

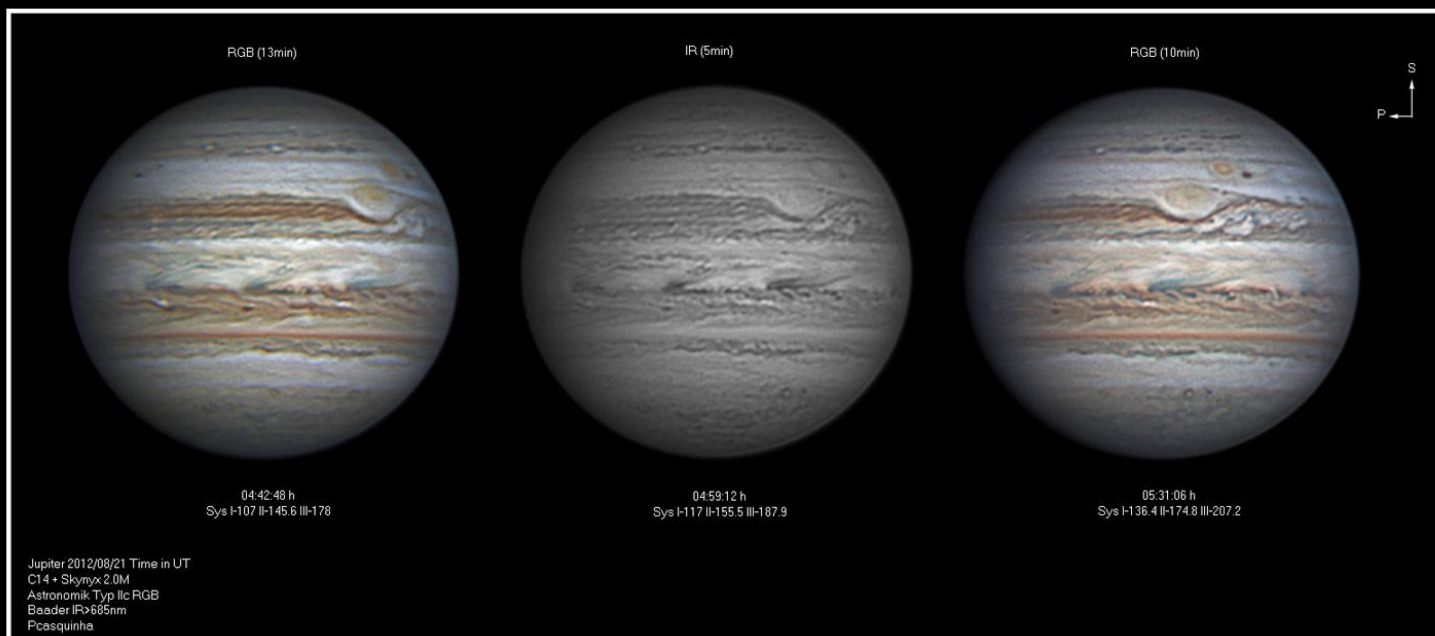


APAA

Associação
Portuguesa
de Astrónomos
Amadores

ASTRONOMIA de Amadores

N.º 44 Janeiro/Junho 2013



BREVE HISTORIAL DAS PUBLICAÇÕES DA APAA

Pedro Ré e Guilherme de Almeida

A MASSA DE AR E A SUA DETERMINAÇÃO ANALÍTICA

Guilherme de Almeida

OS PARÂMETROS INSTRUMENTAIS E A MAGNITUDE ESTELAR DETECTÁVEL

Guilherme de Almeida

UTILIZE O SEU TELESCÓPIO COMO UM TELÉMETRO MULTIFUNCIONAL

Guilherme de Almeida

SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS: O QUE SÃO E COMO FOTOGRAFÁ-LOS

Carreira Martins

ALINHAMENTO POLAR DE UMA MONTAGEM EQUATORIAL ALEMÃ

Carreira Martins

FIRST LUNAR MAPS

Pedro Ré

RITCHY'S FIXED UNIVERSAL TELESCOPE

Pedro Ré

RUSSELL PORTER (1871-1949) AND THE GLASS GIANT OF PALOMAR

Pedro Ré

ASTRONOMIA DE AMADORES

Revista de divulgação astronómica (n.º 44) — Janeiro/Junho — ano 2013

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

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

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

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

REVISTA ASTRONOMIA DE AMADORES

Equipa redactorial: Pedro Ré, Guilherme de Almeida.

Periodicidade: Semestral

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

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

Colaboraram neste número: Pedro Ré, Guilherme de Almeida, José Pedro Carreira Martins

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

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE ASTRÓNOMOS AMADORES (APAA)

Direcção

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

Secretário-Adjunto: Raimundo Ferreira.

