*não* se trata aqui da percepção sensorial desse brilho) é directamente proporcional ao fluxo luminoso que atinge a unidade de área colocada perpendicularmente à marcha dos raios luminosos. Medindo-se (no Sistema Internacional de Unidades-SI) o fluxo luminoso em lúmens (lm) e a área em metros quadrados (m^2), o quociente do fluxo luminoso pela área denomina-se *iluminação luminosa* (ou simplesmente *iluminação*) e exprime-se em lúmens por metro quadrado (lm/m^2), unidade a que se dá o nome especial de lux (lx).

Toda esta conversa serve para justificar que, sendo o brilho proporcional ao fluxo luminoso (Φ) que entra pela pupila do olho e atinge a retina, tal brilho será portanto, também proporcional à iluminação produzida na área da pupila, dado que estamos a utilizar a mesma área para ambas as considerações. Por outras palavras, se o brilho de uma estrela for o dobro do brilho de outra, o fluxo por metro quadrado será o dobro, o fluxo que atravessa a pupila será o dobro e a iluminação que a estrela produz sobre a Terra será dupla. Representando os brilhos por B , os fluxos luminosos (incidindo na mesma área) por Φ e as iluminações por E , poderemos sempre escrever, indiferentemente,

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{E_2}{E_1} \quad \text{[Equação 1]}$$

Uma pupila (do olho) adaptada, de 7 mm de diâmetro, tem o raio $r=3,5 \times 10^{-3}$ m, correspondente a uma área $S=\pi (3,5 \times 10^{-3})^2 m^2$, ou seja, $S=3,848 \times 10^{-6} m^2$. É por essa pequena área que, a olho nu, recebemos a luz das estrelas.

5. Recordando a escala de Pogson

Pogson quis garantir que as magnitudes modernamente atribuídas às estrelas visíveis a olho nu não se afastassem muito dos valores de Hiparco. Teve em consideração os resultados das medições de John Herschel (obtidos entre 1834-1838), segundo os quais uma estrela de primeira magnitude (avaliada pelo critério de Hiparco e Ptolomeu) é, em média, 100 vezes mais brilhante do que uma de estrela de 6.^a magnitude, o que significa que, por unidade de área, a primeira faz chegar à Terra um fluxo luminoso 100 vezes maior do que a segunda. Assim, a uma diferença de 5 magnitudes ($m_1 - m_2 = 5$, neste caso $6 - 1 = 5$) corresponderia uma razão de fluxos de 100, ou seja, uma razão de iluminações $E_2/E_1 = 100$. Recordemos que, para obedecer aos critérios já referidos, Pogson estabeleceu (em 1856) o valor " R " tal que

$R^5 = 100 \Leftrightarrow R = \sqrt[5]{100} = 100^{0,2} = 2,51188643...$, cujo logaritmo decimal *vale exactamente* 0,4, pois

$\log 100^{0,2} = 0,2 \log 100 = 0,2 \times 2 = 0,4$. [NOTA: neste artigo utilizaremos sempre a notação log para indicar \log_{10}].

A grandeza acima representada por R ficou conhecida como *razão de Pogson* e indica o quociente entre o fluxo recebido de uma estrela de magnitude m e de outra de magnitude $m+1$. Por outras palavras, para duas estrelas com diferença de uma magnitude ($m_1 - m_2 = 1$), a razão de iluminações será a raiz quinta de 100, ou seja, 2,51188643... \approx 2,512. Se as estrelas diferirem em duas magnitudes, a correspondente relação de brilhos será 2,512²; se diferirem em $m = m_1 - m_2$ magnitudes, a razão de brilhos valerá 2,512^($m_1 - m_2$). O caso ($m_1 - m_2 = 5$) comprova a pretensão inicial porque 2,512⁵ = 100, ou seja, $E_m/E_{m+5} = R^5 = 100$.

A *escala de Pogson* determina (e agora compreendemos porquê), que para duas quaisquer estrelas 1 e 2, produzindo sobre a Terra iluminações E_1 e E_2 , as suas magnitudes m_1 e m_2 (com $m_1 > m_2$) serão dadas pela equação de Pogson:

$$2,512^{(m_1 - m_2)} = \frac{E_2}{E_1}, \text{ que é o mesmo que escrever } 2,512^{(m_1 - m_2)} = -\frac{E_1}{E_2} \quad [\text{Equação 2}]$$

Deve desde já ficar claro que, nesta escala, *maior magnitude* corresponde a *menor brilho*, dado que $E_2 > E_1$ implica que $m_1 > m_2$. Nesta equação 2 podemos ver facilmente que a uma *diferença* de 5 magnitudes (por exemplo as magnitudes 6 e 1) corresponde uma *razão* (quociente) de iluminações de 100. Basta substituir valores nesta equação.

6. Modernização dos padrões fotométricos de magnitude

Tal como foi acima referida, esta escala seria inútil para calcular a magnitude m_2 (conhecendo E_2) se não se conhecesse m_1 nem E_1 . Impõe-se, portanto estabelecer um critério de referência que ligue m_1 com E_1 . Para construir esta escala, Pogson tomou inicialmente como referência a estrela Polar, como padrão da magnitude 2,00; seguiram-se outros padrões e actualmente a escala está ajustada de tal modo que uma estrela de magnitude 1 (dita de 1.^a magnitude) produz, *acima da atmosfera terrestre*, um fluxo luminoso $\Phi_1 = 0,832 \times 10^{-6}$ lm/m², ou seja, uma iluminação $E_1 = 0,832 \times 10^{-6}$ lx. Mas é claro que a atmosfera terrestre absorve alguma luz das estrelas (o seu factor de transmissão é inferior a 1). Por isso fluxo luminoso que atinge a unidade de área à *superfície terrestre*, propriamente dita, é um pouco menor do que o acima referido. O factor de transmissão de luz da atmosfera terrestre depende:

- do comprimento de onda da luz considerada (a absorção é maior para os pequenos comprimentos de onda);
- da altura do astro (que determina a menor ou maior extensão do percurso luminoso na atmosfera, sabendo-se que tal percurso é mínimo para uma estrela no zénite);
- da altitude do lugar onde o observador se encontra (altitudes elevadas evitam a travessia da luz nas regiões atmosféricas mais baixas, mais densas, com mais poeiras e poluentes);
- da maior ou menor transparência atmosférica no momento da observação (presença de poeiras em suspensão, nuvens finas, etc.).

Para uma atmosfera muito limpa, com luz de comprimento de onda 560 nm, na direcção zenital, ao nível do mar, o factor de transmissão da atmosfera é 0,78, o que determina uma redução de 0,27 magnitude. Tal redução atingirá 0,38 magnitude para estrelas a 45° de altura e 0,54 magnitude para alturas de 30°. Nas situações de transparência média, a extinção zenital situar-se-á normalmente entre 0,3 e 0,5 magnitude.

Com estas condições, definindo-se E_1 para uma estrela de primeira magnitude, passa a ser possível calcular m_2 a partir de E_2 , usando a equação 2, dado que m_1 e E_1 constituem uma referência convencional.

A equação de Pogson pode assumir uma outra forma, mais útil em alguns casos, se aplicarmos logaritmos decimais (log) à anterior equação 2. Obteremos então

$$(m_1 - m_2) \log 2,512 = \log \frac{B_2}{B_1}, \text{ ou seja, } 0,400 (m_1 - m_2) = \log \frac{B_2}{B_1} \quad [\text{Equação 3}]$$

Muitas vezes nos interrogamos sobre a magnitude que resultará da combinação dos brilhos de várias estrelas, produzindo visualmente a sensação de uma só estrela. Que magnitude resultará? Essa é a *magnitude combinada* e será objecto do próximo tópico deste artigo

7. Magnitudes combinadas

Imaginemos duas estrelas de magnitudes aparentes m_1 e $m_1 > m_2$, tão próximas angularmente entre si que o olho (ou o telescópio) não as resolve. Elas serão vistas como *uma única estrela* de magnitude aparente m (mais brilhante do que m_1 e m_2), resultado da combinação dos brilhos das estrelas 1 e 2 (Fig. 2 D). O nosso objectivo consiste em obter uma equação capaz de nos dar a magnitude aparente (m) resultante de m_1 e m_2 . Por outras palavras, queremos uma equação que nos permita obter m a partir de m_1 e m_2 . Note-se que m não é, de forma alguma, a soma de m_1 com m_2 .

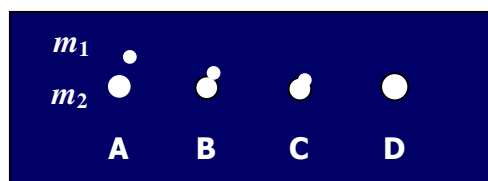


Fig. 2. Duas estrelas não resolvidas, seja a olho nu seja através de um telescópio, brilham como ma estrela única com a magnitude aparente combinada das duas componentes.

O brilho B de uma estrela é proporcional à iluminação E que ela produz sobre a Terra. Assim sendo a razão entre dois brilhos B_2/B_1 é portanto igual a E_2/E_1 , podendo usar-se indiferentemente estas duas representações simbólicas, como se referiu já na equação 1.

Dadas duas estrelas de magnitudes m_1 e m_2 , sendo a estrela 1 *menos brilhante* do que a estrela 2 (ou seja, $m_1 > m_2$) podemos escrever, de acordo com a fórmula de Pogson:

$$\frac{E_2}{E_1} = 2,512^{(m_1 - m_2)} \Leftrightarrow E_2 = E_1 \times 2,512^{(m_1 - m_2)}$$

Sendo o brilho B resultante da combinação dos brilhos individuais B_1 e B_2 evidentemente dado por $B = B_1 + B_2$ (equivalente a afirmar que $E = E_1 + E_2$), podemos recombina as anteriores equações

$$E = E_1 + E_2 \quad \text{e} \quad E_2 = E_1 \times 2,512^{(m_1 - m_2)} \quad \text{numa nova forma:} \quad E = E_1 + E_1 \times 2,512^{(m_1 - m_2)},$$

ou seja, $E = E_1 (1 + 2,512^{(m_1 - m_2)})$ e consequentemente:

$$\frac{E}{E_1} = 1 + 2,512^{(m_1 - m_2)} \quad (\text{equação de importância fundamental nesta demonstração}). \quad [\text{Equação 4}]$$

Mas nós sabemos que, de acordo com a fórmula de Pogson, $\frac{E}{E_1} = 2,512^{(m_1 - m)}$. Usando esta informação na equação 4 anteriormente referida, podemos facilmente concluir que

$$2,512^{(m_1 - m)} = 1 + 2,512^{(m_1 - m_2)} \quad (\text{esta é a equação das magnitudes combinadas}) \quad [\text{Equação 5}]$$

7.1. Exemplo prático 1

Sejam duas estrelas de magnitude aparentes $m_1=3$ e $m_2=5$. Qual será a magnitude combinada (m) deste par? Segundo a equação das magnitudes combinadas [Eq. 5], teremos

$$2,512^{(m_1 - m)} = 1 + 2,512^{(m_1 - m_2)}, \text{ ou seja, neste caso, } 2,512^{(5 - m)} = 1 + 2,512^{(5 - 3)}, \text{ obtendo-se}$$

$$2,512^{(3 - m)} = 7,310. \text{ Aplicando logaritmos decimais (log) a esta equação, obtemos}$$

$$(5 - m) \log 2,512 = \log 7,310 \Leftrightarrow (5 - m) 0,4 = 0,8639 \text{ e logo } m = 2,84.$$

Isto significa que o brilho combinado deste par de estrelas equivale ao de uma única estrela de magnitude $m=2,84$. Se não resolver (distinguir separadamente) as estrelas 1 e 2, o observador verá uma única estrela de magnitude 2,84.

7.2. Exemplo prático 2

Se forem mais de duas estrelas, por exemplo três estrelas, de magnitudes m_1 , m_2 e m_3 , começamos por determinar a magnitude combinada de duas delas, por exemplo de m_1 e m_2 , obtendo m' . Depois, combinando m' com m_3 obteremos m , a magnitude combinada das três estrelas.

Sejam três estrelas de magnitudes aparentes $m_1=3$, $m_2=5$ e $m_3=7$. Qual será a magnitude combinada (m) destas três estrelas?

Começaremos pelas estrelas 1 e 2. Segundo a equação das magnitudes combinadas, e seguindo os passos do exemplo anterior, obteremos que a magnitude combinada de m_1 e m_2 é $m'=2,84$. Vamos agora usar novamente a equação das magnitudes combinadas (Eq. 5), desta vez relativamente a $m'=2,84$ e a $m_3=7$:

$$2,512^{(m_1 - m)} = 1 + 2,512^{(m_1 - m_2)}, \text{ ou seja, neste caso, } 2,512^{(7 - m)} = 1 + 2,512^{(7 - 2,84)}, \text{ obtendo-se}$$

$$2,512^{(7 - m)} = 47,140. \text{ Aplicando logaritmos decimais (log) a esta expressão, obtemos}$$

$$(7 - m) \log 2,512 = \log 47,310 \Leftrightarrow (7 - m) 0,4 = 1,6734 \text{ e logo } m = 2,8165 \rightarrow m = 2,82.$$

O brilho combinado deste trio de estrelas (de magnitudes 3,0, 5,0 e 7,0) equivale pois ao de uma única estrela de magnitude $m=2,82$. A pequena diferença relativamente ao brilho combinado de m_1 e m_2 (2,84) deve-se à fraca contribuição da componente de magnitude 7.

7.3. Outro exemplo: Magnitude combinada de um grande número de estrelas do mesmo brilho

O problema simplifica-se muito se as estrelas a combinar forem todas de igual magnitude. Os cálculos serão fáceis mesmo que sejam muito mais do que três estrelas. Não acredita?

Sejam então N estrelas todas de igual magnitude (m_1). É claro que nesse caso, $E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_N$. Porém, como todos os " E " são iguais, $E_1 = E_2 = E_3 = \dots = E_N$, pelo que $E = N E_1$. Teremos então, usando a fórmula de Pogson (equação 2) aplicada a este caso,

$$2,512^{(m_1 - m)} = \frac{E}{E_1} = \frac{N E_1}{E_1} = N.$$

Se agora aplicarmos logaritmos (de base 10) a esta última expressão (e considerando que $\log 2,512=0,4$) obteremos imediatamente:

$$0,4(m_1 - m) = 2,5 \log N, \text{ ou seja, } m_1 - m = 2,5 \log N \text{ que podemos escrever comodamente como}$$

$$m = m_1 - 2,5 \log N, \text{ que é a equação que nos resolverá o problema.} \quad \text{[Equação 6]}$$

Vamos ver um exemplo prático: sejam 22 estrelas de magnitude 1 (portanto $N=22$). Substituindo valores, na equação 6, virá $m=m_1-2,5 \log 22$ e logo $m=1-3,356 \approx -2,36$, ou seja, $m=-2,36$

E com 190 estrelas de magnitude 3? O cálculo não é mais complexo:

$$m=m_1-2,5 \log 190 \text{ e logo } m=3-2,2788 \approx -2,70, \text{ isto é, } m=-2,70.$$

7.4. Outro exemplo, mais ambicioso: Magnitude combinada de todas as estrelas visíveis a olho nu

Esta parece ser uma "missão impossível". Mas na verdade podemos sistematizar valores e chegar a um resultado credível. Façamos primeiro uma estatística: o conhecido atlas *Millennium Star Atlas* (de Roger Sinnott e Michael Perryman, 1997) apresenta contagens de estrelas por classes de magnitude, o que nos permite obter os valores das primeiras 3 colunas da tabela seguinte. Podemos acrescentar a quarta coluna calculando os

Classe de magnitude	Inclui estrelas de magnitudes entre...	N.º de estrelas no intervalo referido	Razão N_m/N_{m-1}
-1	-1,50 e -0,51	2	-
0	-0,50 e +0,49	6	
1	+0,50 e +1,49	14	
2	+1,50 e +2,49	71	3,22
3	+2,50 e +3,49	190	2,68
4	+3,50 e + 4,49	610	3,21
5	+4,50 e +5,49	1929	3,16
6	+5,50 e +6,49	5946	3,08
		7768 (total)	

quocientes N_m/N_{m-1} , comparando o número de estrelas de cada classe com o da classe imediatamente acima (em brilho). Por exemplo, $N_4/N_3=610/190=3,21$. As estrelas das classes de magnitude -1, 0 e +1 podem ser globalmente agrupadas numa única classe, contendo ao todo 22 estrelas. Obteremos assim uma informação interessante: a média dos *cinco* intervalos entre classes dá $(3,22+2,68+3,21+3,16+3,08)/5=3,07$; ou seja, *em média*, o número de estrelas em cada classe de magnitude é 3,07 vezes superior ao das que se encontram na classe imediatamente acima, em

brilho: o valor médio de N_m/N_{m-1} é 3,07).

Podemos agora, usando a equação 6, calcular sucessivamente a magnitude combinada de 22 estrelas de magnitude 1, de 71 estrelas de mag 2, 190 de mag 3, de 610 de mag 4, de 1929 de mag 5 e de 5946 de mag 6. Veja-se que, para exemplo, o primeiro e o terceiro casos foram já calculados na secção anterior deste mesmo artigo. Organizemos esses valores numa tabela:

22 estrelas de mag 1 → magnitude combinada -2,36	610 estrelas de mag 4 → magnitude combinada -2,96
71 estrelas de mag 2 → magnitude combinada -2,63	1929 estrelas de mag 5 → magnitude combinada -3,21
190 estrelas de mag 3 → magnitude combinada -2,70	5946 estrelas de mag 6 → magnitude combinada -3,43

Veja-se que estes valores não são muito diferentes entre si, dando um valor médio de

$$-(2,36+2,63+2,70+2,96+3,21+3,43)/6=-2,88.$$

Ou seja, a magnitude integrada de cada classe de magnitude é, *em média* -2,88. Portanto, em termos médios, tudo se passa como se todas as estrelas visíveis a olho nu (até à magnitude aparente 6,49) correspondessem, globalmente, à magnitude combinada seis estrelas de magnitude individual -2,88. Retomando a equação 6, obtemos

$$m=m_1-2,5 \log N \rightarrow m=-2,88-2,5 \log 6 \rightarrow m=-2,88-2,5 \times 0,7782 \rightarrow m=-4,83.$$

Porém, em cada momento, só metade das estrelas estará acima do horizonte. E dessas, as que estiverem a pouca altura terão o seu brilho atenuado (extinção) a ponto de não serem detectáveis a olho nu: a de 5º de altura, a luz das estrelas atravessa uma espessura de ar atmosférico cerca de 12 vezes superior à que atravessaria se a estrela estivesse no zénite, sendo a extinção quantificada em cerca de 3 magnitudes; a menos de 5º de altura a extinção será ainda maior. Por isso, da metade das estrelas que estarão acima do horizonte num dado momento, veremos, quando muito, 85% dessa metade, ou seja, $0,5 \times 0,85=0,425$. A perda global de magnitude assim produzida Δm , calcula-se utilizando a equação de Pogson (Eq. 2): $2,512^{\Delta m}=0,425$, sendo $\Delta m=2,5 \log 0,425=-0,93$. A magnitude global das estrelas detectáveis (até um limite bastante exigente, diga-se, $m_{\text{lim}}=6,49$) é pois $-4,83-(-0,93)=-3,9$ (menos brilhante do que Vénus no seu máximo esplendor).

Referências

- [1] Ferreira, M. e Almeida, G.— *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, 7.ª ed., Plátano Editora, Lisboa, 2004).
- [2] Almeida, G.— *Telescópios*, Plátano Editora, Lisboa, 2004).
- [3] Sidgwick, John. B.— *Amateur Astronomer's Handbook*, 3rd edition, Dover Publications Inc., New York, 1980.

A REFRACÇÃO ATMOSFÉRICA E OS SEUS PROBLEMAS NAS OBSERVAÇÕES ASTRONÓMICAS



Guilherme de Almeida
g.almeida@vizzavi.pt

Quando apontamos um telescópio na direcção de um astro, estamos quase sempre a apontar numa outra direcção, mais acima, devido à refração da luz que nos chega do astro e tem necessariamente de atravessar a atmosfera da Terra antes de chegar à objectiva do telescópio, ou directamente aos nossos olhos. Trata-se da *refracção atmosférica*, que tem diversas implicações nas observações astronómicas, que trataremos neste artigo.

1. O problema da refração da luz na sua travessia da atmosfera terrestre

Quando a luz de um astro penetra na atmosfera terrestre, não o faz encontrando logo o ar como aquele que respiramos, mas sim um "ar" muito mais rarefeito. À medida que se encaminha para a superfície da Terra, essa luz vai encontrando ar cada vez mais denso e com índice de refração (n) gradualmente maior até que, junto ao solo, tal índice atinge o seu valor máximo. Como o desvio dos raios luminosos é tanto maior quanto mais elevado seja o índice de refração, e encontrando a luz índices de refração sucessivamente maiores, o trajecto dos raios luminosos será progressivamente mais desviado pela refração: será um trajecto curvo, como podemos ver na figura 1.

