



APAA

Associação
Portuguesa
de Astrónomos
Amadores

ASTRONOMIA de Amadores

N.º 58 2022



COMO CALCULAR A REFRACÇÃO ASTRONÓMICA | Guilherme de Almeida

COMO CALCULAR A REFRACÇÃO ASTRONÓMICA DIFERENCIAL POLICROMÁTICA
Guilherme de Almeida

A PLEA FOR REFLECTORS | Pedro Ré

UNUSUAL TELESCOPES III. CAPRI SOLAR OBSERVATORY | Pedro Ré

EINSTEINTURM SOLAR OBSERVATORY | Pedro Ré

HISTORY OF SOLAR OBSERVATION | Pedro Ré

WILLIAM HERSCHEL'S SOLAR OBSERVATION TECHNIQUES | Pedro Ré

A MONTAGEM EQUATORIAL IOPTRON CEM70G | Luís Ramalho



APAA

Associação
Portuguesa
de Astrónomos
Amadores

DESEJA PUBLICAR UM ARTIGO NA REVISTA *ASTRONOMIA DE AMADORES*?
ENCONTROU UMA TÉCNICA INTERESSANTE DE OBSERVAÇÃO OU DE
ASTROFOTOGRAFIA QUE GOSTARIA DE PARTILHAR?

CONTACTE A APAA ATRAVÉS DO E-MAIL: APAADIR@GMAIL.COM

Os artigos são sujeitos a uma apreciação prévia, pelo que a APAA não pode garantir a publicação de artigos que não reúnam os requisitos necessários.

CARO LEITOR: SE GOSTA DOS ARTIGOS PUBLICADOS NA REVISTA *ASTRONOMIA DE AMADORES*,
DIVULGUE-A JUNTO DOS SEUS CONTACTOS E AMIGOS.

ASTRONOMIA DE AMADORES

Revista de divulgação astronómica (n.º 58) — 2022

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

E-mail: apaadir@gmail.com • Internet: <https://apaa.co.pt/2021/> • Facebook: <https://www.facebook.com/APAAweb/>

*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

Periodicidade: Anual

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: Alcaria 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 e Luis Ramalho

Paginação e arranjo gráfico: Equipa redactorial.

Artigos para publicação: Os trabalhos destinados a publicação, devem ser fornecidos em formato Word 7 ou posterior, 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 as publicações 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:** José Pedro Carreira Martins; **Secretário:** Vítor Quinta; **Secretário-Adjunto:** Raimundo Ferreira.

Mesa da Assembleia-Geral

Presidente: António Magalhães; **Secretário:** Rui Gonçalves; **Vogal:** Carlos Marques.

Conselho Fiscal

Presidente: José Cardoso Moura; **Vogal:** Carlos Tenente; **Vogal:** Rui Lourenço.

Pagamento de quotas

Transferência bancária.

Novos sócios:

A quota mensal é de 2 Euros/mês. Os jovens até 25 anos têm uma redução das quotizações de 50%. Em <https://apaa.co.pt/2021/> existe um formulário de inscrição on-line que poderá facilitar todo este processo.

ÍNDICE

COMO CALCULAR A REFRACÇÃO ASTRONÓMICA.....	5
Guilherme de Almeida	
COMO CALCULAR A REFRACÇÃO ASTRONÓMICA DIFERENCIAL POLICROMÁTICA ...	17
Guilherme de Almeida	
A PLEA FOR REFLECTORS	22
Pedro Ré	
UNUSUAL TELESCOPES III. CAPRI SOLAR OBSERVATORY	27
Pedro Ré	
<i>EINSTEINTURM</i> SOLAR OBSERVATORY	31
Pedro Ré	
HISTORY OF SOLAR OBSERVATION	36
Pedro Ré	
WILLIAM HERSCHEL'S SOLAR OBSERVATION TECHNIQUES	46
Pedro Ré	
A MONTAGEM EQUATORIAL <i>IOPTRON</i> CEM70G	55
Luís Ramalho	



Fotografia da capa:

Cometa Leonard (C/2021 A1).

William Optics 71GT, QHY183 C, Takahashi EM200. Carlos Saraiva (20211203)

Como calcular a refacção astronómica



Guilherme de Almeida

<https://galmeida50.wixsite.com/artigosediversos>

A atmosfera da Terra, interpondo-se entre os astros observados e o observador terrestre, provoca um ligeiro desvio na direcção dos raios luminosos que deles recebemos. Tal desvio, que é uma consequência da refacção atmosférica, intensifica-se junto ao horizonte e faz com que os astros nos apareçam a maiores alturas do que as que realmente apresentam num dado momento. Neste artigo deduz-se uma expressão simples que permitirá calcular essa elevação aparente.

1. Conceito de refacção astronómica ou refacção atmosférica

Este fenómeno de refacção atmosférica é normalmente conhecido como *refacção astronómica*. Assume importância nas observações astronómicas e tem impacto na medida das alturas dos astros.

A refacção astronómica tem uma história longa e fascinante. Já na Grécia Antiga, os astrónomos Cleómenes (100 d.C.) e Ptolomeu (200 d.C.) tinham consciência deste fenómeno e compreendiam-no de forma qualitativa. O matemático árabe Alhazen (1100 d.C.) sugeriu correctamente que a forma aparentemente achatada do Sol, quando junto ao horizonte se devia à refacção astronómica. Tycho Brahé, em 1587, foi o primeiro a fazer medições directas deste efeito produzido pela atmosfera terrestre.

A primeira teoria da refacção astronómica baseada na lei de Snell-Descartes foi estabelecida por Cassini, que em 1656 considerou a atmosfera da Terra como se fosse homogénea, com índice de refacção constante até ao seu “limite” superior, onde toda a refacção teria lugar (segundo a sua teoria). Posteriores investigações das características físicas da atmosfera modificaram estas ideias pioneiras e conduziram ao modelo de camadas esféricas concêntricas e ao modelo simplificado das camadas plano-paralelas, que é uma simplificação do modelo das camadas esféricas concêntricas.

Seguiram-se abordagens mais sofisticadas, sobre o modelo das camadas esféricas concêntricas, conduzidas por matemáticos e astrónomos prestigiados, como Bessel, Bradley, Gylden, Ivory, Laplace, Mayer, Simpson, Young e outros.

No início do século XX, estudaram-se as propriedades da atmosfera a maiores alturas, conduzindo a um melhor conhecimento das propriedades ópticas do oceano de ar que envolve o nosso planeta.

2. A lei de Snell-Descartes e alguns conceitos fundamentais

Estabelecida independentemente por Willebrord Snell, astrónomo e matemático holandês (1580-1626) e René Descartes, matemático e filósofo francês (1596-1660), esta lei relaciona os ângulos de incidência e refração, quando a luz atravessa uma superfície de separação entre dois meios ópticos diferentes. O termo “meio óptico” designa qualquer meio transparente (vácuo, ar, água, vidro, álcool, etc.). A figura 1 ilustra a lei de Snell-Descartes.

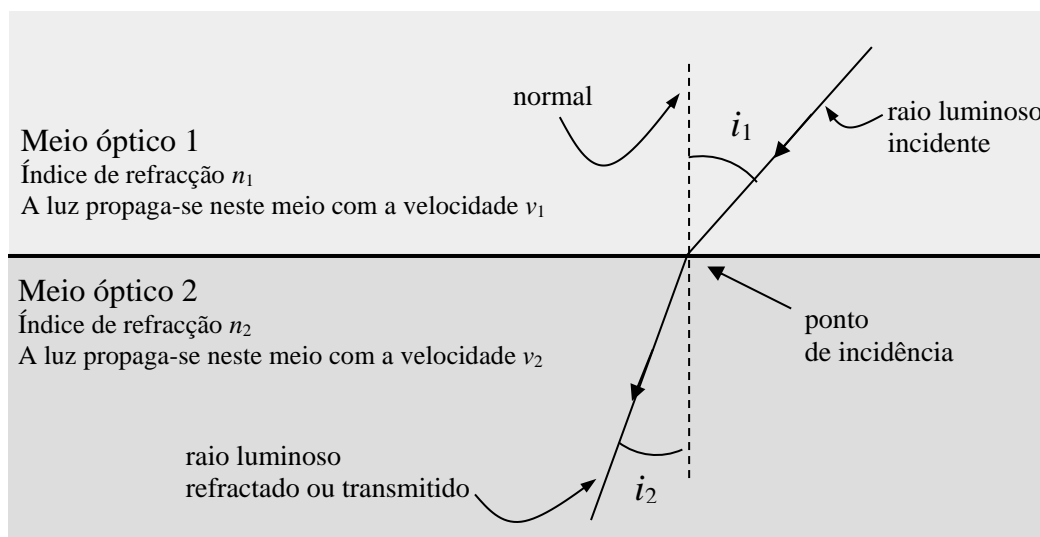


Fig. 1 - Representação esquematizada da passagem de um raio luminoso do meio óptico 1 para o meio óptico 2. Ilustram-se os conceitos de normal, raio incidente, raio luminoso refractado, ângulo de incidência (i_1) e ângulo de refração (i_2). Por vezes, o ângulo de refração é representado por r . Figura do autor (2021).

A normal (Fig. 1) é um segmento de recta perpendicular à superfície de separação entre dois meios ópticos, no ponto de incidência. De acordo com a lei de Snell-Descartes, utilizando a simbologia indicada na figura anterior,

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2.$$

O índice de refração n_1 pode definir-se pela razão $n_1 = c/v_1$, onde c é a velocidade de propagação da luz no vácuo e v_1 a velocidade de propagação da luz no meio óptico 1. Do mesmo modo, $n_2 = c/v_2$. Referimo-nos aqui ao chamado índice de refração absoluto. A constante c vale cerca de 300 000 km/s (em rigor 299 792, 458 km/s).

De acordo com a expressão genérica

$$n = \frac{c}{v},$$

podemos concluir que quanto *maior* for o índice de refração de um meio óptico *menor* será a velocidade com que a luz nele se propaga. Por outras palavras, se $n_2 > n_1$, então $v_2 < v_1$. Por definição, o índice de refração do vácuo $n_0 = c/c = 1$ (exactamente). Em qualquer meio óptico, que não o vácuo, a velocidade de propagação da luz é sempre *inferior* a c , de onde resulta $n > 1$. E, excepto no vácuo, essa velocidade de propagação depende da cor da luz. Assim sendo, o índice de refração do ar é maior para a luz de menores comprimentos de onda e maior no caso contrário (mas sempre inferior a c). Neste artigo faremos a análise monocromática do

problema. Num artigo posterior consideraremos o efeito resultante de várias cores em simultâneo: a refração diferencial policromática

A expressão $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ permite-nos obter duas conclusões interessantes:

a) Se $n_1 < n_2$, então $\sin i_1 > \sin i_2$, ou seja, $i_1 > i_2$; o *maior ângulo* está sempre do lado do meio de *menor índice* de refração. Ou seja, do lado onde a velocidade da luz é mais elevada (v.

Nota final 1).

b) Se $i_1 = 0^\circ$, então $i_2 = 0^\circ$, o que significa que não há desvio dos raios luminosos se a incidência for normal, ou seja, perpendicular à superfície de separação dos dois meios ópticos (uma tal superfície chama-se, em óptica, *dioptra*; no caso da figura 1 trata-se de um *dioptra plano* (v.

Nota final 2).

3. Abordagem do problema

A atmosfera da Terra não é homogénea; é mais rarefeita a maiores alturas e mais densa junto à superfície terrestre, sendo essa variação gradual. O índice de refração do ar aumenta progressivamente, de cima para baixo, assumindo o valor máximo junto à superfície da Terra. Embora essa densidade varie progressivamente, podemos, para efeitos práticos, considerar a atmosfera terrestre como se fosse constituída por sucessivas camadas de ar, em número arbitrariamente grande, *tão grande quanto se queira*, envolvendo-se umas às outras como as camadas de uma cebola, supondo cada uma dessas camadas homogénea.

Como o número de camadas consideradas pode ser arbitrariamente grande, com cada camada tão fina quanto se queira fina, no limite tudo se passa como se a variabilidade fosse gradual.

É claro que *não há* um limite rígido na fronteira superior da atmosfera, mas tal não impede os cálculos, em que consideraremos N camadas, numerando a primeira (a mais alta) com o algarismo 1, a segunda com o algarismo 2 e a última de todas, à superfície da Terra, contendo o ar que respiramos, como camada N .

Para assentar termos e conceitos, dá-se o nome de distância zenital, z , de um astro, ao complemento da sua altura h , ou seja, $z + h = 90^\circ$ (v. **Nota final 3**). Chama-se refração atmosférica (R) à diferença entre a distância zenital z que o astro apresentaria se não houvesse atmosfera e a distância zenital *observada*, z' , tendo em conta a refração (Fig. 2). Ou seja, $R = z - z'$.

Dado que $z + h = 90^\circ$, a refração atmosférica também se pode exprimir como sendo a diferença entre a altura observada do astro, h' , e a altura verdadeira, h , que o mesmo astro apresentaria na ausência de contribuição refractiva da atmosfera terrestre: $R = h' - h$.

Dito de outra forma, R é o valor angular que se deve *somar* à distância zenital aparente, z' , para obter a distância zenital verdadeira, z , que se teria se a atmosfera não provocasse refração. Ou, em alternativa, o valor que se tem de *subtrair* à altura observada do astro, para obter a sua altura verdadeira.

Numa pequena parcela da superfície da Terra podemos desprezar a curvatura do nosso planeta, considerando-o localmente plano. É a *aproximação* plano-paralela, assumindo-se que a nossa atmosfera se assemelha a uma placa plano-paralela de ar.

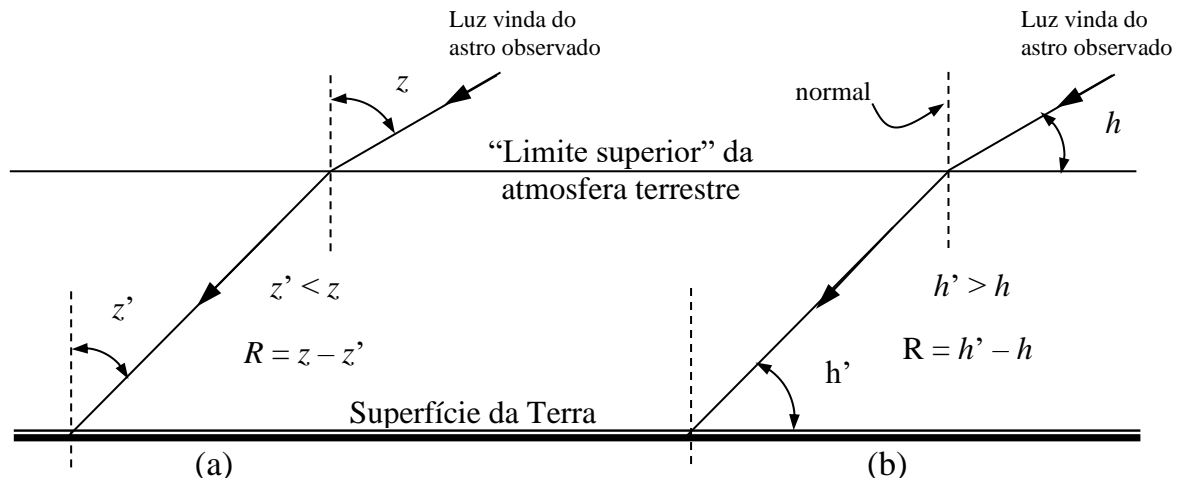


Fig. 2- Representação muito simplificada da atmosfera terrestre, considerada como uma única camada homogénea. O limite superior é difuso e só está representado por conveniência ilustrativa. Adiante refinaremos este modelo. Em (a) mostra-se o conceito de refração atmosférica em função das distâncias zenitais z e z' de um astro. Em (b) ilustra-se o conceito de refração atmosférica em função das alturas h e h' do mesmo astro. As linhas tracejadas são designadas em óptica como *normais*, ou seja, perpendiculares a cada ponto de incidência da luz. O desvio dos raios luminosos foi muito exagerado, para o tornar perceptível. Figura do autor (2021).

4. Cálculo da refração astronómica

Passemos agora a uma representação mais realista, de acordo com a Fig. 3. Consideraremos agora, como foi referido, a atmosfera constituída por N camadas de índices de refração cada vez maiores, à medida que nos aproximamos da superfície da Terra. Sendo o índice de refração de cada camada apenas ligeiramente maior que o da camada que lhe fica imediatamente acima, e para um número arbitrariamente grande de camadas, tudo se passa como se estivéssemos a considerar uma transição *gradual* do índice de refração. Manteremos, ainda a aproximação plano-paralela, mas já tendo em conta a não homogeneidade da atmosfera.

Começemos pela passagem da luz, vinda do astro, do espaço para a primeira “camada” atmosférica, a mais alta, com índice de refração n_1 . Quando a luz do astro passa do vácuo para a “primeira camada” atmosférica, designando o índice de refração do vácuo por $n_0 = 1,000\ 000$ e a distância zenital verdadeira (ou seja, não afectada pela refração atmosférica) por z , a lei de Snell Descartes permite escrever, para este “primeiro dioptro”:

$n_0 \sin i_0 = n_1 \sin i_1$, e como $i_0 = z$, como se vê na Fig. 3, teremos

$$n_0 \sin z = n_1 \sin i_1 . \quad \text{[Equação 1]}$$

Na passagem da luz da primeira para a segunda camada, segundo a lei de Snell-Descartes,

$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$; da segunda para a terceira camada,

$$n_2 \sin i_2 = n_3 \sin i_3 .$$

... ..

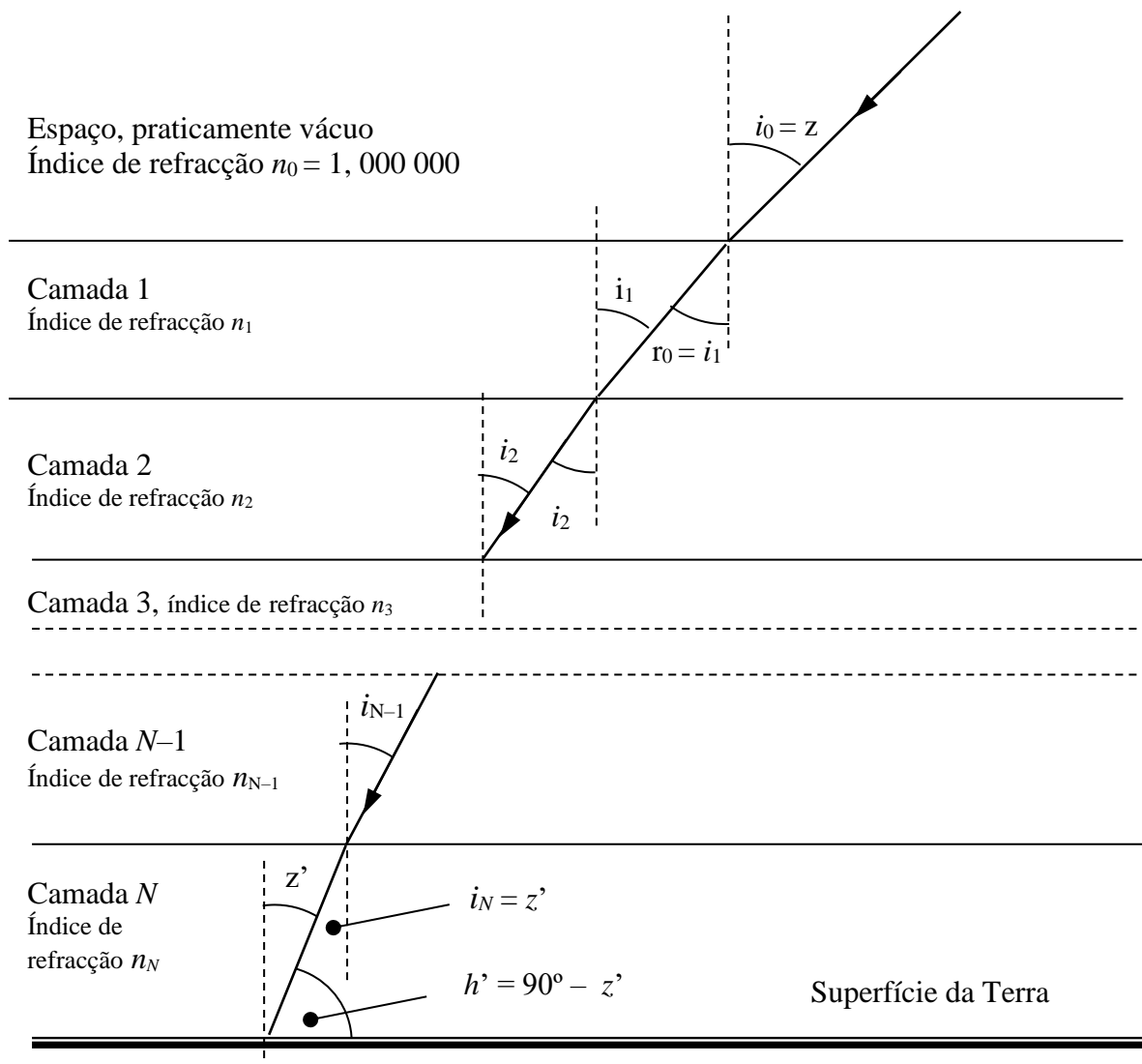


Fig. 3 - Representação da atmosfera da Terra como uma sucessão de N camadas, de índice de refração crescente de cima para baixo: $n_1 < n_2 < n_3 \dots < n_{N-1} < n_N$. Como já foi referido, $n_0 = 1$ (exactamente) e menor do que n_1 . A figura ilustra a marcha de um raio luminoso, através das sucessivas camadas de ar, tendo-se exagerado — para maior clareza — o desvio dos raios luminosos. Considerando um número elevado de camadas finas, o trajecto dos raios luminosos já não será uma linha quebrada, como esta figura sugere, mas sim uma linha levemente encurvada (Fig. 4), que se encurva mais intensamente nas baixas camadas atmosféricas, onde o índice de refração é localmente maior. Figura do autor (2021).

Finalmente, entre a penúltima e a última camada,

$$n_{N-1} \sin i_{N-1} = n_N \sin i_N, \text{ ou seja,}$$

$$n_{N-1} \sin i_{N-1} = n \sin z', \quad [\text{Equação 2}]$$

designando agora por n o índice de refração do ar junto à superfície da Terra e por z' a distância zenital *observada* do astro. Note-se que, nesta sequência de equações, o produto genérico $n_x \sin i_x$ é sempre constante [v. Nota final 4]. Portanto o primeiro membro da equação 1 é igual ao segundo membro da equação 2. Adiante tiraremos partido desta igualdade.

Pela definição de refração astronómica,

$$R = z - z' \text{ (sendo } z > z'), \text{ e logo } z = R + z'$$

$$\sin z = \sin (R + z') = \sin R \cos z' + \sin z' \cos R.$$

Como R é um ângulo muito pequeno, é legítima a aproximação $\sin R \approx R$ (com R expresso em radianos), e também $\cos R \approx 1$. Consequentemente,

$\sin z = R \cos z' + \sin z'$, o que, dividindo por $\sin z'$, nos permite obter

$$\frac{\sin z}{\sin z'} = \frac{R}{\tan z'} + 1 \quad \text{[Equação 3]}$$

Igualando o primeiro membro da equação 1 com o segundo membro da equação 2, e considerando que $n_0 = n_{\text{v\u00e1cuo}}$ vale exactamente 1, podemos escrever

$$n_0 \sin z = n \sin z', \text{ ou seja,}$$

$$\frac{\sin z}{\sin z'} = \frac{n}{n_0},$$

o que, pelas razões já expressas no início deste artigo ($n_0 = 1$, exactamente) e pelo facto de ser $n = n_N = n_{\text{ar}}$, referente à camada atmosférica mais baixa, isto é, ao ar que respiramos), pode escrever-se como

$$\frac{\sin z}{\sin z'} = n_{\text{ar}} \quad \text{[Equação 4]}$$

Igualando os segundos membros das equações 3 e 4, podemos escrever

$$n_{\text{ar}} = \frac{R}{\tan z'} + 1, \text{ ou seja,}$$

$R = (n_{\text{ar}} - 1) \tan z'$, onde o factor $(n_{\text{ar}} - 1)$ é usualmente chamado *refractividade do ar*. Designando $(n_{\text{ar}} - 1)$ pelo símbolo K , como é usual, teremos

$$R = K \tan z' \quad \text{[Equação 5]}$$

Sucede que n_{ar} depende de vários factores:

1. Da temperatura e pressão do ar; adiante veremos uma expressão da função que relaciona n_{ar} com a pressão, P , e com a temperatura Celsius, θ ;
2. Do comprimento de onda da luz considerada para o cálculo (em geral considera-se a luz amarela da risca D do s\u00f3dio de $\lambda = 589,3$ nm. Para a luz de comprimentos de onda maiores, n_{ar}

será ligeiramente menor; para comprimentos de onda menores do que os 589,3 nm, n_{ar} será um pouco maior do que para 589,3 nm (**v. Nota final 4**). Excepto no caso do vácuo, a velocidade de propagação da luz depende do comprimento de onda desta, ou seja, depende da cor, que é percepção visual do comprimento de onda. Por exemplo, a luz violeta propaga-se no ar com menor velocidade do que a luz vermelha. Como já foi referido, neste artigo vamos concentrar-nos na refração astronómica para uma só cor. Adoptaremos a luz de comprimento de onda 575 nm, correspondente à percepção da cor amarela-esverdeada.