Mesa da Assembleia-Geral

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

Conselho Fiscal

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

Pagamento de quotas

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

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

Novos sócios:

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

OBSERVATÓRIO APAA

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

ÍNDICE

BREVE HISTORIAL DAS PUBLICAÇÕES DA APAA	3
Pedro Ré e Guilherme de Almeida	
A MASSA DE AR E A SUA DETERMINAÇÃO ANALÍTICA	8
Guilherme de Almeida	
OS PARÂMETROS INSTRUMENTAIS E A MAGNITUDE ESTELAR DETECTÁVEL..	12
Guilherme de Almeida	
UTILIZE O SEU TELESCÓPIO COMO UM TELÉMETRO MULTIFUNCIONAL.....	17
Guilherme de Almeida	
SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS: O QUE SÃO E COMO FOTOGRAFÁ-LOS	20
Carreira Martins	
ALINHAMENTO POLAR DE UMA MONTAGEM EQUATORIAL ALEMÃ	24
Carreira Martins	
FIRST LUNAR MAPS	28
Pedro Ré	
RITCHY'S FIXED UNIVERSAL TELESCOPE	33
Pedro Ré	
RUSSELL PORTER (1871-1949) AND THE GLASS GIANT OF PALOMAR.....	41
Pedro Ré	

FOTOGRAFIA DA CAPA

JÚPITER: 21 DE AGOSTO DE 2012. C14 + SKYNYX 2.0M.

ASTRONOMIK TYP IIC RGB + BAADER IR >685 NM.

PAULO CASQUINHA

BREVE HISTORIAL DAS PUBLICAÇÕES DA APAA (ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE ASTRÓNOMOS AMADORES)

Pedro Ré
<http://astrosurf.com/re>

Guilherme de Almeida
g.almeida@vizzavi.pt



Início, circunstâncias e objectivos

A APAA (Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores) foi fundada em 25 de Junho de 1976. A correspondente escritura foi efectuada na Secretaria Notarial de Sintra, onde compareceram Rui Fernando Morna; Joaquim Soares Garcia; José da Cruz Madaleno; Maria Aliete Garcia e Miguel Augusto Tavares. A APAA teve inicialmente como sede provisória a residência de um dos outorgantes (Joaquim Garcia) na Rua de S. Bruno nº 25 em Caxias. Pouco tempo depois a sede seria transferida para a Rua Alexandre Herculano, nº 57, 4.º Dto, 1250 Lisboa, mantendo-se até aos nossos dias neste mesmo local. Joaquim Soares Garcia (1934-1998), com quem os autores do presente artigo aprenderam as técnicas de construção de superfícies ópticas, foi o seu sócio n.º 1. O primeiro autor deste artigo é o sócio n.º 2 e o segundo autor é o sócio n.º 169. Pela APAA passaram mais de 1500 sócios.

O objectivo inicial daquela que continua a ser, contra todos os ventos do destino, a mais antiga e sólida associação de astrónomos amadores existente em Portugal, foi delineado no artigo primeiro dos seus estatutos:

"(...) reunir todas as pessoas interessadas teórica ou praticamente pela Astronomia e promover a sua expansão e divulgação".

Este objectivo mantém-se inalterado passados 35 anos. A APAA tem contribuído muito significativamente para o desenvolvimento da Astronomia da Amadores em Portugal através de um conjunto de actividades muito diversificadas."

Entre as diversas actividades da APAA conta-se a publicação de uma revista, acontecimento meritório mas sentido por várias associações, não só em Portugal como lá fora. De facto, a necessidade de uma revista com a função de manter os astrónomos a amadores unidos por um bem comum é de há muito conhecida. Já em 1879, o conhecido astrónomo divulgador e escritor francês Camille Flammarion (1842-1925) reconheceu que existiam *três* elementos importantes para o desenvolvimento da "instrução astronómica" entre amadores. E logo o primeiro desses pressupostos enuncia:

1. *"uma revista mensal que pudesse pôr todas as pessoas que se interessam por estes importantes assuntos a par dos progressos que continuamente se verificam no conhecimento do Universo" (adaptação do original ao português actual);*

Por tudo isto, e curiosamente na linha do primeiro pressuposto de Flammarion, conta-se a elaboração, paginação e distribuição de uma revista própria da APAA, elemento aglutinador da sua massa associativa, que atravessou diversas fases, com diversos ritmos de publicação anual, e teve diferentes títulos ao longo dos tempos. É esse o propósito do presente artigo.