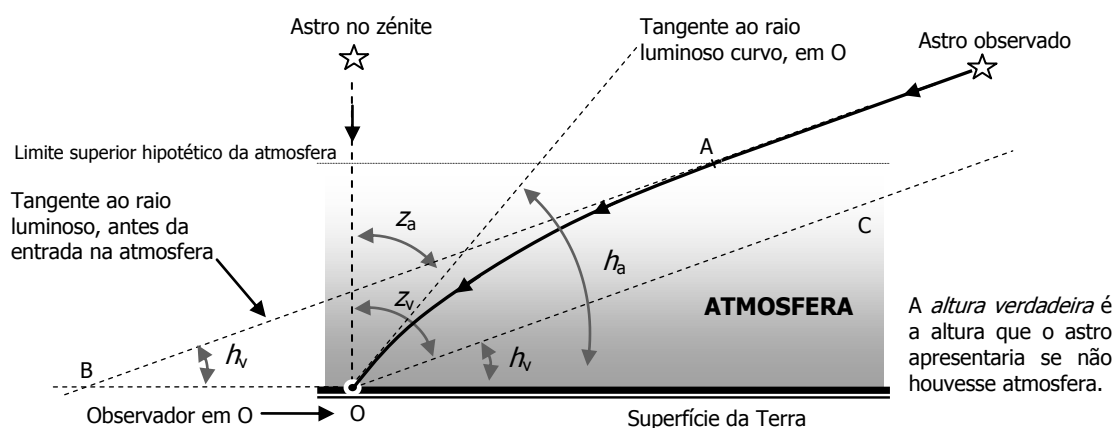
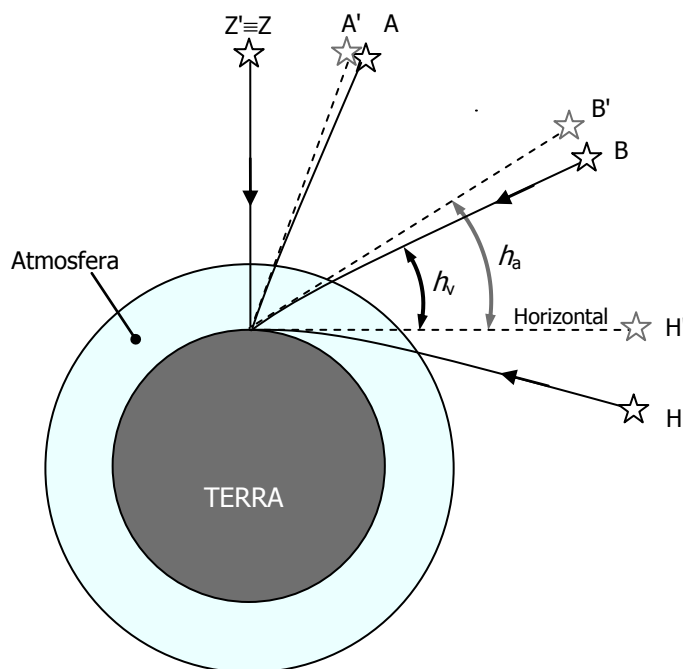


Fig 1. Representação esquemática do fenómeno da refração atmosférica. Para maior clareza, o encurvamento do raio luminoso foi muito exagerado e a distância do astro não foi representada à escala. A recta que passa em A e B é paralela à que passa em O e C. Refira-se que $h=90^\circ-z$, como a figura evidencia. Guilherme de Almeida (2010).

Nesta figura, z_a e z_v designam respectivamente a distância zenital aparente e verdadeira do astro observado; h_a e h_v designam as alturas aparente e verdadeira do mesmo astro. O raio luminoso entra na atmosfera em A (ponto meramente conceptual porque o limite superior da atmosfera é indefinido e difuso, como sabemos) e nesse início de trajecto através da atmosfera pouco se desvia (dado que a atmosfera é, aí pouco densa), mas, à medida que se vai aproximando do solo, o desvio é progressivamente maior, resultando na linha curva marcada com traço mais espesso, com setas assinalado o sentido correspondente. As grandezas aparentes (z_a e h_a) correspondem ao que se observa e as grandezas verdadeiras (z_v e h_v) correspondem ao que se observaria se não houvesse

atmosfera (nesse caso não existiria refração atmosférica). No caso de um astro no zénite, não se observa refração (desvio), pelo que, para essa direcção $z_a = z_v$ e $h_a = h_v$. A mesma figura permite ver que, excepto no caso do zénite, a altura aparente de um astro, num dado momento de observação, é superior à sua altura verdadeira; do mesmo modo, a distância zenital verdadeira é inferior à distância zenital aparente. É por isso que se diz que a refração atmosférica eleva a altura aparente dos astros, fazendo-os parecer mais elevados sobre o horizonte do que estariam se não houvesse atmosfera. A refração atmosférica (R) define-se como a diferença entre a altura aparente (h_a) e a altura verdadeira (h_v) de um astro num dado momento:

$$R = h_a - h_v \quad (\text{veja-se a nota final 1}).$$



A figura 2 mostra que a refração atmosférica, sendo nula no zénite, cresce à medida que a altura dos astros diminui. E quando os astros se aproximam do horizonte, a refração cresce ainda mais depressa, como a tabela 1 também mostra.

Assim, a estrela Z é vista na direcção Z', a estrela A é vista na direcção A', B na direcção B' e H na direcção H'. Merece especial atenção o caso da estrela representada por H, vista no horizonte desimpedido, mas que na realidade, se não existisse atmosfera, estaria bastante abaixo do horizonte (cerca de $0,57^\circ = 34'$ abaixo do horizonte). E uma estrela que estivesse (sem refração) sobre o horizonte, seria vista, devido à refração a uma altura de $0,48^\circ = 28,8'$.

Fig.2. Exemplificação da refração atmosférica para estrelas a diversas alturas. Para maior clareza, o efeito da refração foi muito exagerado: se os encurvamentos dos raios luminosos fossem representados à escala, praticamente não se distinguiriam de segmentos rectilíneos. Com a mesma intenção, a espessura da atmosfera foi também muito exagerada. Guilherme de Almeida (2010).

Tabela 1. REFRACÇÃO ATMOSFÉRICA PARA ASTROS A DIVERSAS ALTURAS
[Valores para $\lambda=550$ nm, $p_0=1013$ hPa (101 325 Pa) e $t= 15$ °C (288,15 K)]

Altura aparente	Refracção	Altura aparente	Refracção	Altura aparente	Refracção
90°	0,00'	40°	1,17'	2,5°	15,84'
80°	0,17'	30°	1,69'	2,0°	17,95'
70°	0,26'	20°	2,66'	1,5°	20,60'
60°	0,57'	15°	3,58'	1,0°	23,98'
50°	0,82'	10°	5,31'	0,5°	28,34'
45°	0,98'	5°	9,74'	0,0°	33,98'

2. A refração a várias cores

A situação que acabámos de considerar seria relativamente simples se a luz que recebemos dos astros fosse monocromática, mas sabemos que isso não é verdade. Na realidade, a refração atmosférica é diferente consoante a cor da luz (refração diferencial): é maior para a luz de menores comprimentos de onda (veja-se a nota final 2).

Já vimos que o índice de refração do ar (n_{ar}) cresce quando a altitude diminui. Acontece também que o índice de refração do ar varia com o comprimento de onda (cor) da luz: trata-se da *dispersão da luz*, produzida pela atmosfera. Assim (à pressão e temperatura normais, 101325 Pa e 273 K), ao nível do mar $n=1,000293$ para a luz de comprimento de onda $\lambda=550$ nm (amarelo-esverdeado). Para

menores comprimentos de onda, esse índice é *maior*: por exemplo, 1,000296 para $\lambda=450$ nm (azul), 1,000298 para $\lambda=400$ nm (cor violeta). No domínio dos maiores comprimentos de onda o índice de refração do ar diminui: 1,000292 para 595 nm (laranja) e 1,000291 para 650 nm (vermelho); no domínio do infravermelho, n é ainda menor: por exemplo, $n=1,000289$ a 1000 nm). Portanto, simplificando, $n_{\text{azul}} > n_{\text{verde}} > n_{\text{amarelo}} > n_{\text{vermelho}}$ (veja-se que representámos o índice de refração do ar para cada cor inserindo junto da letra n o nome da cor da luz respectiva). Consequentemente, para o mesmo astro, num dado instante de observação, a sua altura aparente relativamente à luz de *menores* comprimentos de onda será *maior* do que para os maiores comprimentos de onda. Ou seja: $h_{\text{violeta}} > h_{\text{azul}} > h_{\text{verde}} > h_{\text{amarelo}} > h_{\text{vermelho}}$. A dispersão da luz é a causa destas diferenças de altura aparente segundo a cor.

A figura 3 mostra um feixe de raios luminosos policromáticos, vindos do astro observado até ao observador. Consideraram-se três cores. Desde o astro até ao ponto A, o trajecto é comum para todas as cores, sem diferenciação cromática. A partir daí, as diferentes cores sofrem refrações diferentes, produzindo-se percursos diferentes dos raios luminosos consoante a cor (*dispersão cromática*). Para maior clareza, a figura exagera o efeito, mas ele é facilmente observável, por exemplo na observação telescópica de planetas, onde o bordo superior do limbo destes fica orlado de luz roxa e a parte de baixo fica orlada de luz roxa, como podemos ver na figura 4. Nessa figura, a orientação da imagem é direita. Num telescópio que inverte as imagens, o lado vermelho ficará voltado para o lado do zénite e o lado roxo ficará visível do lado de baixo. O efeito é tanto mais grave quanto menor for a altura do astro no momento da observação.

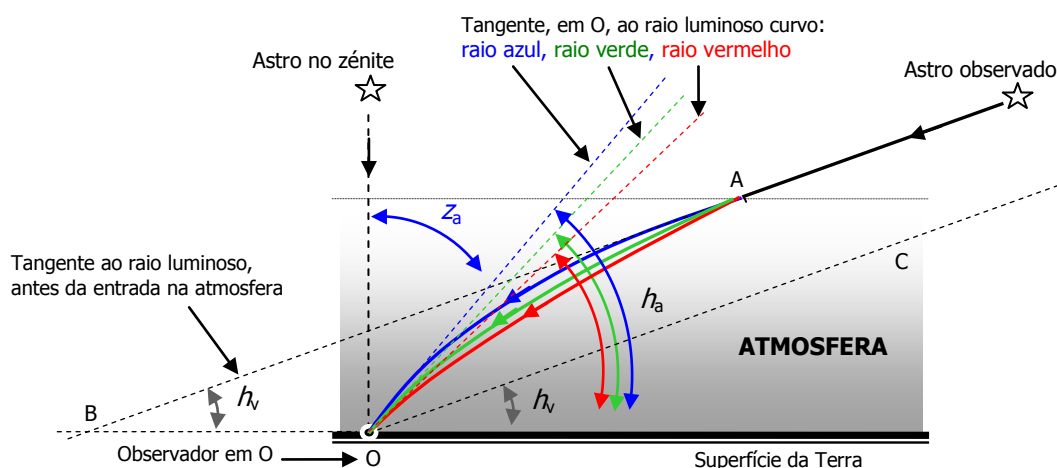


Fig.3. Representação simplificada do trajeto dos raios luminosos vindos de uma estrela a uma dada altura. Após a entrada na atmosfera, em A, a refração atmosférica é maior para a luz de menor comprimento de onda e mais suave para a luz de maior comprimento de onda. Embora a altura verdadeira seja a mesma, as *alturas aparentes* são diferentes para as diferentes cores. Para maior clareza, o efeito da refração foi muito exagerado, assim como a espessura da atmosfera. Guilherme de Almeida (2010).

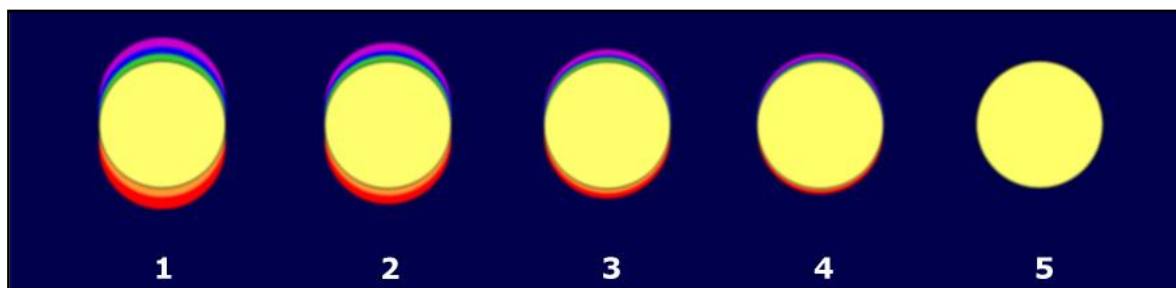


Fig 4. Simulação do aspecto de um planeta observado com elevada amplificação, em presença de dispersão significativa: **1** e **2**- situações muito evidentes e exageradas; **3**- dispersão mediana; **4**- dispersão relativamente ténue; **5**- aspecto que o planeta exibiria se não houvesse dispersão cromática. Nesta representação, o zénite está do lado de cima. Guilherme de Almeida (2010).

A título de exemplo, convém referir que a separação entre os centros das imagens azul e vermelha, de acordo com a altura do astro, atinge respectivamente: 0,35" para $h=60^\circ$; 0,60" para

$h=45^\circ$; 1,04" para $h=30^\circ$; 2,24" para $h=15^\circ$. Neste caso, a "altura do astro" (h) refere-se à cor da região central do espectro visível, na luz amarelo-esverdeada.

Pelas razões apontadas, é preferível observar os planetas quando estes apresentam alturas elevadas, $h_a > 50^\circ$ se possível, para minimizar estes problemas. Porém, nas nossas latitudes, nem sempre os planetas atingem alturas suficientemente grandes para permitir excelentes observações. Nos casos pouco favoráveis, o observador *crítico* verá imagens que se assemelham a situações intermédias entre os casos 3 e 4 da figura 4. Para minimizar o problema, procurando compensar esta dispersão, desenvolveram-se dispositivos baseados na inclinação de uma das lentes da ocular, ideia original do astrónomo George Airy (1801-1892), ou inserindo prismas ópticos rotativos junto à ocular (ideia inicialmente desenvolvida pelo óptico britânico Horace Dall (1901-1986). Presentemente a empresa norte-americana *Adirondack* produz um corrector prismático denominado "*Planetary Atmospheric Dispersion Corrector*" (PADC), referido num artigo da revista *Sky & Telescope* de Junho de 2005.

3. As heterogeneidades do ar e o factor tempo: a turbulência e a dispersão cromática

A descrição da refacção da luz no ar, tal como foi atrás indicada, aplicar-se-ia a uma atmosfera estacionária e sem grandes heterogeneidades na direcção horizontal. Porém, o índice de refacção do ar varia com a temperatura (diminui quando ela se eleva), com a pressão (aumenta quando ela sobe) e com a humidade atmosférica (diminui quando ela cresce). Assim sendo e com massas de ar heterogéneas em movimento convectivo não laminar (turbulência atmosférica), a marcha dos raios luminosos através da atmosférica altera-se continuamente e de instante para instante: as imagens perdem nitidez, agitam-se e deformam-se, como todos os observadores celestes já verificaram. A frequência desta agitação pode assumir frequências desde poucos hertz até várias dezenas de hertz.

Para melhor compreendermos o significado e a importância da dispersão cromática produzida pela atmosfera, vamos comparar os seus efeitos com os da turbulência atmosférica. Poderão os efeitos prejudiciais da dispersão causar mais prejuízos à imagem do que a acção da turbulência? Faremos

essa comparação (figura 5) tanto para noites de baixa turbulência (boa visão) como para noites de elevada turbulência (má visão). Podemos ver que, nas noites de má visão os efeitos da dispersão se sobrepõem aos da turbulência caso a altura do astro seja inferior a cerca de 7° . Parece que o assunto nem precisa de ser considerado. Mas se olharmos para o caso das noites de *boa visão*, podemos ver que a dispersão prejudica mais do que a turbulência e que tal situação só se inverte (dispersão menos prejudicial do que a turbulência) para astros a alturas superiores a cerca de 55° , o que já é preocupante

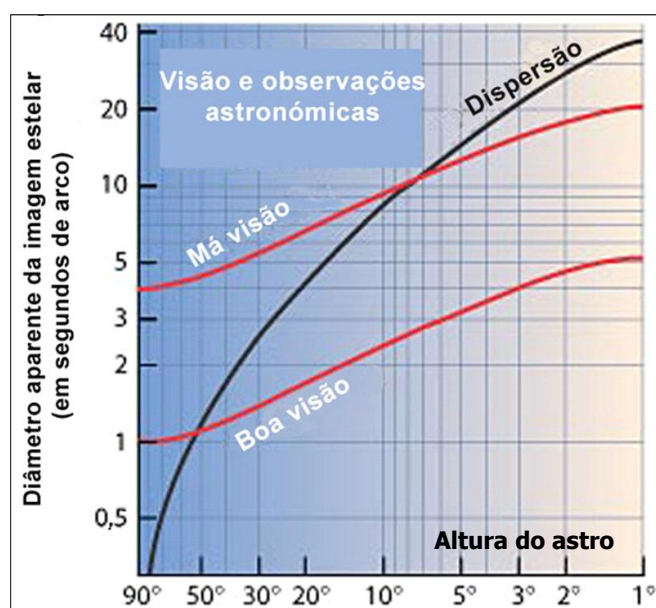


Fig. 5. Efeitos da dispersão cromática da luz, comparados com os da turbulência (adaptado).

4. A cintilação cromática

A turbulência, além de ser a causa da cintilação das estrelas, é independente para cada cor. A dispersão perturbada pela turbulência produz um outro fenómeno curioso. A luz de cada cor segue um trajecto diferente através da atmosfera (figura 3). Assim, a cintilação para cada cor não está em fase com a cintilação nas outras cores, produzindo um efeito espectacular nas estrelas muito brilhantes. *Sírio* (α CMa), quando muito baixa no horizonte, em noites de *forte turbulência*, cintila de tal modo que quando se tem o máximo de brilho, por exemplo, no vermelho, as outras cores estão quase no mínimo e assim sucessivamente, verificando-se que a estrela, lampeja alternadamente em diferentes cores: é a *cintilação cromática*, perceptível a olho nu e também através de um telescópio.

5. A refração atmosférica, o alongamento do dia e o achatamento aparente do Sol.

Vimos que a refração atmosférica, nula no zénite, aumenta à medida que a altura de um astro diminui (tabela 1): vale menos de 1' para a altura aparente 45°, atinge 5,3' quando $h_a=10^\circ$, mas a partir daí cresce muito rapidamente à medida que nos aproximamos do horizonte, onde alcança 34', o que representa mais do que o diâmetro aparente médio do Sol (32'). Quando nos parece que o Sol toca o horizonte, na realidade, ele já se pôs (geometricamente).

Para pequenas alturas, uma pequena *variação* de altura determina uma diferença substancial na refração (fenómeno denominado *refração diferencial*), a tal ponto que o bordo inferior e o bordo superior do Sol serão afectados por refrações bastante diferentes. Por isso, quando o Sol está muito próximo do horizonte, quando o seu bordo inferior quase toca (aparentemente) o horizonte desimpedido, o seu bordo superior é mais elevado (pela refração) do que o seu bordo superior. É por isso, o Sol nos parece achatado, quando nasce e quando se põe (Fig. 6). Tal fenómeno reduz-se gradualmente à medida que o Sol vai elevando sobre o horizonte. Isso também sucede com a Lua.

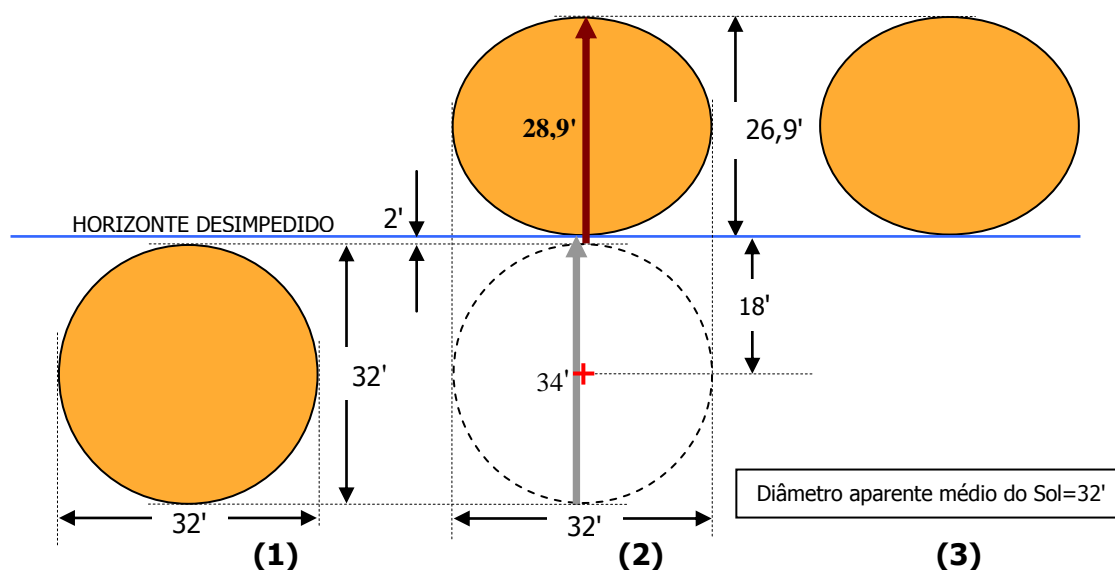


Fig 6. Simulação do aspecto do Sol poente (ou nascente), quando o seu bordo inferior parece tocar o horizonte. Se não houvesse atmosfera, o Sol estaria abaixo do horizonte, na posição (1), também representado a tracejado em (2). Devido à refração atmosférica, o bordo inferior do Sol é aparentemente elevado 34' e o bordo superior (naturalmente mais alto) é elevado apenas 28,9', resultando numa imagem achatada de, em média, 32' na horizontal e 26,9' na vertical. Em (3) mostra-se o aspecto do Sol nessa situação particular. Um fenómeno semelhante ocorre também com a Lua. Guilherme de Almeida (2010).