Para $\lambda = 575$ nm, nas condições em que a pressão do ar seja 101 325 Pa (1000 mbar) e a temperatura $\theta = 0$ °C, $n_{\text{ar}} = 1,000\ 292\ 55$, pelo que $K = n_{\text{ar}} - 1$ valerá 0,000 29255. Não esqueçamos que o R acima referido, designando a refração atmosférica, está expresso em radianos (rad). Como um radiano vale 206 265 segundos de arco (206 265"), a anterior equação

$R = K \tan z' = 0,000\ 292\ 55 \tan z'$ (com R em radianos), passa a escrever-se (**com R expresso em segundos de arco**), na forma

$$R = 0,000\ 292\ 55 \times 206\ 265 \tan z' \Leftrightarrow R = 60,34'' \tan z' . \quad [\text{Equação 6}] \text{ (v. Nota final 5)}$$

Por exemplo para um astro cuja altura observada seja 40°, correspondente a uma distância zenital *aparente* $z' = 90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$, a refração atmosférica vale

$$R_{50} = 60,34'' \tan 50^\circ = 60,34 \times 1,1918 = 71,91'' = 1' 11,91'' = 0,0200^\circ$$

Por outras palavras, um astro que apresenta a altura *aparente* de 40° apresentaria a altura $40^\circ - R = 40^\circ - 0,0200 = 39,98^\circ$ se não houvesse refração astronómica. Portanto, a refração astronómica aumenta a altura aparente dos astros, ou, se nos quisermos expressar de outra forma, reduz a sua distância zenital (aproxima os astros do zénite). Os astros, tal como os observamos num dado instante, estariam mais baixos em relação ao horizonte se a atmosfera terrestre não existisse.

O efeito da refração astronómica cresce consideravelmente do zénite para as proximidades do horizonte. Depende também da altitude do local de observação. Em geral, os cálculos referem-se à situação de um observador ao nível do mar.

Convém referir que a já mencionada equação $R = K \tan z'$ pode ser escrita em função da altura do astro, como

$$R = \frac{K}{\tan h'}$$

dado que, por ser $h' + z' = 90^\circ$, $\tan z' = 1/\tan h'$. O leitor utilizará a forma que preferir.

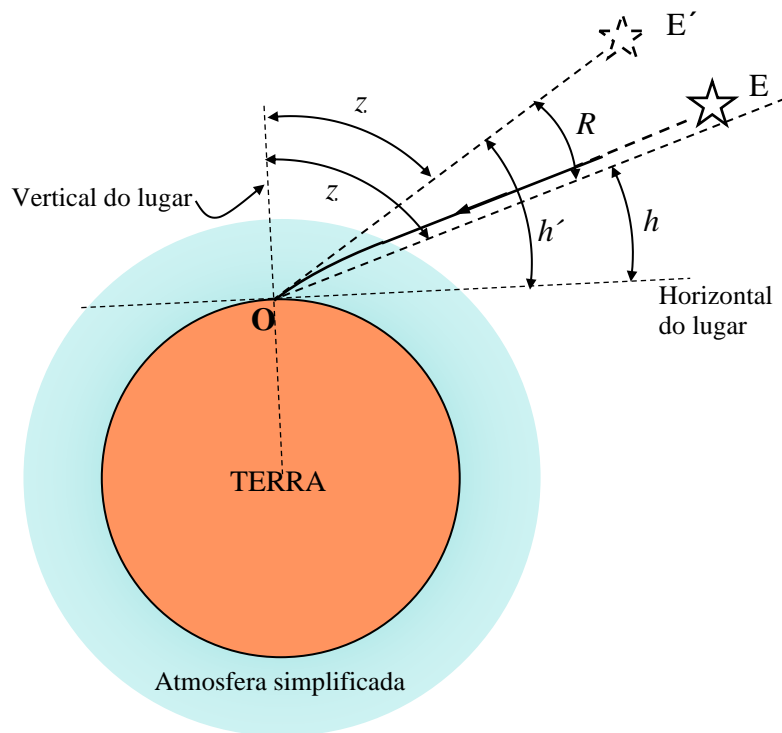


Fig. 4 - Representação do trajecto curvilíneo da luz vinda de uma estrela na posição verdadeira E, altura verdadeira h , distância zenital verdadeira z . Devido à curvatura dos raios luminosos, a estrela é vista na direcção tangente à da sua chegada ao observador O, como se a mesma estrela estivesse em E', apresentando a altura aparente h' e a distância zenital aparente z' . A refração e a espessura da atmosfera foram muito exageradas, para maior clareza. As distância da terra à estrela E não foi obviamente representada à escala. Figura do autor, Guilherme de Almeida (2021).

5. Variação de K com a pressão e temperatura do ar

De acordo com o *Astronomical Almanac*, a dependência de K com a pressão do ar, P , e com a sua temperatura, θ , pode ser representada aproximadamente pela função

$$K = 16,7'' \frac{P}{273 + \theta}, \text{ com } p \text{ em milibares e } \theta \text{ em graus Celsius.}$$

[considera-se aqui, como padrão, $n_{\text{ar}} = 1,0003$ a $\theta = 0^\circ\text{C}$ e $p = 1013,25$ mbar]

Querendo introduzir directamente a pressão em pascal, e atendendo a que $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa}$, podemos usar a seguinte expressão adaptada:

$$K = 16,7'' \frac{0,01 P}{273 + \theta}$$

Note-se que a dependência de K com P e θ não é muito acentuada. Se para $100\,000 \text{ Pa}$ e 0°C se tem $K = 61,17''$, para a situação mais realista de $P = 101\,000 \text{ Pa}$ e $\theta = 10^\circ\text{C}$, o valor de K passa a ser $59,60''$ ($1' = 60''$). De uma forma geral, n_{ar} cresce com a densidade do ar, ou seja, aumenta quando temperatura diminui e quando a pressão aumenta.

A análise da anterior expressão $R = K \tan z'$ permite extrair algumas conclusões interessantes:

1. Para um astro no zénite, $R = 0$, pois $\tan 0^\circ = 0$.
2. À medida que os astros se afastam do zénite, ou seja para o caso de astros a menores alturas, o valor de $\tan z'$ cresce, pelo que R também cresce. O valor de R cresce lentamente desde o zénite até cerca de 45° , onde alcança cerca de um minuto de arco. Para alturas ainda menores este crescimento intensifica-se.
3. A equação que deduzimos não é válida perto do horizonte, pois não levámos em conta a curvatura da atmosfera. Em particular para o horizonte (altura aparente nula, distância zenital de 90°), ter-se-ia, no limite, R assumindo um valor infinito, o que se revelaria um disparate, obviamente. Mas, ainda assim, esta fórmula dá bons resultados até cerca de 20° de altura. Por exemplo, para $h' = 20^\circ$ ($z' = 70^\circ$), com $K = 60''$, obtemos

$$R_{70} = 60'' \tan 70^\circ = 60 \times 2,747 = 164,85'' = 2,747',$$

o que, comparado com os $2,6'$ das tabelas clássicas, representa um desvio de apenas $0,147'$. Isto corresponde a um *erro relativo* de $(2,747 - 2,6)/2,6 = 0,0567$, ou seja, $5,67\%$ em relação às tabelas tradicionalmente aceites. As previsões ainda são muito aceitáveis para 15° de altura. Adiante faremos uma comparação mais completa, para melhor validação deste método de cálculo.

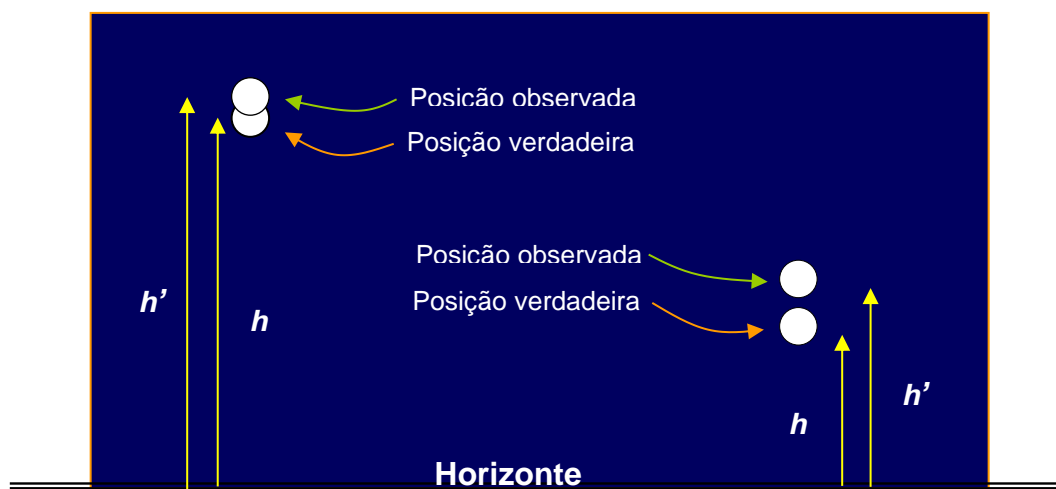


Fig. 5- Representação da refração astronómica, altura aparente (h') e altura verdadeira (h), para duas alturas diferentes. A representação da refração astronómica foi muito exagerada, para maior clareza. Note-se que, para astros mais baixos, o efeito é muito mais acentuado. Figura do autor (2021).

6. Nascimento e ocaso de astros

Para um astro muito baixo, ou a rasar o horizonte, o cálculo é muito mais complicado e dá uma refração de cerca de $34' = 0,57^\circ$. No entanto para as alturas muito baixas, apresentam-se factores imprevisíveis (humidade relativa, regime meteorológico, teor de dióxido de carbono, etc.) que aumentam a incerteza dos resultados.

Como o diâmetro aparente do Sol e da Lua é de cerca de $30'$, podemos concluir que quando se vê o centro de um destes astros no horizonte nascente, desimpedido de relevos, o astro,

geometricamente ainda não nasceu; não seria visível se não houvesse atmosfera. No caso do horizonte poente, também desimpedido de relevos, o astro já está geometricamente a abaixo do horizonte (já se pôs, falando geometricamente) e só o vemos com a ajuda da refração atmosférica.

Quando o Sol, ou a Lua estão a pouca altura, o seu bordo inferior está evidentemente mais baixo do que o bordo superior, pelo que o bordo inferior será mais elevado, pela refração, do que o bordo superior. Assim sendo, o diâmetro aparente vertical destes astros apresenta-se um pouco comprimido: como resultado o Sol, e a Lua, perto do horizonte, parecem achatados, pois o seu diâmetro horizontal não é afectado pela refração, afectando esta apenas o seu diâmetro vertical, que fica reduzido.

A refração atmosférica aumenta a duração da percepção do Sol acima do horizonte. Por outras palavras, aumenta a duração do tempo diário de luz solar.

7. Conclusão e comparação com valores tabelados

Com este artigo procurei dar a conhecer um processo relativamente simples para calcular a refração astronómica, mostrando os passos do cálculo e a sua razão de ser.

Como já foi referido, o método de cálculo aqui apresentado só é válido para astros em posições não muito próximas do horizonte, digamos para alturas acima dos 20° (distâncias zenitais menores do que 70°). Mas os resultados ainda são bastante aproximados para 10° de altura.

Para que se possa avaliar a validade do cálculo atrás apresentado, nas condições em que o mesmo é aplicável, justifica-se comparar as previsões obtidas com as que são indicadas em tabelas já consagradas, obtidas com recursos a modelos matemáticos muito mais elaborados e complexos. O Quadro 1 mostra valores de R calculados com base no método preconizado neste artigo. Adiante veremos, para comparação (Quadro 2), os valores geralmente aceites, obtidos nas tabelas já consagradas.

Quadro 1 —Valores da refração astronómica R para diferentes alturas e distâncias zenitais

Altura aparente (h')	90°	60°	45°	30°	20°	15°	10°	5°	3°
Distância zenital (z')	0°	30°	45°	60°	70°	75°	80°	85°	87°
Refração R (em ')	0,00	0,58	1,00	1,73	2,75	3,73	5,57	11,43	19,08

No Quadro acima, a segunda linha refere-se à distância zenital *aparente*. Os valores de R foram arredondados a duas decimais, considerando a refractividade $K = 60''$. Comparem-se estes valores com os do Quadro seguinte. O acordo entre os valores de R é muito bom para alturas até cerca 20° de altura e é ainda muito aceitável para alturas acima de 10°. Mesmo a 5° de altura, o erro relativo ainda anda próximo dos 15%. Para menores alturas, a divergência acentua-se, como se esperava.

Quadro 2 — Ângulos de refração astronómica, para um observador ao nível do mar, em função as alturas aparentes dos astros, considerando uma atmosfera padrão (0 °C, 1013 mbar)

Altura h' observada graus minutos de arco	Refracção (mi- nutos de arco)	Altura h' observada (em graus)	Refracção (em minutos de arco)
0 00	34.5	11	4.9
15	31.4	12	4.5
30	28.7	13	4.1
45	26.4	14	3.8
1 00	24.3	15	3.6
15	22.5	16	3.3
30	20.9	17	3.1
45	19.5	18	2.9
2 00	18.3	19	2.8
15	17.2	20	2.6
30	16.1	25	2.1
45	15.2	30	1.7
3 00	14.4	35	1.4
4 30	10.7	50	0.8
5	9.9	55	0.7
6	8.5	60	0.6
7	7.4	65	0.5
8	6.6	70	0.4
9	5.9	80	0.2
10	5.3	90	0.0

Adaptado de *Astronomical Refraction*, de Michael E. Thomas & Richard I. Joseph, JOHNS HOPKINS APL TECHNICAL DIGEST, VOLUME 17, NUMBER 3 (1996), p. 282. O rectângulo azul delimita aproximadamente o campo de validade dos cálculos propostos neste artigo.

Notas

1- Um meio óptico de maior índice de refração do que outro diz-se “ópticamente mais denso”, ou “mais refrangente”. Num meio mais refrangente do que outro, a velocidade da luz é menor (considerando luz da mesma frequência). Se uma dada luz tem, no vácuo, o comprimento de onda λ_0 , num meio óptico de índice de refração n , esse comprimento de onda será λ_0/n , mantendo-se constante a frequência.

2- Neste caso fala-se em dioptros planos. De uma forma geral, os dioptros têm nomes correspondentes à natureza das suas superfícies. Por exemplo, nas lentes, os dioptros são geralmente esféricos, mas em casos especiais poderão ser de outras formas, ditas asféricas (parabolóides, hiperbolóides, elipsóides).

3- Por definição, a distância zenital de um astro é o ângulo entre esse astro e o zénite. A distância zenital verdadeira pressupõe e ausência de refração. A distância zenital aparente é a que o observador observa, já afectada pela refração astronómica. A altura é a distância angular do astro ao horizonte desimpedido de obstáculos. Para mais informação, veja-se *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, de Máximo ferreira e Guilherme de Almeida, 7.ª edição, Plátano Editora, Lisboa, 2004, <https://www.platanoeditora.pt/?q=C/BOOKSSHOW/16>

4- Para a luz de outros comprimentos de onda veja-se o Quadro 2 “Índice de refração do ar em função do comprimento de onda da luz”, inserido neste artigo. Na verdade, o índice de refração do ar pouco difere do do vácuo e é muito próximo de 1; só na quarta casa decimal é que aparece um algarismo diferente de zero (por exemplo em $n_{\text{ar}} = 1,000\ 294\ 1$, para $\lambda = 500\ \text{nm}$), e as camadas atmosféricas altas têm índices de refração ainda menores, ainda mais próximos da unidade, o que pode criar a tentação de considerar o valor 1 e arrumar o assunto. No entanto a grande espessura da atmosfera, apesar o seu baixo índice de refração, acaba por produzir efeitos refractivos significativos.

No estudo de sistemas ópticos imersos no ar, onde as espessuras de ar são relativamente pequenas, aí já se pode tomar, e toma mesmo, o índice de refração do ar como se fosse igual à unidade.

5- Para a luz do comprimento de onda correspondente à máxima sensibilidade do olho humano ($\lambda = 555\ \text{nm}$), o valor de K , expresso em segundos de arco, é $60,68''$. Valor referido à temperatura de $0\ ^\circ\text{C}$ e pressão $1013,25\ \text{mar}$ ($101325\ \text{Pa}$). Para o mesmo $\lambda = 555\ \text{nm}$, a $15\ ^\circ\text{C}$ e $101325\ \text{Pa}$, K vale $60,64''$ ($n_{\text{ar}} = 1,0002940$).

Informação suplementar

Astronomical Refraction, de Michael E. Thomas & Richard I. Joseph, JOHNS HOPKINS APL TECHNICAL DIGEST, VOLUME 17, NUMBER 3 (1996):

<https://www.jhuapl.edu/Content/techdigest/pdf/V17-N03/17-03-Thomas.pdf>

https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_refraction

<http://wise-obs.tau.ac.il/~eran/Wise/Util/Refraction.html> (calculador da refração astronómica)

<https://saplimoges.fr/tag/refraction-atmospherique/?print=print-search> (achatamento aparente do Sol junto ao horizonte, devido à refração atmosférica diferencial).

<http://jgiesen.de/refract/index.html>

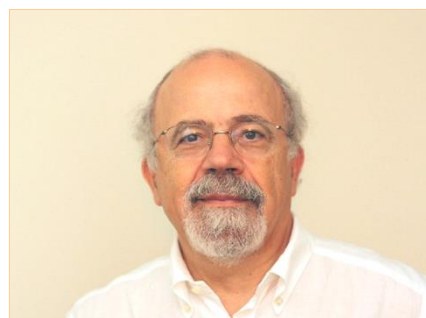
<http://www.asterism.org/tutorials/tut28-1.htm>

<https://sites.google.com/site/miragesetrefraction/2---refraction-astronomique>

<https://sites.google.com/site/miragesetrefraction/2---refraction-astronomique>

<http://mathscinotes.com/wp-content/uploads/2013/08/ReferenceOnIndexVariation.pdf>

Como calcular a refração astronómica diferencial policromática



Guilherme de Almeida

<https://galmeida50.wixsite.com/artigosediversos>

Num artigo anterior, calculámos a refração astronómica, determinando a medida do desvio na direcção dos raios luminosos nos chegam dos astros. Verificámos que esse desvio, que se intensifica junto ao horizonte, faz com que os astros aparentem encontrar-se a maiores alturas do que as que realmente apresentam. Neste artigo consideraremos simultaneamente a luz de várias cores deduzindo uma expressão simples que nos permitirá calcular a dispersão cromática vertical desse desvio, conhecida como refração diferencial policromática.

1. Refração astronómica policromática

No artigo anterior (“Como calcular a refração astronómica”), abordei a refração astronómica para um só comprimento de onda, tendo em vista a elevação aparente de um astro. Considerei, na equação $R = K \tan z'$ (ver artigo anterior), um valor único para $K = n_{ar} - 1$, assumindo para o cálculo de K apenas a temperatura do ar e a pressão atmosférica ao nível do local de observação. Porém, para um dado valor da pressão e temperatura do ar, o valor de n_{ar} depende da cor da luz. Portanto, a refractividade do ar (K) depende do comprimento de onda da luz considerada. Na verdade, a velocidade de propagação da luz no ar e nos meios materiais (vidro, água, etc.) *depende* da cor da luz, assumindo menores velocidades para a luz de comprimentos de onda menores (no vácuo a velocidade da luz tem o mesmo valor c para todas as cores). A percepção da cor depende por vezes do observador, pois determinados tons podem ser considerados, por exemplo, “verde,” para um observador e “azuis” para outro”. No entanto, num razoável consenso, a percepção de cor pode ser considerada em conformidade com o quadro seguinte.

Quadro 1 — Comprimento de onda da luz e percepção visual de cor

Cor	violeta	azul	verde	amarelo	laranja	vermelho
λ / nm	≈ 380 a 435	435 a 490	490 a 570	570 a 595	595 a 605	605 a ≈ 750

O índice de refração do ar depende do comprimento de onda (λ) da luz, ou seja, depende da cor dessa luz. Considerando o valor $K = n_{ar} - 1$ e a equação $R = K \tan z'$, pode ver-se, a partir

dos dados do quadro seguinte, que n_{ar} varia com λ . Portanto, K varia com a cor da luz. A tal ponto que K para a cor violeta é maior do que para a cor azul; e cada vez menor até ao vermelho.

Quadro 2 — Índice de refração do ar em função do comprimento de onda da luz

λ	400 nm	500 nm	600 nm	700 nm
Índice de refração	1,000 298 2	1,000 294 1	1,000 292 0	1,000 290 7

Veja-se que, arredondando a cinco algarismos significativos, o índice de refração do ar mantém o valor 1,0003 em todo o espectro visível.

É claro que não há estrelas monocromáticas. Uma estrela emite simultaneamente luz em várias cores, num espectro geralmente mais amplo do que o da luz visível. Tendo em conta a dependência de K com a cor da luz ($K = n - 1$), e voltando a olhar para a equação 5, agora escrita — por comodidade — na forma relacionada com h' ,

$$R = \frac{K}{\tan h'}$$

podemos ver que o valor de K varia com a cor da luz. De facto, K será *maior* para a luz violeta, e sucessivamente menor para a luz das cores azul, verde, amarela, laranja e vermelha (por esta ordem). Como a refração R é proporcional a K , como a equação anterior evidencia, R decresce do violeta para o vermelho. A altura aparente da estrela (h') será por isso mais afectada para maiores valores de R . A elevação aparente da estrela, provocada pela refração astronómica, será máxima para a luz violeta, conduzindo a valores de h' gradualmente menores da luz violeta para a luz vermelha. Por esse motivo, a mesma estrela apresentará uma altura aparente maior para a luz violeta e progressivamente menor para as outras cores, ficando a imagem vermelha mais baixa do que todas as outras (Fig. 6). Esta dispersão cromática vertical é consequência da desigualdade do índice de refração do ar relativamente às diversas cores.

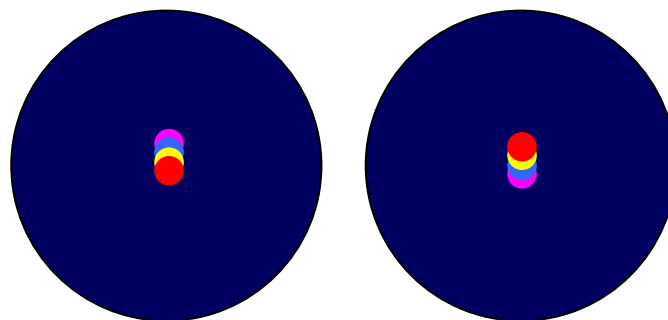


Fig. 1 - Representação muito exagerada da refração astronómica policromática, para 4 cores, na observação de uma estrela através de um telescópio com grande amplificação (os anéis de difracção não foram representados). À esquerda, na posição de imagem direita ou vista através de um telescópio com espelho diagonal. À direita, tal como se vê através de um telescópio que dê imagem invertida. Este efeito acentua-se à medida que a altura do astro diminui. Como os planetas reflectem luz solar de várias cores, este efeito é também prejudicial na observação telescópica dos planetas a baixas alturas, reduzindo a nitidez e o contraste. Figura do autor (2021).

É claro que esta separação cromática é pequena, mas acentua-se à medida que a altura do astro diminui. Só se nota a pequenas alturas, sobretudo abaixo dos 25° e em observações telescópicas. Torna-se intolerável nas grandes amplificações instrumentais e em alturas

inferiores a 15°. E é prejudicial na observação crítica de pequenos pormenores nos planetas. Na secção seguinte quantificaremos esta separação cromática vertical.

2. Cálculo da refração diferencial policromática

Indicado o método de cálculo da refração astronómica para a luz de um dado comprimento de onda (Equação 5 e Quadro 2), é interessante calcular a *diferença* das refrações astronómicas para a luz de dois comprimentos de onda pré-determinados. Por outras palavras, qual será o ângulo aparente (sem amplificação do telescópio) entre as imagens da mesma estrela, ou do mesmo planeta, correspondentes a dois comprimentos de onda dados?