A revista da APAA, nas suas diversas formas e variados ritmos

Falemos então da revista da APAA, que teve diferentes títulos e acolheu ao longo os tempos valiosos e úteis artigos, escritos pelas mãos de numerosos e dedicados autores. E para que as novas gerações melhor conheçam como se fez o arranque da revista, nada melhor do que o conteúdo do Editorial do seu primeiro número, agora histórico.

EDITORIAL [da revista n.º 1 (Janeiro - Fevereiro de 1977)]

«A data de 25 de Junho de 1976, em que formalmente se constituiu a ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE ASTRÓNOMOS AMADORES, ficou a marcar um momento significativo na humilde existência dos amadores portugueses da Astronomia.

Humilde, não por falta de entusiasmos e de persistência em alimentar um sonho, nem tão pouco por carência de valores que, embora isoladamente, souberam levar a cabo trabalhos de mérito e realizações ousadas, mas sim porque a prática de Astronomia se limitou, durante anos, entre os amadores, a um assunto privado que não ultrapassava, no geral, os limites da intimidade de cada um.

O aparecimento da Associação trás [grafia original] consigo uma alteração das dimensões do problema que, de privado e de íntimo, surge agora com dimensão social.

E apesar de ensaiar ainda pequenos e inseguros passos a a APAA tem já (pela sua própria natureza) dimensão nacional embora na prática, por falta de elementos, a sua acção ainda se não estenda efectivamente ao País todo.

Logo após a fundação se sentiu a necessidade de criar um vínculo de comunicação específica entre a Associação e os seus associados que fosse ponto de convergência de todos os astrónomos amadores, tal como a própria Associação. Por isso seria o seu órgão.

Convergência e simultaneamente ponto irradiante, porque o Boletim da APAA haveria de transmitir a vida da própria Associação e de difundir as experiências, os trabalhos e as reflexões dos associados acerca dos diversos aspectos que a Astronomia lhes suscite.

Este primeiro número do BOLETIM marca assim outro momento importante da vida dos astrónomos amadores portugueses na medida em que concretiza de forma visível a dimensão mais vasta que a Astronomia passou a ter para estes.

O seu lançamento constitui uma responsabilidade que cai em primeira mão sobre o órgão de gestão da APAA e logo, em plano mais vasto, sobre todos os associados.

Da mesma forma que a Associação é de todos nós e para todos nós, também o BOLETIM é de todos os associados e nenhum se poderá sentir dispensado de lhe dar a sua colaboração.

Neste campo, como de resto em toda a vida associativa, a APAA lança chamada geral à maneira do que fazem os nossos próximos colegas rádio-amadores [grafia original] (a quem se devem tantos progressos técnicos no horizonte das rádiocomunicações [grafia original]).

No EDITORIAL do primeiro número de qualquer publicação, o uso tem consagrado a prática de estabelecer a definição da sua natureza e dos objectivos a alcançar.

No caso presente, a tarefa encontra-se simplificada pois que a natureza do BOLETIM DA APAA é, em grande parte, a que decorre da natureza da própria Associação, de que é o órgão oficial: terá carácter informativo no sentido mais lato e dirige-se, antes de mais, aos astrónomos amadores associados da APAA e bem assim a todos aqueles que—fazendo ou não da Astronomia a sua segunda ocupação—se interessam pelos problemas astronómicos.

Constitui finalidade do BOLETIM dar aos seus associados um meio de comunicação dos seus trabalhos, fornecer-lhes informações de base e elementos úteis para a prática da Astronomia, fazer conhecidas de maior número aquelas experiências que, de outro modo, apenas o próprio beneficiavam e, em plano mais geral, constituir o fio condutor que estabeleça a ligação entre os associados e a Associação, bem como dos associados entre si.

Através deste condutor, naturalmente, haverá um fluxo de dois sentidos cujo caudal dará a medida do interesse e desempenho que a Associação e associados forem capazes de dedicar à construção comum que se tem em vista.

Poderá, ainda, o BOLETIM atingir pessoas não vinculadas à APAA mas que, de qualquer modo, mostrem interesse pelos nossos problemas.

O BOLETIM pretende ser uma porta aberta também para estes; porta de entrada, já se vê.

O Conselho de Gestão»

Para dar aos nossos leitores uma ideia mais completa dos primeiros passos da revista da APAA, inicialmente denominada "Astronomia de Amadores – Boletim da APAA", apresenta-se seguidamente a capa do primeiro número, acompanhada pelos "sumários" (actualmente chamados "índices") dos dois primeiros números.