Por convenção, o nascer e o pôr do Sol referem-se aos instantes em que o bordo superior do limbo solar toca (aparentemente) o horizonte desimpedido. Nesse instantes, a verdadeira altura do centro do disco solar é cerca de $-50'$, que se explicam do seguinte modo $-34'$ para a refração e $-16'$ para o semidiâmetro aparente médio do Sol. Como este mesmo fenómeno se repete ao nascer do Sol (que começa a ser visível também mais cedo do que se não houvesse refração, a duração da parte clara do dia é alguns minutos mais longa do que seria se o nosso planeta não tivesse atmosfera).

Notas

(1) A refração atmosférica R também se define como $R = z_v - z_a$, onde z_v é a distância zenital verdadeira (a que se observaria se não houvesse refração atmosférica) e z_a é a distância zenital aparente (a que é observada). Esta definição é equivalente a $h_a - h_v$ (altura aparente menos altura verdadeira), expressão referida no artigo.

(2) A medida da refração atmosférica R , a 0 °C e 760 mmHg, para $\lambda=550$ nm, é dada aproximadamente pela equação $R=57,6 \tan z$, sendo esta fórmula válida para distâncias zenitais até 85°. Note-se que R varia pouco com a temperatura e a pressão do ar: uma diminuição de 3 °C aumenta R em 1%; um aumento de 900 Pa (6,75 mmHg) eleva R em 1%;

Referências

<http://www.jgiesen.de/refract/index.html>
http://mintaka.sdsu.edu/GF/explain/atmos_refr/ast_refr.html
<http://www.eso.org/sci/facilities/lasilla/instruments/feros/Projects/ADC/index.html>
<http://ganymede.nmsu.edu/holtz/a535/ay535notes/node3.html>
<http://www.asterism.org/tutorials/tut28-1.htm>



Alcaria Rego

alcaria.rego@sapo.pt

Os motivos

O meu local de residência habitual, em Almada, não é nada favorável para a prática da Astronomia, nem sequer para o Sol. Para piorar as coisas, a minha preferência vai para o registo de imagens em "alta resolução", o que faz com que os dias ditos "aproveitáveis" sejam mesmo uma minoria, ao longo do ano.

Assim, cansado dos dias de turbulência, das nuvens e dos nevoeiros, decidi tentar um projecto que há muito "estava na lista": A Radioastronomia!...

O projeto

Esta é também uma área muito vasta, com imensas possibilidades, mas é preciso ter "os pés bem assentes na Terra", e termos a noção de "até onde podemos ir" devido a várias condicionantes que não são objecto deste trabalho.

É evidente que eu já contava com algumas interferências devidas à grande proximidade de uma avenida com muito trânsito automóvel e comboio (*Metro* de superfície) e por isso mesmo fiz as minhas tentativas numa faixa de frequências bem longe da frequência de trabalho do Metro Sul do Tejo.

Dado que este está ligado à Rede Pública, trabalha com 50 Hz, e por isso mesmo eu fui para 100 kHz (100 000 Hz). Esta é a frequência dos emissores de um "rede" denominada LORAN C, que emite em especial para a navegação, com cobertura mundial (ou quase) .

A realização

A Fig.1 mostra a realização de um receptor denominado *Gyrator*, com o qual vários amigos pelo mundo fora fazem a recepção de emissores nesta e noutras frequências, com os quais registam as perturbações da Ionosfera, devidas à actividade solar em situações tais como "Flares" (veja-se a nota final 1) e CME's (2)

Este tipo de frequências exige uma antena muito especial, como por exemplo a que construí (fig 2), constituída por 200 metros de fio e montada num "quadrado" com 1 metro de lado, devidamente sintonizada para os 100 kHz.

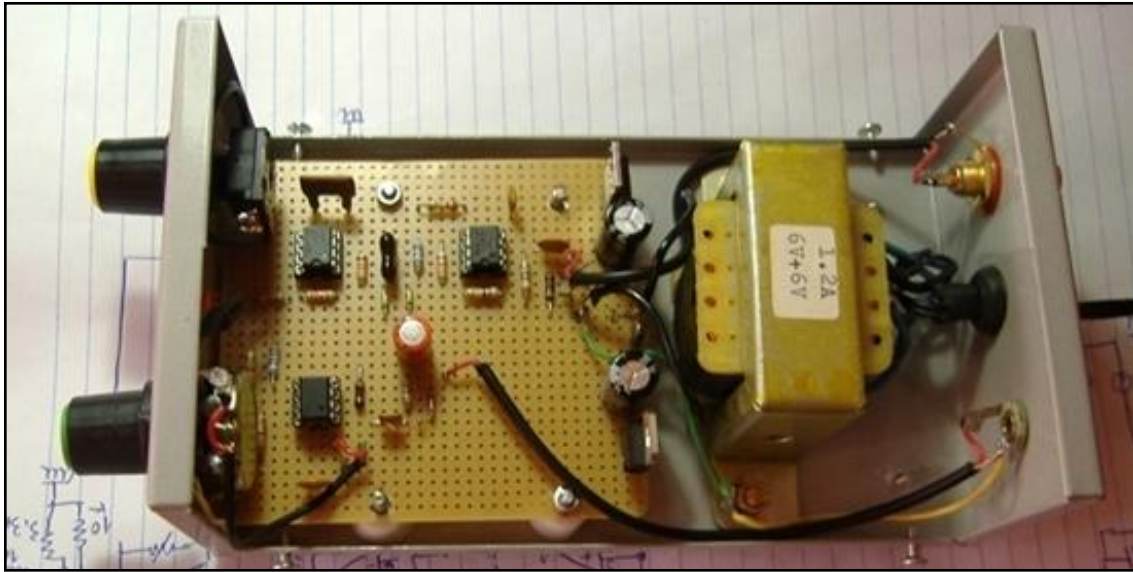


Figura 1.

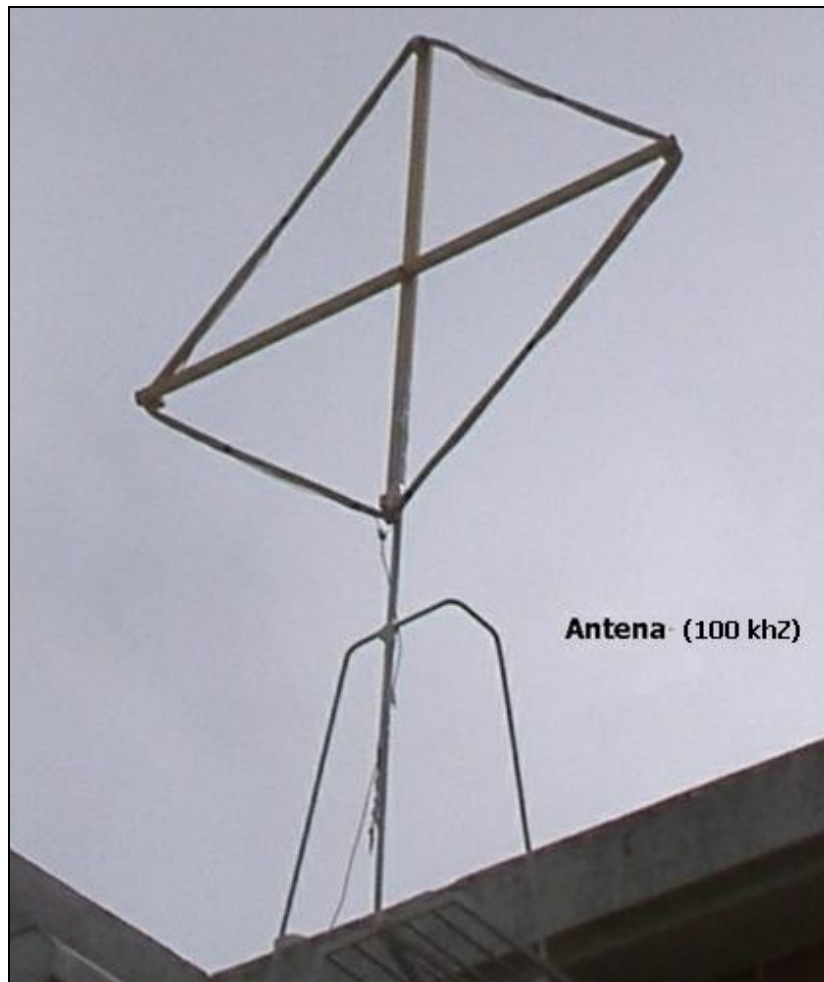


Figura 2.

Há *softwares* gratuitos para registo e análise destes sinais e neste caso utilizei o conhecido "Spectran II" (3), que é um excelente analisador de espectros, esperando assim ter todas as condições de trabalho para os sinais emitidos pelo LORAN C. Daí a minha grande surpresa ao ver a imagem da Fig. 3.

O meu primeiro pensamento foi de que “tinha metido água” na montagem, pois esta é uma situação que acontece com muita facilidade, basta uma pequena distração, uma ligação errada ou em falta, e temos problemas no resultado final. Assim, dediquei-me de imediato à revisão cuidadosa da montagem.

Para abreviar, confesso que repeti várias vezes a revisão sem conseguir descobrir o erro, e várias vezes suspendi o trabalho por considerar que devia estar a cometer um “erro sistemático”, sendo preferível fazer uma pausa. Andei vários dias às voltas com isto e por não conseguir descobrir erros na montagem, decidi ligar de novo para fazer a pesquisa “ao vivo” e por “partes”.

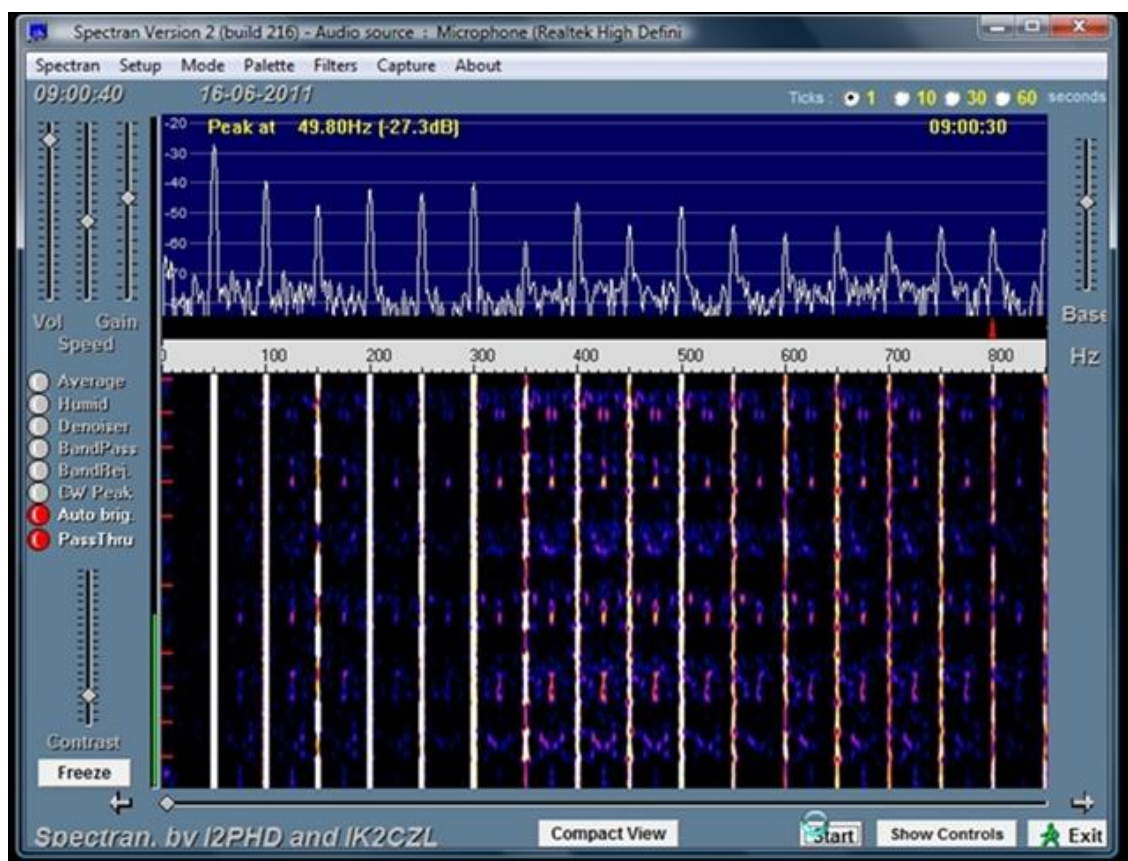


Figura 3.

Na Fig. 3 são visíveis os “picos” da frequência fundamental dos 50 ciclos/s (ou hertz) da Rede Pública, que “alimenta” o *Metro*, e também as suas “harmónicas” de frequência dupla, tripla, quádrupla, etc., etc. ... Foi assim que, numa das vezes me apercebi com surpresa da variação, durante alguns segundos, desta frequência, acabando por perceber que esta situação estava directamente relacionada com a “passagem” do Metro. Pronto... a partir daqui, estava resolvido o mistério. Não era de facto erro na montagem, mas sim “do local” onde esta estava a funcionar.

Para ver esta situação “noutro ângulo” utilizei outro *software free*, o “Audacity” (4), que é um excelente editor de Áudio e nos mostra o sinal com se fosse um osciloscópio digital com memória, permitindo assim o registo da imagem que guardei, para memória futura e que mostro nas Figs. 4A e 4B. Esta imagem mostra como é complexa a alimentação do *Metro*, obtida a partir da rede Pública, de frequência fixa (50 Hz), e também das enormes correntes envolvidas que geram interferências em faixas tão distantes como 100 000 Hz (100 kHz).

É verdade que o meu “3.º piso” também está muito próximo da “linha” do *Metro*. Com a colaboração dos meus netos, dei-me ao trabalho de medir a distância entre o equipamento e a “via férrea”, utilizando um “fio de pesca”. Os meus cálculos “a olho” estavam certos: cerca de 30 metros!...

Acredito que são os cabos aéreos, de alimentação, suspensos e isolados, que se prolongam por quilómetros e se comportam como enormes antenas irradiantes.

Esta imagem (Fig. 4) teve de ser dividida em duas, devido à sua extensão, para permitir uma melhor visualização e a detecção de pequenas particularidades nela visíveis.

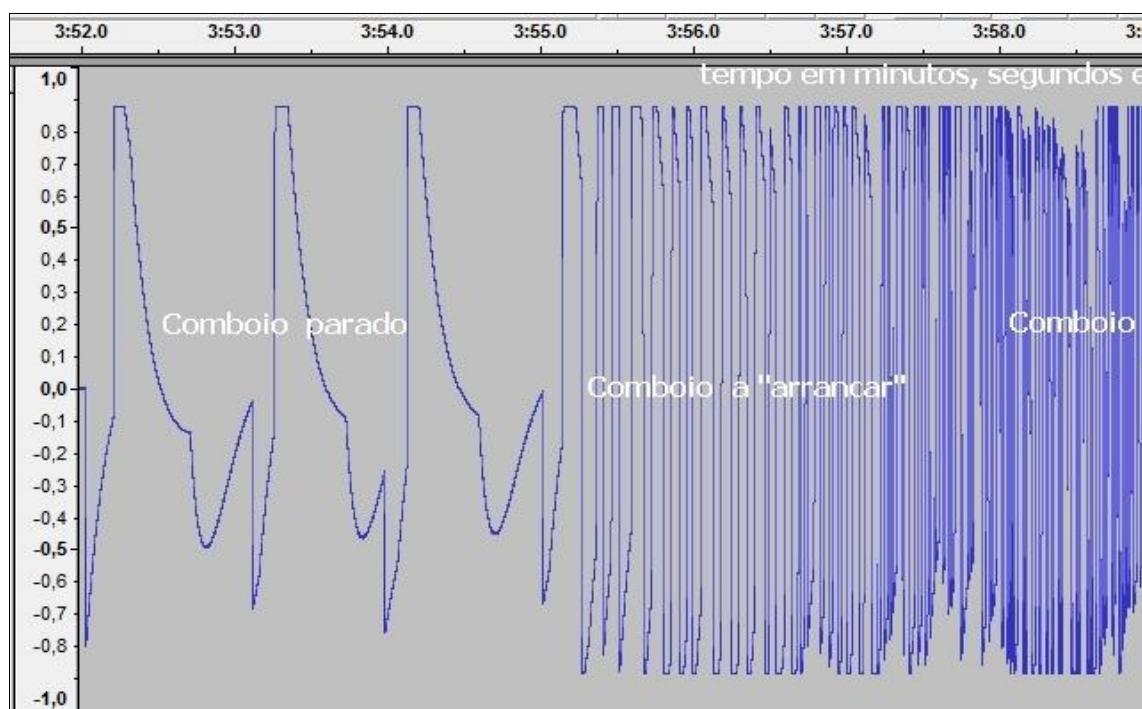


Figura 4A.

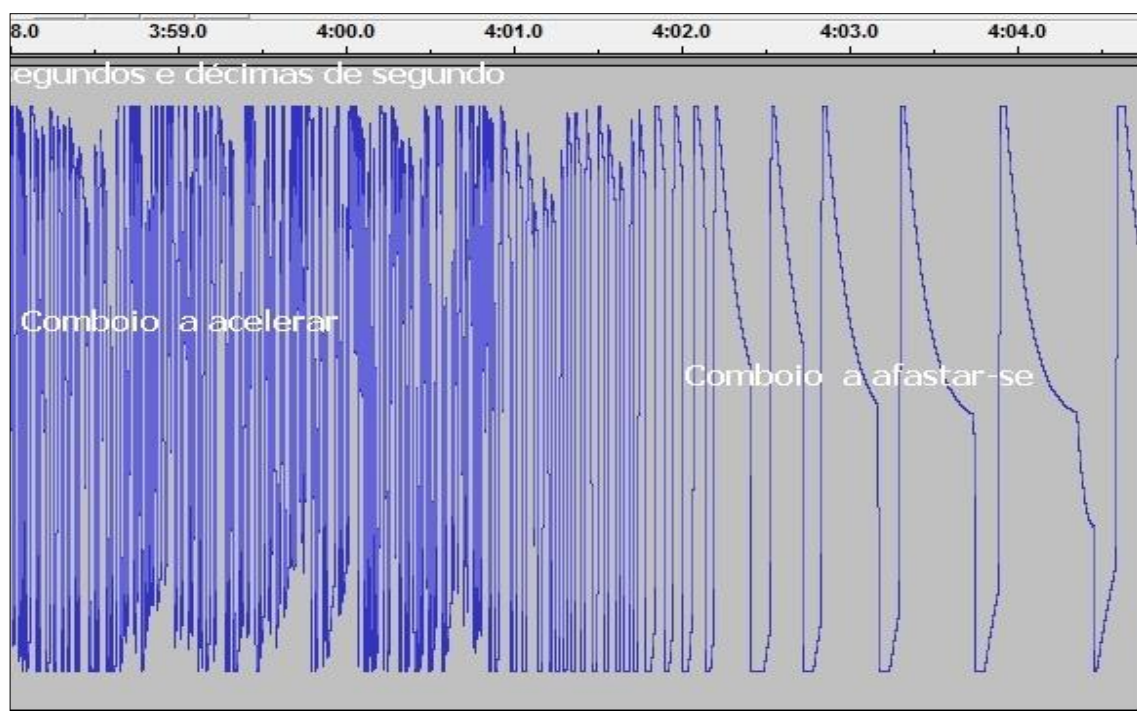


Figura 4B.

Outra tentativa

Outra possibilidade de trabalho, poderia ser a "monitorização" das perturbações no campo magnético terrestre, pelos mesmos fenómenos solares referidos acima (e não só), embora com um atraso de dois a três dias, dependendo da velocidade do vento solar, nesses dias.

Assim, decidi construir uma "espécie" de magnetómetro (visível na Fig. 5), que embora simples tinha sensibilidade suficiente para registar a passagem de uma moto a mais de 30 metros de distância (mais afastada do que o comboio do *Metro*).