As Equações 1 e 2 são a chave da solução. Retomemos as equações 1 e 2 do artigo anterior:

$$n_0 \sin z = n_1 \sin i_1 . \quad \text{[Equação 1]}$$

$$n_{N-1} \sin i_{N-1} = n \sin z' , \quad \text{[Equação 2]}$$

Como já foi justificado, o primeiro membro da equação 1 é igual ao segundo membro da equação 2:

$$n_0 \sin z = n \sin z' . \quad \text{[Equação 7]}$$

Consideremos uma estrela cuja distância zenital *verdadeira* é z , num dado local e num determinado momento de observação. Sejam dados dois comprimentos de onda, λ_A e λ_B , para os quais o ar, nas condições de observação e próximo da superfície da Terra (onde o seu efeito refractivo é maior), apresenta os índices de refração n_A e n_B , respectivamente. Podemos escrever a Equação 7, separadamente, para a luz de comprimentos de onda λ_A e λ_B :

$$n_0 \sin z = n_A \sin z'_A \Rightarrow \sin z'_A = \frac{n_0 \sin z}{n_A} \Rightarrow$$

$$n_0 \sin z = n_B \sin z'_B \Rightarrow \sin z'_B = \frac{n_0 \sin z}{n_B} \Rightarrow$$

Naturalmente, dado que o índice de refração do vazio é igual para a luz de todos os comprimentos de onda, a distância zenital verdadeira de um astro não muda com a cor, ou seja, $z_A = z_B = z$. A separação angular entre as imagens da mesma estrela, para a luz dos comprimentos de onda λ_A e λ_B , é dada para diferença, $\Delta z'$, entre as respectivas distâncias zenitais *aparentes*: $\Delta z' = z'_B - z'_A$. Se $\lambda_A < \lambda_B$, então $n_A > n_B$ (como se pode ver no quadro 2) e consequentemente $z'_B > z'_A$.

Concretizemos para uma estrela de altura verdadeira $h = 20^\circ$, ou seja, distância zenital verdadeira $z = 70^\circ$, considerando a luz de $\lambda_A = 400$ nm e de $\lambda_B = 700$ nm (violeta e vermelho, respectivamente). Colhendo dados do Quadro 2., poderemos então escrever

$$\sin z'_A = \frac{1 \times \sin 70^\circ}{1,0002982} \Rightarrow z'_A = 69,953124^\circ$$

$$\sin z'_B = \frac{1 \times \sin 70^\circ}{1,0002907} \Rightarrow z'_B = 69,954302^\circ$$

$$\Delta z' = z'_B - z'_A = 69,953124^\circ - 69,954302^\circ = 0,001178^\circ = 0,07068' = 4,2408'' \approx 4,2''.$$

Portanto, a imagem de uma estrela, ou de qualquer pequeno pormenor observado num planeta (para uma altura de 20°), estará, para as duas cores atrás referidas, separada verticalmente de um ângulo de pouco mais de 4 segundos de arco. Dado que o poder separador de um pequeno telescópio de 60 mm, de boa qualidade, é de $2,30''$ de acordo com o critério de Rayleigh ($1,93''$ no critério de Dawes), é óbvio que numa observação crítica este efeito é prejudicial à observação. E agrava-se com a amplificação instrumental utilizada.

Em instrumentos de maior abertura, capazes de resolver pormenores mais finos, o problema ainda se evidencia mais. Note-se que caso de astros a alturas ainda menores, a refração diferencial policromática será maior, mesmo que a observação se faça com a mesma amplificação.

Escolhi propositadamente um caso extremo, usando no cálculo dois comprimentos de onda muito diferentes e uma estrela a baixa altura aparente ($h'_A = 90^\circ - 69,953124 \approx 20,05^\circ$). Para a luz de comprimentos de onda mais próximos entre si (por exemplo 500 nm e 60 nm) a refração diferencial será menor. A separação cromática também é menor no caso de astros observados a maiores alturas, como se pode comprovar repetindo os mesmos cálculos para as alturas maiores (menores distâncias zenitais) pretendidas.

3. Conclusão

A refração diferencial policromática cresce com a diferença entre os comprimentos de onda considerados e com a distância zenital do astro. Devido a esta refração diferencial, há uma refração R para cada cor, como se representou (muito exageradamente) na Fig. 1.

Nas observações de astros a baixa altura, desaconselháveis, mas muitas vezes inevitáveis, a refração diferencial é muitas vezes mascarada pela turbulência. Porém, se a turbulência não for substancial, a refração diferencial é um factor incomodativo nas observações planetárias e lunares. Numa observação crítica, o observador nota que o bordo superior do astro (o mais próximo no zénite) apresenta uma irisação azul-violácea e o bordo mais baixo mostra irisação vermelha-alaranjada, quase como minúsculos arco-íris. O uso de maiores amplificações torna o efeito ainda mais visível. A grandes alturas, digamos acima dos 60° , o efeito é praticamente insignificante.

Para minimizar este inconveniente, algumas empresas comercializam prismas finos, montados em sistemas orientáveis, que se adaptam às oculares dos telescópios. Devidamente orientados, estes prismas provocam uma dispersão simétrica, ajustável, de modo a fundir numa só as várias imagens que a refração diferencial policromática tinha separado.

Com estes correctores melhora-se a nitidez das imagens lunares e planetárias, tanto na observação visual como no registo fotográfico. Estes acessórios são comercializados como correctores de dispersão atmosférica ou, em inglês, ADC (*Atmospheric Dispersion Corrector*). Três desses dispositivos vêm referidos nestes links:

<https://www.omegon.eu/adcs-active-optics/omegon-adc-atmospheric-dispersion-corrector/p,53049>

<https://www.astroshop.pt/adcs-e-otica-ativa/zwo-adc-atmospheric-dispersion-corrector-mark-ii/p,49646>

<https://www.altiraastro.com/altair-adc-atmospheric-dispersion-corrector-19-p.asp>

Informação suplementar

<https://aty.sdsu.edu/explain/optics/disp.html>

[variação do índice de refração do ar em função do comprimento de onda da luz, para $\theta = 0^\circ\text{C}$ e $P = 101325\text{ Pa}$ (pressão atmosférica normal)].

<https://refractiveindex.info/?shelf=other&book=air&page=Peck>

(Cálculo do índice de refração do ar em função do comprimento de onda da luz, para uma dada pressão e temperatura).

<https://www.skyatnightmagazine.com/astrophotography/atmospheric-dispersion-corrector/>

(Como utilizar um corrector de dispersão atmosférica).

<https://www.youtube.com/watch?v=ynz-u2hr1hE>

(vídeo demonstrativo do uso de um corrector de dispersão atmosférica, evidenciando as suas vantagens).

A PLEA FOR REFLECTORS

Pedro RÉ

<http://pedroastrophotography.com/>

In 1867 John Browning (c1833-1925)¹ published a trade catalogue entitled “*A Plea for Reflectors: Being a Description of the New Astronomical Telescopes with Silvered-Glass Specula; And Instructions for adjusting and Using Them*”. This catalogue had six editions that were published until 1876². Browning describes his range of reflecting telescopes, how to use them and compares these with achromatic refractors of comparable apertures. It also contains numerous details of its extensive range of glass silvered specula, eyepieces, micrometres, barometers, and microscopes (Figure 1).

The back of the booklet contains testimonials from satisfied customers, many of them distinguished amateurs and professionals. By publishing “*A Plea for Reflectors*”, J. Browning & Co. became one of the first to mass produce telescopes for the amateur (Figure 2).

The popularity of the Newtonian reflector as the instrument of choice for the amateur astronomer followed the pioneering work of George Henry With (1827-1904). With began making silvered-glass mirrors in the early 1860's following his retirement as schoolmaster at the Blue Coat School, Hereford. With did not actually make telescopes. His principal customer was John Browning, the London instrument maker well-known for his spectroscopes and telescopes. Browning's business flourished to circa 1905, possibly first starting at 1 Norfolk Street, Strand circa 1866. The firm had their 'factory' in Vine Street EC3 (1872-76) and Southampton Street north off the Strand (1877-82) and William Street (1887). The shop was at 111 Minories (near Tower Hill) working under the name Spencer, Browning and Co. However, during the early 1870's Browning moved to larger premises at 63 The Strand. John Browning's home was in Sevenoaks, Kent, but he retired to Chiselhurst³.

Browning had two commercial rivals in the field of large, silvered glass reflecting telescopes, mainly George Calver (1834-1927). Calver, born in Walpole near Yarmouth, was the son of a farm labourer. His first mirror was a 10-inch f/9 made in 1862. He transferred his business to Widford near Chelmsford in 1870 to get away from the noise and vibration of traffic that made it difficult to perform the delicate figuring and testing process. However, the Widford workshop was on a dusty main road, and he eventually moved back to his old village of Walpole in 1904⁴.

Calver's telescopes and mountings are broadly similar in design and construction to Browning's, but evolved into a somewhat sleeker and more elegant form by the early 1880's. The castings were made by a small firm, T. Lepard and Sons of Yarmouth, and the larger castings by the agricultural firm, Suffolk Iron Foundry near Stowmarket (Figure 3).

¹ John Browning was born in Welling, Kent around 1833. He became one of the leading scientific instrument makers of his time. He made instruments for the Royal Observatory at Greenwich and Kew Observatory. His trade Card pronounced that he was “Optical & Physical Instrument Maker to her Majesty's Government”.

² PDF available at:

https://books.google.pt/books/about/A_Plea_for_Reflectors.html?id=zf1wtAEACAAJ&redir_esc=y

³ <http://www.brayebrookobservatory.org/>

⁴ Calver followed Browning's example and issued a congruent trade publication, 'Hints on Silvered-Glass Reflecting Telescopes' which ran to six editions by 1897. PDF available at:

<https://www.gutenberg.org/files/53494/53494-h/53494-h.htm>

A PLEA FOR
REFLECTORS,
BEING A DESCRIPTION OF THE
NEW ASTRONOMICAL TELESCOPES
WITH
SILVERED-GLASS SPECULA;
AND
INSTRUCTIONS FOR ADJUSTING AND USING THEM.

BY
JOHN BROWNING,
F.R.A.S., F.M.S., & F.M.S.L.



SIR WILLIAM HERSCHEL,
From an original Seal in the possession of the late R. W. S. LUTWIDGE, Esq., F.R.A.S.

PRICE ONE SHILLING.

SIXTH EDITION.

LONDON:
JOHN BROWNING, 63, STRAND, AND SOUTHAMPTON STREET, W.C.
1876.

Figure 1- A Plea for Reflectors by J. Browning, sixth edition, 1876.

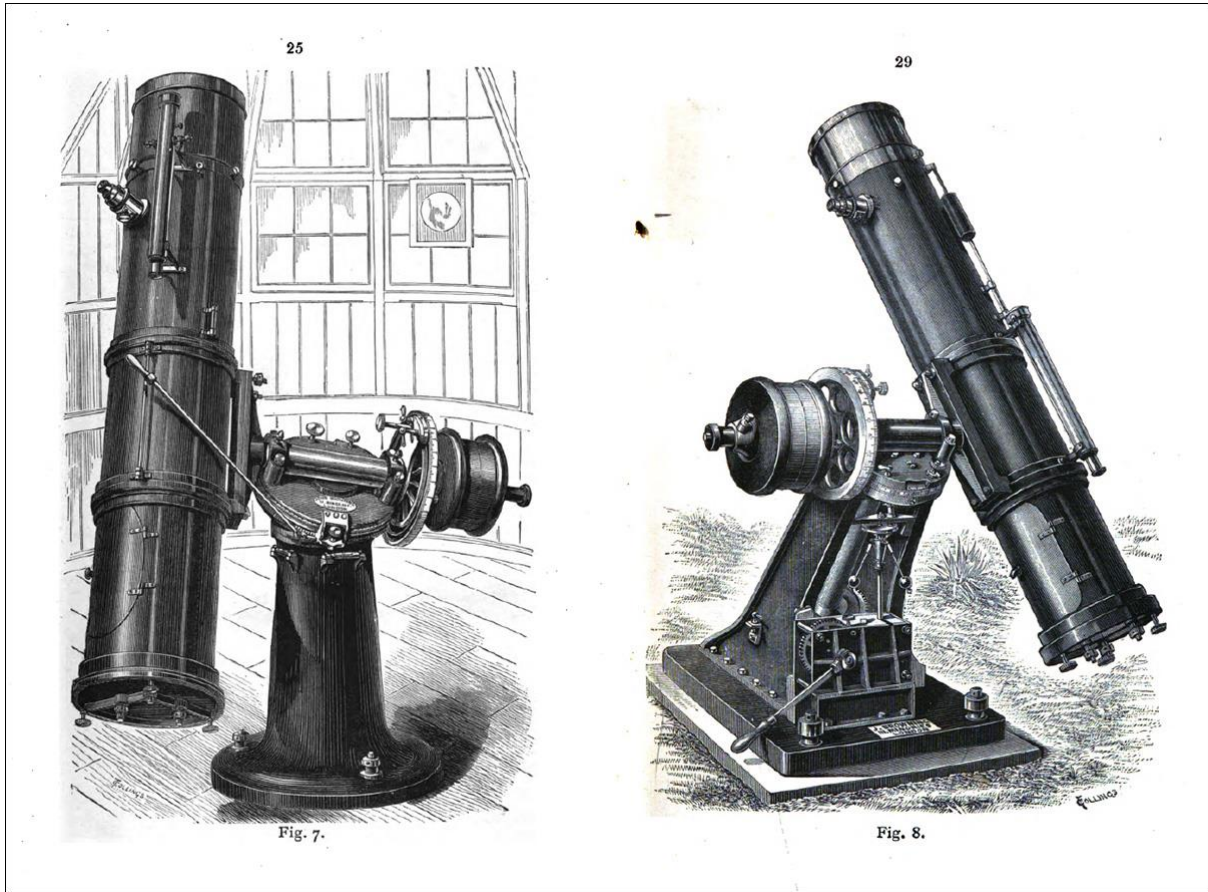


Figure 2- Reflector telescopes by John Browning.

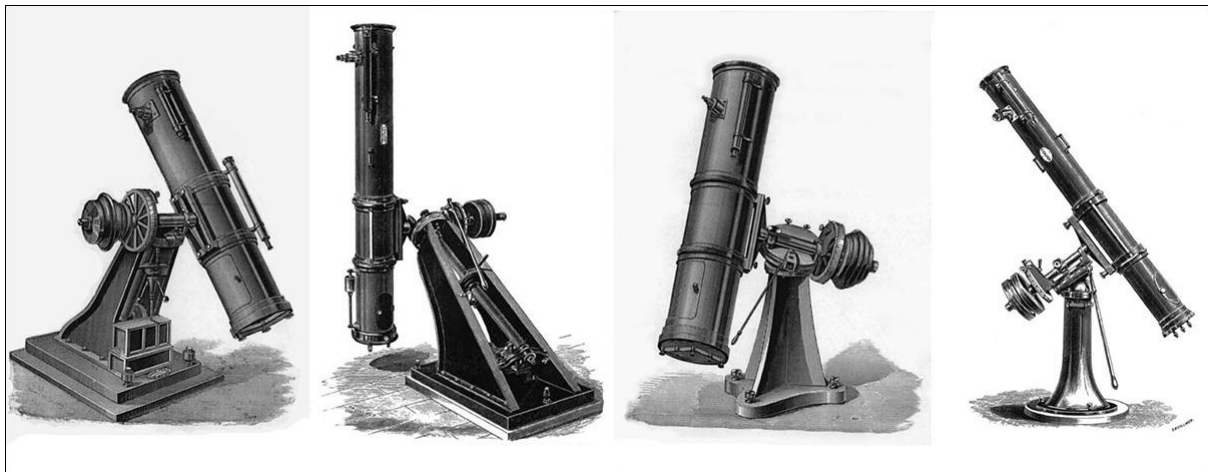


Figure 3- Reflector telescopes by George Carver.

Browning describes in his catalogue the Silvered Glass Reflecting Telescope:

These telescopes are of the kind called Newtonian, a form so well known, that it is, perhaps, scarcely necessary to describe it; but I append a plain diagram (Fig. 7) and brief description, because it will assist in making clearer the instructions I have given further on, of the method of adjusting the instrument. The Newtonian telescope consists of a tube closed at the lower end, which is occupied by a concave mirror M. The cone of rays reflected from this mirror is again reflected at right angles from the surface of a small plane mirror, m n mounted at an angle of 45° near the open end of the tube, into the eyepiece, which is exactly opposite. The path of the rays is shown in the diagram (Fig. 7) page 28.

In reflecting telescopes, as originally constructed, the concave mirror was made of an extremely hard alloy, known as speculum metal. These metallic mirrors possessed several disadvantages so serious in character, that they have, for some time, fallen out of general use. The principal defects were the following:

- 1. From the extreme brittleness of the alloy, they were very liable to fractures, sometimes breaking merely from a sudden change of temperature.*
- 2. From their great weight it was extremely difficult to mount them in such a way as to prevent flexure, the smallest amount of which greatly injured their optical performance*
- 3. Their greatest drawback, however, consisted in the fact that the surface of the metal, from damp or other causes, sometimes became very rapidly tarnished, and this tarnish could seldom be removed, except by repolishing, and, consequently, refiguring the mirror; and this involved nearly as great an outlay as the purchase of a new speculum, besides incurring the serious risk of a fine figure being irretrievably lost.*

In the telescope now described, the metallic mirror is replaced by one of glass, on the surface of which a coating of pure silver has been deposited by Liebig 's process. These glass mirrors are not at all injuriously affected by change of temperature, and their lightness very considerably reduces their liability to flexure.

The coating of pure silver reflects fully one third more light than the best speculum metal, as the alloy before mentioned is called. But the greatest superiority of silvered glass over metallic mirrors consists in the fact that, should they become tarnished, their brilliancy may readily be restored by gentle friction with soft leather, and a little of the finest rouge; and even should the silver coating become utterly spoiled, it may be easily removed, without in any way impairing either the figure or polish of the glass speculum, and a fresh one deposited at a trifling cost, thus making the mirror equal to new ; and this may be repeated indefinitely. Should the owner possess a little patience, he may renew the coating himself at the cost of only a few pence. The silvering process is fully described in an appendix.

Browning offered several telescopes in his catalogue: (i) Small Altazimuth; (ii) Educational Reflector; (iii) Large Altazimuth; (iv) Equatorial.

In 1874 Baron Miklos Konkoly Thege purchased for £180 a 10.25-inch equatorial reflector from J. Browning. He donated this instrument to Eugen Von Gothard to be used in his Hereny Astrophysical Observatory.

Eugene V. Gothard played an important role in European astronomy at the end of the nineteenth century. His pioneering astrophotographs were known worldwide. The scientific inheritance of Gothard is preserved by the Gothard Astrophysical Observatory at the Loránd Eötvös University. A valuable part of this material is the astronomical plate collection of 455 plates obtained from 1882 to 1900, containing unique images of comets, star clusters, nebulae, galaxies, and stellar spectra. Eugene

recorded the central star of the Ring Nebula, Messier 57, for the first time on September 1, 1886, and in doing so became the first amateur astrophotographer⁵.

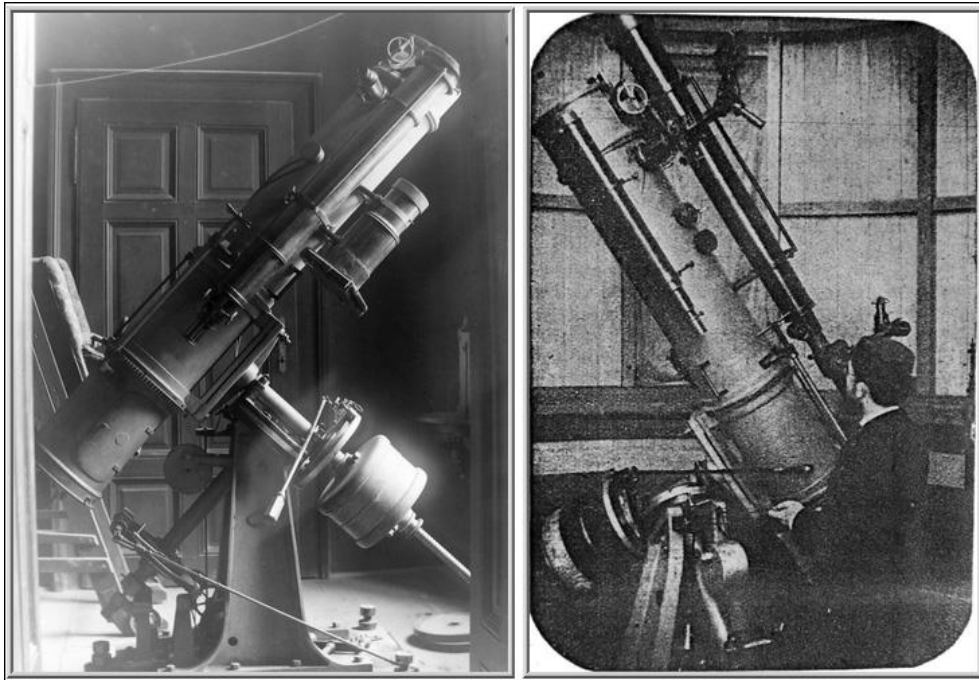


Figure 4- 254 mm Newton reflector, the main instrument of the Gothard's observatory.



Figure 5- Gothard's original plate recording the central star of the Ring Nebula (M57) for the first time in September 1, 1886.

⁵ Ré, P. (2020). Eugene Von Gothard (1857-1909) the first amateur astrophotographer. [PDF](#)

UNUSUAL TELESCOPES – III

CAPRI SOLAR OBSERVATORY

Pedro RÉ

<http://pedroastrophotography.com/>

The magazine *Sky and Telescope* published an interesting article on the solar observatory of Anacapri in its May 1966 issue. The solar observatory main instrument was a Domeless Coudé refractor built by Karl-Otto Kiepenheuer (1910-1975) in the mid-fifties (Figure 1 and 2). The Zeiss (Oberkochen, West Germany) super achromat had a 35 cm objective that could be pointed directly at the Sun. Two flat mirrors in the optical train provided a fixed solar image on an inclined optical bench with a Littrow spectrograph. The intent behind the absence of a dome and the careful thermal control of the entire system was the suppression of internal and near-by seeing. One of the most prominent accomplishments of this telescope was the detection of solar oscillation Eigenmodes by Franz-Ludwig Deubner in 1973. The site of the observatory, on a cliff only 250 m above the Mediterranean Sea level, was exceedingly pleasant and featured a beautiful telescope, but proved not to provide adequate weather and seeing conditions for high-resolution solar research. The telescope was therefore abandoned, and operations were moved to Tenerife in 1988.

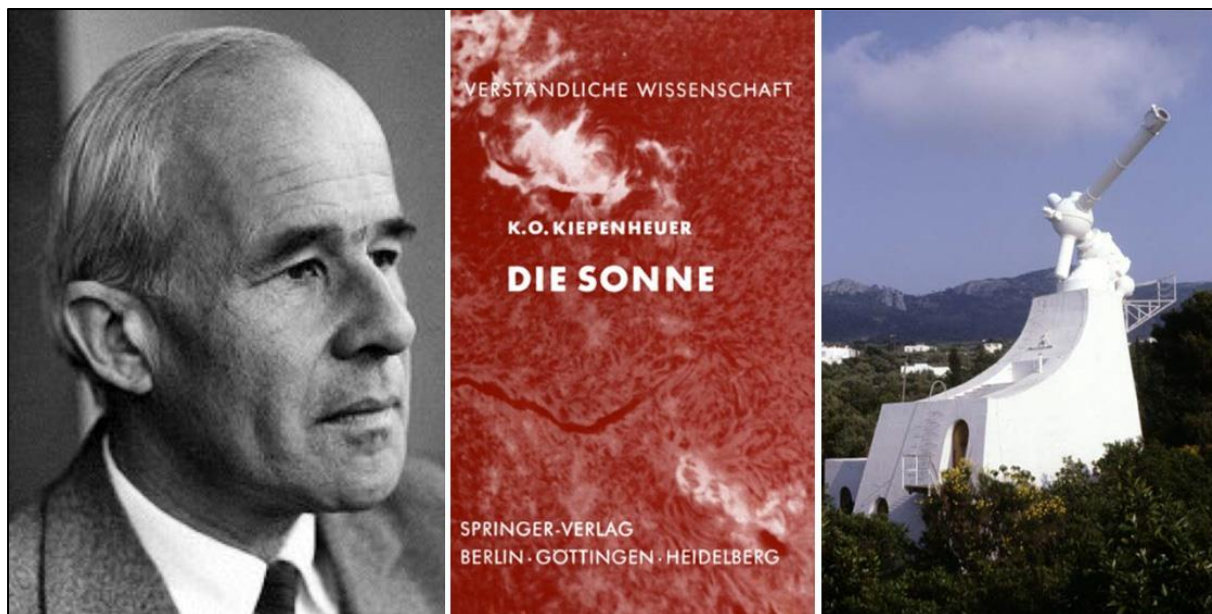


Figure 1- Karl-Otto Kiepenheuer (1910-1975), *Die Sonne*, Springer 1957, Domeless Capri Observatory.

K.O. Kiepenheuer began his studies of physics, astronomy, and mathematics in 1929 at the Berlin Institute of Technology and the University of Berlin. After visiting the Meudon observatory during one semester Kiepenheuer worked at the Göttingen Observatory where he tried to develop a method to measure the UV radiation of the Sun. Kiepenheuer established the Fraunhofer Institute near Freiburg in 1943 and served as the head of the institute until he passed away in 1975.



Figure 2- Sky and Telescope article, May 1966.



Figure 3- Capri Solar observatory today.