A revista "Astronomia de Amadores — Boletim da APAA"

ANO I, n.º 1, Janeiro – Fevereiro de 1977 (índice e capa)

SUMÁRIO:

02 EDITORIAL

Conselho de Gestão.

04 ASTRONOMIA DE AMADORES?

Rui Morna

07 COMETA KOHOUTEK: CONSIDERAÇÕES SOBRE A SUA OBSERVAÇÃO

Joaquim Garcia e José Madaleno

09 FOTOGRAFIA DE CONSTELAÇÕES

Pedro Ré

11 CLASSIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES

Elmano Dória

15 CONSTELAÇÃO DO ORIONTE

Lurdes Garcia

20 VIDA ASSOCIATIVA

23 EFEMÉRIDES

32 NOTA DA ADMINISTRAÇÃO



Astronomia de Amadores — Boletim da APAA, ANO I, n.º 2, Março – Abril de 1977

SUMÁRIO:

02 EDITORIAL

Conselho de Gestão.

02 CONHEÇA A APAA

03 EVOLUÇÃO RECENTE DA ACTIVIDADE SOLAR

Rui Morna

07 CONSTRUÇÃO DE UM TELESCÓPIO

Joaquim Garcia

11 OCULARES

Pedro Ré

14 PÁRA-SOL PARA MÁQUINA FOTOGRÁFICA

Elmano Dória

16 CONSTELAÇÃO DA LIRA

Lurdes Garcia

19 VIDA ASSOCIATIVA

Rui Morna e José Madaleno

21 EFEMÉRIDES

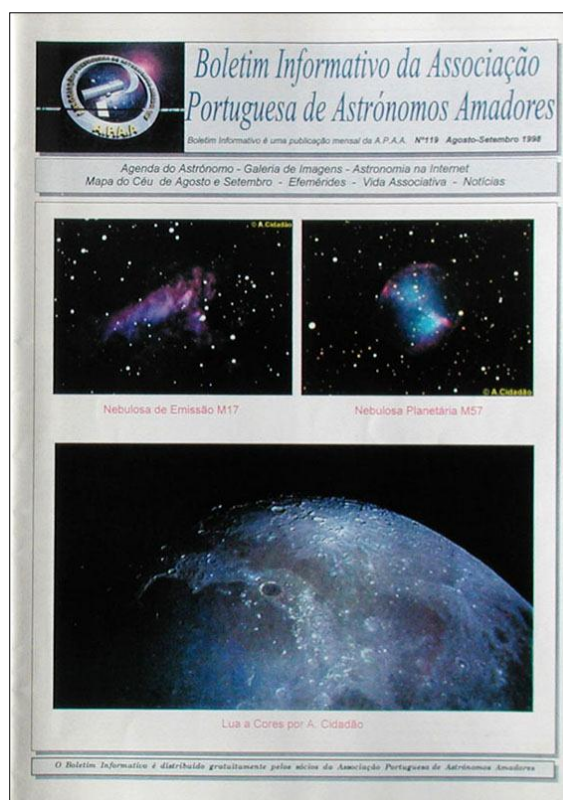
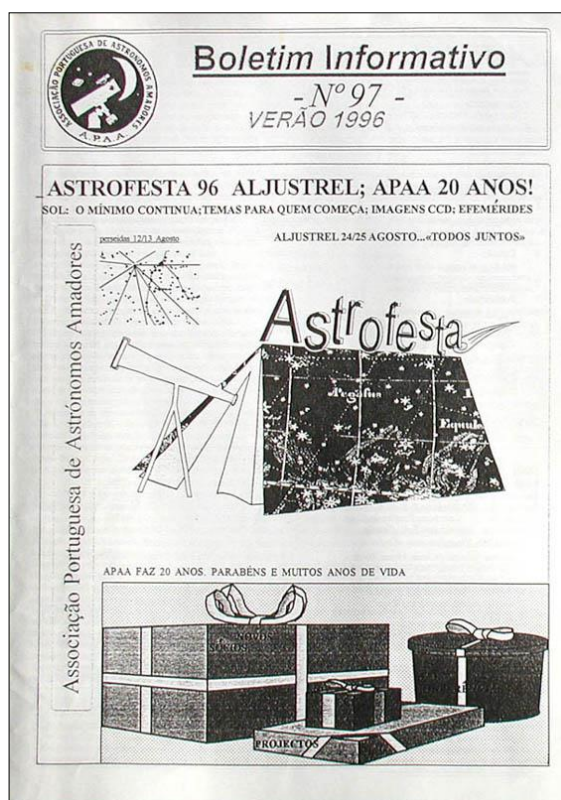
29 NOTA DA ADMINISTRAÇÃO.