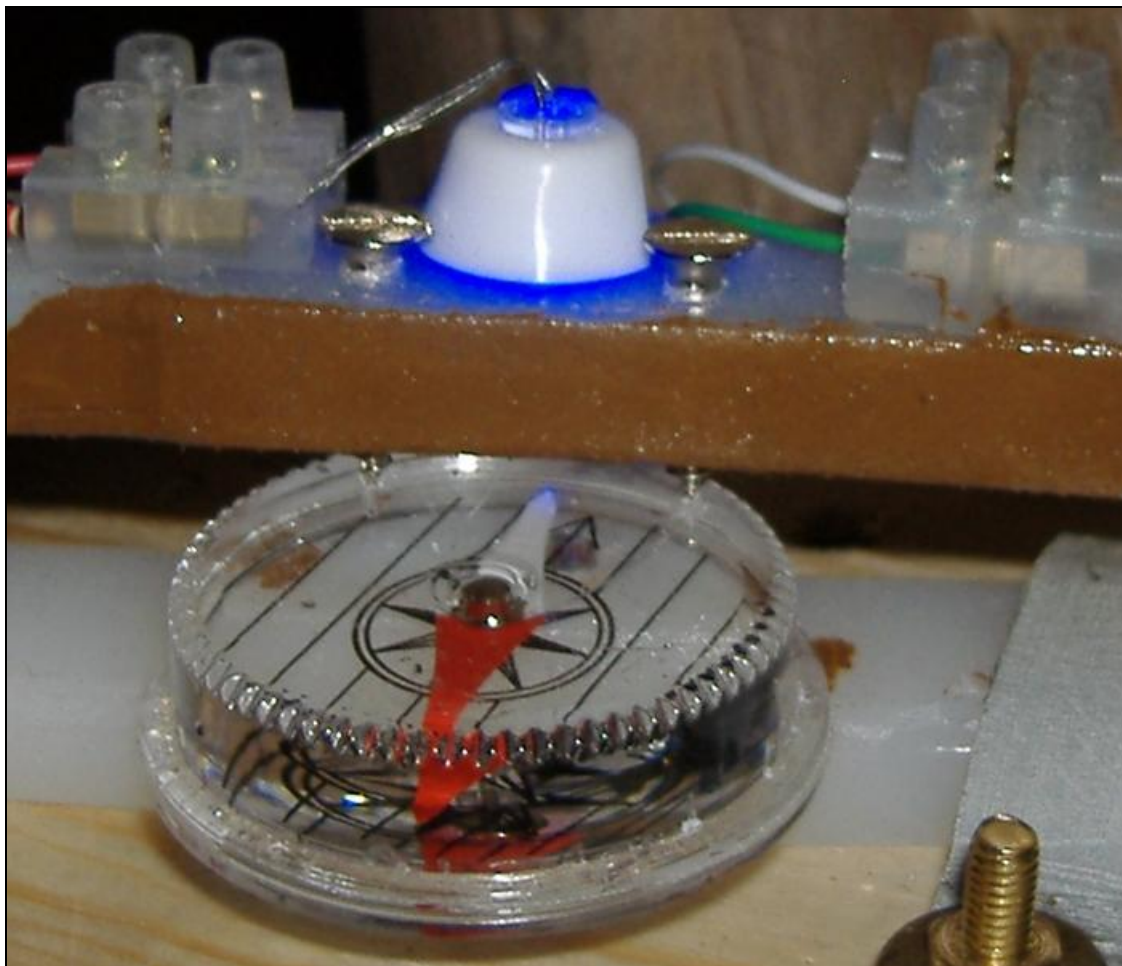


Figura 5. Todos os parafusos da montagem são em latão, por motivos óbvios.

Eu sabia que um magnetómetro não pode indicar a direcção correcta dos pólos, quando instalado dentro de uma cidade (rodeado de prédios e trânsito) e muito menos dentro de um edifício em "cimento armado".

São muitas as "influências parasitas", mas as mais importantes são "estáticas", (os prédios) de modo que a "agulha magnética" deveria ficar estabilizada numa dada posição, sofrendo apenas as interferências do trânsito, de curta duração.

Depois de vários ajustes, de madrugada, na ausência de trânsito, parecia que tudo estava a correr bem, ficando-se a partir daí à espera da próxima "tempestade geomagnética". Foi assim que no dia 1 de Junho de 2011 registei um sinal que me deixou entusiasmado, visível na Fig. 6. Para este registo foi utilizado mais um "free software", Radio-SkyPipe 2.1.9, (5), que é muito bom para estes registos.

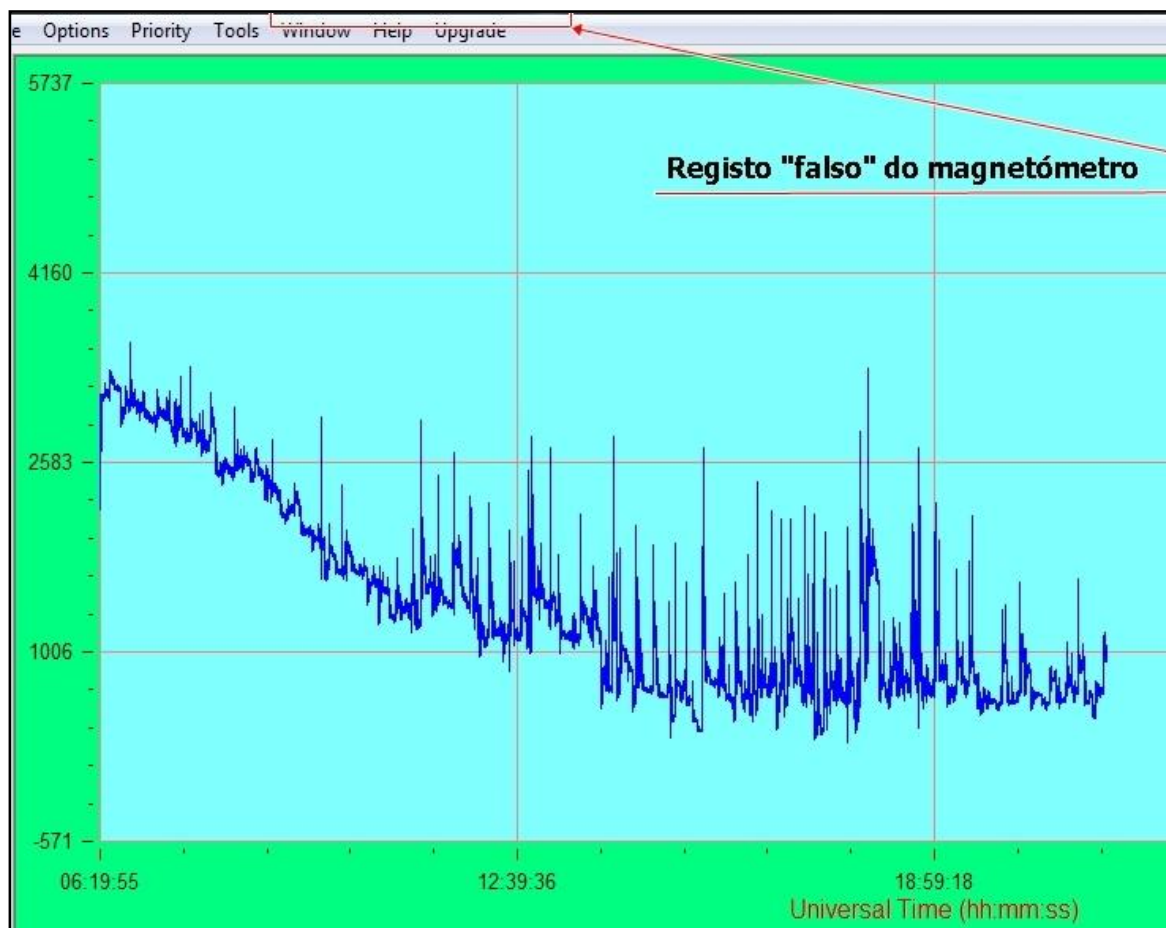


Figura 6.

Como se pode verificar, durante mais de 7 horas, houve um desvio constante da direcção do campo magnético, no local de registo (linha de base). Os "picos" de sinal estão identificados, e foram devidos ao trânsito, sendo os mais elevados provocados pelas passagens dos "famigerados" comboios do Metro Sul do Tejo. Para confirmar as minhas "quase certezas" de um registo válido, fui consultar a informação disponível pela NOAA (6) deste dia 01-06-2011, visíveis na. Fig 7. Foi aí que **todas** as minhas esperanças foram "por água abaixo".

Afinal, consultados os dados, o dia 01 tinha sido absolutamente calmo em termos de "tempestades geomagnéticas", pois nenhum registo correspondia ao meu "famoso" desvio. O que é que teria provocado este desvio tão parecido com uma "verdadeira" anomalia do campo magnético terrestre?

Não faço a mínima ideia, mas como não acredito que tenha havida uma "tempestadezinha" privativa apenas sobre este nosso "jardim à beira mar plantado", concluí que também por esta via não conseguia trabalho válido, pelo que considereei que esta tinha sido mais uma "tentativa falhada". Azares de amator!

Nota: Admitindo a possibilidade de algum amigo desejar ver algum pormenor explicado mais em detalhe, não hesitem, e usem o e-mail referido no início deste artigo.

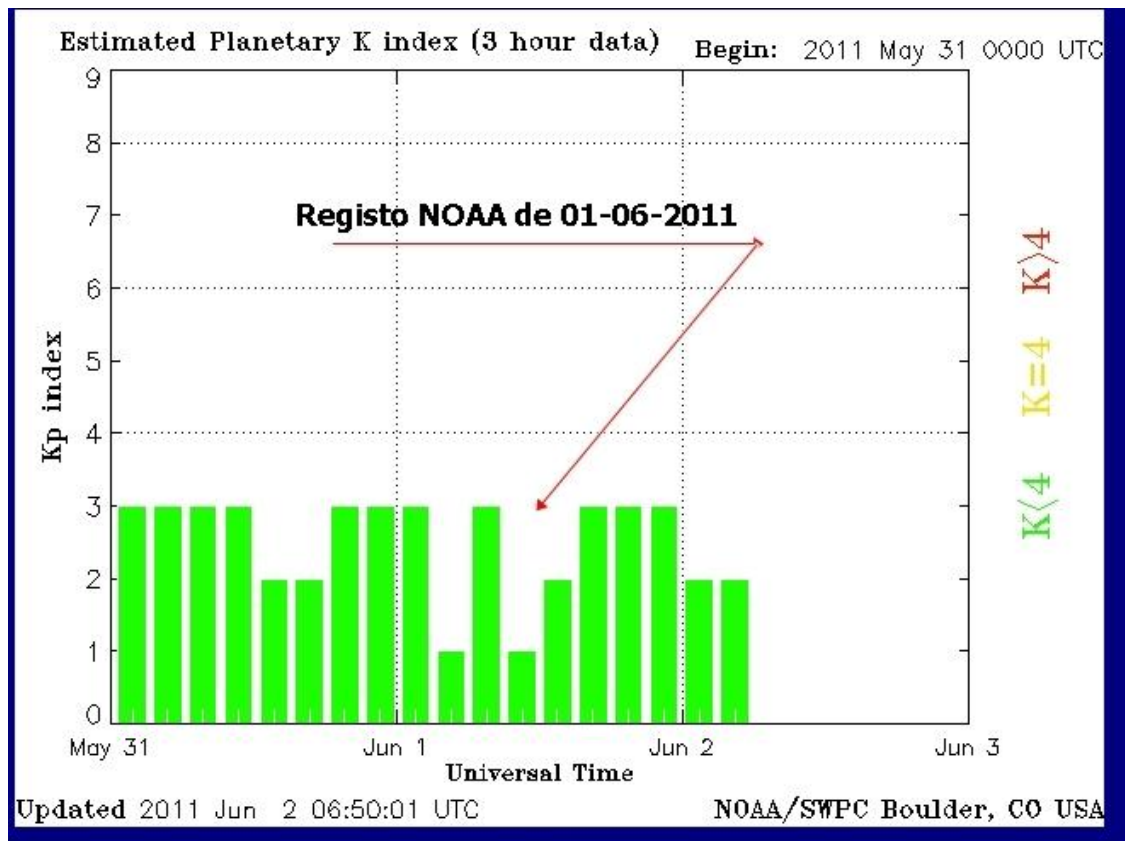


Figura 7.

Bons céus para todos.

NOTAS

- (1) Flares solares, são aumentos súbitos de brilho do Sol, em áreas localizadas por norma em regiões activas, em cujo processo são libertadas enormes quantidades de energia electromagnética e matéria solar, como “nuvens” de electrões, iões e átomos, para o espaço.
- (2) C.M.E.s, são as chamadas “explosões solares”, que também libertam enormes quantidades de energia e partículas do Sol. Estão muitas vezes relacionadas com os Flares, podendo ocorrer separadamente.
- (3) <http://digilander.libero.it/i2phd/spectran.html>
- (4) <http://audacity.sourceforge.net/?lang=pt>
- (5) <http://www.radiosky.com/skypipeishere.html>
- (6) NOAA é a sigla da organização norte-americana *National Oceanic and Atmospheric Administration*, acessível no site <http://www.noaa.gov/>. A informação sobre geomagnetismo encontra-se directamente no *National Geophysical Data Center* da NOAA, em <http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp> [N. do Editor].



Alcária Rego
alcaria.rego@sapo.pt

Os motivos

O sonho de todos os astrónomos amadores é ter um bom observatório, instalado num local favorável e, naturalmente, bem equipado.

Na prática, o que acontece é que este sonho só muito raramente se concretiza. Na maior parte dos casos cada um acaba por "se remediar" com condições bem longe das ideais.

Uma situação que acontece com muita frequência, é aos amadores não lhes restar outra hipótese que não seja fazer as suas observações, e consequentes registos de imagem, através de uma janela, seja de sala, ou seja de uma *marquise* fechada. Por isso se "inventaram" as saídas de campo, nas quais é possível, finalmente, o acesso a um céu desimpedido por cima das nossas cabeças.

As observações através da janela sofrem dos inconvenientes já conhecidos de todos os que as praticam, pois não há hipótese de evitar as correntes de ar de temperaturas diferentes, que se estabelecem, entre o ar do interior das salas, e o ar do exterior. Com equipamentos grandes e pesados, não me parece que existam grandes alternativas. Mas para equipamentos de pequeno porte e pouco pesados (refractores), utilizados actualmente por muitos amadores, pode haver uma alternativa. Facilmente se compreenderá que "cada caso é um caso", e cada um terá de avaliar as respectivas possibilidades, em função das condições locais.

Foi assim que eu andei durante "meses" a procurar a melhor solução para colocar o meu PSTm "fora de casa", fugindo assim às "benditas" correntes de ar das minhas janelas. Curiosamente, a solução encontrada é tão simples e eficiente que "não perdoo a mim próprio" ter demorado tanto tempo a "chegar lá". Convém referir que "PST" é a sigla de *Personal Solar Telescope* e o "m" indica "modificado"*.



Fig. 1

Fig. 1- O dispositivo pronto, visto do interior.

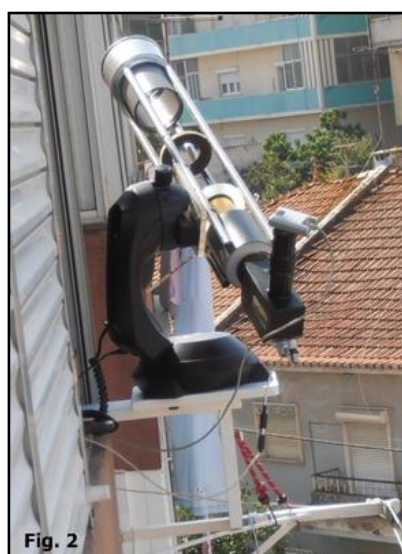


Fig. 2

Fig. 2. O dispositivo, visto do exterior.

O adaptador

Tal como disse atrás, o adaptador é extremamente simples e pode ser realizada apenas com o seguinte material:

- Duas tábuas de boa espessura (20 mm já dará) por 200 mm de largura, para o meu *Nexstar*.
- Duas dobradiças fortes (para que o sistema seja de fácil arrumação).
- Dois parafusos (no mínimo) com rosca, de latão, de 8 mm (rosca M8) para fixarem o conjunto no perfil de alumínio da janela. Os parafusos até podem ser três (ainda mais seguro) e convém serem de latão para não enferrujarem.

Claro que são também necessários, no meu caso, mais três parafusos para fixar a montagem do *Nexstar* à base da madeira, que por sua vez está fixa na tábua principal. Na figura 3, pode ver-se que eu usei “três” tábuas, apenas porque a tábua principal que eu tinha em casa, não possuía largura suficiente para apoio da montagem do *Nexstar*. Precisei ainda de uma base suplementar para este efeito, mas poderia ter usado apenas duas tábuas se a largura da tábua principal fosse adequada.



Fig. 3. O adaptador, ainda não rebatido.

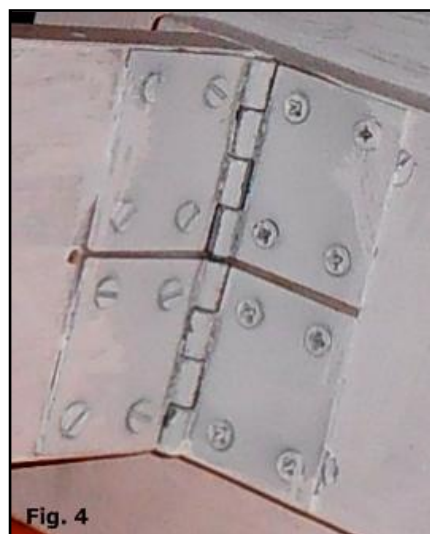


Fig. 4. As dobradiças de rebatimento.

A utilização das dobradiças (figura 4), foi apenas para permitir uma arrumação mais fácil do adaptador, que quando não está em uso fica tudo devidamente arrumadinho numa “pasta” de computador (figura 5).



Fig. 5. O adaptador, arrumado na mala.



Fig. 6. Peças do adaptador e respectiva mala-estojó.

Um dos requisitos deste adaptador, terá de ser a estabilidade mecânica, ou seja, não pode “dar saltos” nem oscilar, e por isso mesmo foi preciso “qualquer coisa” que o pressionasse contra o apoio (estendal da roupa), e essa é a função do elástico cilíndrico, com ganchos e bem robusto, que se vê nas figuras 6 e 6a. É muito fácil de colocar e retirar.



Fig. 6a. Montagem e elástico de reforço.



Fig. 7. Telescópio e rede de segurança.

Quando dei a conhecer “ao público” este “adaptador”, coloquei na minha página duas imagens “bonitinhas” (figuras 1 e 2), por uma questão de estética, mas na prática, quando em uso “real”, as coisas ficam bem menos bonitas. Para começar, é preciso prevenir algum descuido, pois a possibilidade de se deixar cair uma ocular, uma tampa, ou mesmo uma câmara, é bem possível e terá de ser acautelada. Daí, o uso de uma rede de segurança (como nos circos), colocada por baixo (figura 7), fixa no estendal da roupa.

Por outro lado, para a minha área de interesse (o Sol), é preciso reduzir ao mínimo possível o aquecimento do equipamento, que seria prejudicial à qualidade da imagem, sendo por isso utilizado uma película aluminizada, visível também na figura 7, para preservar a montagem (preta) do aquecimento (rápido) quando exposta ao Sol.

Conclusão

Os resultados obtidos excederam as minhas expectativas: o “PSTm fora de casa” dá-me imagens bem melhores do que me dava quando estava instalado dentro de casa. Agora, as imagens apresentam muito menos turbulência e revelam mais pormenores.

Resta dizer que os custos de produção deste projecto foram irrisórios e que aproveitei algum material que já tinha. No meu caso, se tivesse de comprar tudo, não iria além de 10 euros. As dimensões exactas das peças e o comprimento de cada um dos parafusos dependerão das particularidades individuais e do material de observação que cada leitor tenha. Posto isto, e dada a simplicidade deste “adaptador”, mãos à obra e vamos lá a colocar os vossos refractores “fora de casa”.

Tal como tem acontecido com outros projectos, estou disponível para colaborar com os leitores que queiram construir um adaptador destes. Quem tiver alguma dúvida ou pretender mais pormenores, só precisará de me contactar.

* O PST é um telescópio dedicado à observação do Sol na radiação H-alfa ($H\alpha$), de comprimento de onda 656,28 nm. Esta radiação corresponde a uma das riscas de Balmer e é emitida pelo hidrogénio na transição electrónica do nível de energia 3 para o nível 2. [N. do Editor (GA)].

ASTROMANIA

Do *push-to-go* ao controlo remoto

João Cruz

xumaxer@hotmail.com

No verão de 2005 reuni finalmente a coragem para me iniciar na astronomia, campo da ciência que sempre me fascinou desde que me conheço. As primeiras recordações vão até ao dia 21 de Julho de 1969.

Apesar da minha formação não ser nesta área, tal não constitui um obstáculo, mas sim mais uma oportunidade de enriquecer os meus conhecimentos. Tudo começou com um XT8i (fig. 1), um Dobson impressionante que me abriu a janela para o cosmos.



Fig. 1 – XT8i; o início da saga.



Fig. 2 – O grande pequeno C6-SGT.