The solar observatory is located in the island of Capri and stands 250 m above sea level. A 11-meter tower carries the outer shield of the instrument and the refractor and its mounting are supported by an independent tower inside the building. The outer and inner telescope tubes are spaced by only a few centimetres. This telescope design was developed by Kiepenheuer and Bernard Lyot (1897-1952). The outer tube provides protection against the wind and weather and the inner tube carries the optics.

The main lens is a Zeiss type-F three lens apochromat with an aperture of 35 cm and a focal length of 4.45 m.

The Capri Domeless telescope is presently in poor conditions (Figure 3 and 4). An Italian consortium has plans to do a complete restoration of the solar telescope and the surrounding buildings (<http://www.baumgartner.it/>) (Figure 5 and 6).



Figure 4- Capri Solar observatory today.



Figure 5- Renovation plans – Capri Solar observatory.

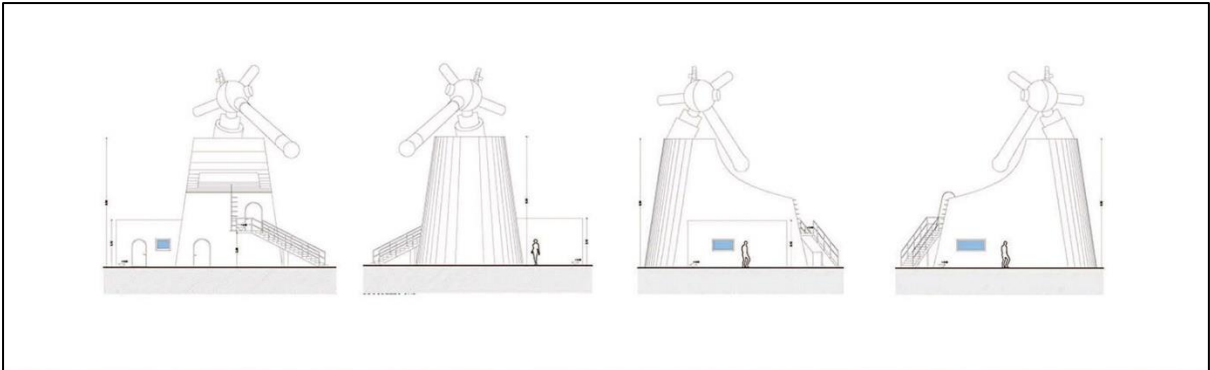


Figure 6- Renovation plans – Capri Solar observatory.

EINSTEINTURM SOLAR OBSERVATORY

Pedro RÉ

<http://pedroastrophotography.com/>

The Einstein Tower, designed by the Berlin architect Erich Mendelsohn (1857-1953) and built in the early 1920s, is an astrophysical observatory and a masterpiece of the history of modern architecture in Germany (Figure 1 and 2).



Figure 1 – Einstein Tower Solar Observatory.

The building was first conceived in 1917. It was built from 1919 to 1921 and became operational in 1924. It is still a working solar observatory today as part of the Leibniz Institute for Astrophysics of Potsdam. Light from the telescope is directed down through the shaft to the basement where the instruments and laboratory are located.

The exterior is in concrete, but due to construction problems with the complex design and shortages from the war, much of the building was made in brick, covered with stucco. This caused many problems. Extensive repair work had to be done only five years after the initial construction, overseen by Mendelsohn himself. Since then, numerous renovations have been done periodically.

The building was heavily damaged by Allied bombing during World War II. It underwent a full renovation in 1999, for its 75th anniversary. It is often cited as one of the landmarks of expressionist architecture.



Figure 2 - Einstein Tower Solar Observatory.

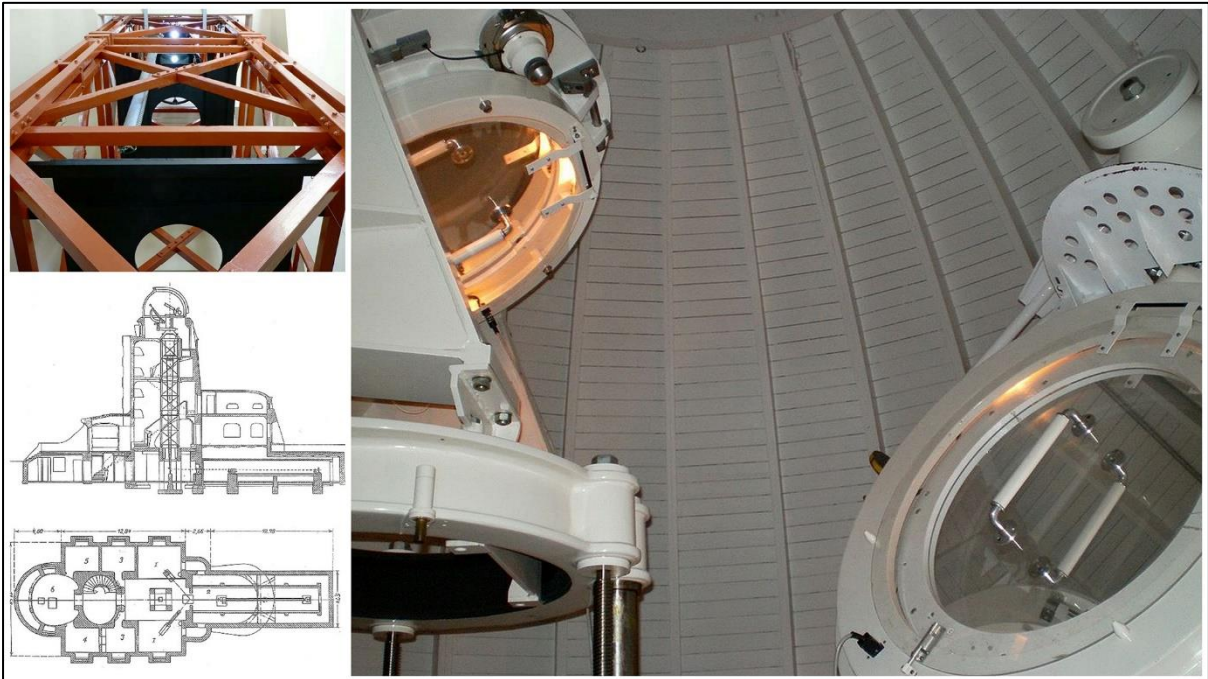


Figure 3 - Einstein Tower Solar Observatory. Wooden support structure and coelostat. Denker, C. *et al.* (2016).

The Einstein Tower consists of two wooden platforms, each 6 m high, placed one above the other. The telescope has an objective of 60 cm diameter and 14 m of focal length. Laboratories for observations and measurements are located at the base of the tower. A rotating mirror directs the sunlight to the spectrograph laboratory located in the basement. It is here that the light is split up into its spectral components and analysed (Figure 3).

Originally built for high-resolution spectroscopy and for measuring the gravitational redshift, research shifted over the years to studies of the active Sun and its magnetic field. Nowadays, telescope and spectrographs are used for research and development, testing instruments and in particular polarization optics for advanced instrumentation deployed at major European and international astronomical and solar telescopes. In addition, the Einstein Tower is used for educating and training of the next generation astrophysicists as well as for education and public outreach activities directed to the public⁶.

A fire during the restoration of the Einstein Tower on 1998 January 6 led to significant damages to the wooden support structure and the telescope itself. The mechanical mounts of the coelostat mirrors and the entrance aperture had to be cleaned of soot and other remnants of the fire. On July 27, 1999, the Einstein Tower resumed operations.

The tower telescopes at the Mt. Wilson Observatory in California were the inspiration for the Einstein Tower. This was the first solar tower telescope built in Europe. The telescope is protected by a wooden dome with a diameter of 4.5 m. The exterior of the dome is protected by sheet metal. Two plane coelostat mirrors with an aperture of 60 cm catch the sunlight at a height of 15 m above ground and direct the light beam vertically into the tower. The main mirror has a parallactic mount, which can be rotated in azimuth preserving its parallactic orientation. This prevents vignetting by the shadow casted by the secondary mirror and its mount. Height and tilt of the secondary mirror are adjustable to accommodate the Sun's changing zenith distance over the course of a year and the azimuth angle of the main mirror. The original silver-coated 85-cm coelostat mirrors were replaced in the mid-fifties by 60-cm aluminium-coated glass mirrors. Since 1993 Zerodur mirrors were installed minimizing deformations under heat load. A doublet objective lens with a diameter of 60 cm and a focal length of 1400 cm, forms a solar image with 13 cm diameter in the optical laboratory, located in the basement of the building.

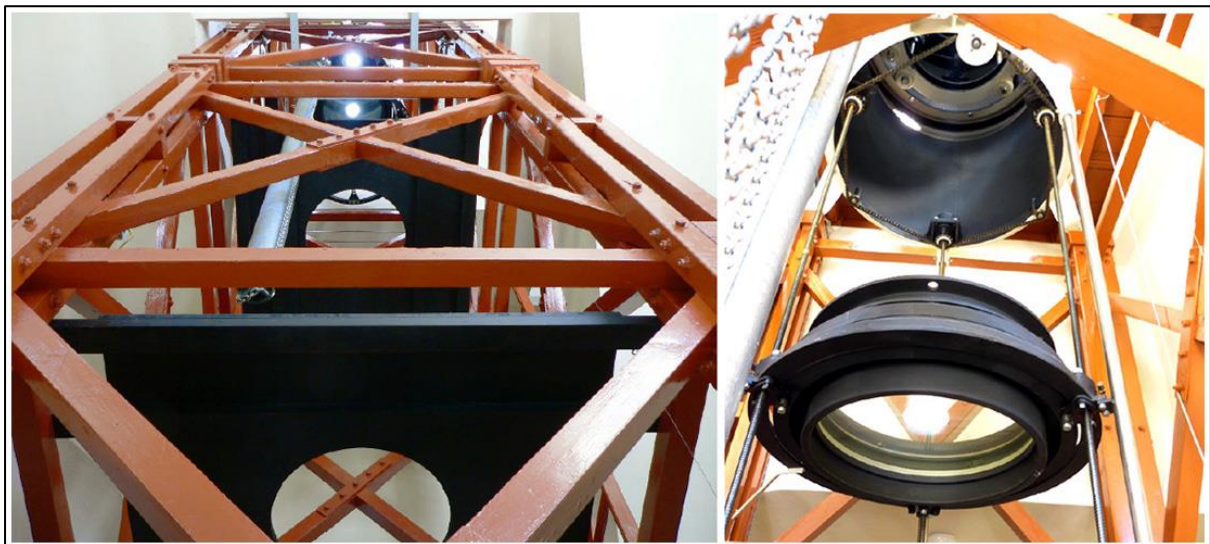


Figure 4- Wooden structure supporting the coelostat and the 60 cm doublet lens with focus gearing mechanism. Denker, C. *et al.* (2016).

The telescope is installed on two stacked wooden towers with a separate foundation to insulate the telescope from the wind buffeting the building and vibrations caused by people moving inside the building or outside traffic. Ball and socket joints between foundation, wooden towers, and telescope

⁶ Denker, C. *et al.* (2016). Solar Physics at the Einstein Tower. *Astronomische Nachrichten*, 23 September 2016.

mount further reduce propagation of vibrations. The low heat expansion coefficient of wood also minimizes thermal expansion and thus focus drifts over the day. The lens mount is attached to three threaded rods for focusing. The vertical lifting distance is more than a meter in both directions, conveniently placing the focal plane where required for different set-ups in the optical laboratory (Figure 4).

The two spectrographs of the Einstein Tower are in the southern part of the basement. These spectrographs are equipped with different gratings (420mm X 320mm and 320mm X 220 mm). An Alta F9000 CCD camera⁷ was installed in 2016 for recording high-resolution spectrographs (Figure 5).

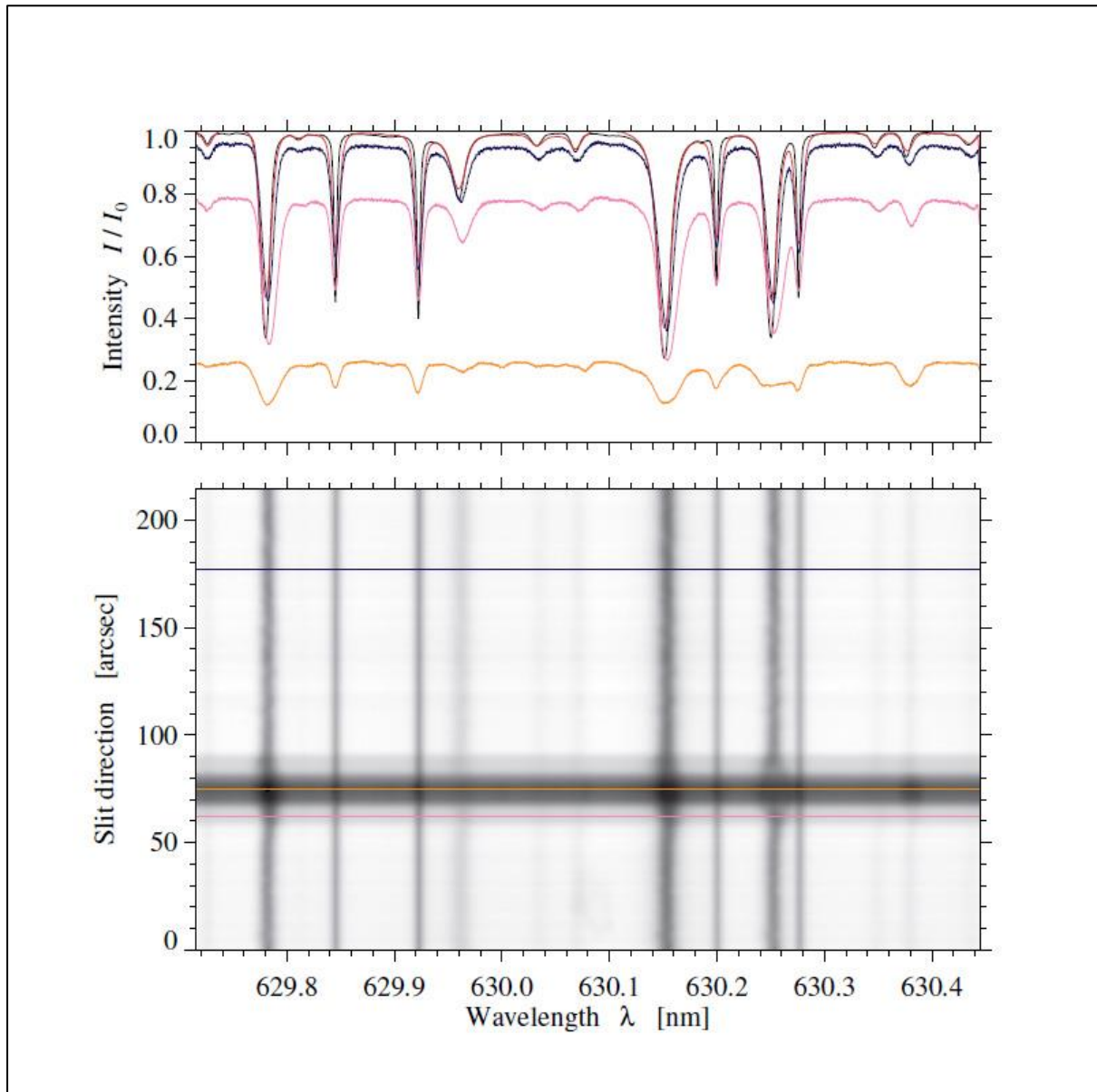


Figure 5- Spectrum of a sunspot (630.2 nm) observed on April 29, 2016. Denker, C. *et al.* (2016).

⁷ The Alta F9000 uses a very large format 9.3-megapixel full frame sensor with anti-blooming gates (3056x3056 36.7x36.7 mm), ideal for applications requiring large field of view. Cooling down to 45 °C below ambient results in a low dark current. These features combine to make the Alta F9000 an ideal solution for applications requiring both a large field of view and optimal signal to noise ratio.

The solar disk at prime focus has a diameter of 13 cm. Large format photographic plates were used before the digital age (until the late eighties) (Figure 6). 3000 full-disk images exist in the photographi archive of the Einsteinturm (1943 to mid-1980).

Many research projects were realized in the Einsteinturm Solar Observatory. These include solar instrumentation and spectroscopic studies mainly. An important Education and public outreach programme are also under way. The observatory is home to the German Research Centre for Geosciences and the Potsdam Institute for Climate Impact Research. Remote stations of the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research and the German Metrological Office are also located in the observatory grounds.

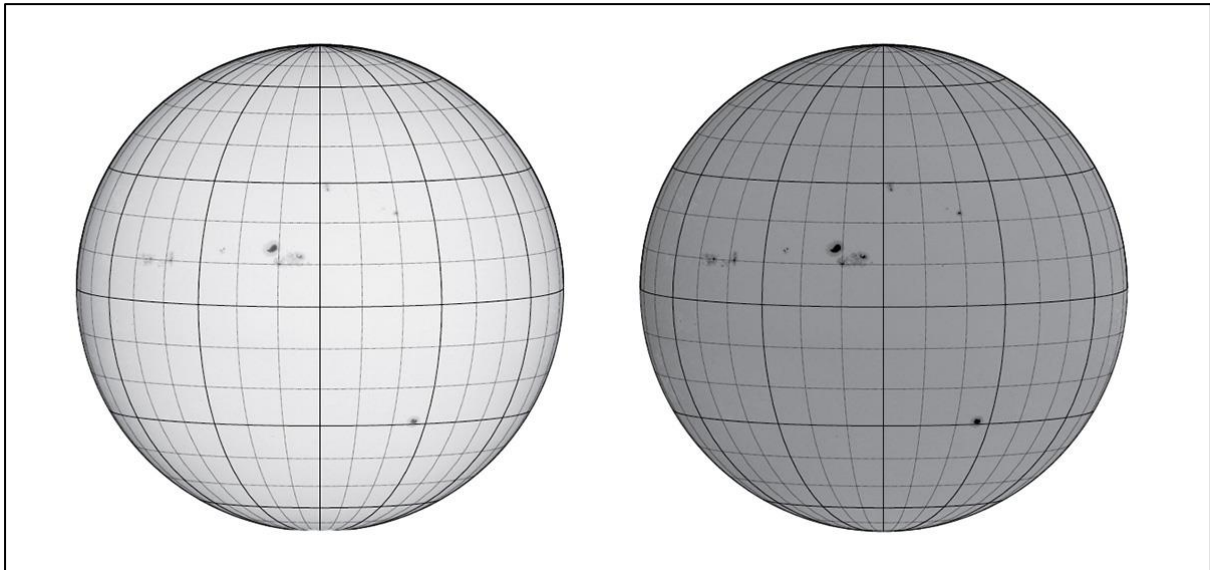


Figure 6- Analogic Full Disk Solar image on July 17, 1947. Denker, C. *et al.* (2016).

Sources:

Denker, C. *et al.* (2016). Solar Physics at the Einstein Tower. *Astronomische Nachrichten*, 23 September 2016.

<https://www.aip.de/en/institute/locations/einstein-tower/>

<http://www3.astronomicalheritage.org/images/astronomicalheritage.org/thematic-study/ch12cs5.pdf>

<http://architecture-history.org/architects/architects/MENDELSON/OBJECTS/1919-1921,%20Einstein%20Tower,Teltower%20Vorstadt,%20Germany.html>

HISTORY OF SOLAR OBSERVATION

PEDRO RÉ

<http://pedroastrophotography.com/>

Solar Observation

The roots of solar observations can be traced back to ancient times before the telescope was invented. The study of the Sun had to be based on observation of the solar dynamics visible with the naked eye. The oldest record of a sunspot observation dates to around 800 BC and was made by Chinese astronomers.

The first sunspot drawing (Figure 1) was made in 1128 by the monk John of Worcester in his chronicles. The drawing shows two black circles with a distinguished dark core and a brighter annulus. This early sunspot drawing illustrates the division of the sunspots into umbrae and penumbrae.

The first sunspot observations with telescopes were made by Galileo Galilei (1564–1642) and Thomas Harriot (1560–1621) in 1610, and some months later by Johannes Fabricius (1587–1616) and the Jesuit Christoph Scheiner (1573–1650).

In the second half of the 17th century Gustav Spörer (1822–1895), Edward Walter Maunder (1851–1928) and his wife Annie Maunder (1868–1947) discovered that from 1645 to 1715 very few sunspots occurred (this period is now known as the Maunder minimum). The low activity of the Sun coincided with the Little Ice Age with lower-than-average temperatures and very cold winters in Europe and North America.

In the late 18th century, the physical nature of sunspots was the subject of a big debate. Some authors suggested that sunspots could be cloud-like structures or dense objects in the solar atmosphere. William Herschel (1738–1822) hypothesized that sunspots were holes in the luminous atmosphere showing the cool, underlying solid body.

In 1802 William Wollaston (1766–1828) detected several dark lines crossing the continuous solar spectrum. Joseph von Fraunhofer (1787–1826) rediscovered the dark lines in the solar spectrum and mapped more than 500 spectral lines, later called the Fraunhofer lines. In 1823, John Herschel (1792–1871) was the first to compare the dark absorption lines in the solar spectrum with the bright emission lines in the spectrum of flames. Herschel concluded that lines in the solar spectrum could reveal the chemical composition of the Sun's atmosphere.

The first daguerreotype of the Sun was made in 1845 by Louis Fizeau (1819–1896) and Léon Foucault (1819–1868). Gustav Kirchhoff (1824–1887), David Brewster (1781–1868), Robert Bunsen (1811–1899) and Anders Jonas Ångström (1814–1874) established spectroscopy as a valid scientific field.

In 1843 Heinrich Schwabe (1789–1875) published his 17-year study of the number of sunspots. He was the first to propose a sunspot cycle with a period of ten years, later corrected by Rudolf Wolf (1816–1893) to eleven years.

In 1858, Richard Carrington (1826–1875) and Gustav Spörer both mapped the daily sunspot appearances and discovered that their location and motion vary with latitude and time. They found that the absolute latitudes of sunspot appearance shifted from around 35° to 5° throughout the

Carrington was also the first to observe a solar flare in 1859 (Figure 2). One year later the first coronal mass ejection was observed for the first time.

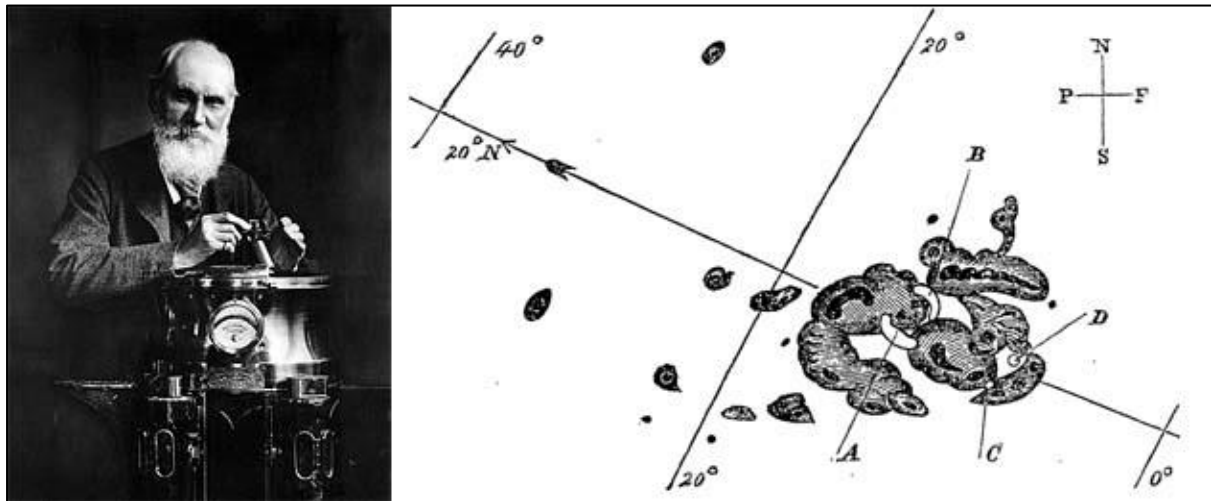


Figure 2- The Carrington Event (Solar Superstorm of 1859). It happened during September 1–2, 1859 and was the largest geomagnetic storm ever recorded.

During the Thursday morning of September 1, 1859, Richard Carrington, an English amateur astronomer was the first to observe a sunspot that would later lead to the monumental eruption. The observations were made with his solar telescope which projected an 11-inch diameter image on to a surface where he would sketch the large group of sunspots.

During his observations he suddenly witnessed two brilliant spots of light forming within the sunspot group which rapidly grew, twice as bright as the sun itself. Within 5 minutes the mega flare had peaked in size and intensity, reduced back to pinpoints of light, and vanished.

Early the following morning, much of the world was witnessing a massive and tremendously bright display of the aurora, *even at latitudes in the tropics!* During the same time, telegraph systems all over Europe and North America failed *while spraying out sparks from telegraph poles and igniting widespread fires.*

The telegraph system was the only high technology of that day, archaic by today's standards, and it was brought down by an invisible force from the sun⁸.