Evolução e continuidade editorial: A revista da APAA ao longo dos tempos

O "Boletim Informativo" da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores

O "Boletim Informativo da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores" teve uma vida longa, pautada pelo facto de ser, na época, o único elo de comunicação entre a APAA e os sócios de fora de Lisboa. Este histórico Boletim passou por diversas periodicidades, dependendo da disponibilidade de textos para publicar e dos recursos humanos para tal publicação.

Até ao número 98 foi quadrimestral, passando a mensal do número 99 até ao número 118. Este número 99 marcou o início das capas a cores, cujo custo adicional de reprodução foi possível com a colaboração do associado Santos Inácio (falecido em 2009). O custo crescente dos portes de correio ditou o alongamento gradual da sua periodicidade. O número 119 já se referiu a um bimestre (Agosto-Setembro de 1998). O último número publicado sob este título foi o 120 e reportou-se ao trimestre Outubro-Dezembro de 1998).

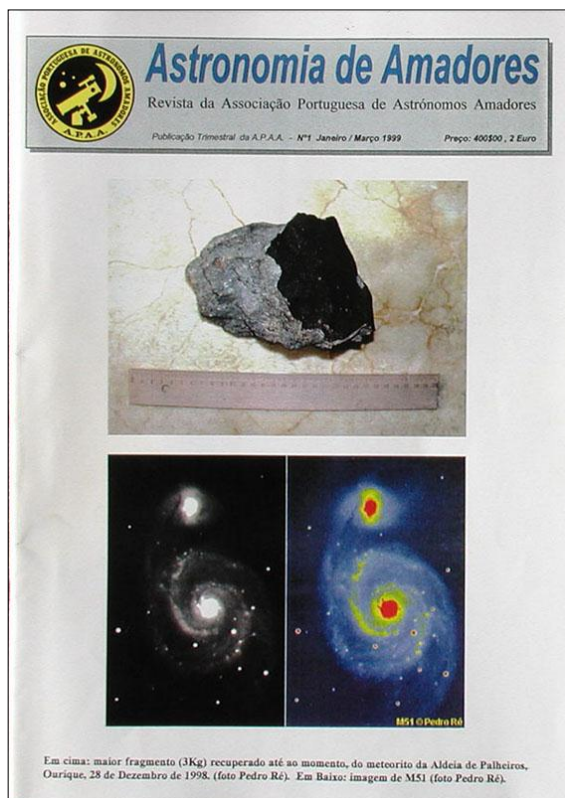


Duas fases do "Boletim Informativo da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores": a capa do número 97, à esquerda, ainda a preto e branco; à direita podemos ver o n.º 119, pertencente a uma fase (iniciada no n.º 99) em que a capa já se imprimia a cores.

A Revista "Astronomia de Amadores"

A revista da APAA marcou o início de 1999 com o novo título "Astronomia de Amadores" e, nessa nova roupagem, iniciou-se com o número 1, na forma trimestral referente a Janeiro-Março de 1999. Manteve-se trimestral (4 números por ano) até ao número 23, mas os custos dos portes, pesados no orçamento da APAA, que apenas se baseia nas quotas dos seus sócios, obrigaram a reduzir a sua periodicidade para a forma quadrimestral no número 24 e seguintes, até ao número 37, de Maio-Agosto de 2009.

O número 38 e seguintes passaram a ser semestrais, mas, chegando ao número 40 (Janeiro-Junho de 2011) os custos incontroláveis de impressão, portes, envelopes, transportes e envio ditaram a passagem da revista à forma exclusiva online, deixando de ser impressa em papel.



Duas fases da revista "Astronomia de Amadores": a capa do n.º 1 (Janeiro-Março de 1999) e a do n.º 39, podendo ver-se a considerável evolução gráfica ocorrida nesse período.

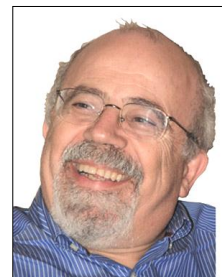
Autores de artigos ou de imagens (de 1977 a 2012), por ordem alfabética:

Alcária Rego,
Alexandre J. Costa,
Alfredo Pereira,
Anderson Militão de Santana,
António Carlos A. Coêlho,
António Cidadão,
António da Costa,
António Magalhães,
António Mota de Aguiar,
António Peres Gomes,
Bev Ewen-Smith,
Cândido Marciano,
Carlos Gouveia,
Carlos Pereira,
Carlos Saraiva,
Catarina Vitorino,
Clara Pinto Correia,
David de Oliveira,
David Nunes,
Domingos Oliveira,
Elmano Dória,
Eugénio Conceição Silva,
Fernando Delgado,
Fernando Monteiro,
Fernando Reis,
Grom Matthies,
Guilherme de Almeida,
Halima Naimova,
Humberto dos Santos,
J. M. Quaresma,