Com este tubo encontrei vários objectos do céu profundo (OCPs), observei Marte pela primeira vez ao ponto de distinguir diversas características da superfície. Foi uma excelente aquisição, que me fez ficar ainda mais viciado neste hobby. Com este tubo fiz a primeira deslocação para uma sessão de observação, por ocasião do eclipse anular do Sol, no dia 3 de Outubro de 2005, em Bragança.

O passo seguinte foi a compra de um C6-SGT (fig. 2), um pequeno catadióptrico com montagem equatorial go-to, com excelente precisão na colocação dos OCPs na ocular. Foi com este pequeno tubo que me iniciei nas lides da astrofotografia (AF). Com este conjunto fiz a segunda saída para o campo, para registar o eclipse lunar de Março de 2007, em Castelo de Vide (fig. 3).

Leve, preciso e fácil de transportar, forneceu uma montagem equatorial para o XT8, com maior poder de captação de luz e resolução. Mas, colocar um newtoniano com 1130mm de comprimento numa montagem EQ não era pêra doce. Vai daí, em 2008 o XT8 foi vendido para aquisição de um

C11, o C6-SGT foi trocado por um refractor WO ZS80FD, sendo ainda adquirida uma montagem equatorial *Losmandy G-11 Gemini* para poder suportar convenientemente o C11 (fig. 4).



Fig. 3 – Eclipse Lunar, Março de 2007
em Castelo de Vide.



Fig. 4 – C11 em montagem Losmandy
G-11 Gemini.

Mais tarde, o 80FD foi trocado por um Takahashi FS102NSV, que corresponde ao meu equipamento actual. Estava encontrado o sistema possível para as variáveis que compõem a minha situação pessoal. Com este setup fiz várias saídas para o campo, estive em diversas sessões de observação e, claro, montei e desmontei tudo vezes sem conta entre o local de arrumo do meu equipamento e a minha varanda para o cosmos. Este ritual começou a pesar nas costas e braços, mas o que foi mesmo decisivo foi o tempo que demorava a colocar tudo dentro/fora, fazendo com que todas as noites de astronomia tivessem uma extensa check-list para por tudo a funcionar. Foi então que a ideia de avançar para um sistema fixo começou a ferver... para me aquecer nas noites gélidas de -1 °C ou -2 °C de Leiria.

Da consulta de vários sítios da internet e da troca de impressões com vários companheiros da astronomia, decidi-me então por um sistema simples, constituído por um pedestal e uma protecção da Telegizmos 365. A construção de um observatório fixo, com telhado de correr, iria obrigar-me a obras na varanda, condomínio, alterações à fachada, etc, além de ficar substancialmente mais caro.

O desenho do pedestal surge assim da apreciação de vários sistemas, mas que acabam por se assemelhar todos entre si (fig. 5). Aproveitei o facto da construção do pedestal ser em ferro, para pedir a maquinação de um adaptador MA, idêntico ao da Losmandy para interface entre a montagem e o pedestal. Entreguei o projeto a um serralheiro que me fez tudo por um preço inimaginável... A sua colocação no terraço acabou por ser uma tarefa a cargo de 6 braços e executada de forma lenta, devido ao enorme peso do conjunto.

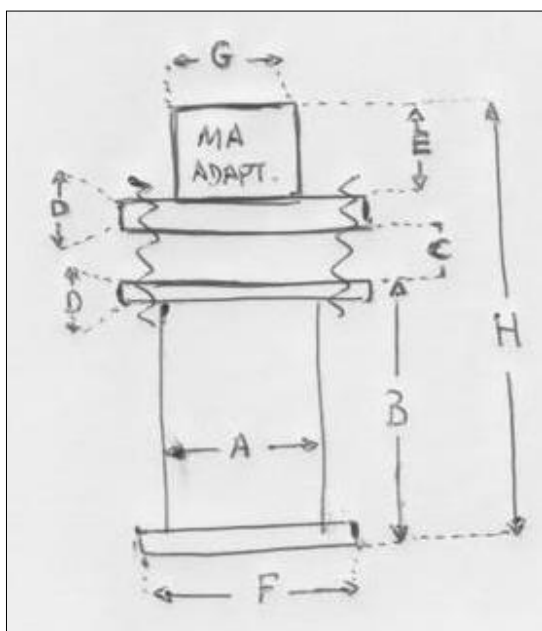


Fig. 5 – *Blueprint* do pedestal.

Definido o local de implantação do pedestal – manter o espaçamento adequado entre o tubo/varão do contrapeso e a parede da varanda, deixando ainda espaço para um armário onde iria ficar o equipamento de controlo do sistema - procedeu-se à colocação de uma camada dupla de borracha (material usado: câmaras de ar de pneus auto) para atenuar um pouco vibrações indesejadas (fig. 6a e 6b). Apesar da foto mostrar esta camada em todo o perímetro da base, acabei por optar colocar apenas nos 4 cantos da mesma. Como o chão do terraço é ligeiramente inclinado para escoamento das águas, um dos cantos ficou desnivelado, pelo que houve que acertar a altura com um anilha de ferro com altura suficiente para evitar o desequilíbrio da base. Esta alteração permitiu manter o sistema em cima da borracha ao mesmo tempo que permitiu a respiração nos dias que sucederam à montagem. Penso que isto foi importante para secar o ar e evitar a ferrugem, e ainda, que esta se espalhasse pelo pavimento do terraço.

Finalmente, a base foi aparafusada à placa com parafusos de 14mm e selados com alcatrão/piche para evitar infiltrações no tecto da minha sala ☺. De seguida, foi aplicada uma camada de silicone ao longo de todo o perímetro da base, após aparar o excedente de borracha, para evitar a acumulação de águas por baixo do pedestal (fig 6d).

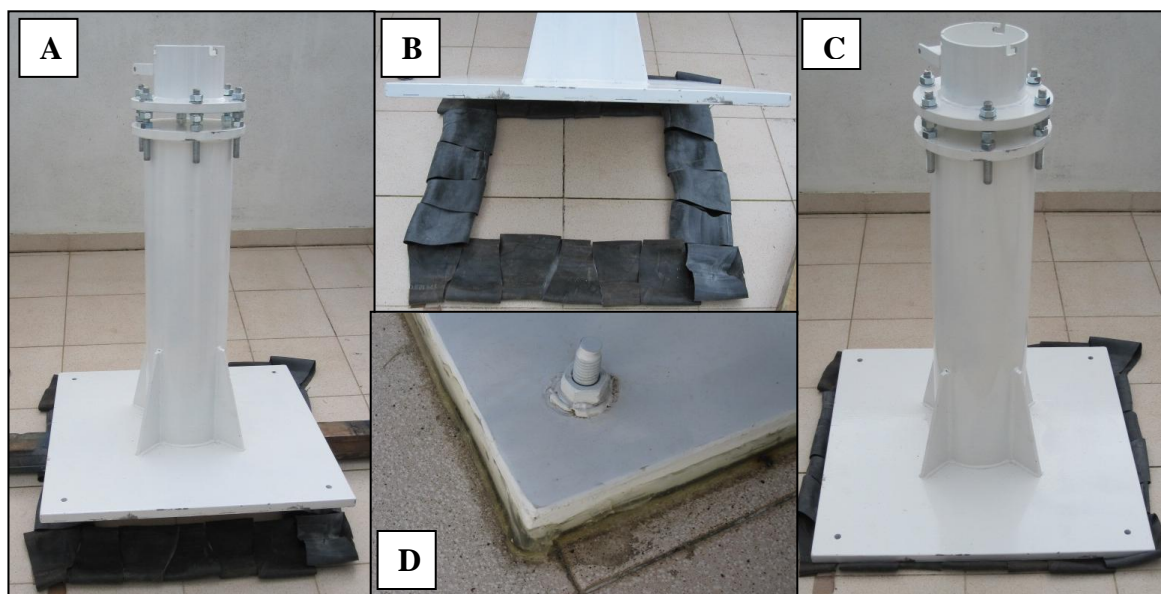


Fig. 6 – Colocação do pedestal no local definido. a) colocação da base; b) da camada de borracha; c) pedestal no local devido e pronto para aparar a borracha; d) parafuso de fixação da base ao chão e isolamento com silicone, depois de aparado o excedente de borracha.

Et voilà! Pedestal pronto para receber a montagem. Colocada a montagem, procedeu-se ao alinhamento polar; para isso foi necessário garantir a horizontalidade da “bolacha” com o adaptador MA, o que não se revelou tarefa fácil. Apesar dos 6 varões roscados e dos manípulos de regulação em altitude e ascensão reta, foi difícil conseguir um alinhamento perfeito. Mas isso é coisa para ir afinando com o tempo.



Fig. 7 – Os cabos de controlo de todo o sistema passam dentro do tubo de PVC e são direccionados para o armário onde se encontra o computador. Na figura vê-se ainda o cabo de alimentação de todo o sistema, protegido por uma calha e isolado com silicone nas extremidades. Esta calha permite a passagem da água da chuva por baixo da mesma, evitando a sua acumulação.

O passo seguinte foi a colocação de um armário para o computador de controlo do sistema. Um simples armário do “De Borla” com apenas uma prateleira cumpre essa função na perfeição. A passagem dos cabos da montagem, telescópio, CCD, focador, etc., é feita dentro de um tubo em PVC para exterior, de 40 mm de diâmetro, com “cotovelos” a 90º, permitindo a ligação ao computador sem estarem expostos aos elementos e com impermeabilização garantida (fig. 7). Para tal, foi aberto um buraco na parede lateral do armário para acomodar um desses cotovelos e dar assim acesso ao interior do armário (fig. 8). Do lado da montagem, o tubo recebe os cabos e fica protegido pela capa TeleGizmos, durante o período de não utilização. A alimentação eléctrica está a cargo de uma extensão que percorre toda a varanda, sendo direccionada para a montagem e protegida ao nível do solo (fig. 8 e 9).



Fig. 8 – Entrada dos cabos no armário e extensão com calha isolada com silicone.



Fig. 9 – Extremidade aberta do tubo, no lado da montagem, protegida pela capa TeleGizmos.

Uma extensão para exterior, com 4 tomadas, garante a alimentação do focador, dos equipamentos do interior do armário, da ST2000-XM e qualquer outro equipamento necessário, como por exemplo, a DMK21AF (fig. 10). Esta extensão tem o interruptor geral de todo o sistema, pelo que é aqui que tudo (montagem e armário) se liga/desliga.



Dentro do armário (fig. 11), estão os dispositivos de alimentação da G-11, do computador, da fonte de alimentação para 4 saídas de 12v e mais uma tomada livre. Um dos pontos fortes do sistema é o controlo remoto, via internet, de todo o equipamento. Tudo isto graças à instalação de um sistema via rádio, ligado ao meu router de casa (fig. 12).

Este sistema permite o controlo de todo o equipamento a partir de qualquer ponto do globo, desde que esteja garantido o acesso à internet 😊!

Fig. 10 – Extensão eléctrica com interruptor geral para alimentação de todos os equipamentos.



Fig. 11 – Interior do armário, com o equipamento de controlo.



Fig. 12 – Equipamento rádio/net.

Com este projecto consigo finalmente ter o telescópio alinhado e pronto a utilizar, em qualquer hora ou noite do ano, sem ter que estar a montar/desmontar tudo e ficando o equipamento protegido quando não está em utilização. A capa de protecção da TeleGizmos cumpre o seu papel na perfeição, protegendo contra vento, chuva, neve, frio, calor e humidade, havendo apenas a necessidade de a retirar ou colocar no início ou no final da sessão.

Desde o início, com o *Push-to-go* do XT8 até ao controlo remoto do sistema, foi um grande passo, mas finalmente acabaram-se as penosas noites gélidas ao lado do tripé, o carregar o material para fora e para dentro, especialmente quando no final de madrugada, cansado e com frio, tudo levava

uma eternidade. Agora, basta seleccionar os OCPs a fotografar e clicar no botão “start” da aplicação informática. Só falta mesmo arranjar um sistema para fazer *flats*, se bem que já seja possível programar tudo para os fazer no lusco-fusco do crepúsculo...



Fig. 13 – Vista geral do conjunto telescópio/montagem/pedestal preparado com todo o equipamento de astrofotografia, com o Takahashi FS102-NSV.

Agradecimentos

A concretização deste projecto não teria sido possível sem a colaboração e ajuda de várias pessoas. Sinto, pois, que devo expressar a minha gratidão: ao meu cunhado Abel e ao meu primo Luís Sérgio Bernardino; especial ao Rui Branco, na resolução de alguns problemas fundamentais na operacionalização de todo o sistema e da fonte de alimentação de 12v; ao Raimundo e João Leal Silva, pela escolha e instalação on-line do sistema de controlo remoto; e finalmente à minha esposa Rosário pelo apoio na concretização da minha varanda para o cosmos.



Fig. 14 – Equipamento óptico e montagem protegidos pela capa 365 da TeleGizmos.

ALVAN CLARK (1804-1887), GEORGE BASSETT CLARK (1827-1891) AND ALVAN GRAHAM CLARK (1832-1897), AMERICAN MAKERS OF TELESCOPE OPTICS.

PEDRO RÉ

<http://astrosurf.com/re>

<http://re.apaaweb.com/>

Alvan Clark and his sons, George Bassett Clark and Alvan Graham Clark (Figure 1), were the main makers of large refracting telescopes in the late nineteenth century. The firm Alvan Clark & Sons was founded in 1846 in Cambridgeport, Massachusetts. For five times the Clarks made the objectives for the largest refracting telescopes in the world: (i) The 18.5-inch (470 mm) Dearborn telescope was commissioned in 1856 by the University of Mississippi; (ii) In 1873 they built the 26-inch (660 mm) objective lens for the United States Naval Observatory; (iii) In 1883, they finished the 30-inch (760 mm) telescope for the Pulkovo Observatory in Russia; (iv) The 36-inch (910 mm) objective for the Lick Observatory refractor was made in 1887 and finally (v) The 40-inch (102 cm) lens for the Yerkes Observatory refractor, in 1897, the largest ever built still in operation (Figure 2 and 3).

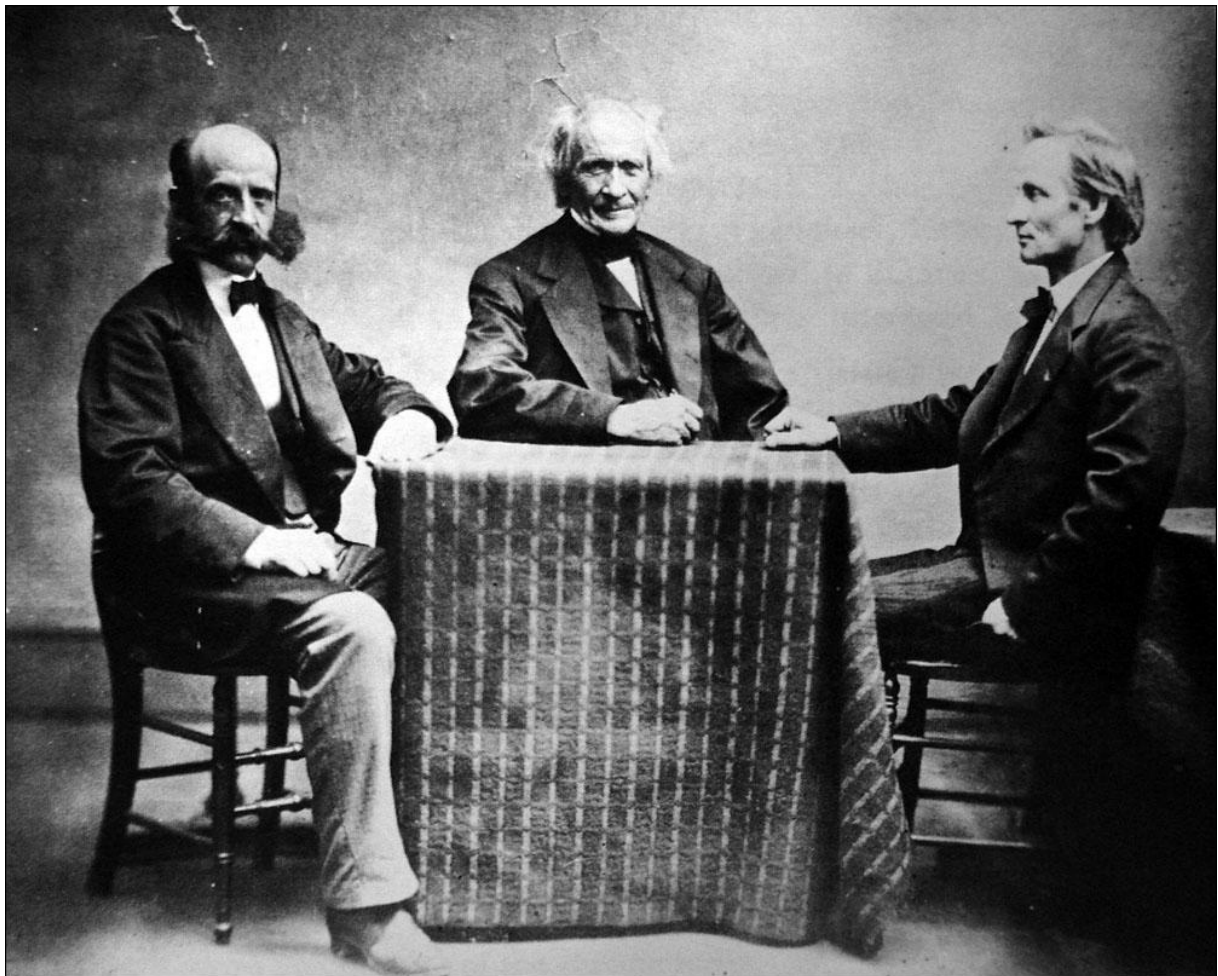


Figure 1- Alvan Clark (center) and his sons, Alvan Graham Clark (left) and George Basset Clark (right). Lick Observatories photograph.

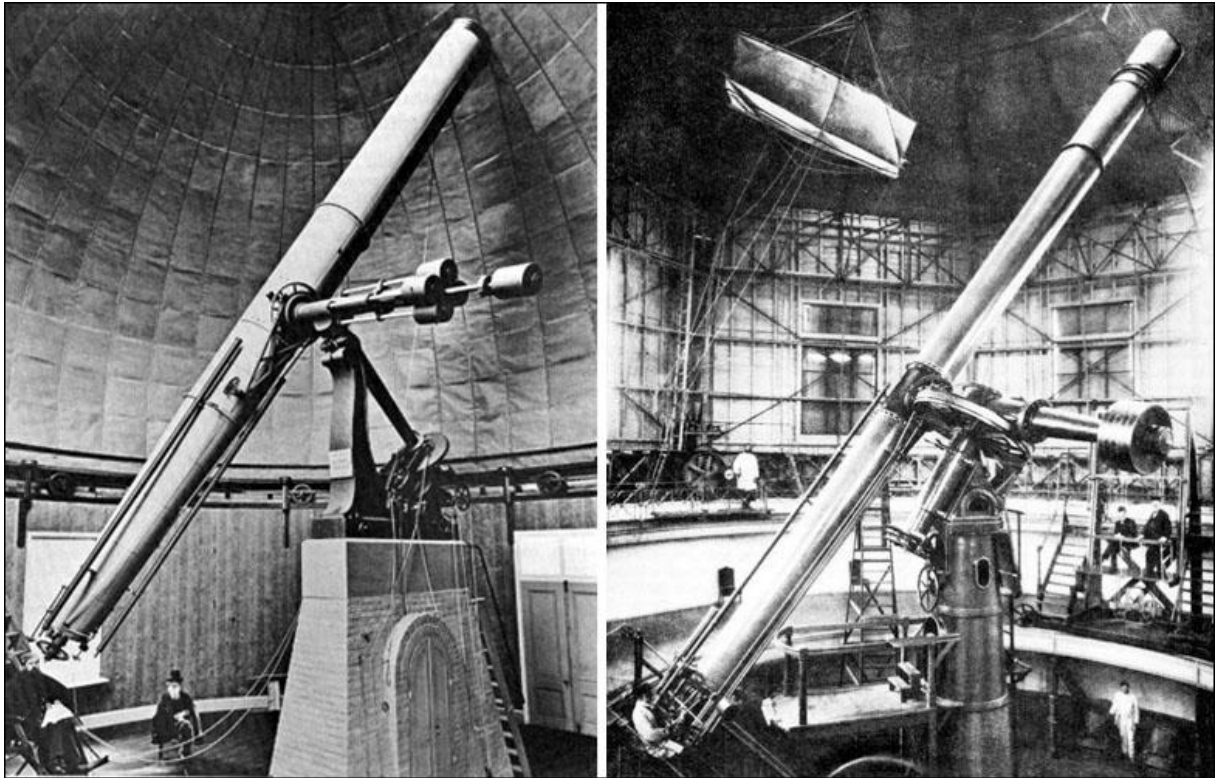


Figure 2- The 26-inch U.S. Naval Observatory refractor (left) and the 30-inch Pulkovo Observatory refractor (right).