George Ellery Hale (1868-1938) used solar telescopes of his own design to study the solar dynamics in monochromatic light. In 1908 Hale detected the magnetic nature of sunspots by measuring the Zeeman splitting of spectral lines for the first time.

The spectroheliograph was invented independently by George Ellery Hale and Henri-Alexandre Deslandres (1853-1948) in 1890/1891. Robert Reynolds McMath (1891-1962) extended its functionality (1932) to take motion pictures of the Sun. G.H. Hale also invented the spectrohelioscope in 1924-1929.

The principle of both the spectrohelioscope and spectroheliograph was described for the first time by Jules Jansen (1824-1907). Jansen observed for the first time the spectra of solar prominences in full

⁸ Ken Jorgustin. Solar SuperStorm 1859 'Carrington Event' – In the Blink of an Eye.

sunlight during the total solar eclipse of August 18, 1868. A few months later, Jansen addressed the Paris Academy of Sciences describing its methods.

“Cette méthode consiste, dans son principe, à isoler dans le champ spectral un des faisceaux lumineux émis par la protubérance, faisceau qui est déficient dans la lumière solaire, et à transformer ensuite les éléments linéaires des images protubérantielles dans les images elles-mêmes, par un mouvement rotatif assez rapide imprimé au spectroscopé”.

G.H. Hale invented the spectroheliograph very early in his scientific life, according to a letter that he wrote on August 5, 1889⁹:

“Of scientific work I have accomplished but one thing this summer, and even that did not involve much labor. It is the scheme for photographing the prominences, and after a good deal of thought I can see no reason why it will not work. The idea occurred to me when I was coming home from uptown the other day and it amounts to this. Stop the clock of the equatorial and let the sun transit across the slit, which is placed radial do the limb. Bring H into the field of the observing telescope and replace the eyepiece by a plate-holder held in a suitable frame and drawn by clockwork across the field at the same rate as the sun crosses the slit. As the H line lengthens and shortens – as it will do with the variable height of the prominence, the plate will photograph its varying lengths side by side and thus produce and image of a prominence. That is the idea in the rough, but I have studied it out in detail, and designed a travelling plate holder, which I will have Brashear make. I have also got an arrangement by which all fog is avoided, and I have great hopes that the thing will be a success. It is is, new changes for work of the prominences will be opened, and in this way the changes during short intervals of time can be noted with much greater accuracy than in drawings”.

The principle of the spectroheliograph is very simple according to Hale’s own words¹⁰:

“Its object is to build up to a photographic plate a picture of the solar flames, by recording side by side images of the bright spectral lines which characterize the luminous gases. In the first place, an image of the sun is formed by a telescope on the slit of the spectroscopé. The light of the sun, after transmission through the spectroscopé, is spread out into a long band of color, crossed by lines representing the various elements. At points where the slit of the spectroscopé happens to intersect a gaseous prominence, the bright lines of hydrogen may be seen extending from the base of the prominence to the outer boundary. If a series of such lines, corresponding to different positions of the slit on the image of the prominence, were registered side by side on a photographic plate, it is obvious that they would give a representation of the form of the prominence itself. To accomplish this result, it is necessary to cause the solar image to move at a uniform rate across the first slit of the spectroscopé, and, with the aid of a second slit (which occupies the place of the ordinary eyepiece of the spectroscopé), to isolate one of the lines, permitting the light from this line, and from no other portion of the spectrum to pass through the second slit to a photographic plate. The principle of this instrument thus lies in photographing the prominence through a narrow slit, from which all light is excluded except that which is characteristic of the prominence itself. It is evidently immaterial whether the solar image and photographic plate are moved with respect to the spectroheliograph slits, or the slits with respect to the fixed solar image and plate”

⁹ Wright, H. (1966). Explorer of the Universe. A biography of George Ellery Hale. Clarke, Irwin & Company Limited, Toronto and Vancouver.

¹⁰ Wright, H. (1966). Explorer of the Universe. A biography of George Ellery Hale. Clarke, Irwin & Company Limited, Toronto and Vancouver.

In 1924/1929, Hale invented the spectrohelioscope. According to Hale¹¹, this instrument permitted:

“The visual observation and analysis of the forms and motions of prominences at the sun’s limb and of bright and dark flocculi on the disk”.

This instrument, described by Hale in 1929¹², consisting of a horizontal coelostat telescope and a spectrohelioscope, could be used in a wide variety of observations. Two oscillating slits of variable amplitude or a pair of square prisms rotating before the fixed slits were used to give a monochromatic image of a portion of the sun, usually with H-alpha line.

Hale and his collaborators Ferdinand Ellerman (1869–1940), Seth B. Nicholson (1891–1963) and Alfred H. Joy (1882–1973) were the first to find a systematic and periodic behaviour of the sunspot magnetic field, showing that the activity cycle of the magnetic field covers two sunspot cycles and therefore has a period of 22 years.

The first coronagraph was developed by Bernard Lyot (1897–1952). Until then the solar corona could only be seen during total solar eclipses.

Solar eyepieces and Herschel Wedges

Helioscope

The first Helioscope was described by John Herschel in his book *The Telescope*¹³. This solar telescope was never built.

The Helioscope – There is yet another species of reflecting telescope to be noticed, the specula of which are made of unsilvered glass, employing only the portions of light reflected at their surfaces. The object of this construction (first proposed by the author of this article in 1847 – Results of Astron. Obs. At the Cape of Hope, P. 436) is to obviate the necessity of employing darkening glasses in viewing the Sun with telescopes of great power, which break by the heat and endanger the eye, besides other inconveniences. It might be imagined that this end would be effected by simply contracting the aperture of any telescope and so shutting out all superfluous rays. But this does not succeed in practice. Perfect distinctness is no attainable in telescopes with very small apertures and high magnifying powers, when directed to the sun, moon, and planets (...). The large speculum (A) of a Newton telescope is a double concave crown or plate-glass lens, the radius of curvature of whose anterior or reflecting surface is twice the proposed focal length. This surface must be worked to a true parabolic figure. The back requires only to be well polished and worked (whether accurately or not is of no moment) to any consequence, provided it be colorless. When the rays are incident on such glass, about 4 1/3 per cent are reflected at the first surface, and convergent towards a focus F. The rest falls on the second surface and is for the most part transmitted and dispersed out the back of the telescope (which must be open, to permit their escape into the air, so as not to heat the glass and thereby distort its figure). The small percentage reflected internally is dispersed by the joint action of this reflection and the second refraction out into the air, forwards, and so rendered incapable of interfering with the image formed by the first surface. The rays from this are received and partially reflected at 45°, on (BC) the first surface of a crown-glass prism BCD, having a refracting

¹¹ Hale, G.H. (1929). The spectrohelioscope and its works. Part I. History, instruments, adjustments, and methods of observation. *The Astrophysical Journal*, Volume LXX, number 5: 265-327.

¹² Hale, G.H. (1929). The spectrohelioscope and its works. Part I. History, instruments, adjustments, and methods of observation. *The Astrophysical Journal*, Volume LXX, number 5: 265-327.

¹³ Herschel, J. (1861). *The Telescope* (from the Encyclopaedia Britannica). Adan and Charles Black.

angle C (turned towards the eye of not less than 30 or 40 degrees. The intensity of the light finally reflected, then, will be $0,043 \times 0,050 = 0.00215$, or about $1/465^{\text{th}}$ part of the direct illumination; which, being further enfeebled by magnifying, will allow the image to be viewed either without a darkening glass, or with a very feebly colored one, and without the danger of fracture (...). M. Porro, an eminent French artist, has recently constructed an instrument on a principle very similar to this, only that the second reflection, instead of being performed at the incidence of 45° , is performed at the polarizing angle for glass, so that the rays form an image completely polarized in the plan of reflection; and a Nicol prism being placed between the eye and the eyepiece, the light may be enfeebled to any extent we please without the use of any darkening glass.

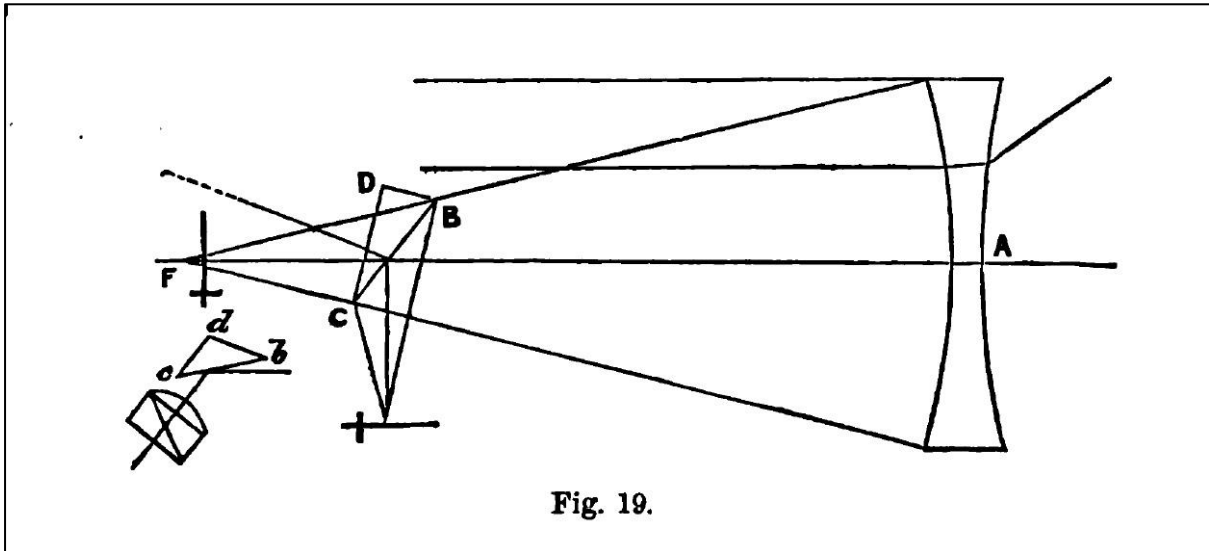


Fig. 19.

Figure 3- John Herschel Helioscope. Herschel, J. (1861). *The Telescope* (from the Encyclopaedia Britannica). Adan and Charles Black.

Solar eyepieces

The first solar eyepieces were described by Angelo Secchi in his book "Le Soleil" page 35 (1875)¹⁴.

Oculaires hélioscopiques

La grande intensité de la lumière du Soleil a toujours été la principale difficulté à vaincre dans l'observation des phénomènes qui se passent à la surface de cet astre. L'emploi des verres fortement colorés est un moyen pour les lunettes ordinaires ; mais, dans les grands instruments, ils se brisent ou se fondent avec la plus grande facilité. Pour remédier à cet inconvénient, on a longtemps employé des diaphragmes destinés à réduire l'ouverture de l'objectif ; mais on perdait ainsi une partie des avantages que présentaient les grands instruments, et en même temps on diminuait beaucoup la netteté de l'image. Ce dernier résultat tient à un phénomène de diffraction, qui est d'autant plus sensible que l'ouverture du diaphragme est plus étroite. En effet, lorsqu'on observe une étoile avec une bonne lunette, l'image se réduit à un point ; mais si l'objectif est muni d'un diaphragme, les choses se passent autrement : au lieu d'un point, on aperçoit un petit cercle d'autant plus grand que le diaphragme est plus petit. Dans les observations faites sur le Soleil, chaque point se comportera de la même manière et sera représenté par un cercle d'une certaine étendue ; tous ces cercles empiétant l'un sur l'autre, il en résultera une image plate et confuse, dans laquelle il sera impossible de distinguer les détails.

¹⁴ Secchi, A. (1875). *Le Soleil*. Première Partie. Gauthier-Villars.

Herschel avait éprouvé ces inconvénients : aussi aimait-il mieux employer des verres fortement colorés, en conservant toute l'ouverture (le son télescope. Il essaya plusieurs autres moyens, et en particulier des liquides diversement colorés, par exemple de l'eau mélangée d'encre ; mais la chaleur produisait dans ces liquides des mouvements tumultueux, et il en résultait en grande confusion dans les images. Son fils, sir John, proposa d'employer un miroir concave fait en verre non étamé ; on obtiendrait ainsi, vu le faible pouvoir réflecteur du verre, une image encore trop vive pour être examinée à l'œil nu, assez faible cependant pour qu'on put l'observer avec un verre coloré, malgré l'ouverture considérable de l'appareil. M. Chacornac a récemment employé ce procédé, avec un télescope non argenté. Foucault, au contraire, a proposé d'argenter la surface antérieure des objectifs de lunettes, et de regarder le Soleil à travers cette mince couche de métal. On assure que les images sont très-belles et très- agréables à l'œil : on serait ainsi arrivé à une idée semblable à celle de Scheiner, qui proposait de faire une lunette avec des verres colorés ; mais ces différents procédés exigent un instrument spécialement destiné au Soleil, et peu d'astronomes se décideront sans doute à sacrifier leur meilleur objectif. De plus, ils ont l'inconvénient de transmettre toujours à l'œil de l'observateur la même quantité de lumière : en pratique, il est utile qu'on puisse faire varier l'intensité lumineuse afin de mieux étudier les détails. Il était donc important de trouver un moyen qu'on put adapter facilement à tous les instruments. L'astronome anglais Dawes proposa de mettre le diaphragme, non à l'objectif, mais à l'oculaire ; pour cela, il recevait l'image sur une plaque d'ivoire doublée de métal, et regardait par un trou très-petit. J'ai souvent employé à cet usage une simple carte de visite recouverte de céruse et percée d'un trou d'épingle ; loin de brûler, elle ne se noircit même pas, malgré la grande quantité de chaleur qui se concentre au foyer d'un large objectif. Le seul inconvénient, c'est que le champ de vision devient très-étroit. Cet inconvénient n'est pourtant pas sans quelques compensations, car, la plus grande partie du disque étant cachée, l'œil est bien plus à son aise pour étudier les détails. Cependant, même avec de petits diaphragmes, il faut toujours employer un verre coloré. Les meilleurs sont ceux qu'on appelle des verres gradués, formés de deux pièces taillées en forme de coin : l'une est blanche, l'autre bleue ; on les superpose simplement, car toutes les substances qui pourraient servir à les coller se gonflent par la chaleur et forment des bulles. En mettant ce verre gradué (Fig. 10) dans une monture qui glisse devant l'oculaire, on peut régler à volonté l'intensité de la lumière, ce qui présente de grands avantages. Un excellent moyen a été proposé par sir John Herschel. Il consiste à employer la lumière réfléchie. On a essayé de produire cette réflexion à la surface d'une lame de verre très-fortement colorée ; on évitait ainsi la réflexion sur la seconde face, et par conséquent on écartait une cause de trouble dans la formation de l'image mais alors les rayons qui ne sont pas réfléchis sont absorbés ; le verre s'échauffe, se déforme et finit par se briser. Herschel a évité tous ces inconvénients en adoptant la disposition suivante : un prisme rectangulaire de cristal disposé de manière que le rayon incident OI (Fig. 11) vienne se réfléchir sur son hypoténuse ; les rayons qui pénètrent dans le cristal sortent perpendiculairement à la seconde face, suivant la direction It et l'on évite ainsi les réflexions intérieures qui seraient gênantes. Le prisme est fixé dans une monture à claire-voie (Fig. 12) afin d'éviter l'élévation de température. Par cette disposition, l'appareil s'échauffe très-peu et la lumière est tellement affaiblie, qu'on peut se contenter d'un verre faiblement coloré.

Oculaires polariscopiques

Cependant le verre coloré subsiste toujours et empêche de voir le Soleil avec sa teinte véritable. Cet inconvénient disparaît dans l'oculaire polariseur imaginé par le P. Calvaleri de Monza. Nous nous servons d'un de ces hélioscopes construits à Milan par MM. Longoni et dell' Aqua. La lumière est d'abord reçue sur un prisme PP' semblable à celui d'Herschel (Fig. 13), seulement l'incidence a lieu sous l'angle de 36 degrés, sous lequel le verre polarise la lumière. De là les rayons viennent tomber sur un miroir de verre noir AB , parallèle au prisme : cette incidence a donc encore lieu sous l'angle de 36 degrés. Enfin la lumière vient subir une dernière réflexion en CD , toujours suivant l'angle de polarisation. Le prisme et le premier miroir sont fixés dans une position invariable l'un par rapport à

l'autre ; mais le miroir CD est monté dans un tube qui tourne librement autour du rayon réfléchi ; de sorte qu'on peut amener le plan de réflexion de ce dernier miroir à faire un angle quelconque avec le plan de la réflexion précédente, c'est-à-dire avec le plan de polarisation. Si l'on dispose l'appareil de manière que cet angle soit droit, on affaiblit la lumière au point que l'œil peut la supporter sans inconvénient, même à l'époque où le Soleil est à sa plus grande hauteur. La lumière n'y disparaît pas complètement, mais ce serait inutile. La Fig. 14 représente cet oculaire réduit à un quart de sa grandeur naturelle. M. Merz nous a envoyé un oculaire construit d'après les mêmes principes (Fig. 15), dans lequel l'extinction de la lumière est complète, grâce à un quatrième réflecteur. Les surfaces sont parfaitement planes, mais le prisme est remplacé par un verre coloré, ce qui fait craindre que la chaleur ne le brise. Cette disposition a d'ailleurs un grand avantage, c'est que le rayon sort parallèlement à l'axe de la lunette, ce qui est impossible dans l'autre système. Ces appareils présentent cependant un inconvénient : la course du porte-oculaire est quelquefois insuffisante, parce que la longueur du tube mobile est tout entière employée à produire ces trois ou quatre réflexions. Le P. Cavalleri, pour remédiera cet inconvénient, a placé en avant du prisme une lentille légèrement concave qui augmente la distance focale de l'objectif de la quantité dont elle se trouve diminuée par les zigzags que décrivent les rayons. Ces hélioscopes sont assez coûteux, mais ils présentent bien des avantages, et en particulier celui de pouvoir modérer à son gré l'intensité de la lumière. Cependant, malgré toutes les précautions qu'on prend pour garantir la vue des observateurs, et obtenir de bonnes images, il subsiste un inconvénient qu'on ne saurait éviter, c'est le réchauffement des objectifs et celui de la masse d'air contenue dans les tubes. Il en résulte des irrégularités très-sensibles dans les réfractons : aussi au bout de quelques minutes les images ne présentent plus la même netteté, et l'on est obligé d'interrompre l'observation pendant quelque temps pour que la température puisse s'abaisser. M. Nasmyth a proposé d'employer des lunettes sans tubes, comme celles de Huygens. Ce procédé pourrait réussir pour les grands réflecteurs ; pour les réfracteurs, on pourrait adopter des tubes à claire-voie : l'air circulant librement s'échaufferait beaucoup moins. Nous recommandons aux observateurs d'éviter les verres rouges et les noirs ; ils laissent passer beaucoup de chaleur, et leur couleur est fatigante pour l'organe de la vue. Les meilleures teintes sont les vertes, les jaunes, les bleues et celles qu'on appelle neutres.

Fig. 10.



Fig. 11.

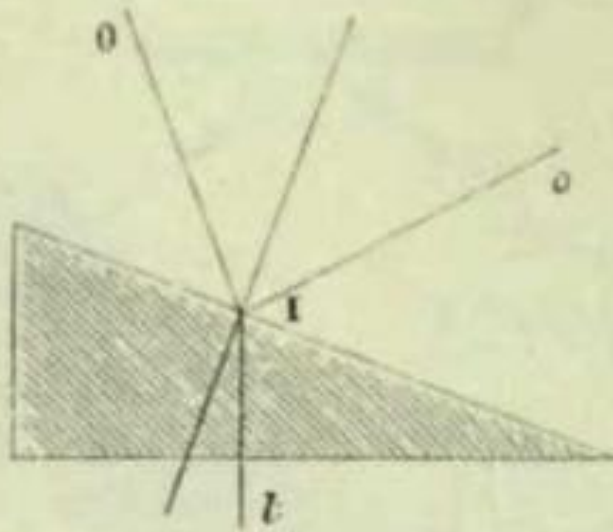


Fig. 12.

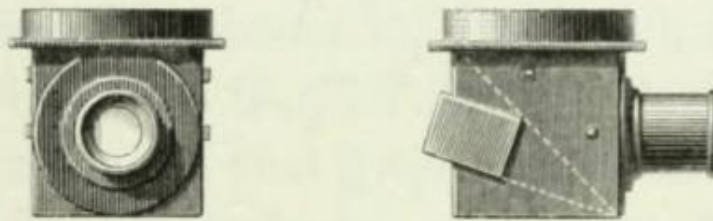


Fig. 13.

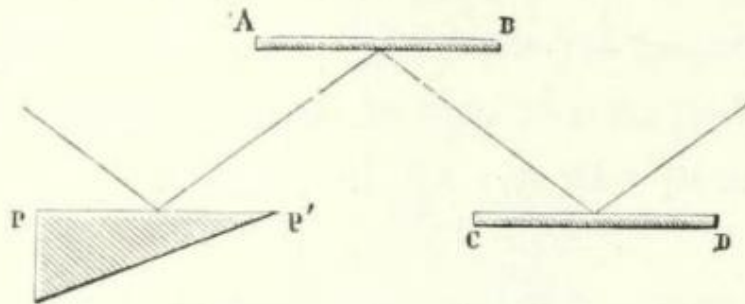


Fig. 14

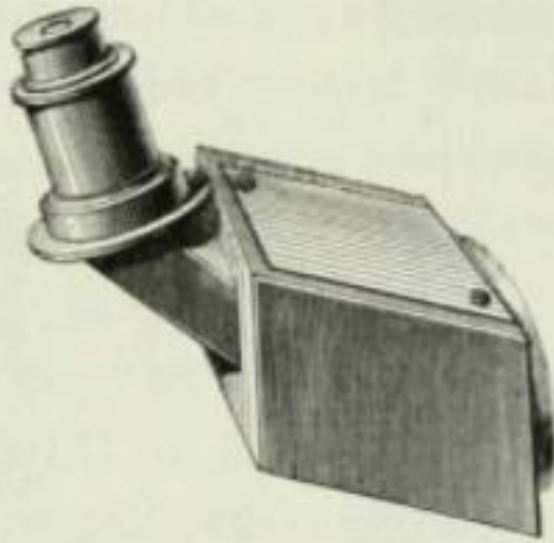
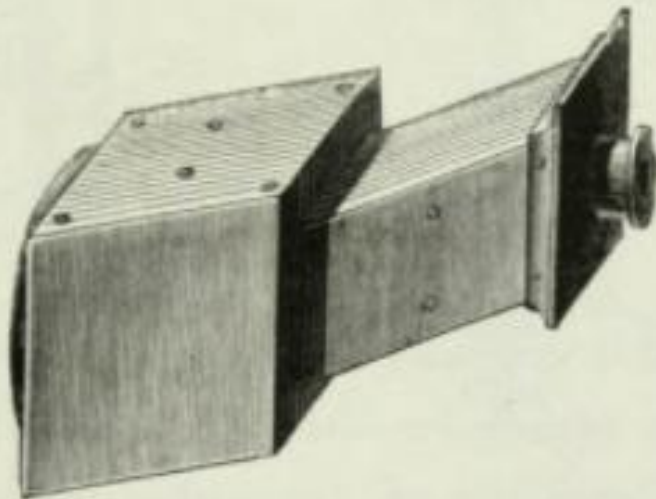


Fig. 15



WILLIAM HERSCHEL'S SOLAR OBSERVATION TECHNIQUES

PEDRO RÉ

<http://pedroastrophotography.com/>

William Herschel (1738-1822), a German-born British astronomer is considered the founder of sidereal astronomy. Herschel discovered the planet Uranus in 1781, hypothesized that nebulae are composed of stars and developed a theory of stellar evolution. His thoughts about the “construction of the heavens” were revolutionary and influenced many 19th-century astronomers. Herschel also built the largest reflecting telescope of its time.

William Herschel's lifework was published in 1912, 90 years after his death in 1822, by John Louis Emil Dreyer, Director of Armagh Observatory, and author of the famous New General Catalogue¹⁵. The Scientific papers of Sir William Herschel filled two large-format volumes with a total of 1441 pages¹⁶.

Dryer compiled many papers that were spread over forty volumes of the *Philosophical Transactions of the Royal Society*. These include Herschel's three catalogues of nebulae and star clusters, published in 1786, 1789 and 1802; his observations of double stars; the discovery of Uranus; the later discovery of the sixth and seventh satellites of Saturn; the papers on the “construction of the heavens”, including the analysis of the Sun's proper motion and a graphic presentation of the Milky Way (based on extensive star counts); and reports about the construction of large telescopes. Unpublished material was also included¹⁷.

The first volume includes a 56-page scientific bibliography of W. Herschel compiled by Dreyer, followed by a few “unpublished papers” The appendix of Volume II includes an unpublished collection of Herschel observations of Messier objects with 27 figures.

Volume 1 include Herschel's investigations on the infrared region of the electromagnetic spectrum. Herschel discovered this form of radiation in 1800 by exploring, with the aid of a thermometer, sunlight dispersed into its colours by a glass prism¹⁸.