Jacinto Castanho,
Joana Grego,
João Clérigo,
João Cruz,
João Leal Silva,
João Porto,
João Vieira,
Joaquim Garcia,
Jorge Almeida,
Jorge Oliveira,
José A. da Silva Campos,
José António Silva,
José Augusto Matos,
José Canela,
José Carlos Diniz,
José de Oliveira,
José Madaleno,
José Marques,
José Pedro Carreira Martins,
Juan Gonçalves,
Luís Bettencourt,
Luís Campos,
Luís Carreira,
Luís Plantier,
Luís Ramalho,
Luís Santo,
Luís Tirapicos,
Lurdes Garcia,
Marcos Ferreira,
Maria Manuel Peres Gomes,

Mário Santiago,
Máximo Ferreira,
Miguel Claro,
Miguel Lopes,
Monteiro Grilo,
Nelson Viegas,
Nuno Crato,
Nuno Gameiro,
Paulo Casquinha,
Paulo S. A. Coelho,
Pedro Mota,
Pedro Ré,
Ricardo Nunes,
Ricardo Reis,
Rita Tadeu,
Rui Álvaro,
Rui Gonçalves,
Rui Medeiros Silva,
Rui Morna,
Rui Rossa,
Sofia Teixeira,
Ulisses Martins,
Vasco Silva,
Vitor Quinta,
(total=84 autores).

A MASSA DE AR E A SUA DETERMINAÇÃO ANALÍTICA



Guilherme de Almeida
g.almeida@vizzavi.pt

É sabido que a luz que nos chega de um astro tem de atravessar a atmosfera terrestre antes de chegar até nós. O comprimento do percurso (d) percorrido efectuado por essa luz através da atmosfera depende da altura h a que esse astro se encontra no momento da observação. Tal comprimento é mínimo, e coincide com a espessura da própria atmosfera (H), quando o astro se encontra no zénite e aumenta à medida que o astro se aproxima do horizonte. Neste artigo propomo-nos calcular o comprimento do percurso d , relativamente a H , para diversos valores de h .

1. Conceitos fundamentais

Em Astronomia, dá-se habitualmente o nome de *massa de ar*, T , (ou *coeficiente de massa de ar*) ao quociente $T=d/H$. Assim sendo, $T=1$ para um astro no zénite e é cada vez maior à medida que a altura do astro diminui. Muitas vezes considera-se a *distância zenital* (z) do astro ou seja, a distância angular entre esse astro e o zénite (Fig. 1). Como $z+h=90^\circ$, $z=90^\circ-h$.

2. Aproximação da atmosfera plano-paralela

Para calcular a massa de ar utiliza-se frequentemente uma aproximação, que consiste em considerar, na vizinhança imediata da região onde o observador se encontra, a Terra como se fosse plana, assim como a sua atmosfera: é a "aproximação plano-paralela", a que poderíamos chamar "aproximação da Terra plana". Da figura 1 concluímos facilmente que

$$\cos z = \frac{H}{d} \text{ e sabemos que } T = \frac{d}{H} . \text{ Consequentemente } T = \frac{1}{\cos z} \quad \text{(Equação 1) ,}$$

onde z é a distância zenital do astro observado. Esta aproximação é válida para valores de z até cerca de 75° , ou seja, para astros a alturas acima de 15° . Para alturas menores (distâncias zenitais maiores) a fórmula deixa de dar resultados aceitáveis, devido à curvatura da Terra e da atmosfera. Entrando em conta com a curvatura da Terra, e desprezando a refração atmosférica, que é em geral muito pequena.