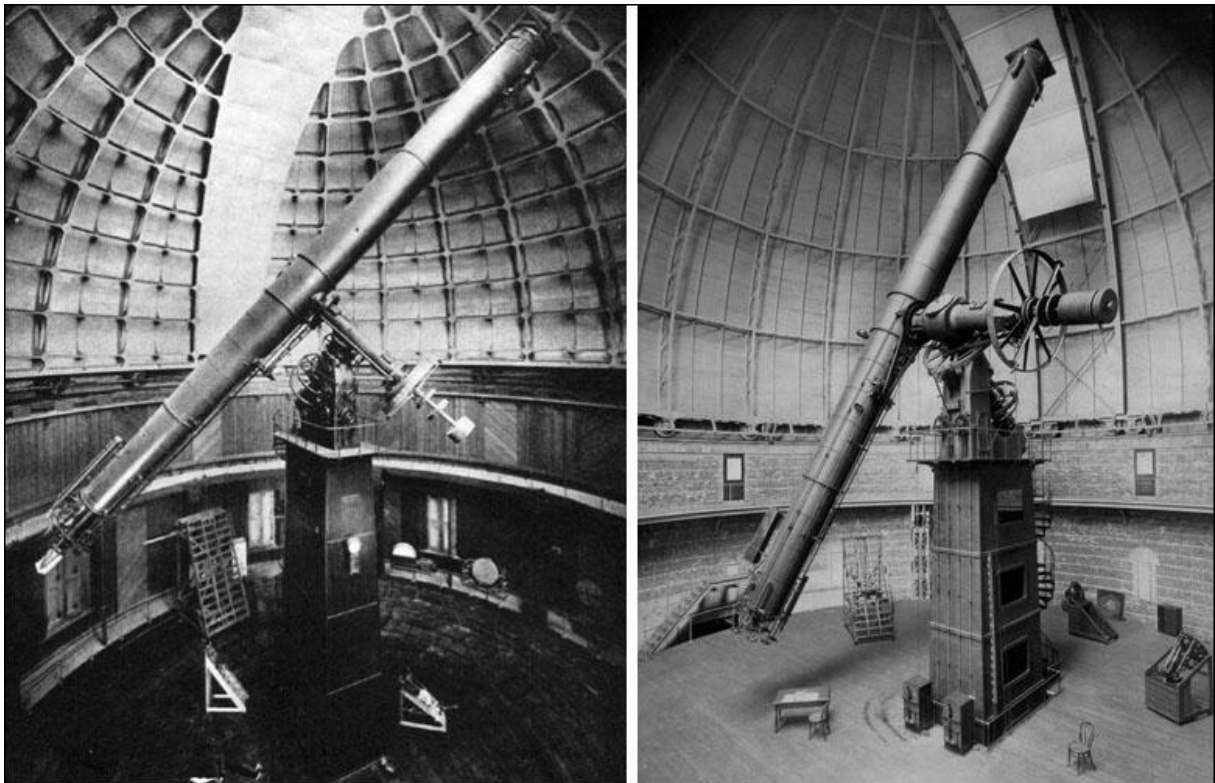


Figure 3- The 36-inch Lick Observatory refractor (left) and the 40-inch Yerkes Observatory refractor (right).

Alvan Clark was born in Ashfield, Massachusetts on March 8, 1804. He was the fifth of ten children of Abram (a descendant of Thomas Clark, one of the early pilgrims of the Mayflower) and Mary (Pease) Clark. Before turning to astronomy, Alvan was noted for his work in other fields, namely drawing and engraving. Towards the end of his life Alvan wrote an autobiography that is often quoted. This is the reason why the life and work of Alvan Clark is better known than that of his two sons.

Both Alvan Graham Clark and George Graham Clark devoted their entire careers to building fine astronomical telescopes. Alvan Graham did the optical work and George did the mechanical work. It is very difficult to identify who was responsible for a particular telescope built by the Clarks. Taking this into account all three Clarks are responsible for the achievements of the firm Alvan Clark & Sons that later became simply Alvan Clark.

Abram Clark (Alvan Clarks father) owned and operated a rocky farm, a sawmill and a gristmill in Ashfield leaving his son a patrimony of fifty dollars. Alvan received a formal education at a local small grammar school and began to work with his older brother in a wagon maker's shop. Soon he turned to other interests. On March 25, 1826 Alvan married Maria Pease and they became parents of four children (Maria Louisa and Caroline Amelia, as well as George Bassett and Alvan Graham). Alvan earned his living as an engraver and later by painting small portraits of exceptional quality in ink and watercolor (Figure 4). Sometimes he used a prism and a camera lucida to outline the main features of the people in his portraits and miniatures.

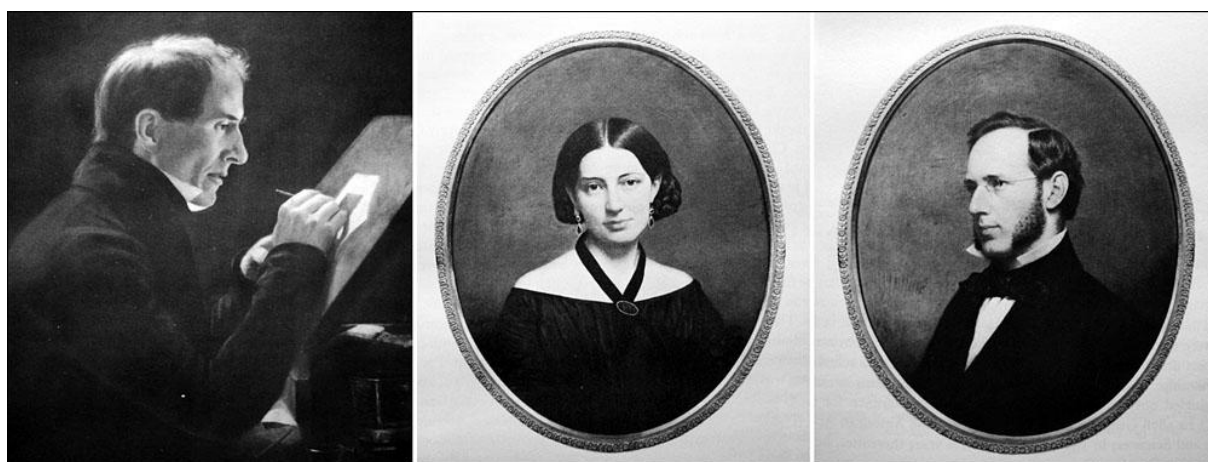


Figure 4- Alvan Clark portrait as an artist in his studio (left), center and right two of A.Clark paintings (Mrs. And Mr. Charles Henry Cummings).

Clark maintained the studio until 1860 when the firm Alvan Clark & Sons became lucrative. It seems that Alvan Clark turned to telescope making almost by accident. His eldest son, George Basset, while a student at Andover (Phillips Academy), melted down a metal bell in order to make a reflecting telescope. Alvan attention was caught and by 1850 the firm Alvan Clark & Sons was founded. The firm grew out of a small shop in East Cambridge used by George Basset to repair optical instruments.

In 1850 the largest refractors were the 15-inch (38 cm) instruments at Pulkovo and Harvard Observatories both made by the Merz & Mahler in Munich (Germany). The largest reflector was the 72-inch (182 cm) "Levithan" erected in 1845 by the Third Earl of Rosse, William Parsons, at the Birr Castle in Ireland. In the middle of the nineteen century refractors were regarded as precision instruments while reflectors were considered much more crude and difficult to use. For this reason refractors were the preferred instruments for astronomical work at observatories worldwide.

Alvan Clark started by building metal reflectors with aperture as large as 8-inch. In 1847-48 Alvan using a 7.5 inch reflector build by himself made a drawing of the Orion nebula. William Cranch Bond, director of the Harvard Observatory, was very impressed with this sketch (the drawing was more complete than the sketch made by William Herschel using his 20-foot reflector).

Clark soon realized that refractors had better light gathering power and definition than metal reflectors and started building objective lenses around 1846. The first lenses he made were similar to ones built by the only contemporary American lens maker, Henry Fitz (1808-1863).

William Rutter Dawes (1799-1868) an English amateur bought several Clark objectives, one of which was used from 1869 to 1869 by William Huggins (1824-1910) for his monumental work in spectroscopy. A trip to England in 1859 (the only time Alvan Clark left the United States) was very important for establishing Clark's reputation as a maker of telescope optics both abroad and in the U.S. Soon after, Clark was asked to make a refractor with an aperture of 19 inches (48 cm) for the University of Mississippi. The firm Alvan Clark & Sons had only built objectives of apertures up to 8 inches. After examining the 15-inch lens of the Harvard Observatory and recognizing its imperfections, Clark offered to make a 15-inch. The University wanted the largest telescope of the world and Clark agreed to make an 18.5-inch (47 cm) objective.

The firm moved to a new location with larger facilities near Harvard to work on this lens. The two crown and flint discs (ordered from the Chance Brothers Company of Birmingham) were finished in 1862. Alvan Graham Clark while testing this lens discovered the companion of Sirius on January 31 1862. By this time the American Civil War had begun and the University of Mississippi was unable to fulfill the agreement with the Clark firm. The Chicago Astronomical Society bought the lens and the telescope was installed in the Dearborn Observatory of the University of Chicago in 1866.

The 18.5-inch refractor did not remain the largest refractor in the world for a long time. Robert Stirling Newall (1812-1889) a wealthy Scottish engineer and amateur astronomer, commissioned Thomas Cooke (1807-1868) to build a telescope for his private observatory at Ferndene. The discs for a 25-inch (64 cm) refractor were ordered from the Chance Brothers Company in 1863. The lens had a focal length of 9.1 m and a combined weight of 66 kg. Altogether the Newall refractor took seven years to build. It was for a few years the largest in the world. Newall erected this telescope in 1871 on his estate, a very unfavorable site: during a period of fifteen years he had only one night in which he could use its full aperture (Figure 5).

In 1871, Clark agreed to make an instrument that surpassed the Newall refractor. By this time Alvan Clark & Sons had already refigured the lenses of several telescopes of the U.S. Naval Observatory with excellent results. The 26-inch (66 cm) crown and flint discs weighting 50 kg were again commissioned from the Chance Brothers Company. The lenses were finished in two years (1873). The objective was mounted on a metal tube (previous Clark instruments were provided with a wooden tube. With this instrument (installed by late 1873) Asaph Hall (1829-1907) discovered the two satellites of Mars (Phobos and Deimos) in 1877) (Figure 2).

In 1872 Karl Ludwig von Littrow (1811-1877), director of the Vienna Observatory, made plans for a large refractor and the contract went to Howard Grubb (1844-1931) of Dublin. The young Grubb together with his father Thomas Grubb (1800-1878) were mainly specialized in building reflectors with heavy equatorial mountings. For this project H. Grubb designed a German equatorial mounting that was a great improvement over the mountings supplied by the Clarks in such a way that it became a model for all future mountings of large refractors (Figure 5).

Otto W. Struve (1819-1905) director of the Pulkovo Observatory ordered a 30-inch (76 cm) objective from the Clarks in 1879. The lens was not completed until 1884. The mount was finished on the same year by Repsold (Hamburg) (Figure 2). This refractor (then the world largest) went into operation at Pulkovo in 1885. It was extensively used in the study of double and proper motion of stars.

In 1880 the Clark firm was again given a contract to build a 36-inch (91 cm) objective and photographic corrector. The blanks were ordered from the firm Field in Paris. The lens with a focal length of 17.6 m was finished in 1885 but the photographic corrector (33-inch, 84 cm) was only completed in 1887. The mount for this refractor was built by the firm Warner & Swasey and erected on Mount Hamilton (Lick Observatory) in 1887. The Lick refractor was one of the most productive instruments in the history of astronomy (Figure 3).

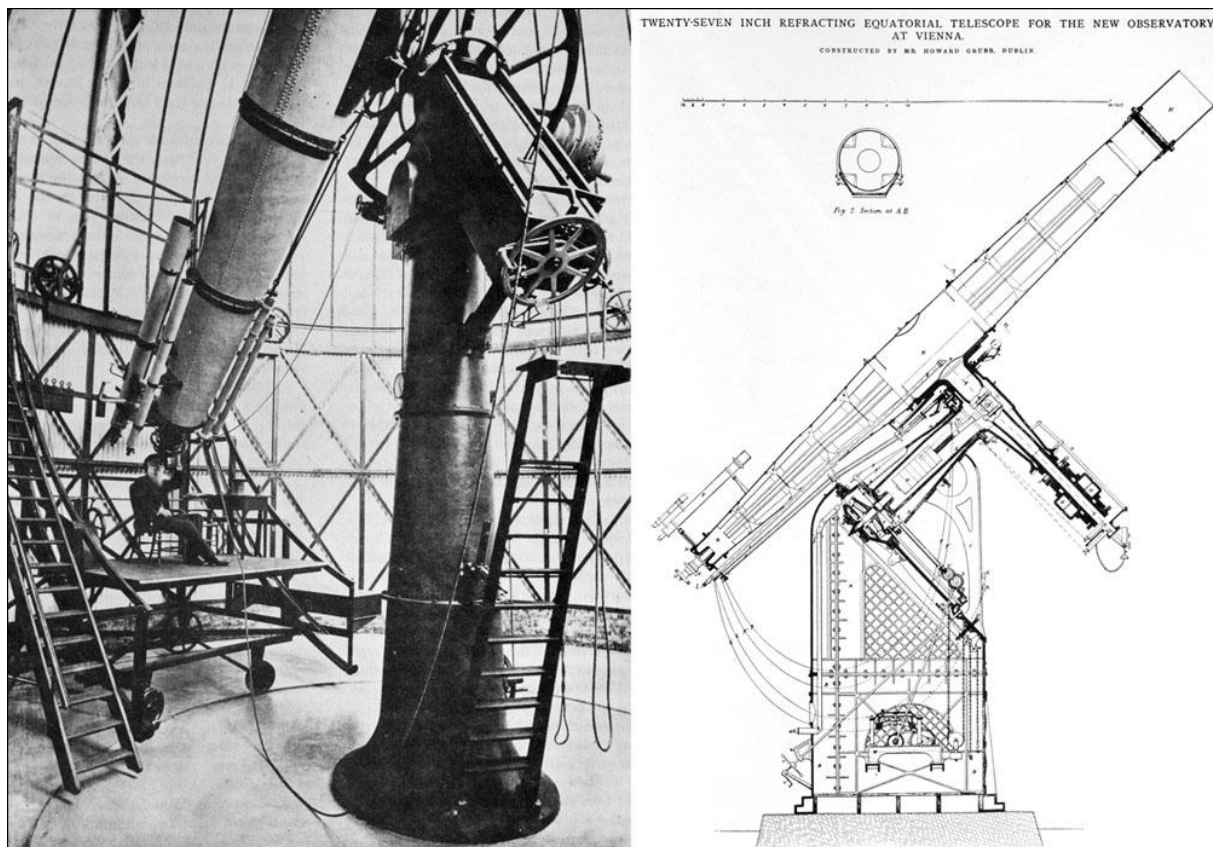


Figure 5- The 26-inch Newall refractor (left) and the 27-inch Grubb refractor of the Vienna Observatory (right). The 27-inch surpassed the 26-inch Clark of the U.S. Naval Observatory becoming the model of all mountings for subsequent large refractors.

With the completion of this instrument the representatives of the University of Southern California asked the Clarks to make an objective for a larger telescope. In 1889 they agreed to build a 40-inch (102 cm) lens and the blanks were ordered from the firm Mantois in Paris. When the disks arrived the University was unable to pay the bill and the opportunity to obtain the largest refractor in the world went to another Institution. George Ellery Hale (1868-1938) that had just been appointed Associate Professor at the University of Chicago was able to raise the necessary sum to buy the lens by convincing the Magnate Charles Tyson Yerkes (1837-1905). Yerkes contributed with \$300,000 to establish what would become known as the Yerkes Observatory, located in Williams Bay, Wisconsin.

Alvan Graham Clark, the last surviving member of the Clark family began figuring the lenses and Warner & Swasey were asked to supply the equatorial mount. The mount was finished in 1893 being displayed at the Columbia Exhibition in Chicago that same year (Figure 6). The 40-inch refractor (19.3 m focal length) went into operation only in 1897 after the foundation of the Yerkes Observatory in 1895 (Figure 3). This refractor is still the largest in the world today. The combined weight of the two components of the 40-inch objective was 225 kg (Figure 7). James Edward Keeler (1857-1900) that examined the lens in 1896 wrote in a paper published in the *Astrophysical Journal*:

"From these tests it appears that the character of the image varies with the position of the lenses relative to each other, and, to a less extent, with the position of the objective as a whole relative to its cell. It is probable that flexure of the lenses is the principal cause of the observed changes, and it is interesting to note that there is here evidence, for the first time, that we are approaching the limit of size in the construction of great objectives".



Figure 6- Mounting of the 40-inch Yerkes refractor on display at the Columbia Exposition in Chicago (1893).

Before his death in 1897, Alvan Graham Clark declared his intention to make a 60-inch (152 cm) lens. In the twentieth century several attempts were made to build larger refractors without any success (Figure 8). By this time reflectors were the main instruments used for spectroscopy and astrophotography.



Figure 7- Alvan Graham Clark and Carl Lundin with the 40-inch object glass.

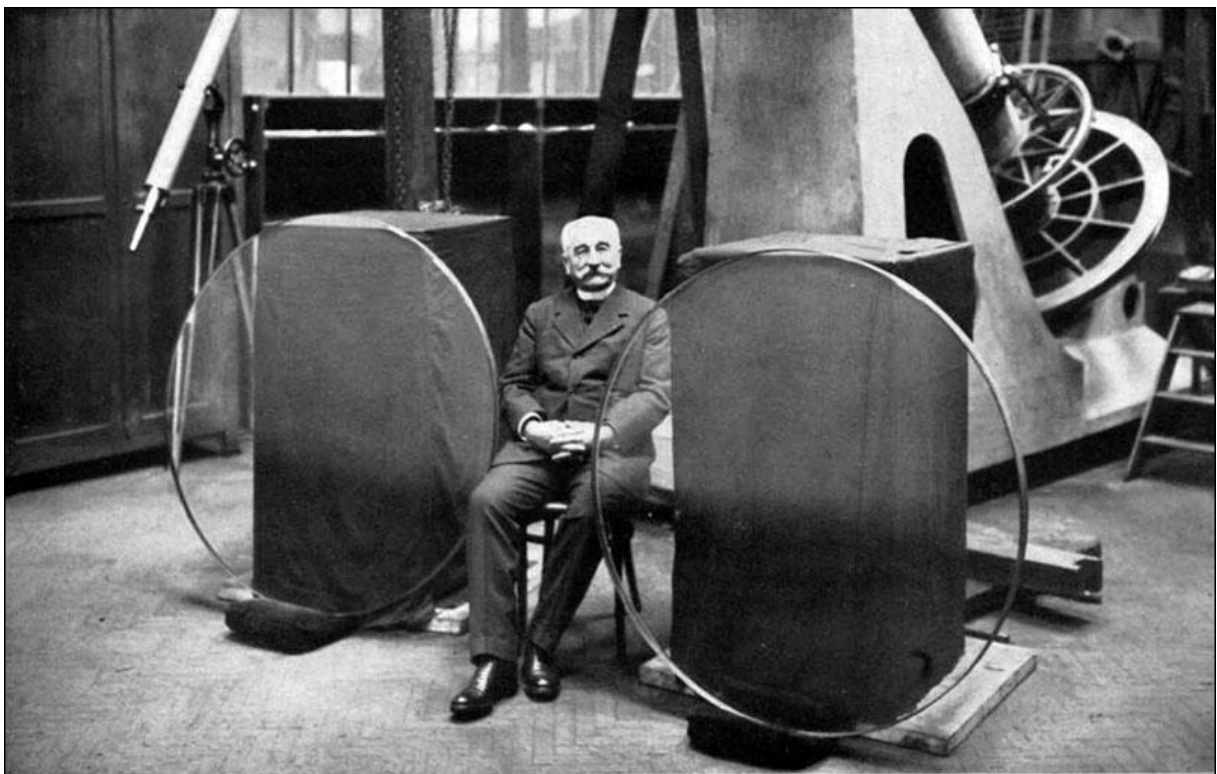


Figure 8- 50-inch optical disks made by the Mantoins firm (Paris).

Very little is known regarding the Clark methods for grinding lenses. The Clark left no records of these procedures. Many people visited the Clark factory and were shown every detail of the process. One

visitor wrote that the methods employed were crude and inferior to those used by European optical makers. The success of Clark's lenses was attributed to skillful manipulation and supervision rather than the use of precise mechanisms. It seems that the techniques used were nothing extraordinary. Great care was taken in the grinding and polishing of a lens. The blank disk was always tested for purity and evenness (glasses with evident striation were discarded). Grinding and preliminary polishing was done with rudimentary machines which consisted of horizontal tables rotated by a steam engine. Early Clark lenses were ground with emery, but later (1887) cast iron sand was used as an abrasive. When grinding was finished the metal lap used for this purpose was changed for one made of grooved pitch fed with water and rouge for polishing. The Clarks never used cloth polishers. The process of correcting and perfecting the lenses was always performed. Local correction was suggested to the Clarks Henry Fitz. Fitz only retouched one surface whilst the Clarks regularly retouched all four surfaces of each objective. This maybe the explanation for the superior quality of the Clarks object glasses.