“In a variety of experiments, I have occasionally made, relating to the method of viewing the sun, with large telescopes, to the best advantage, I used various combinations of differently coloured darkening glasses. What appeared remarkable was, that when I used some of them, I felt a sensation of heat, though I had but little light; while others gave me much light, with scarce any sensation of heat. Now, as in these different combinations the sun's image was also differently coloured, it occurred to me, that the prismatic rays might have the power of heating bodies very unequally distributed among them; and, as I judged it right in this respect to entertain a doubt, it appeared equally proper to admit the

¹⁵ John Herschel (1792-1871), William Herschel's, son tried to publish his fathers' papers but was unsuccessful due to financial reasons

¹⁶ Dreyer, J.L.E. (1912). *The Scientific Papers of Sir William Herschel, 2 Volumes* (Royal Society, London)

Vol. 1 <http://tinyurl.com/herschelv1>

Vol. 2 <http://tinyurl.com/herschelv2>

¹⁷ Mainly observing journals covering many years of work in Bath, Datchet, Old Windsor and Slough

¹⁸ Investigation of the Powers of the prismatic Colours to heat and illuminate Objects; with Remarks, that prove the different Refrangibility of radiant Heat. To which is added, an Inquiry into the Method of viewing the Sun advantageously, with Telescopes of large Apertures and high magnifying Powers. *Phil. Trans.* 1800 pp 255-283.

same with regard to light. If certain colours should be more apt to occasion heat, others might, on the contrary, be more fit for vision, by possessing a superior illuminating power. At all events, it would be proper to recur to experiments for a decision."

Application of the Result of the foregoing Observations, to the Method of viewing the Sun advantageously, with Telescopes of large Apertures and high magnifying Powers.

Sometime before the late transit of Mercury over the disk of the sun, I prepared my 7-feet telescope, in order to see it to the best advantage. As I wished to keep the whole aperture of the mirror open, I soon cracked every one of the darkening slips of wedged glasses, which are generally used with achromatic telescopes: none of them could withstand the accumulated heat in the focus of pencils, where these glasses are generally placed. Being thus left without resource, I made use of red glasses; but was by no means satisfied with their performance. My not being better prepared, as it happened, was of no consequence; the weather proving totally unfavourable for viewing the sun at the time of the transit. However, as I was fully aware of the necessity of providing an apparatus for this purpose, since no method that was in use could be applied to my telescopes, I took the first opportunity of beginning my trials. The instrument I wished to adapt for solar inspection, was a Newtonian reflector, with 9 inches aperture; and my aim was, to use the whole of it open. I began with a red glass; and, not finding it to stop light enough, took two of them together. These intercepted full as much light as was necessary; but I soon found that the eye could not bear the irritation, from a sensation of heat, which it appeared these glasses did not stop. I now took two green glasses; but found that they did not intercept light enough. I therefore smoked one of them; and it appeared that, notwithstanding they now still transmitted considerably lighter than the red glasses, they remedied the former inconvenience of an irritation arising from heat. Repeating these trials several times, I constantly found the same result; and the sun in the first case being of a deep red colour, I surmised that the red-making rays, transmitted through red glasses, were more efficacious in raising a sensation of heat, than those which passed through green, and which caused the sun to look greenish. In consequence of this surmise, I undertook the investigations which have been delivered under the two first heads. As soon as I was convinced that the red light of the sun ought to be intercepted on account of the heat it occasions, and that it might also be safely set aside, since it was now proved that pale green light excels in illumination, the method which ought to be pursued in the construction of a darkening apparatus was sufficiently pointed out; and nothing remained but to find such materials as would give us the colour of the sun, viewed in a telescope, of a pale green light, sufficiently tempered for the eye to bear its lustre. To determine what glasses would most effectually stop the red rays, I procured some of all colours, and tried them in the following manner. I placed a prism in the upper part of a window and received its coloured spectrum upon a sheet of white paper. Then I intercepted the colours, just before they came to the paper, successively, by the glasses, and found the result as follows. A deep red glass intercepted all the rays. A paler red did the same. From this, we ought not to conclude that red glasses will stop the red rays; but rather, that none of the sun's light, after its dispersion by the prism, remains intense enough to pass through red glasses, in sufficient quantity to be perceptible, when it comes to the paper. By looking through them directly at the sun, or even at day objects, it is sufficiently evident that they transmit chiefly red rays. An orange glass transmitted nearly all the red, the orange, and the yellow. It intercepted some of the green; much of the blue; and very little of the indigo and violet. A yellow glass intercepted hardly any light, of any one of the colours. A dark green glass intercepted nearly all the red, and partly also the orange and yellow. It transmitted the green; intercepted much of the blue; but none of the indigo and violet. A darker green glass intercepted nearly all the red; much of the orange; and a little of the yellow. It transmitted the green; stopped some of the blue; but transmitted the indigo and violet. A blue glass intercepted much of the red and orange; some of the yellow; hardly any of the green; none of the blue, indigo, or violet. A purple glass transmitted some of the red; a very little of the orange and yellow: it also transmitted a little of the green and blue; but more of the indigo and violet. From these

experiments we see that dark green glasses are most efficacious for intercepting red light and will therefore answer one of the intended purposes; but since, in viewing the sun, we have also its splendour to contend with, I proceeded to the following additional trials. White glass, lightly smoked, apparently intercepted an equal share of all the colours; and, when the smoke was laid on thicker, it permitted none of them to pass. Hard pitch, melted between two white glasses, intercepted much light; and, when put on sufficiently thick, transmitted none. Many differently coloured fluids, that were also tried, I found were not sufficiently pure to be used, when dense enough to stop light. Now, red glasses, and the two last-mentioned resources of smoke, and pitch, any one of which, it has been seen, will stop as much light as may be required, had still a remaining trial to undergo, relating to distinctness; but this I was convinced could only be decided by actual observations of the sun. As an easy way of smoking glasses uniformly is of some consequence to distinct vision, it may be of service here to give the proper directions, how to proceed in the operation. With a pair of warm pliers, take hold of the glass, and place it over a candle, at a sufficient distance not to contract smoke. When it is heated, but no more than still to permit a finger to touch the edges of it, bring down the glass, at the side of the flame, as low as the wick will permit, which must not be touched. Then, with a quick vibratory motion, agitate it in the flame from side to side; at the same time advancing and retiring it gently all the while. By this method, you may proceed to lay on smoke to any required darkness. It ought to be viewed from time to time, not only to see whether it be sufficiently dark, but whether any inequality may be perceived; for, if that should happen, it will not be proper to go on. The smoke of sealing-wax is bad: that of pitch is worse. A wax candle gives a good smoke; but that of a tallow candle is better. As good as any I have hitherto met with, is the smoke of spermaceti oil. In using a lamp, you may also have the advantage of an even flame extended to any length.

Telescopic Experiments

No. 1. By way of putting my theory to the trial, I used two red glasses, and found that the heat which passed through them could not be suffered a moment; but I was now also convinced that distinctness of vision is capitally injured, by the colouring matter of these glasses.

No. 2. I smoked a white glass, till it stopped light enough to permit the eye to bear the sun. This destroyed all distinctness; and permitted some heat to come to the eye, by transmitting chiefly red rays.

No. 3. I applied two white glasses, with pitch between them, to the telescope; and found that it made the sun appear of a scarlet colour. They transmitted some heat; and distinctness was greatly injured.

No. 4. I used a very dark green glass, to stop heat; and behind it, or towards the eye, I placed a red glass, to stop light. The first glimpse I had of the sun, was accompanied with a sensation of heat; distinctness also was materially injured.

No. 5. I used a dark green and a pale red; but the sun not being sufficiently darkened, I smoked the red glass, and, putting a small partition between the two, placed the smoke towards the green glass. This took off the exuberance of light; but did not remedy the inconvenience arising from heat.

No. 6. I used two pale green glasses, smoking that next to the eye, and placing it as in No. 5, so that the smoke might be enclosed between the two. This acted incomparably well; but, in a very short time, the heat which passed the first glass, (though not the second, for I felt no sensation of it in the eye,) disordered the smoke, by drawing it up into little blisters or stars, which let through light; and this composition, therefore, soon became useless.

No. 7. I used two dark green glasses, one of them smoked, as in No. 5. These also acted well; but became useless, for the reason assigned in No. 6, though somewhat less smoke had been required than in the former composition. I felt no heat.

No. 8. I used one pale green, with a dark green smoked glass upon it, as in No. 5. It bore an aperture of 4 inches very well, and the smoke was not disordered; but, when all the tube was open, the pale green glass cracked in a few minutes.

No. 9. Placing now a dark green before a smoked green, I saw the sun remarkably well. In this experiment, I had made a difference in the arrangement of the apparatus. The cracking of the glasses, I supposed, might be owing to their receiving heat in the middle, while the outside remained cold, which would occasion a partial dilatation. I therefore cut them into pieces about a quarter of an inch square, and set three of them in a slider, so that I could move them behind the smoked glass, without disturbing it. After looking about three or four minutes through one of them, I moved the slider to the second, and then to the third. This kept the glasses sufficiently cool; but the disturbance of the alterations proved hurtful to vision, which requires repose; and, if perchance I stopped a little longer than the proper time, the glass cracked, with a very disagreeable explosion, that endangered the eye. **No. 10.** Two dark green glasses, both smoked, that a thinner coat might be on each, but the smoke still contracted blisters, though less dense than before. **No. 11.** To get rid of smoke entirely, I used two dark green glasses, two very dark green, two pale blue, and one pale green glass, together. Distinctness was wanting; nor was light sufficiently intercepted.

No. 12. A dark green and a pale blue glass, smoked. The green glass cracked.

No. 13. A pale blue and a dark green glass, smoked. The blue glass cracked. The eye felt no sensation of heat.

No. 14. Two pale blue glasses, one smoked. The first glass cracked. It was now sufficiently evident, that no glass which stops heat, and therefore receives it, could be preserved from cracking, when exposed to the focus of pencils. This induced me to try an application of the darkening apparatus to another part of the telescope. The place where the rays are least condensed, without interfering with the reflections of the mirrors, is immediately close to the small one. I therefore screwed an apparatus to the speculum arm, into which any glass might be placed.

No. 15. A dark green glass close to the small speculum, and smoked pale green in the focus of pencils, as before. I saw remarkably well.

No. 16. The dark green as before; but that more light might be admitted, a white smoked glass near the eye. Better than No. 15; but the green glass cracked.

No. 17. A very dark green and white smoked glass, as before. Very distinct, but the green glass cracked in about six or seven minutes.

No. 18. A dark blue glass, as in No. 15, and white smoked. This was distinct; and no heat came to the eye. The sun appeared ruddy.

No. 19. A dark blue and a yellow glass, close together, as in No. 15, and a white smoked one, as before. This was not distinct.

No. 20. A purple glass, as in No. 15, with a white smoked one. This gave the sun of a deep orange colour, approaching to scarlet. It was not distinct.

No. 21. An orange glass, as in No. 15, with a white smoked one. The colour of the sun was too red.

No. 22. A white smoked glass, as in No. 15, without any other at the eye. This gave the sun of a beautiful orange colour; but distinctness was totally destroyed.

No. 23. The heat near the small speculum being still too powerful for the glasses, I had a bluish dark green glass made of a proper diameter to be enclosed between the two eyeglasses of a double eyepiece. All glass I knew would stop some heat; and was therefore in hopes that the interposition of this eyeglass would temper the rays, so as in some measure to protect the coloured glass. In the usual place near the eye, I put two white glasses, with a thin coat of pitch between them. These glasses, when looked through by the natural eye, give the sun of a red colour; I therefore entertained no great hopes of their application to the telescope. They darkened the sun not sufficiently; and, when the pitch was thickened, distinctness was wanting.

No. 24. The same glass between the eyeglasses, and a dark green smoked glass at the eye. Very distinct. This arrangement is preferable to that of No. 15; after some considerable time, however, this glass also cracked.

No. 25. I placed a very dark green glass behind the second eyeglass, that it might be sheltered by both glasses, which in my double eyepiece are close together, and of an equal focal length. Here, as the rays are not much concentrated, the coloured glass receives them on a large surface, and stops

light and heat, in the proportion of the squares of its diameter now used to that on which the rays would have fallen, had it been placed in the focus of pencils. And, for the same reason, I now also placed a dark green smoked glass close upon the former, with the smoked side towards the eye, that the smoke might likewise be protected against heat, by a passage of the rays through two surfaces of coloured glass. This position had moreover the advantage of leaving the telescope, with its mirrors and glasses, completely to perform its operation, before the application of the darkening apparatus; and thus, to prevent the injury which must be occasioned, by the interposition of the heterogeneous colouring matter of the glasses and of the smoke.

No. 26. I placed a deep blue glass with a bluish green smoked one upon it, as in No. 25, and found the sun of a whiter colour than with the former composition. There was no disagreeable sensation of heat, though a little warmth might be felt.

No. 27. I used two black glasses, placed as in No. 25. Here there was no occasion for smoke; but the sun appeared of a bright scarlet colour, and an intolerable sensation of heat took place immediately. I rather suspect that these are very deep red glasses, though their outward appearance is black. In order to have a more sure criterion of heat, I applied Dr. Wilson's thermometer. No. 2, to the end of the eyepiece, where the eye is generally placed. With No. 25, it rose from 34 to 37 degrees. With No. 26, it rose from 35 to 46; and, with No. 27, it rose, very quickly, from 36 to 95 degrees. I am pretty sure it would have mounted up still higher; but the scale extending only to 100, I was not willing to run the risk of breaking the thermometer by a longer exposure. It remains now only to be added, that with No. 25 and 26 I have seen uncommonly well; and that, in a long series of very interesting observations upon the sun, which will soon be communicated, the glasses have melt with no accident. However, when the sun is at a considerable altitude, it will be advisable to lessen the aperture a little, in telescopes that have so much light as my 10-feet reflector; or, which will give us more distinctness, to view the sun earlier in the morning, and later in the afternoon; for, the light intercepted by the atmosphere in lower altitudes will reduce its brilliancy much more uniformly than we can soften it, by laying on more smoke upon our darkening glasses. Now, as few instruments in common use are so large as that to which this method of darkening has been adapted, we may hope that it will be of general utility in solar observations.

In 1801, Herschel viewed the sun through a mixture of ink diluted with water and filtered through paper. It gave an image of the sun 'as white as snow'. An eyepiece was then filled with a solution of ferrous sulphate with 'tincture of galls'. This gave a dark blue solar image which changed, on adding more ferrous sulphate to the solution, to an image 'of a deep red colour.' Herschel expressed no surprise at this interesting case of dichromatism and failed to appreciate its significance.

Additional Observations tending to investigate the Symptoms of the variable Emission of the Light and Heat of the Sun; with Trials to set aside darkening Glasses, by transmitting the Solar Rays through Liquids; and a few Remarks to remove Objections that might be made against some of the Arguments contained in the former Paper.

Having brought up the solar observations, relating to the symptoms of a copious emission of the light and heat of the sun, to the 2d of March, I give them continued in this Paper to the 3d of May. It will be seen that my expectations of the continuance of the symptoms which I supposed favourable to such emissions, have hitherto been sufficiently verified; and, by comparing the phaenomena I have reported, with the corresponding mildness of the season, my arguments will receive a considerable support. I have given the following observations without delay, as containing an outline of the method we ought to pursue, in order to establish the principles which have been pointed out in my former Paper. But we need not in future be at a loss how to come at the truth of the current temperature of this climate, as the thermometrical observations, which are now regularly published in the Philosophical Transactions, can furnish us with a proper standard, with which the solar phaenomena may be compared. This leads me to remark, that, although I have, in my first Paper,

sufficiently noticed the want of a proper criterion for ascertaining the temperature of the early periods where the sun has been recorded to have been without spots, and have also referred to future observations for shewing whether a due distribution of dry and wet weather, with other circumstances which are known to favour the vegetation of corn, do or do not require a certain regular emission of the solar beams, yet, I might still have added, that the actual object we have in view, is perfectly independent of the result of any observations that may hereafter be made, on the favourable or defective vegetation of grain in this or in any other climate. For, if the thermometer, which will be our future criterion should establish the symptoms we have assigned, of a defective or copious emission of the solar rays, or even help us to fix on different ones, as more likely to point out the end we have in view, we may leave it entirely to others, to determine the use to which a fore-knowledge of the probable temperature of an approaching summer, or winter, or perhaps of both, may be applied ; but still it may be hoped that some advantage may be derived, even in agricultural economy, from an improved knowledge of the nature of the sun, and of the causes, or symptoms, of its emitting light and heat more or less copiously. Before I proceed, I must hint to those who may be willing to attend to this subject, that I have a strong suspicion that one half of our sun is less favourable to a copious emission of rays than the other ; and that its variable lustre may possibly appear to other solar systems, as irregular periodical stars are seen by us ; but, whether this arises from some permanent construction of the solar surface, or is merely an accidental circumstance, must be left to future investigation : it should, however, be carefully attended to.

Observations of the Sun

March 4, 1801. I viewed the sun with a skeleton eyepiece, into the vacancy of which may be placed a moveable trough, shut up at the ends with well-polished plain glasses, so that the sun's rays may be made to pass through any liquid contained in the trough before they come to the eyeglass (see fig. 1 and 2). Through spirit of wine, I saw the sun very distinctly. There are 10 openings without shallows: and a pretty considerable one with a shallow. The opening is nearly round; and the shallow is concentric with it, and also round. The want of shallows about the small openings, and the roundness of that about the largest, indicate that the elastic empyreal gas which passes through them, is without side bias in its motion.

March 8. I viewed the sun through water. It keeps the heat off so well, that we may look for any length of time, without the least inconvenience. There are a few openings, many ridges, and nodules.

March 9. The ridges near the preceding limb are more extensive than I have ever seen them; there is a broad zone of them.

March 12. There is a cluster of 20 small openings; none of them have any shallows.

March 13. There are 31 openings in the cluster of yesterday: they are contained in a double row, nearly parallel to the sun's equatorial motion; the largest of them has now a shallow of a considerable size, on its north-following side. The number of small openings near each other, indicates a perpendicular ascent of the empyreal gas that breaks through the atmospheric clouds; and their want of shallows shews the same thing.

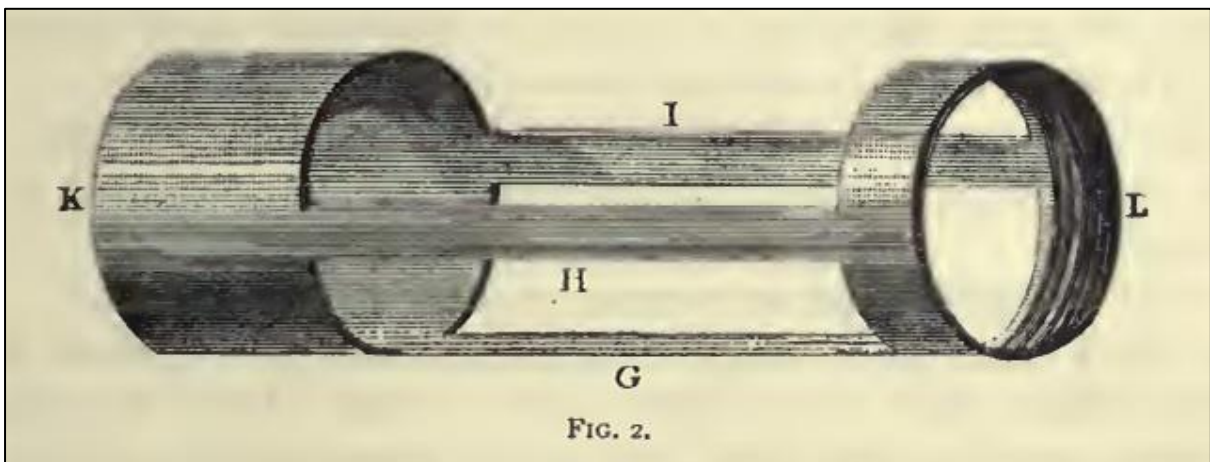
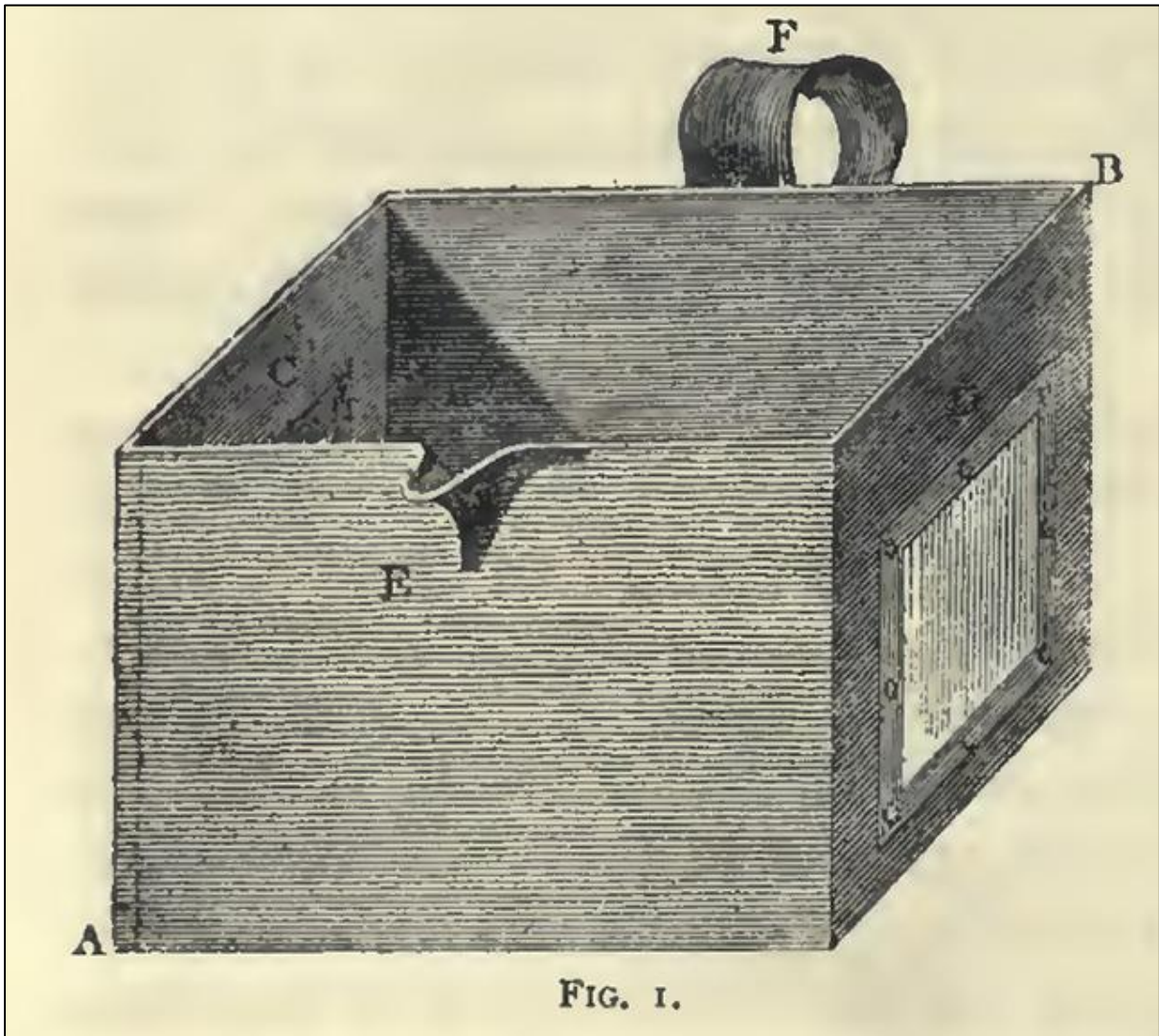
March 15. The set of openings which began to enter on the 8th, consists now of 29. There are 3 other small openings in different parts of the sun.