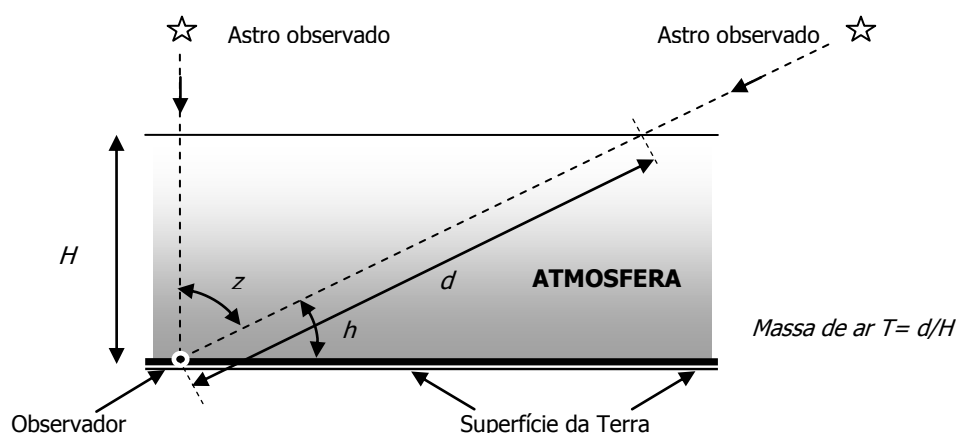


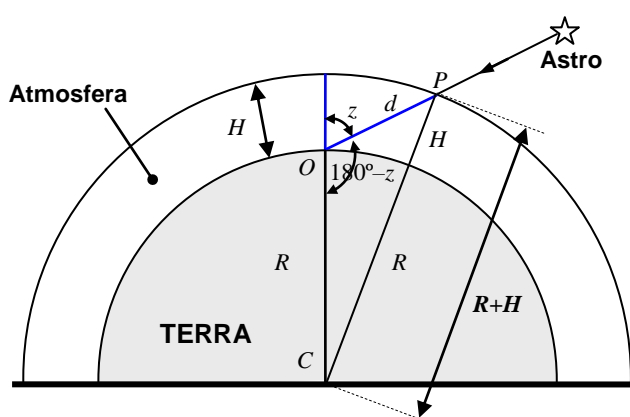
Fig. 1. Atmosfera e massa de ar na aproximação da atmosfera "plano-paralela" ou da "Terra plana". A refração atmosférica não foi representada, por ser muito pequena nas condições de aplicação deste modelo ($h > 15^\circ$). Para maior clareza, a distância do astro e a espessura da atmosfera não foram obviamente representadas à escala. (Guilherme de Almeida, 2010).

A refração atmosférica produz um ligeiro aumento da altura aparente dos astros (excepto para o zénite). É nula no zénite, crescendo com a distância zenital: vale cerca de 0,26' para $h=70^\circ$, 1' para $h=45^\circ$, 2,8' para $h=20^\circ$ e cerca de meio grau (34') para o horizonte. Assim sendo, a altura aparente de um astro é um pouco superior à sua altura verdadeira, mas essa diferença é em geral pequena. A refração atmosférica produz um percurso ligeiramente curvo da luz através da atmosfera terrestre (dado que o ar não é um meio homogéneo e o seu índice de refração cresce no sentido das baixas altitudes. Apesar de tudo o seu efeito no alongamento dos percursos d é reduzido: basta pensar que, ao nível do mar (onde é máximo), o índice de refração do ar é $n_{ar}=1,00029$ do ar é mais elevado a baixas altitudes) e que para o vácuo temos $n_0=1,00000$.

3. Um cálculo mais geral, para qualquer valor de h

Para alturas inferiores a 15° , existem diversas fórmulas especiais para o cálculo de d , de diversos investigadores (Young & Irvine, Hardie, Pickering, Kasten & Young, Rozenberg), em geral muito complexas. Apresento seguidamente a fórmula que deduzi independentemente, bem mais simples mas que dá resultados muito próximos dos obtidos pelas equações mais complexas.

Fig. 2. Figura esquemática para a determinação de d e de T , considerando a curvatura da Terra e da atmosfera. O significado dos símbolos incluídos na figura está referido no texto. Para maior clareza, a distância do astro e a espessura da atmosfera não foram obviamente representadas à escala (Guilherme de Almeida, 2010).



Aplicando o teorema de Carnot ao triângulo [COP], obtemos

$(R + H)^2 = R^2 + d^2 - 2Rd \cos (180^\circ - z)$, que também podemos escrever como

$(R + H)^2 = R^2 + d^2 + 2Rd \cos z$. (R é o raio terrestre *médio* e consideraremos $R=6371$ km).

Desenvolvendo e simplificando (e como $z+h=90^\circ$), obtemos

$H^2 + 2RH = d^2 + 2Rd \sin h$, ou seja, $d^2 + (2R \sin h)d - (H^2 + 2RH) = 0$, que os leitores atentos reconhecerão como a clássica equação do 2.º grau, em ordem a d , com os coeficientes $a=1$, $b= 2R \sin h$ e $c=-(H^2+2RH)$. A fórmula resolvente conduz a duas soluções, mas a solução positiva, a única que nos interessa, vale:

$$d = \frac{-2R \sin h + \sqrt{4R^2 \sin^2 h + 4 \times 1 (H^2 + 2RH)}}{2}, \text{ que após simplificação nos leva a}$$

$$d = -R \sin h + \sqrt{R^2 \sin^2 h + H^2 + 2RH}. \quad \text{(Equação 2)}$$

Esta equação dá-nos a distância d para qualquer h . A *massa de ar*, definida como $T=d/H$ valerá pois

$$T = \frac{d}{H} = \frac{-R \sin h + \sqrt{R^2 \sin^2 h + H^2 + 2RH}}{H} \quad \text{(Equação 3)}$$