Local corrections were used to remove small errors after grinding and polishing. To locate this errors the Clarks developed a test similar (but prior) to the one described as the Foucault knife-edge test for mirrors. This test was performed either on a star or on an artificial star (inside a horizontal tunnel with almost 70 m of length). Tests on photographic lenses involved photographing a star several times in focus and out of focus in order to examine the images obtained. A perfect lens would form even images.

Once the irregularities were found these were marked and the lens had to be retouched several times until a perfect shape was reached. Alvan Clark seemed to have a special sense of touch in such a way that he could detect irregularities with his fingers. He repeatedly used his bare thumbs to make local corrections.

Most of the Clarks objectives are similar to Fraunhofer lenses consisting of an equiconvex crown ($R_1 = R_2$) and a meniscus flint in which R_3 is made a few percent shorter in radius than R_2 . R_4 (closer to the eyepiece) becomes a long radius convex surface being almost flat. There are mainly two drawbacks in this type of lenses. It is an air spaced design, similar to the Fraunhofer, but with weaker curves. R_1 , R_2 , and R_3 are all close in radius to one another. Spherical aberration can be canceled (corrected) just as in the Fraunhofer design. In addition, if R_1 and R_2 become reversed during cleaning, there is no apparent change in performance.

Most of the Clark objectives are corrected for visual use. However two methods were developed for adapting the lenses for photographic applications. The Lick refractor was provided with a third (smaller) photographic lens. In 1887, with the assistance of Edward C. Pickering (1846-1919) the Clarks developed a clever combination of two lenses that could be used for either visual or photographic observations. In this design the Crown component is more convex on one side than the other. For visual applications the flatter side was put in contact with the flint and for photography the crown lens was reversed and separated from the flint.

The Clarks were great opticians, perhaps the most skillful ever. The excellence of their achromatic objectives is recognized even today in an era where apochromatic refractors are readily available.

Sources:

- Gingerich, O. (ed) (1984). *The general History of Astronomy. Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950*. Cambridge University Press.
- King, H.C. (1955). *The history of the telescope*. Diver Publications Inc.
- Warner, D.J. (1968). *Alvan Clark & Sons, Artists in Optics*. Smithsonian Institution Press.

JOSEPH VON FRAUNHOFER (1787 - 1826) AND THE GREAT DORPAT REFRACTOR

PEDRO RÉ

<http://www.astrosurf.com/re>

<http://re.apaaweb.com/>

The great Dorpat refractor was built in 1824 by Joseph von Fraunhofer (1787-1826). It was the first modern, achromatic refractor and the largest in the world. The 9.5-inch, 14 foot focal length refractor was noted for his high quality lens but also for its mounting, the first example of what became known as the "German equatorial mount". This refractor was installed by Friedrich Georg Wilhelm Struve (1793-1864) at the Dorpat Observatory and extensively used in pioneering observations of double stars and parallax measurements of several stars (Figure 1).



Figure 1- Joseph von Fraunhofer (1787-1826) (left) and Friedrich Georg Wilhelm Struve (1793-1864) (right).

Fraunhofer was born in Staubing (Bavaria, Germany) on March 6, 1787, the eleventh and last child of Xaver Fraunhofer, a glazier and builder of decorative glass. The young Fraunhofer lost his mother at the age of eleven and his father a year later. With only twelve he became an apprentice to a mirror maker and ornamental glass cutter in Munich (P.A. Weichselberger). After only two years the apprenticeship ended abruptly when Weichselberger house collapsed. Fraunhofer was protected by a cross-beam and escaped injured, but alive. In 1806 Fraunhofer was offered a junior post at the Munich Institute by Joseph Utzschneider, a politician and entrepreneur that left his posts to concentrate on the making of fine instruments and optics. Within a year, he was grinding and polishing lenses and soon after took charge of a workshop and several apprentices. Utzschneider moved his business to Benediktbeuern where he had founded a glass melting workshop. It was there that Fraunhofer met the Swiss Pierre Louis Guinand (a specialist in melting high quality crown and flint glass). Fraunhofer and Guinand did not get on well together. Utzschneider instructed Guinand to introduce Fraunhofer to the secrets of glass melting. After 1809, Fraunhofer was already a partner of the firm and in charge of building optical instruments: microscopes, opera glasses and astronomical telescopes of different apertures including an heliometer. The firm produced almost everything related to telescope building: optical parts, mountings, clockwork mechanisms, precision shafts, tubes...

At Benediktbeuern, Fraunhofer produced achromatic doublets of excellent quality. Surface imperfections were corrected and the best quality glass was used. Glass melting was also improved along the way. A 7-inch object-glass was produced and plans were made for a 10-inch. Newton rings were used for the first time as well as special spherometers and micrometers to test lens surfaces. These new techniques enabled Fraunhofer to design and build a giant 9.5-inch refractor (the largest aperture refractor made up to that time). This instrument was to be installed at the Dorpat Observatory and entrusted to F.G. Wilhelm Struve (Figure 2).

The giant refractor arrived in Dorpat in November 10, 1824. Upon arrival, F.G. Wilhelm Struve inspected the instrument and made a special report (published in *Astronomische Nachrichten*):

On the 10th November last this immense telescope arrived here, packed up in twenty-two boxes, weighting altogether 5000 pounds, Russian weight. On opening the boxes, it was found that the land carriage of more than 3000 German miles (close to 1500 English miles), had not produced the smallest injury to the instrument, the parts of which were most excellently secured. All the bolts and stops, for instance, which served to secure the different parts, were lined or covered with velvet; and the most expensive part (the object-glass) occupied a large box itself; in the center of which it was so sustained by springs, that even a fall of the box from considerable height could not have injured it. Considering the great number of small pieces, the putting together again of the instrument seemed to be no easy task, and the difficulty was increased by the great weight of some of them; and unfortunately the maker had forgotten to send the direction for doing it. However, after some consideration of the parts, and guided by a drawing in my possession, I set to work on the 11th, and was so fortunate as to accomplish the putting up of the instrument by the 15th; and on the 16th (being a clear morning) I had the satisfaction of having the first look through it at the Moon and some double stars.

I stood astonished before this beautiful instrument, undetermined which to admire most, the beauty and elegance of the workmanship in its minute parts, the propriety of its construction, the ingenious mechanism for moving it, or the incomparable optical power of the telescope and the precision with which objects are defined.

The instrument now stands in a temporary position, in the western apartment of the observatory, where observations maybe made for an hour and a half in the vicinity of the meridian to about 45°altitude. Next summer it will be placed in its proper position, in the tower of the observatory, under a rotatory cupola, where it may be used for observations in every position of the heavens.

Wilhelm Struve later compared the performance of this telescope to the best refractors he had used until that date:

What a difference is seen there! A mountain peak illuminated on the dark side of the Moon, which offers me noting remarkable in the Troughton (refractor), I recognize, by means of the Giant Refractor as consisting of 6 peaks well separated from each other. One of the most difficult of Herschel's double stars I recognize immediately.

I believe this telescope can be boldly placed alongside the giant reflecting telescope of a Herschel, for if the latter has a greater light-gathering power, our achromat surpasses by far any reflecting telescope in the precision of the images (...) By clockwork the telescope can be given a uniform motion similar to the velocity of the fixed stars, so that the star remains in the field of view. This is here, notwithstanding that the famous astronomer Bode has now for several years explained that it is impossible...

Fraunhofer described the instrument in a paper entitled (*On the Construction of the just finished Great Refractor*) published in *Astronomische Nachrichten*, No. 74 (1826), 17-24 (Read at the public meeting of the Royal Bavarian Academy of Sciences on July, 10 1824):

(...)

The instrument, about which I have the honor to speak, is for the Imperial Observatory at Dorpat. It is the largest of its kind and new in respect to the important parts of the mounting.

The largest viewing tools existing so far are the telescopes with metal mirrors. Since even the most perfect metal mirror reflects only a small part of the incoming light, the larger part being absorbed, reflectors have to be very large to have a positive result, thus the intensity of the light reaching the eye of the observer will remain low. In addition, with reflectors, the aberration of the light rays due to the spherical form of the reflecting surfaces, which is very prominent, cannot be corrected. For this and several other reasons the reflectors could not be used to advance of the mathematical-astronomical observations, and the reflector was never used as a meridian instrument.

Since almost all light is passed through the glass, and with a telescope constructed from Crown and Flint not only the aberration by chromatic dispersion is compensated, but also that from the spherical glass surfaces, the effect of an achromatic telescope, compared to that of a reflector, is unequally larger. Partly to this reason, in part because their construction makes them suitable for all kinds of observations, almost all astronomical observations are made with achromatic telescopes.

Although the achromatic telescopes used so far, being small compared to the reflectors, the first have achieved more in several fields than the latter. The most rigorous test of a telescope is, as is common knowledge, the observation of double stars, and here the impact of the newer achromatic telescopes is much greater than from the reflectors. Discovered by Bessel in Koenigsberg, for example, with an achromatic telescope from here (Fraunhofer's workshop), with an aperture of 48 lines, that the double star 4th class Zeta Bootis, discovered by Herschel with his telescope, is also one of the 1st class, i.e. he saw that there is another star close to the main star, which was not seen by Herschel. Likewise several other fixed stars, which were observed often with telescopes in the past, were recognized as double stars by the use of achromatic telescopes.

As it is known, the effect of a telescope is not dependent on its length, but on the aperture of its object glass, so that with equal perfection that telescope, which has double the size of a comparable one, has twice the effect. The difficulties which are to be faced when making larger, equally good telescopes as smaller ones, do not grow by the relation of the diameter, but even more, with the relation of the cubes of those. Since it has not been possible to overcome those difficulties until now, those larger achromatic telescopes, with objective apertures of over 48 lines, which were tried to be made, were not of equal perfection as smaller ones, and with even larger (apertures) it (perfection) was reduced. One of the difficulties was that the glass, which was to be used to manufacture the objectives, could not be made in that perfect way that is necessary for larger telescopes. Namely the English Flint glass has wave-like streaks which disperse the passing light in an irregular way. Since there are more streaks in a larger and thicker glass than in a smaller one, which must, if an increase in impact is desired, be the other way round, the effect was reduced with objectives of larger diameter. In addition, the English Crown glass, as any other glass which was used so far, has these wave-like streaks, which, although not always visible to the naked eye, giving the light rays, by uneven refraction, a wrong direction. The Bavarian Flint as the Crown glass is free of these streaks and of equal density (within the glass). Since the Flint glass differs from regular glass only by the stronger color dispersion, and this dispersion of English Flint relates to normal glass as 3 : 2, but with Bavarian Flint as 4 : 2, therefore the latter is also better in this regard.

Until now the achromatic objectives were not completely made following certain theoretical principles, one had to rely on good luck within reasonable limits, therefore a great number of glasses were ground and mated as pairs (by trial and error) until the errors almost compensated. Since the probability of such a chance is much smaller with large objectives than with smaller ones, also objectives of medium size are rarely perfect, and even with good Flint glass no thought would be spent on large achromatic objectives. The main causes for this procedure were: in part, the theory of achromatic objectives is not fully understood; in part, that the refractive and color dispersing characteristic of the glass used, which must be known exactly when calculating, was determined not exactly enough by the means employed earlier; in part, finally, that the methods, which were used to grind and polish the glass, did not follow the theory as predicted, if no observable deterioration should be observed.

The objective of the here discussed great refractor has 108 Parisien Line¹s aperture and 160 inch focal length. The effect of a telescope is best shown when comparing with another one, pointed at the same object. While observing with large telescopes, the largest obstacle is the imperfect air, and here mainly the apparent undulating of it. These disadvantages grow with larger telescopes with the square of their diameter, but the effect grows only with the (linear) relation of the diameter; therefore, even when the sky seem to be clear and the air is only a bit imperfect in the mentioned sense, observations are not possible with larger telescopes. Since the air, everywhere in space, is perfect in this sense only on a few days per year, to learn about the relative effect of this large telescope, a special object for this purpose was placed (on the earth); because in this case a shorter layer of air has to be passed, and its imperfections would be less harmful. The experiments, executed as described, showed that the effect of the large refractor increases in relation to its diameter, fulfilling the maximum expectations. - It would be too much to mention the means which were employed to, for example, adjust the centers of the lenses onto a common line, remove the effects of expansion and contraction of the metal lens cell at different temperatures etc., what had to be considered to make sure that the best effect is achieved with this instrument.

One of the largest obstacles that was encountered when using large telescopes on celestial objects, is the apparent daily movement of the stars, which is magnified in the same relation as the telescope magnifies; so that stars close to the equator remain only a short time within the field of view of a high magnifying telescope, and pass quickly through the same. Even with the smoothest movement of the telescope by hand with screws, small oscillations will be introduced, which will be magnified in relation to the magnification of the telescope. Before the telescopes comes to rest, the star will have passed the field of view, making it possible almost only by pure chance to see it for a short moment under good conditions. These favorable conditions are even rarer since a star can only be seen with the highest precision when being located in the middle of the field of view. The mentioned difficulties can only be met if the telescope would move like the observed star without the interference of a human hand. This had to be with the same precision for all stars, regardless of the ones apparently slower close to the pole, or those located near the equator moving very fast.

For this reason the large telescope was mounted paralactic in its own way, that is, one of the main axes around which it rotates, is elevated against the horizon in such a way, that its angle equals the polar altitude and is pointing at the pole. The second axis, named the declination axis, is mounted on the hour axis exactly vertical (at right angle). If the telescope, mounted in this way, is pointed at any star, then only the hour axis needs to be turned with such a speed that it would turn once in 24 hours, like the Earth's axis, in which case the star, whichever it might be, remains within the field of view of the telescope as long as it is above the horizon. This movement is applied to the hour axis by an apparatus similar to a clock, consisting of two works. The force of one work overcomes the friction and the weight of the moving mass of several Zentner (a unit of mass, 50 kg); the other mechanism regulates the movement. To regulate the movement neither a pendulum nor a balance spring could be used; because in this case the telescope would not move uninterrupted, but only in steps.

The regulator in this work is a centrifugal mechanism, which rotates uninterrupted in a conic housing in one direction. Also, when cranking up the weights the telescope moves with the same speed. The telescope may, while the clock moves on, be stopped at any time and set to move again equally fast. In addition, it may be moved by hand or by means of a bolt in any direction. The clock may be, at any time, adjusted to faster or slower, only by setting a spiral formed disk to another degree of its division. This is to advantage, because, if a star is not at the desired location in the field of view, it may be set to that place by using the clock, which is of great use with micrometer observations, and not advisable by other means, because of the dead travel etc. This spiral disk has also the advantage that the telescope can be set to a movement equaling that of the Moon.

To assure this uniform movement of the large telescope, it must be in all positions, as different as they may be, balanced in relation to both main axes, and these balances may not disturb the telescope from being pointed to any part of the sky. In relation to the declination axis, the eccentric mounted telescope is balanced by two weights close to the eyepiece, mounted on individual conical

¹ In the nineteen century telescope apertures were measures in Parisien lines: one Parisien line equals 2.234 mm or 0.08795 inch.

brass tubes, each of which has two axes in the centre of gravity, at right angles, so that in this relation the telescope is equally balanced in any position. In relation to the hour axis this telescope is balanced by two weights, of which one is mounted directly to the declination axis. The second weight is attached to a rod of an individual form, which is bent in the direction of the hour axis to form a ring; this ring touches, by two opposing axes, a second smaller; this second ring is attached to two axes, which are perpendicular to the first, a third even smaller; and this finally turns at a bushing in which the declination axis is located, so that in relation to the hour axis the telescope is balanced in all positions. To eliminate the friction of the hour axis, and remove any pressure down or up, another special weight is attached which exerts a force on the bearing of two friction rollers. It is due to this installation that the telescope, regardless of the extraordinary weight, may be moved with one finger. The pier of the instrument has a form that, although its position may never be altered, will never hinder the telescope from being pointed to any location in the sky. Although it seems that there are positions of the telescope in which the pier may prevent following a star; this instrument is constructed in such a manner that the telescope may be directed to an object in two ways, only by turning the hour axis by 180°; if the pier is hindering in one way, it cannot in the other, and the telescope is free in this case.

As it is, with a telescope of high magnification, very difficult to point to an object and bring it into the field of view, usually a second smaller one is mounted with the axis exactly parallel to the larger one. The finder of the large refractor has 29 lines aperture and 30 inch focal length.

Each of the two main axes has an individual divided circle, named the hour and declination circle. These are fixed to their axes and turn with these. The division of the hour circle is 4 time seconds, the division of the declination circle 10 arc seconds. With these one can (adjust) the telescope to stars which are off the meridian, and find and observe them by day, which, especially with stars of the 1st magnitude, may not be observed with advantage by night.

(...)

Fraunhofer's design of the Great Dorpat refractor may have influenced the appearance of modern observatories. The German equatorial mounting could be pointed to any part of the sky above the horizon. Some regions of the sky are only accessible after performing a meridian flip of the mount (by reversing the telescope about its polar axis).

Movement by clockwork was virtually a novelty when it was adapted by Fraunhofer in 1824. Clockwork movement was first proposed by Robert Hooke (1635-1703) in 1674. Several astronomers used telescopes with clockwork control during the eighteenth century but these apparatus were not very elaborate.

As mentioned before, when the telescope arrived in Dorpat, the refractor had to be used at an open window. Later it was mounted under a dome ("rotatory cupola") at the top of the main tower of the Observatory. The Dorpat dome was a forerunner of modern domes (Figure 3).

Fraunhofer is better known today for his invention of the spectroscope (1814) and the diffraction grating. He placed a flint glass prism in front of the objective of a small theodolite and fed both with sunlight from a vertical slit. In this way he noticed that the sun's spectrum was crossed by a series of vertical, dark lines of different intensity that always kept the same position. Fraunhofer selected eight of these lines (A, B, C, ... H) and used them as marks to test the refractive index of glass for different colors. Between the lines B and H he counted 574 lines (still called Fraunhofer lines in his honour) (Figure 4).

Fraunhofer's success made his name synonymous with progress. Astronomers considered it a privilege to have their orders accepted by him. The famous refractor he made for the Dorpat Observatory and the heliometer for the Berlin Observatory gave both institutions positions of leadership for several decades.

Joseph Fraunhofer died on June 7, 1826 at the early age of thirty nine years. The privations of youth and his delicate constitution and signs of tuberculosis ended a very promising scientific career.

Sources:

- Batten, A.H. (1988). *Resolute and undertaking characters: The lives of Wilhelm and Otto Struve*. D. Reidel Publishing Company.
- King, H.C. (1955). *The history of the telescope*. Diver Publications Inc.
- Fraunhofer, J. (1826). Über die Construction des so eben vollendeten großen Refractors von Dr. Joseph Fraunhofer. *Astronomische Nachrichten*, 4: 17-24.

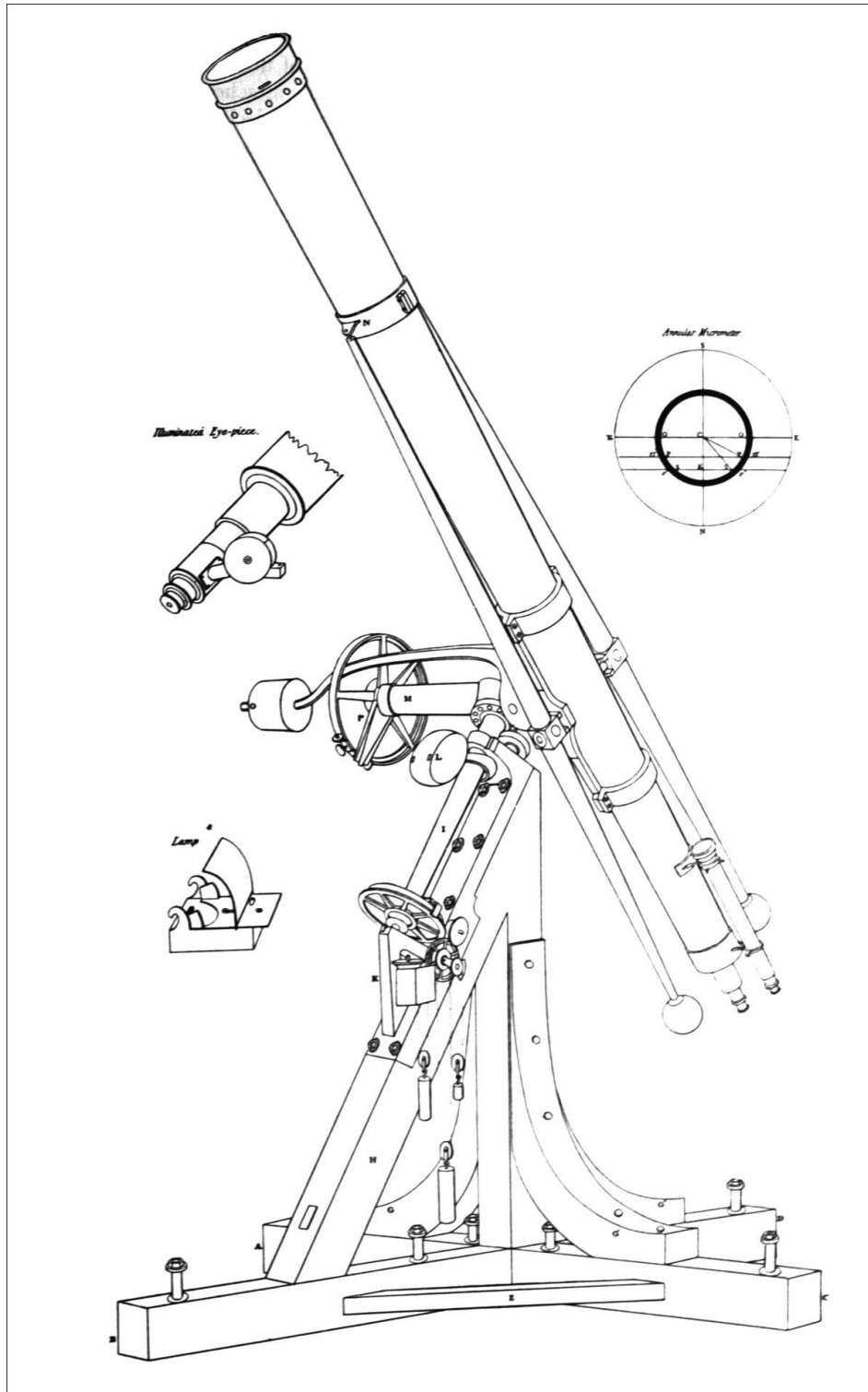


Figure 2- The great Dorpat refractor.