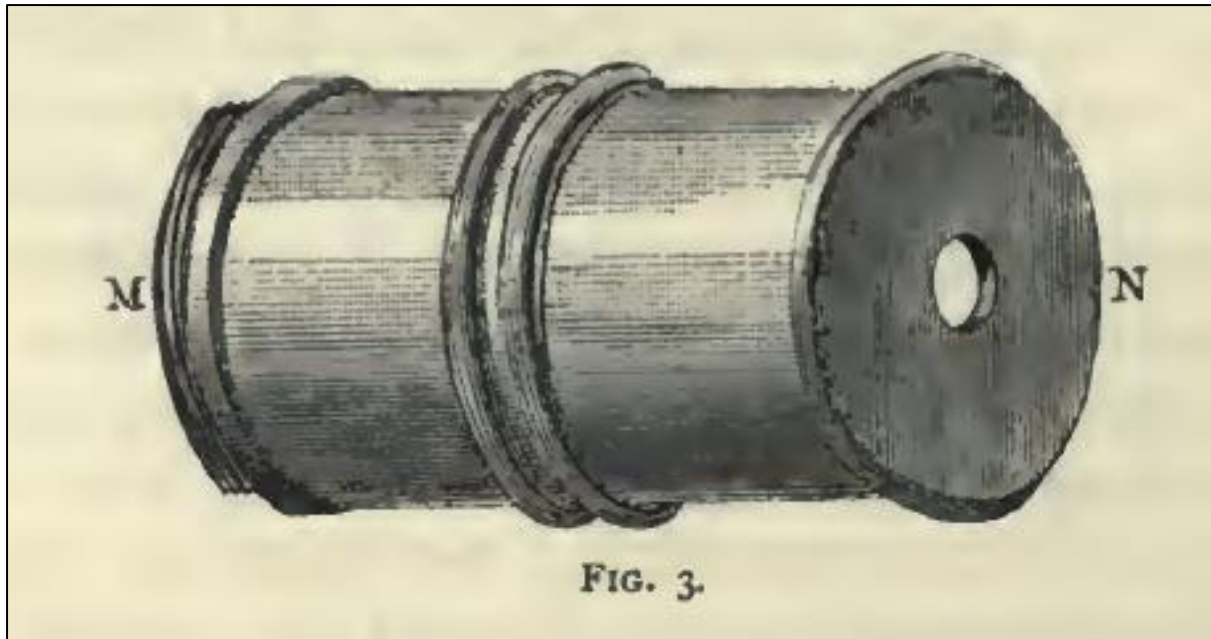
March 16. There is an opening lately entered. The cluster of yesterday has undergone considerable changes.

March 18. The opening of the 16th consists now of 8 different ones; none of them have any shallows. The whole space about the cluster of the 8th, is surrounded with luminous ridges in many directions. The corrugations all over the sun are beautiful, and coarse; resembling small nodules joined together like irregular honeycomb. In a multitude of places, the corrugations are quite detached, like luminous wisps, or slender tufts, standing upright.

March 19. Another set of ridges has entered the disk; it contains one opening. The corrugations are rich, and may be called luminous wisps, being much disjointed, except at their bottom; they are so

rich, that they partake of the yellowish colour of the ridges. The northern ridges extend a good way into the disk, like a zone.





EXPLANATION OF THE FIGURES.

A B, **Fig. 1**, is a square trough, closed at the two opposite ends C D, by well-polished plain glasses. It will hold any liquid through which the sun's rays are to be transmitted. E is a small spout, and F a handle, so that any portion of the liquid may conveniently be poured out, when the rest is to be diluted. The trough is made to fit into the open part of the skeleton eye-tube, **Fig. 2**, resting on the bottom G, and being held in its proper situation by the sides H and I. The end K, at the time of observation, is put into a short tube fixed to the Newtonian telescope, and may be turned about, so as always to have the open part H I horizontal. When the eyepiece **Fig. 3**, is screwed, by its end M, into the skeleton tube at L, **Fig. 2**, and the trough **Fig. 1**, with any liquid to be tried, is placed in the open part G H I, the sun's rays will come from the small mirror of the telescope to K, and, passing through the plain glasses C D, inclosing the liquid, will enter the eye-piece M, and, after the necessary refractions, come to the eye at N. Any other, single or double, eyepieces, of different magnifying powers, may be screwed into L, instead of the piece **Fig. 3**; and the liquid may easily be tempered so as to intercept a proper quantity of light to suit every eyeglass which is in use, and thus to render the inspection of the sun perfectly convenient.

March 21. There are five sets, containing 29 openings, none of which have any shallows. At equal distances from the limb, the corrugations are equally coarse all over the disk of the sun.

March 22. An additional opening, with surrounding ridges, has lately entered the north-following limb. I counted 21 openings.

March 31. An opening very near the preceding limb is surrounded by a shallow, which is bordered by a luminous ridge all round it. The opening itself is also bordered by an elevated edge, which is nearly as high as the general surface of the corrugations; but not so high as that which borders the shallow and stands above the general surface. April 1, ii" 30'. I saw the opening of yesterday go out of the limb: it was the only one left. 2" o'. The sun is now without any openings; but the corrugations are very luminous and rich.

April 2. A considerable opening has entered the disk, accompanied with ridges. From its present situation, I conclude it must have entered not long after my last observation yesterday. The sun is very rich in luminous corrugations, interspersed with bright nodules towards the south pole.

April 4. There are 4 considerable openings, and many ridges, as well as nodules, on the south and north preceding and following limbs. The north-preceding ridges extend into the sun, till I can no longer distinguish them; and begin again at the north-following side, as far as they generally can be

seen from the limb; so that there is probably a whole zone across the disk. Where I lose them, they are generally converted into tufted, rich, coarse corrugations, such as the sun is now everywhere covered with.

April 6. There are many ridges and rich corrugations; but I can perceive no opening. The air is not clear enough to discover very small ones.

April 8. A cluster of 7 small openings is visible: and many ridges.

April 10. Five sets contain 32 openings. The sun is full of rich tufted corrugations.

April 17. Two sets of openings contain 20 of them.

April 19. I count 45 openings. The corrugations are extremely rich. The whole solar surface seems to be studded with nodules. There are probably two belts of ridges across the sun's disk; for, on the preceding side, as well as on the following, I see two ends of belts of ridges very plainly, extending over all the space where these phaenomena can be seen. **April 20.** The whole surface of the sun is rich: the corrugations are tufted. I count more than 50 openings; many of them have considerable shallows about them.

April 23, 6h There are above 60 openings in the sun. The last set is much towards the sun's north pole, very rich in ridges, and disturbed neighbouring surface. **April 24.** I count above 50 openings. The corrugations seem to be closer than they were yesterday.

April 26. I viewed the sun through Port wine, and without smoke on the darkening glasses; but distinctness was much injured.

April 27. I count 39 openings. Many ridges and rich corrugations.

April 29. Six different sets contain 24 openings. There are many sets of ridges and rich corrugations. **4".** I viewed the sun through a mixture of ink diluted with water and filtered through paper. It gave an image of the sun as white as snow; and I saw objects very distinctly, without darkening glasses. As one of the largest openings had a considerable shallow, I found, in viewing it through this mixture, that the difference between what I suppose to be the light reflected from opaque, and the direct light of empyreal clouds, is now more striking than I ever had observed it before. The ridges, through this composition, appear whiter than the rest of the sun. The tops of the corrugations are whiter than their indentations, instead of approaching to a yellowish cast, as they do in my former way of seeing through green smoked glasses. The corrugations are very small and contracted to-day. Suspecting that this new way of seeing might represent objects less than they appear, when I view them through an eyepiece that gives them in the manner, I have been used to see them, I put on again the former composition; but found the corrugations as small and close then as they appeared before. I count 36 openings. When the ink mixture is more diluted, the sun's image will become tinged with purple. solution of green vitriol, with a sufficient number of drops of the tincture of galls to stop as much light as is required, gives a dark blue colour to the sun; and, by dilution with water, a light blue. It is considerably distinct. With this composition, the corrugations look whiter at the top than in their indentations. The tincture of galls, with as many drops of the solution of green vitriol as will turn it sufficiently black to stop light, makes the sun look of a deep red colour; and, by dilution, the red will be paler. This composition is not so distinct as the former.

May 2. 5h 20'. There are 36 openings, contained in six sets. As I have remarked, March 19th, April 4th, and April 19th, that ridges are generally placed in equatorial zones, so I now may add, that the different sets of openings have also been generally arranged in the same directions.

May 3. 11h 56'. Ink mixture. There are 37 openings, arranged in two zones. Four sets in the southern zone contain 27, and three sets in the northern have 10 openings. Through this mixture, I can observe the sun in the meridian, for any length of time, without danger to the eye or to the glasses, with a mirror of nine inches in diameter, and with the eye-pieces open, as they are used for night observations.

A MONTAGEM EQUATORIAL *LOPTRON* CEM70G

Luís Ramalho

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

<https://www.astrobin.com/users/LRamalho/>

Caracterização

A montagem CEM70G faz parte de um novo tipo de montagem equatorial introduzida pela *loptron* designada por “*Center-Balanced Equatorial Mount*”. O seu *design* oferece, de acordo com o fabricante, os benefícios do “revolucionário” *center balance*: estabilidade, precisão e operação mecânica suave, sendo capaz, além disso, de suportar 31,8 kg de carga. O *design* “*center balance*” é assim designado porque o peso da carga é diretamente posicionado sobre o centro do tripé ou peanha (*fig. 1* e *fig. 2*).



Figura 1

No momento em que escrevo, final de novembro de 2021, a *loptron* disponibiliza, nesta categoria de montagens, a CEM26, CEM40, CEM70 e a CEM120. Grande parte das características e modo de funcionamento que irão ser descritos neste artigo dizem respeito à CEM70, mas são aplicáveis, em grande parte, às restantes montagens desta categoria. A CEM70G faz parte da família que incorpora atualmente as versões *CEM70 standard* e a *CEM70EC*, a versão com *encoders* de alta precisão. A CEM70G vem equipada com telescópio-guia (*iGuider*) e um buscador polar eletrónico designado por *iPolar* (*fig. 3*), o qual garante um alinhamento polar rápido e preciso.



Figura 2



Figura 3

O comando de mão *Go2Nova 8407+* disponibiliza uma base de dados de 212 000 objetos (*fig. 4*). Com o mencionado comando é possível selecionar diretamente objetos do sistema solar, do céu profundo (catálogos Messier, NGC, IC, PGC, Caldwell, Abell e Herschel), estrelas (duplas, múltiplas e do catálogo SAO), assim como constelações, cometas, asteroides e outros objetos especificamente definidos pelo observador.

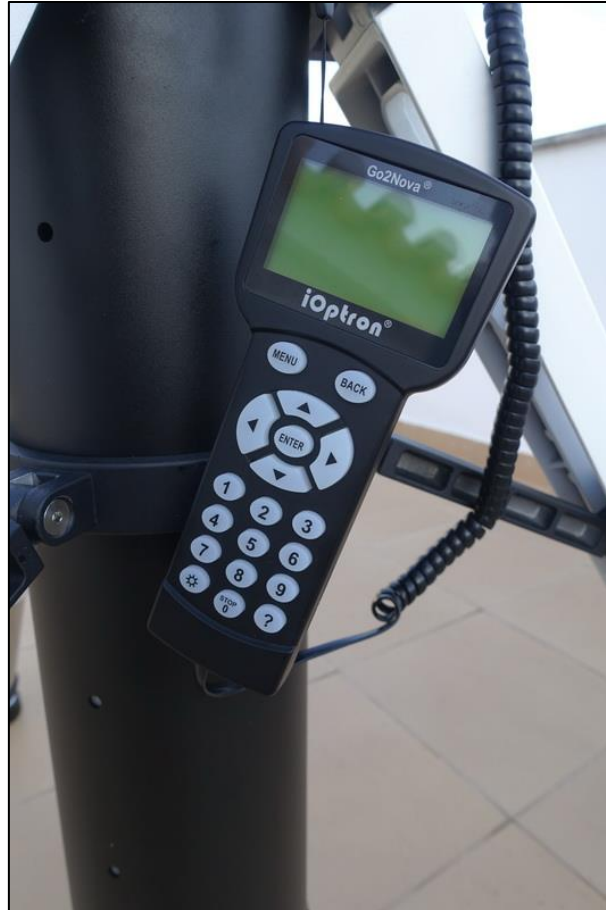


Figura 4

De acordo com o fabricante, a CEM70G consegue um erro periódico menor do que ± 3.5 segundos de arco, marca que a faz integrar o grupo das montagens equatoriais de nível elevado. A CEM70G é controlada por motor de passos com precisão de 0,07 segundos de arco e suporta também a correção permanente do erro periódico (PPEC). Usufrui de GPS de 32 canais, portas USB 2.0 e 3.0 e possibilidade de ligação por *WiFi*. Das várias montagens desta série, apenas a CEM70G disponibiliza *WiFi*, portas USB 3.0. e *iGuider*.

Em termos mecânicos, a CEM70G possui escalas de altitude e azimute bem legíveis e com ajustes de precisão, assim como uma bolha de nível. Uma característica das montagens *Ioptron* é a disponibilização de uma *dovetail saddle* dual, compatível com *dovetails Losmandy* e *Vixen* (*fig. 6*). A CEM70G beneficia de uma ótima gestão da cablagem porque permite passar internamente, quer os cabos de corrente elétrica, quer os cabos para transferência de dados, até à *dovetail saddle*, onde o telescópio fica montado.

Com esta montagem, a *Ioptron* fornece a antena *WiFi* externa, um contrapeso de 9,5 Kg e uma mala de transporte de alumínio. Note-se que o peso da CEM70G é de apenas 13,6 Kg, um valor relativamente modesto face à sua capacidade de carga.



Figura 5

O painel na base da montagem (fig. 5) apresenta uma ligação à corrente de 12V 5A (*input*), uma porta de autoguiagem com protocolo ST4, uma porta USB 3.0 para controlo da montagem e futuros *upgrades*, uma ligação para o comando de mão e a antena externa *WiFi*. Na parte superior da montagem (fig. 6), na *dovetail saddle*, são disponibilizadas, à retaguarda, três portas USB 3.0 e duas portas de corrente de 12V 3A (*output*). Na parte da frente da referida *dovetail* ainda existem duas saídas de corrente de 5A e uma porta auxiliar *iPORT* para ligar outros acessórios *Ioptron* (fig. 3). Estas tomadas de corrente são alimentadas pela entrada de corrente na base da montagem. É assim possível conectar diretamente na *dovetail saddle*, câmaras, rodas de filtros, focadores e outros dispositivos, evitando-se assim a selva de fios que muitas vezes leva ao desastre quando tropeçamos neles.

Para o tripé desta montagem, sugere-se o *Ioptron Tri-pier* (fig. 7), devido à sua estabilidade, reduzido comprimento, peso aceitável e mala de transporte com rodas. De notar que este tripé é extensível, ou seja, permite afastar em altura a montagem, evitando que telescópios e câmaras acabem por bater nos pés quando apontam na direção próxima do zénite. Um defeito que irá ser certamente descoberto pelo utilizador é que a tinta preta do tripé salta com muita facilidade e é impossível, por isso, mantê-lo prístino

O software necessário para operar a CEM70G é o *Ioptron Commander* (fig. 8) e *Ioptron iPolar* (fig. 9). O primeiro permite operar a montagem e definir todos os parâmetros necessários através do computador e o segundo serve para aceder e controlar o buscador polar eletrónico. Ambos os programas podem ser descarregados da página web da *Ioptron*.

Colocação em funcionamento

A instalação da CEM70G na base do tripé começa por ser um pouco desgastante porque o aperto dos dois parafusos que estão na base da montagem não é fácil devido à sua dificuldade de acesso. De facto, torna-se até irritante quando ao fim de 5 minutos ainda não conseguimos acoplar a montagem no tripé devido à impossibilidade de podermos centrar de forma rápida os parafusos da CEM70G com as roscas fêmeas da base do tripé.



Figura 6



Figura 7

O expediente mais utilizado é fazer umas marcações a lápis no tripé e na base da montagem que permitam posteriormente o alinhamento necessário de forma rápida. O aperto dos referidos

parafusos é feito com chave hexagonal de 6mm disponibilizada e guardada na própria base da montagem. Esta chave tem também uma outra função adicional ao ser utilizada para trancar o eixo de Ascensão Reta para efeitos de transporte, evitando que as tensões e vibrações se transmitam ao respetivo motor.

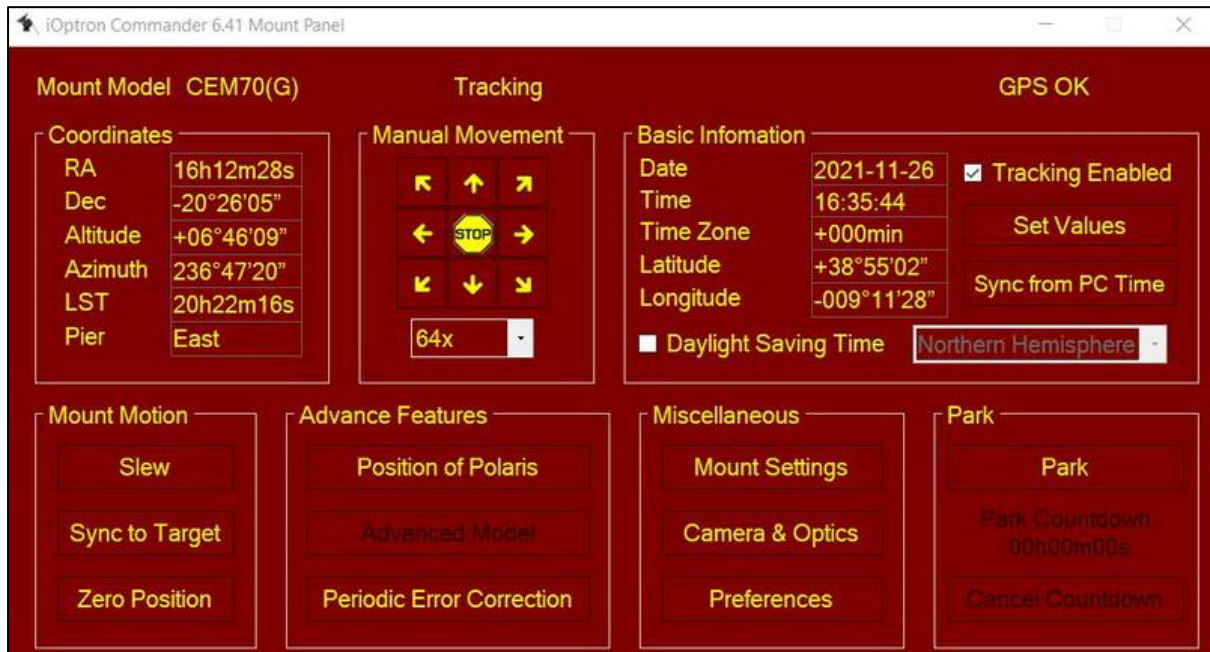


Figura 8

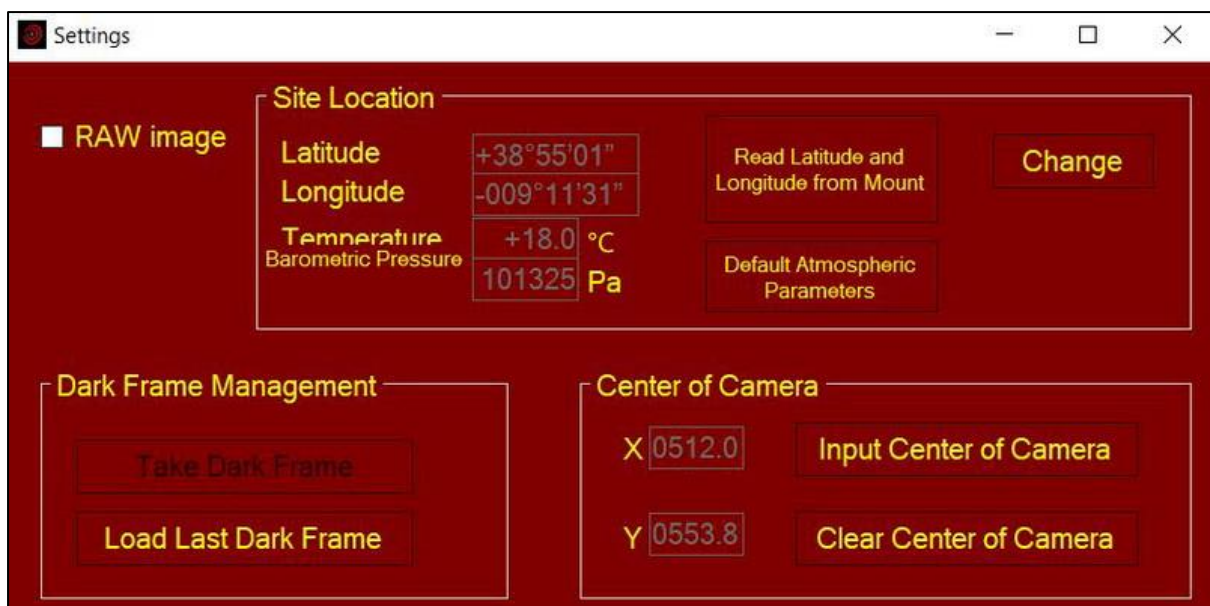


Figura 9

Uma questão importante diz respeito ao processo de balanceamento da montagem quando o telescópio e contrapeso já se encontram instalados. Quando está destravada em Ascensão Reta, a montagem desloca-se sem qualquer atrito, sendo necessário ter mesmo muito cuidado para não a deixar movimentar em “roda livre”. A acontecer, tal situação poderá traduzir-se em danos no equipamento.

O alinhamento polar

O ajuste da altitude é facilitado pela leitura da latitude fornecida pelas coordenadas do local dadas pelo GPS. A precisão daquele ajuste é de 0,5 minutos de arco. Quando a montagem é ligada, o recetor GPS fornecerá, a partir dos satélites, o tempo UTC, a longitude e a latitude, mas ainda é necessário ajustar alguns parâmetros, nomeadamente a informação sobre o fuso horário e a hora de Verão/Inverno.

O alinhamento polar é o processo mais impactante para o novo utilizador desta montagem. É impressionante como, em cerca de 1 minuto, podemos colocar esta montagem em estação graças ao buscador eletrónico polar, acessível através do software *iPolar*, já referido.

O buscador eletrónico polar mais não é do que uma câmara instalada no eixo de Ascensão Reta e paralela ao eixo polar, com um campo de visão de 13º e que, depois de ligada ao mencionado software, identifica as estrelas na proximidade do polo e indica a localização exata do polo norte. Este processo de identificação é quase instantâneo desde que já estejamos direcionados ao polo norte a menos de 6º.

O uso do *iPolar* exige sempre que sejam tirados *dark frames* para evitar que pixéis quentes possam ser confundidos por estrelas. É necessário também introduzir no programa as coordenadas do lugar. Na primeira utilização, o programa assume que o buscador polar está fisicamente alinhado e paralelo com o eixo da Ascensão Reta, embora peça sempre o cumprimento de uma rotina de alinhamento.

Na prática, o buscador polar estará alinhado se ao rodar a montagem em Ascensão Reta a cruz que indica o centro de rotação não se mover na imagem dada pelo *iPolar*. Se tal não acontecer, então o *iPolar* não está alinhado paralelamente ao eixo de Ascensão Reta e necessitamos de introduzir no programa *Ipolar* as coordenadas do pixel que representa o centro de rotação. Podemos fazer isso por erro, tentativa e desvio, tentando encontrar o pixel que minimiza a rotação da mencionada cruz quando rodamos a montagem em Ascensão Reta. Há relatos na internet em que os utilizadores se queixam que este buscador vem desalinhado de fábrica. No nosso caso, isso efetivamente aconteceu e foi necessário promover ao seu alinhamento, tarefa que não assume dificuldades de maior, tal como é explicado de seguida.

Dado que o CCD do buscador polar eletrónico tem a dimensão de 1280x960 pixéis, o seu centro geométrico está no pixel com as coordenadas (640, 480). No caso da montagem agora em análise e usando este centro o erro de alinhamento polar atingia quase os 70 minutos de arco, valor não aceitável para a astrofotografia (*fig. 10*). Depois de definir o pixel do CCD que efetivamente representa o centro de rotação do eixo de Ascensão Reta para as coordenadas (512, 553) foi possível reduzir o erro de alinhamento polar para uns meros 2,8 minutos de arco (*fig. 11*). Esta medição foi realizada com o software de guiagem PHD2. É de referir que a precisão máxima deste buscador eletrónico polar é de 30 segundos de arco.

Deste modo, uma vez estando calibrado o referido buscador podemos garantir que conseguimos quotidianamente colocar em estação esta montagem equatorial em cerca de 1 minuto. Na *fig. 12* pode ver-se o afastamento ao polo, que é medido pela distância da cruz ao círculo, que por sua vez indica a posição do polo norte. Mantendo os olhos no monitor do computador e ajustando apenas a altitude ou azimute da montagem, podemos fazer deslocar a mencionada cruz para o centro do círculo. Com este procedimento, conseguimos o alinhamento polar (*fig. 13*). A única desvantagem deste processo é a necessidade de usar um computador para realizar o alinhamento polar, já que esta montagem não permite fazer o alinhamento visualmente dado que não possui um buscador polar ótico.