Figure 3- Dorpat Observatory main building (left) and cutaway drawing of the main tower with the great Dorpat refractor installed under the rotatory cupola (right).



Figure 4- Joseph von Fraunhofer demonstrating the spectroscope.

THE 25-INCH NEWALL REFRACTOR

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

<http://re.apaaweb.com/>

Robert Stirling Newall (1812-1889) was a wealthy Scottish engineer and amateur astronomer. Newall commissioned Thomas Cooke (1807-1868) to build a telescope for his private observatory at Ferndene (Gateshead). The discs for a 25-inch (640 mm) refractor were ordered from the Chance Brothers Company in 1862. The lens had a focal length of 9.1 m and a combined weight of 66 kg. The Newall refractor took seven years to build (it was for a few years the largest in the world). It was erected in 1870 on Newall's estate, a very unfavorable site: during a period of fifteen years Newall had only one night in which he could use its full aperture (Figure 1 and Figure 2).

The Newall telescope was described in detail in an article that appeared in *Nature* (February 17, 1870). The full text of this article is transcribed below:

The 25-inch Equatorial Telescope, commenced several years ago by T. Cooke and Sons, of York, for R. S. Newall, Esq. of Gateshead, is now so far completed that it has been removed from the works at York into its observatory in Mr. Newall's grounds, at Ferndene.

The completion of a telescope with an object glass of 25 inches aperture, marks an epoch in astronomy, and its completion in England again places us in the front rank in the matter of the optical art, as we were in Dolland's time.

The history of the progress of the manufacture of telescopes since the time referred to shows very clearly the long-lasting effects of bad legislation; for it is not too much to say that the duty on glass stifled, if indeed it did not kill, the optical art in England. Hence we depended for many years upon France and Germany for our telescopes to such an extent indeed that the largest object-glasses at Greenwich, Oxford, and Cambridge are all of foreign make. The labors of the Germans culminated in the two magnificent instruments of 15 inches aperture in the observatories of Pulkowa and Cambridge, U.S. And then for a time America, thanks to the genius of Alvan Clarke, took the lead with the 18-inch glass now beginning to do good work in the observatory of Chicago. This instrument is at last eclipsed by the magnificent one now being erected at Gateshead.

In what we have said we have purposely omitted to touch upon reflecting telescopes, in the construction of which, since the time of Newton, England has always been pre-eminent, because we shall take occasion to refer to the reflector of four feet aperture, completed last year by Mr. Grubb, of Dublin, and now erected at Melbourne when it is fairly at work.

The general design and appearance of this monster among telescopes, which will be gathered from the accompanying woodcut (Figure 3), is the same as that of the well-known Cooke equatorials; but the extraordinary size of all the parts has necessitated the special arrangements of most of them.

The length of the tube, including dew-cap and eye-end, is 32 feet, and it is of cigar shape; the diameter at the object-end being 27 inches, and at the centre of the tube 34 inches. The cast-iron pillar supporting the whole is 29 feet in height from the ground to the centre of the declination axis, when horizontal; and the base of it is 5 feet 9 inches in diameter. The trough for the polar axis alone weighs 24 cwt., the weight of the whole instrument being nearly 9 tons.

The tube is constructed of steel plates riveted together, and is made in five lengths, screwed together with bolts and flanges. The plates of the central length are one-eighth of an inch thick, and those of each end one-sixteenth thick, so as to reduce the weight of the ends as much as possible, and avoid flexure.

Inside the outer tube are five other tubes of zinc, increasing in diameter from the eye to the object-end; the wide end of each zinc tube overlapping the narrow end of the following tube, and leaving an annular space of about an inch in width round the end of each for the purpose of ventilating the tube, and preventing, as much as possible, all interference by currents of warm air, with the cone of rays. The zinc tubes are also made to act as diaphragms.

The object-glass has an aperture of 25 inches (nearly), and in order as much as possible to avoid flexure from unequal pressure on the cell, it is made to rest upon three fixed points in its cell, and between each of these points are arranged three levers and counterpoises round a counter-cell, which act through the cell direct on to the glass, so that its weight in all positions is equally distributed among the 12 points of support, with a slight excess upon the three fixed ones. The focal length of the lens is 29 feet. A Barlow lens is arranged to slide on a brass framework within the tube. The hand is passed through an opening in the side of the tube, and by means of a handle attached to the cell the lens may be pushed into or out of the cone of rays.

Attached to the eye-end of the tube are two finders, each 4 inches aperture; they are fixed above and below the eye-end of the main tube, so that one may be readily accessible in all positions of the instrument. It is also supplied with a telescope having an O. G. of 6 ". This is fixed between the two finders, and is for the purpose of assisting in the observations of comets and other objects for which the large instrument is not suitable. This assistant telescope is provided with a rough position circle and micrometer eye-pieces, and is illuminated by new apparatus lately described in NATURE.

Two reading microscopes for the declination circle are brought down to the eye-end of the main tube; the circle-38 inches in diameter-is divided on its face, and read by means of the microscopes and prisms.

The slow motions in declination and R. A. are given by means of tangent screws, carrying grooved pulleys, over which pass endless cords brought to the eye-end. The declination clamping handle is also at the eye-end.

The clock for driving this monster telescope is in the upper part of the pillar, and is of comparatively small proportions, the instrument being so nicely counterpoised that a very slight power is required to be exerted by the clock, through the tangent screw, on the driving wheel (seven feet diameter), in order to give the necessary equatorial motion.

The declination axis is of peculiar construction, necessitated by the weight of the tubes and their fittings, and corresponding counterpoises on the other end, tending to cause flexure of the axis. This difficulty is entirely overcome by making the axis hollow, and passing a strong iron lever through it, having its fulcrum immediately over the bearing of the axis near the main tube, and acting upon a strong iron plate rigidly fixed as near the center of the tube as possible, clear of the cone of rays. This lever, taking nearly the whole weight of the tubes, &c., off the axis, frees it from all liability to bend.

The weight of the polar axis on its upper bearing is relieved by friction rollers and weighted levers; the lower end of the axis is conical, and there is a corresponding conical surface on the lower end of the trough; between these two surfaces and three conical rollers carried by a loose or "live" ring, which adjust themselves to equalize the pressure.

The hour circle on the bottom of the polar axis is 26 inches in diameter, and is divided on the edge, and read roughly from the floor by means of a small diagonal telescope attached to the pillar; a rough motion in R. A. by hand is also arranged for by a system of cog-wheels moved by a grooved wheel and endless cord at the lower end of the polar axis, so as to enable the observer to set the instrument roughly in R. A. by the aid of the diagonal telescope.

The declination and hour circles will probably be illuminated by means of Geissler tubes, and the dark and bright field illuminations for the micrometers will be effected by the same means.

Mr. Newall, after the preliminary testing of this magnificent instrument at his own residence, purposes to erect it in some climate favorable for astronomical observation. It is very unfortunate that this means in other words that the telescope cannot remain in England. It is or should be among the

things generally known that every increase in the size of an object-glass or mirror increases the perturbing effects of the atmosphere, so that the larger the telescope, the purer must be the air. In the absence of this latter condition, a "big" telescope is a "big evil," and skilled observers, mindful of this, reduce the apertures of their instruments when the air is not good.

We may regard this telescope as a clear gain to English science, for Mr. Newall with princely liberality has expressed his intention of allowing observers with a special research on hand to have the use of the instrument during certain regulated hours.

The observatory, of which we also give a sketch, is nearly 50 feet in diameter, and notwithstanding the enormous weight of the dome, like the telescope, it is easily moved into any required position.

When completed it will have attached to it a transit-room. And this reminds us that Mr. Marth, so well-known for his great work done at Malta with the Lassell Reflector and elsewhere will have charge of this noble instrument of research.

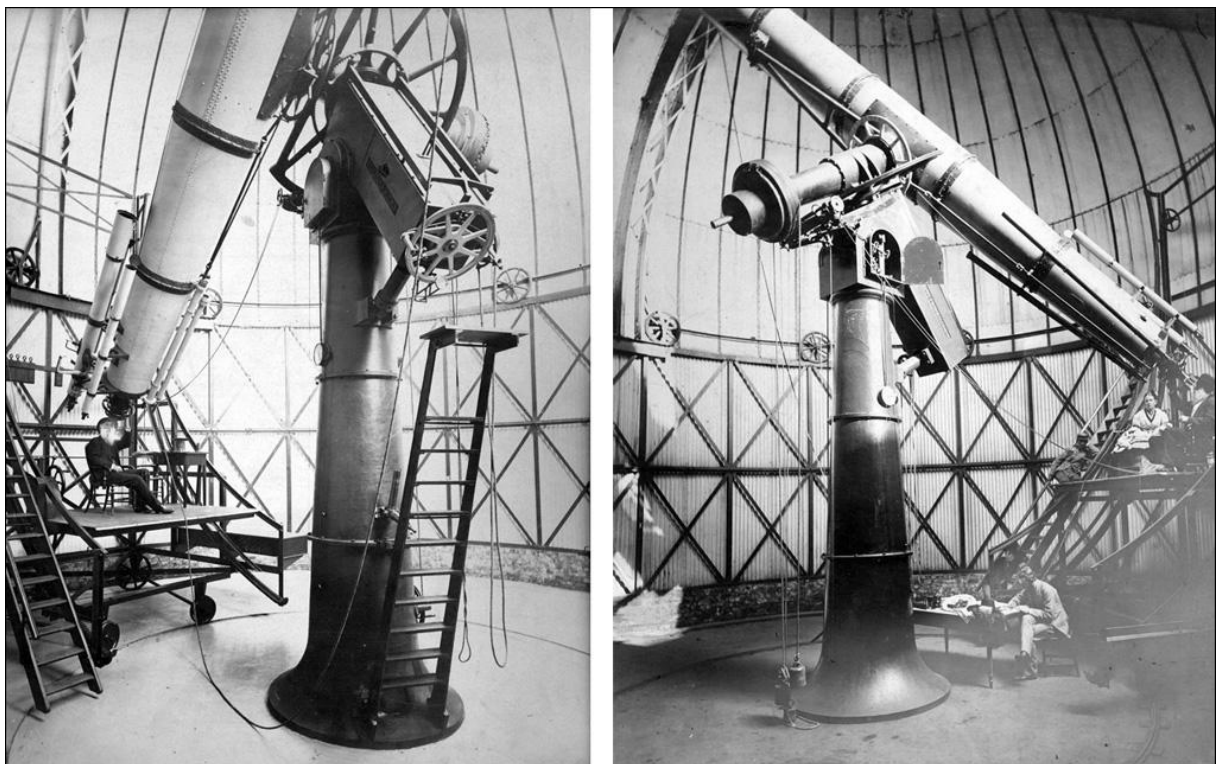


Figure 1- Photographs of the 25-inch Newall refractor and equatorial mount by Cooke of York (1872).

After years of bad weather and sporadic use, Newall offered to loan the instrument to the Cape Observatory. David Gill (1834-1914), director of the observatory was eager to determine the parallax of alpha Centauri. The cost of dismounting and transporting the telescope to South Africa was considered prohibitive and the whole matter was put to rest.

In 1890 the 25-inch refractor was offered to the University of Cambridge (the telescope was moved in 1891). Newall's son, Hugh Frank Newall, worked for five years without any payment as the main observer responsible for the telescope. From 1891 to 1911, H.F. Newall conducted a huge series of spectroscopic observations with excellent results. The work continued until 1930 when the telescope became gradually outdated (Figure 4 and Figure 5).

In 1950 the telescope was rarely used and the dome needed repair. The University of Cambridge decided to donate the instrument. The National Observatory of Athens accepted the donation and the Newall refractor was transported to the Koufos hill near the Pendeli Mountain (Greece). The

construction of the new observatory started in 1957. The 25-inch refractor was installed at the top of a 5 m concrete pier (access to the eyepiece is facilitated by a moving floor). The new dome has a diameter of 14 m (Figure 6).

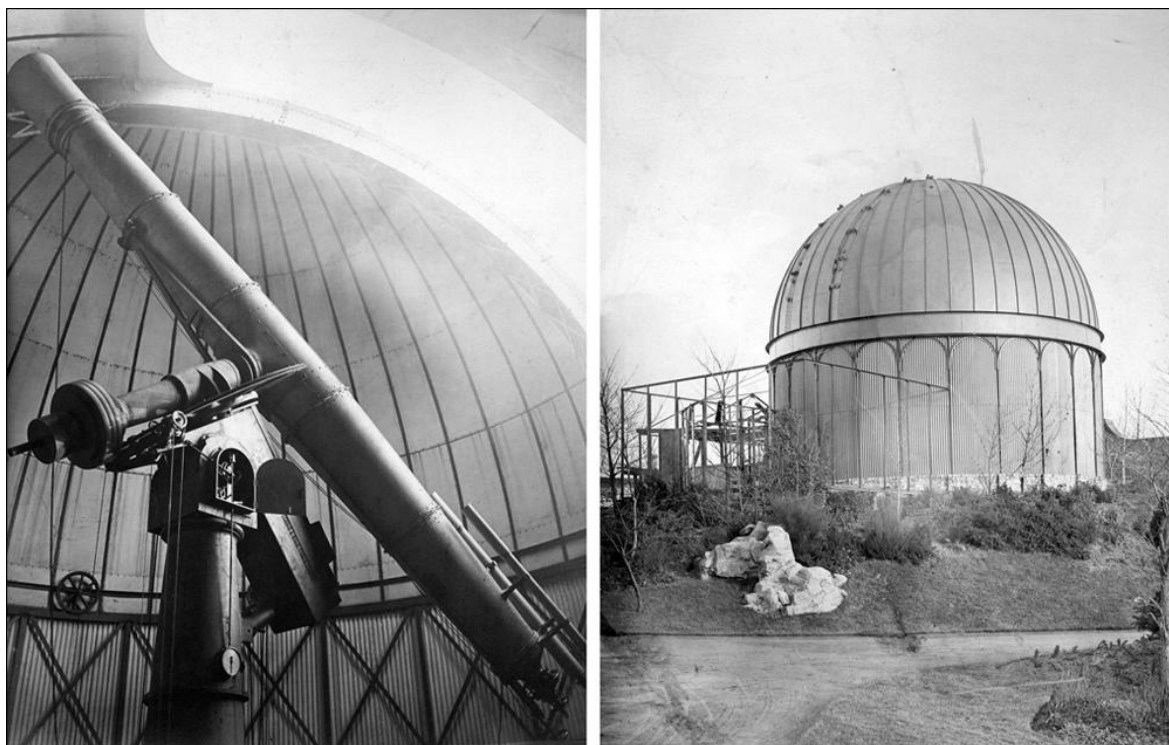


Figure 2- 25-inch Newall refractor and dome (1872).

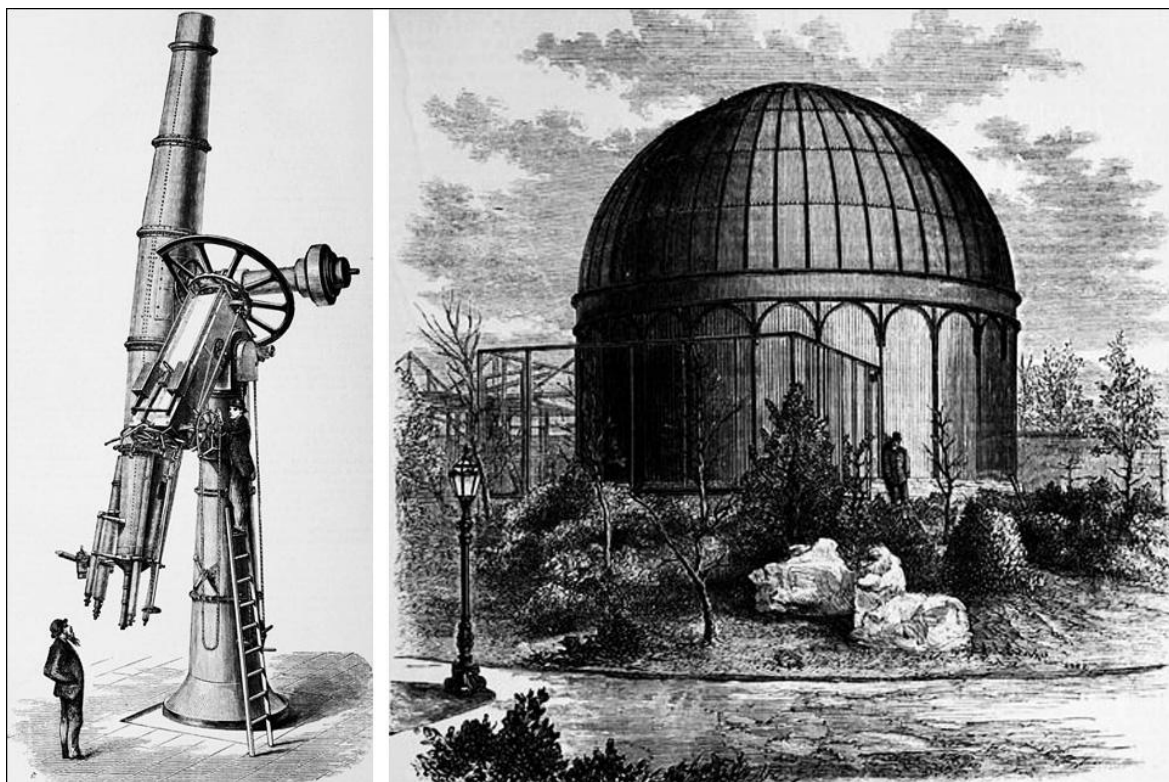


Figure 3- Figures from the *Nature* article. Captions: The great Newall telescope of 25 inches aperture, now being erected at Gaterhead (left); The observatory for the Newall Telescope (right).



Figure 4- Newall telescope at the University of Cambridge: spectroscope (left); telescope and dome (center); dome (*ca.* 1906).

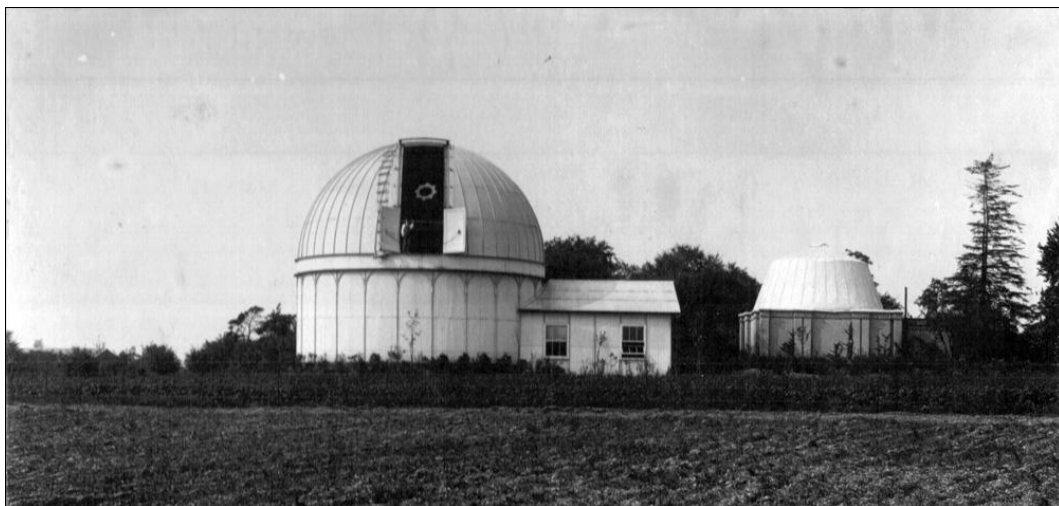


Figure 5- Newall telescope and dome at the University of Cambridge (*ca.* 1930).



Figure 6- The Newall 25-inch refractor and new dome at the Penteli Astronomical Station (National Observatory of Athens - Greece).