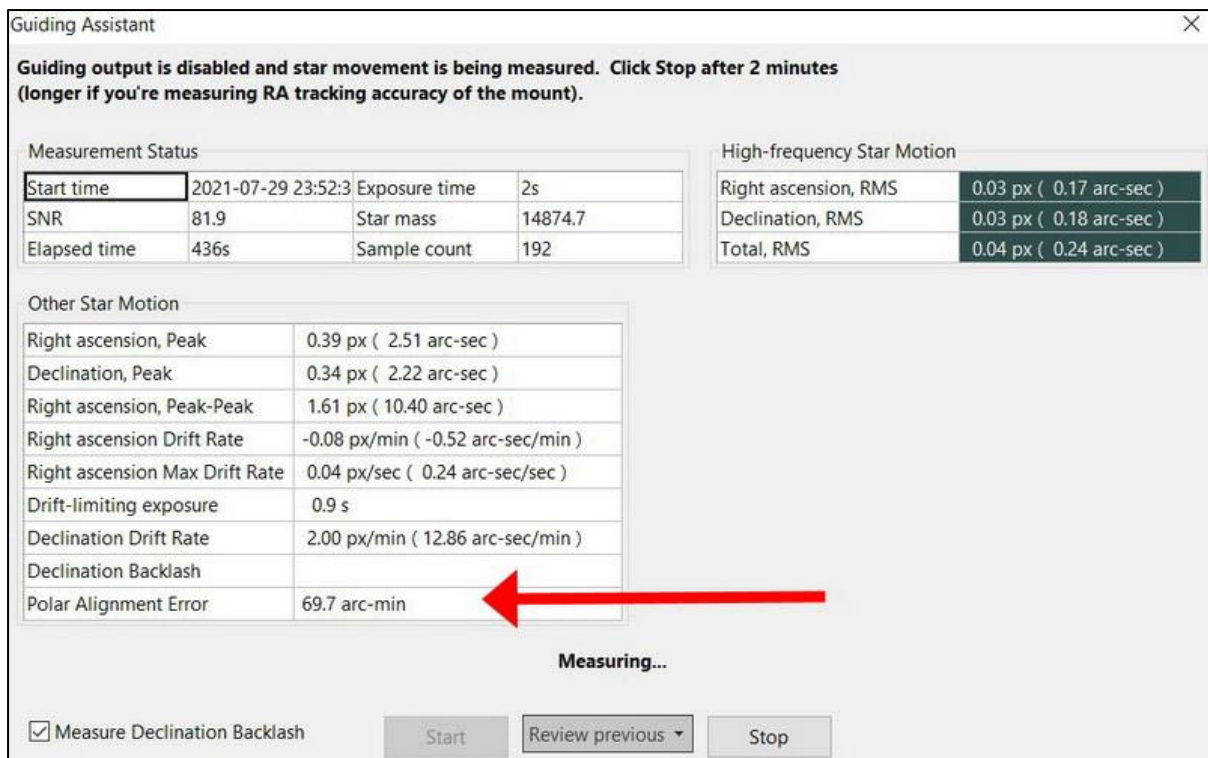


Figura 10

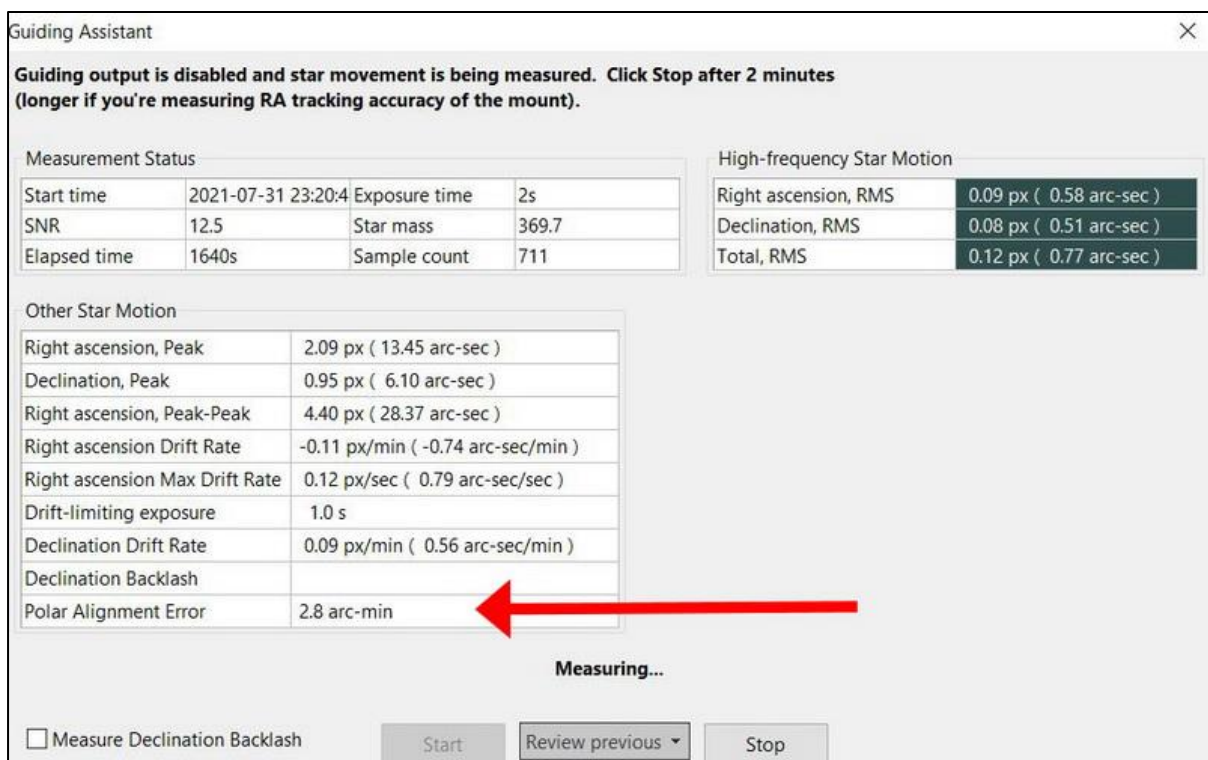


Figura 11

Funcionamento

No momento em que é ligada, a CEM70G lê as coordenadas do lugar dadas pelo sistema GPS, tal como referido. O facto de a montagem conhecer o seu posicionamento e a hora correta permite que seja desligada e mais tarde ligada sem perder a precisão na busca dos objetos (*power-down memorization*). De facto, a montagem pode memorizar a sua posição em A.R. e em DEC se for desligada por acidente,

mesmo durante a velocidade máxima de apontamento. Quando a corrente regressar, basta seleccionar o objeto celeste pretendido que a CEMG colocá-lo-á no campo de visão da ocular ou do CCD, desde que não seja, de alguma forma, entretanto deslocada do lugar, nem movimentada manualmente.

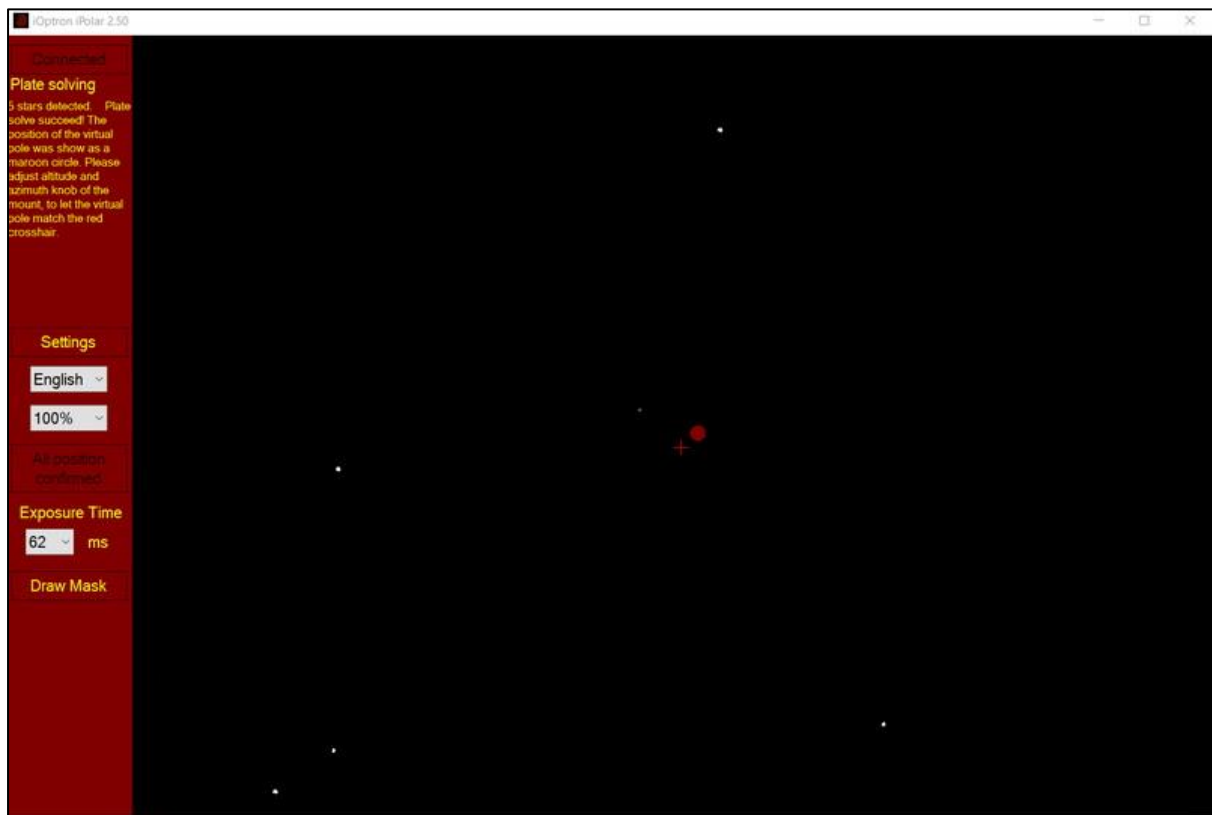


Figura 12

A CEM70G disponibiliza várias velocidades de seguimento, nomeadamente a velocidade solar, lunar, sideral, King e também uma velocidade customizada às necessidades do utilizador. Tem 9 velocidades de deslocamento (1x, 2x, 8x, 16x, 64x, 128x, 256x, 512x e Max (3,75º/segundo). Note-se que a velocidade King foi desenvolvida por Edward S. King e corrige a velocidade de seguimento do telescópio tendo em conta a refração atmosférica, sendo útil para seguimento sem guiagem.

Depois da colocação em funcionamento, é conveniente promover a sincronização da CEM70G com os objetos no céu, permitindo à montagem a criação de um modelo do céu que otimiza a precisão de apontamento aos objetos celestes. A montagem disponibiliza vários processos de alinhamento que resultam em diferentes graus de precisão, nomeadamente o alinhamento por uma estrela, o alinhamento por duas estrelas, o alinhamento por três estrelas, o alinhamento pelo sistema solar e o alinhamento polar por iteração. Todavia, devemos ter em mente que o céu não pode ser modelizado apenas por três estrelas e que a escolha de estrelas distintas resultará em diferentes erros.

A sincronização em duas estrelas pode ajudar a melhorar o alinhamento polar da montagem. A CEM70G mostrará no visor do comando os erros de altitude e azimute. Estes erros podem ser utilizados para melhorar o ajuste fino ao polo. O alinhamento por utilização de três estrelas, permite determinar adicionalmente o cone de erro existente entre o telescópio e a montagem, isto é, a falta de perpendicularidade entre o OTA e DEC. O sistema usará estes dados para calcular o modelo de *Goto*. Se este erro for considerado demasiado elevado sugere-se o ajuste do telescópio para o alinhar ortogonalmente com a montagem.

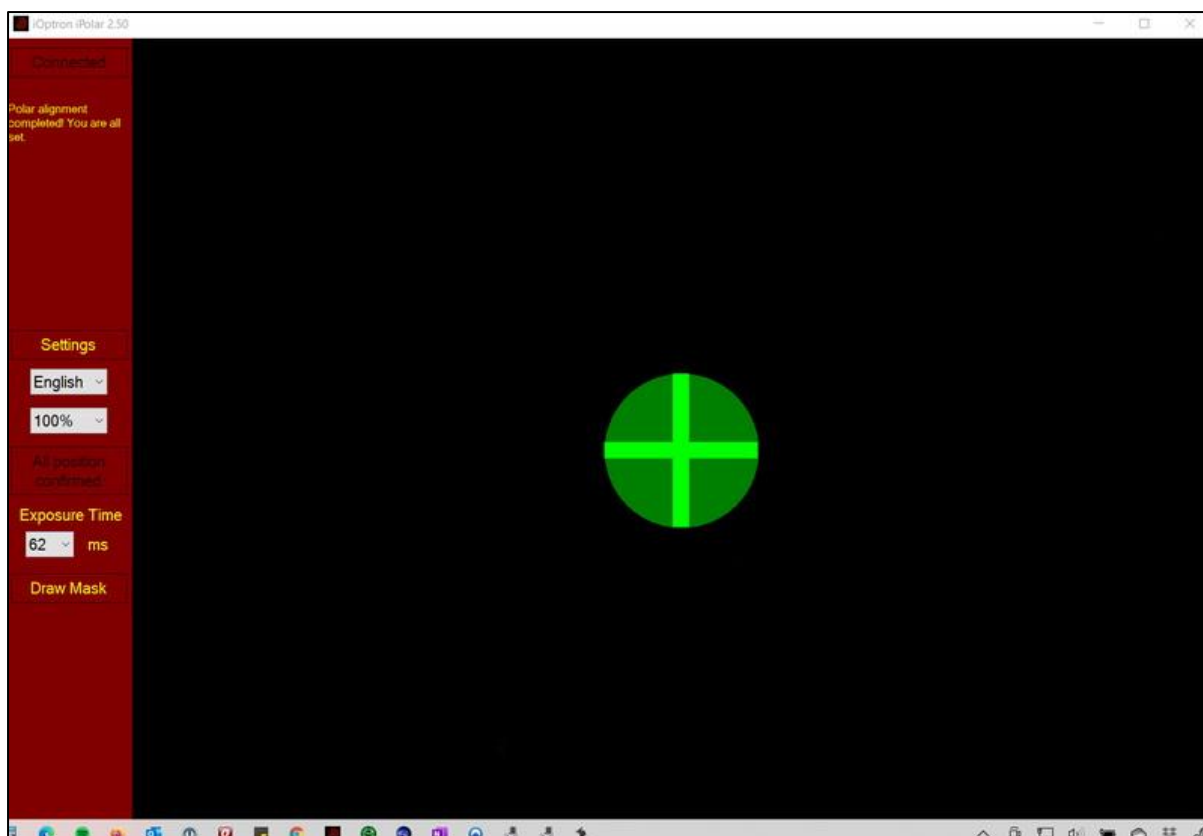


Figura 13

A função de alinhamento pelo sistema solar permite a sincronização através de objetos celestes deste sistema, útil quando apenas estão visíveis no céu poucos objetos, como a Lua, alguns planetas, ou apenas o próprio Sol. Por sua vez, o alinhamento por iteração polar permite fazer o alinhamento ao polo quando este não esteja visível no nosso local de observação. Este processo resume-se a apontar o telescópio a determinadas estrelas de forma repetida ajustando, em cada ciclo, a altitude e/ou azimute de tal modo que os erros de alinhamento vão iterativamente convergindo para zero.

Guiagem por iGuider

A CEM70G tem integrado na *dovetail saddle* um pequeno telescópio de guiagem designado por *iGuider* (fig. 3) com 30mm de abertura e 120mm de distância focal e respetiva câmara de guiagem, podendo esta ser controlada pelos programas existentes no mercado, nomeadamente o MaximDL ou o PHD2, através de *drivers* ASCOM. A câmara de guiagem tem a resolução de 1280x960 com pixels de 3,75 micrómetros.

Desta forma, se utilizarmos um telescópio de distância focal pequena ou moderada é possível usarmos o *iGuider* sem necessidade de montarmos um telescópio-guia dedicado. Assim, esta montagem é muito apropriada para levar para o campo porque permite abdicar de transportar o telescópio de guiagem que normalmente é necessário para fazer astrofotografia de longa exposição. A *dovetail saddle* apresenta na lateral um pequeno botão através do qual poderemos focar o pequeno telescópio-guia. Foi testada a guiagem através do software de guiagem PHD2 com amplo sucesso. A fig. 14 mostra o painel deste software em pleno funcionamento.

A CEM70G permite também a gravação do erro periódico (PEC), processo que poderá melhorar ainda mais a suavidade da velocidade de seguimento, compensando as irregularidades das engrenagens. A *loptron* recomenda a utilização da câmara de guiagem para proceder à gravação do erro periódico,

necessitando de 348 segundos (tempo de revolução da roda da Ascensão Reta). Depois desse tempo, a gravação interrompe-se automaticamente e o PEC é gravado de forma permanente no chip do motor da Ascensão Reta até que se proceda a nova gravação.

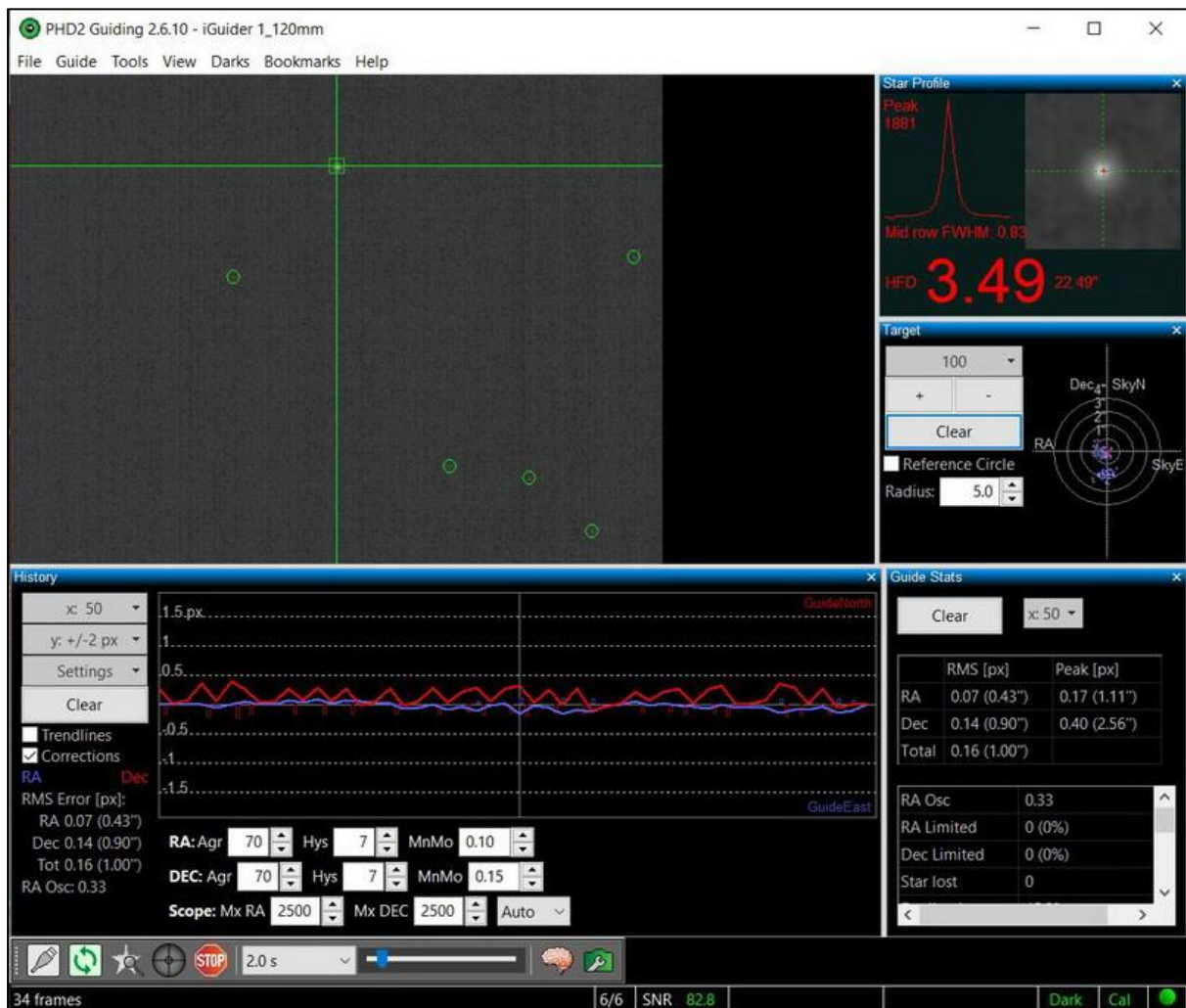


Figura 14

Contudo, se realizarmos a gravação em dia de turbulência elevada ou em estrela a baixa altitude arriscamo-nos a introduzir correções desnecessárias e falsas, que impactarão de forma negativa na qualidade do PEC, podendo acontecer que a montagem venha a apresentar uma guiagem de pior qualidade com o PEC ativado. Nesta medida, talvez seja prudente não usar o PEC e beneficiar do baixo erro periódico nativo desta montagem (< 3.5 segundos de arco).

De salientar, ainda, que para quem tem problemas com os vizinhos ou em casa devido à emissão de ruído noturno talvez seja melhor optar por uma montagem mais silenciosa. Em nossa opinião é um dos pontos mais desfavoráveis da CEM70G. Procedemos à medição do ruído emitido quando em modo de velocidade normal de apontamento e este oscilou no intervalo entre os 60db e os 70db. Pode ser um nível de ruído incomodativo para os mais sensíveis.

Ligação por WiFi

A versão "G" da CEM70 é a única que permite ligação via WiFi (na fig. 5 é possível ver a pequena antena). Ativando esta funcionalidade a montagem passa a emitir uma rede em que é possível aceder sem fios, por exemplo, através do nosso telemóvel ou tablet. Testámos esta funcionalidade através

do software *SkySafari* na versão IOS e ficámos absolutamente convencidos, não só da estabilidade da ligação, como da qualidade do programa. Para conseguirmos aceder à rede *WiFi* da CEM70G é necessário introduzir os seguintes parâmetros no *SkySafari*

Scope type: **loptron CEM-120** (sim, tem mesmo que ser CEM-120)

Mount type: **Equatorial Goto (German)**

IP Adress: **10.10.100.254**

Port number: **8899**

Controlar a montagem através do *IPhone* ou *IPad* é muito confortável e adequado nas sessões de observação visuais, quando o que apenas necessitamos é navegarmos pelos vários objetos sem ter necessidade de estarmos ligados a câmaras, rodas filtros, etc., através do computador. E, nesta tarefa, o *SkySafari* é um programa inexcelável, muito apelativo e com um conjunto de funções muito úteis ao observador. Se fizermos de forma regular a sincronização deste planetário com o objeto celeste observado vamos mantendo a precisão do apontamento.

Parqueamento

A montagem dispõe da função de parquear o telescópio. Se estiver montada num observatório, esta função é muito útil porque a CEM70G manterá o alinhamento e os pontos de referência. Possui seis pontos de parqueamento: duas posições horizontais, duas posições verticais, a “posição corrente” e, alternativamente, podemos introduzir uma combinação de altitude e azimute, na denominada posição personalizada.

Atualizações de *firmware*

O *firmware* do comando de mão 8407+ e da placa principal pode ser atualizado através da página disponibilizada pela *loptron* para o efeito. O *firmware* da CEM70G é atualizável através da porta USB, enquanto o comando de mão se atualiza ligando-o via RS232 ao computador (torna-se necessário um conversor para USB, que não é disponibilizado no conjunto dos acessórios que acompanham a CEM70G). A versão mais recente do referido comando é já atualizável usando a mesma ligação USB da própria montagem, dispensando o referido conversor.

Conclusão

A CEM 70G é uma montagem de médio porte com um peso relativamente diminuto face à sua excelente capacidade de carga. Possui todas as funções necessárias quer à observação visual, quer à astrofotografia. A sua construção é muito sólida e com o *Tri-pier* pode com telescópios de quase todas as dimensões. A compatibilidade *Vixen - Losdmandy* da sua *dovetail saddle* torna desnecessário a aquisição de adaptadores adicionais para o acoplamento dos telescópios.

O buscador eletrónico polar revelou-se um benefício difícil de superar, permitindo a colocação em estação de forma rápida a poucos minutos de arco do polo. A desvantagem é que estamos dependentes de um computador para podermos levar a cabo esta tarefa de alinhamento. Por outro lado, a incorporação de um telescópio-guia e respetiva câmara é uma mais-valia porque pode evitar o transporte de um telescópio adicional para essas funções.

O sistema de menus do controlo de mão é muito intuitivo e facilmente decoramos o “caminho” para as funções pretendidas, mas a possibilidade de ligação *WiFi* ao planetário *SkySafari* do nosso telemóvel ou *tablet* eleva a comodidade de utilização para outro patamar de possibilidades.

Como ponto mais negativo poderíamos sublinhar o ruído excessivo associado à velocidade (normal) de apontamento, o qual poderá incomodar os morcegos das redondezas.



APAA

Associação
Portuguesa
de Astrónomos
Amadores

DESEJA PUBLICAR UM ARTIGO NA REVISTA *ASTRONOMIA DE AMADORES*?
ENCONTROU UMA TÉCNICA INTERESSANTE DE OBSERVAÇÃO OU DE
ASTROFOTOGRAFIA QUE GOSTARIA DE PARTILHAR?

CONTACTE A APAA ATRAVÉS DO E-MAIL: APAADIR@GMAIL.COM

Os artigos são sujeitos a uma apreciação prévia, pelo que a APAA não pode garantir a publicação de artigos que não reúnam os requisitos necessários.

CARO LEITOR: SE GOSTA DOS ARTIGOS PUBLICADOS NA REVISTA *ASTRONOMIA DE AMADORES*,
DIVULGUE-A JUNTO DOS SEUS CONTACTOS E AMIGOS.