Podemos ver facilmente que, para um astro no zénite ($h=90^\circ$) esta equação dá $T=1$, como seria de esperar (neste caso $d=H$). Para um astro no horizonte ($h=0^\circ$), obtemos

$$T = \frac{d}{H} = \frac{0 + \sqrt{0 + H^2 + 2RH}}{H} \text{ ou seja, após simplificação, } T = \sqrt{1 + \frac{2R}{H}}. \quad \text{(Equação 4)}$$

A equação 3 mostra-nos claramente que o valor de T depende da espessura H da atmosfera, sempre que não se possa aplicar a aproximação da atmosfera plano-paralela referida na Fig 1. E o valor de H é especialmente relevante para astros a alturas muito baixas, incluindo o caso do astro no horizonte geométrico, como se evidencia na equação 4.

Torna-se pois necessário calcular a espessura da atmosfera, H , para podermos prosseguir neste cálculo e obter *valores concretos* da massa de ar para astros qualquer altura. No entanto, esse cálculo não é imediato, porque o limite superior da atmosfera terrestre não é vincado e esta esbate-se progressivamente, sem existir um limite superior nítido. Devido a este facto, a medida da espessura H da atmosfera depende do *critério* usado para definir esse limite. Como estabelecer tal limite? Por exemplo, no topo do monte Everest (8848 m) a pressão atmosférica vale cerca de 1/3 da que se verifica ao nível do mar; a 300 km de altitude ainda se detectam vestígios da atmosfera, embora esta seja já muito ténue.

Para calcular a espessura da atmosfera, comecemos por recordar que a pressão atmosférica e a densidade do ar diminuem com a altitude: por exemplo, a 8500 m de altitude a densidade do ar é apenas 35% da que se verifica ao nível do mar; a 11,6 km de altitude cai para cerca de 1/8 do valor ao nível do mar. A temperatura também varia com a altitude. Ao nível do mar e a 15 °C (288,15 K), a pressão atmosférica padrão vale 101 325 Pa e a densidade do ar é 1,2250 kg/m³. Um método de cálculo bastante útil consiste numa aproximação em que se raciocina como se a *atmosfera terrestre fosse homogénea e isotérmica*, com os valores da pressão e da temperatura iguais aos que se verificam, em média, ao nível do mar: $\rho_{\text{ar}}=1,2250 \text{ kg/m}^3$; $T=288,15 \text{ K}$; $p_0=101325 \text{ Pa}$, com a aceleração da gravidade padrão, $g=9,80665 \text{ m/s}^2$. Por considerações hidrostáticas, vamos determinar, que altura deveria ter a atmosfera, suposta homogénea a isotérmica, para produzir a pressão observada ao nível do mar:

$$p = \rho g H \Leftrightarrow 101325 = 1,2250 \times 9,80665 \times H \Leftrightarrow H = \frac{101325}{1,2250 \times 9,80665} = 8434,5 \text{ m.}$$

Concluimos que se toda a atmosfera estivesse nas condições de temperatura e pressão referidas, com g constante, todo o ar estaria contido numa espessura de cerca de 8,4 km. Sabemos que a atmosfera mede mais de 8,4 km de altitude e que g diminui com a altitude. Assim, o valor a que chegamos (os 8,4 km) parece à primeira vista um absurdo e uma expectativa demasiado baixa. Mas outros factos jogam a nosso favor:

- a) embora a atmosfera vá além dos 8,4 km, nas altitudes superiores ela é pouco densa, pelo que as partes mais altas da atmosfera contribuem pouco para a sua massa.
- b) estamos a admitir que desde o nível do mar até aos 8,4 km de altitude, a densidade do ar se mantém, mas na realidade ela baixa;
- c) ao considerarmos a situação b), estivemos a admitir que, por exemplo, a 6 km de altitude a densidade do ar é igual à que se verifica ao nível do mar, pelo que a não consideração do ar a mais de 8,4 km de altitude é contrariada pela incorporação no cálculo de uma densidade maior do que a real nas altitudes até 8,4 km;
- d) a variação de g é muitíssimo pequena para altitudes desta grandeza ($\Delta g/g_0 \approx 0,26\%$).

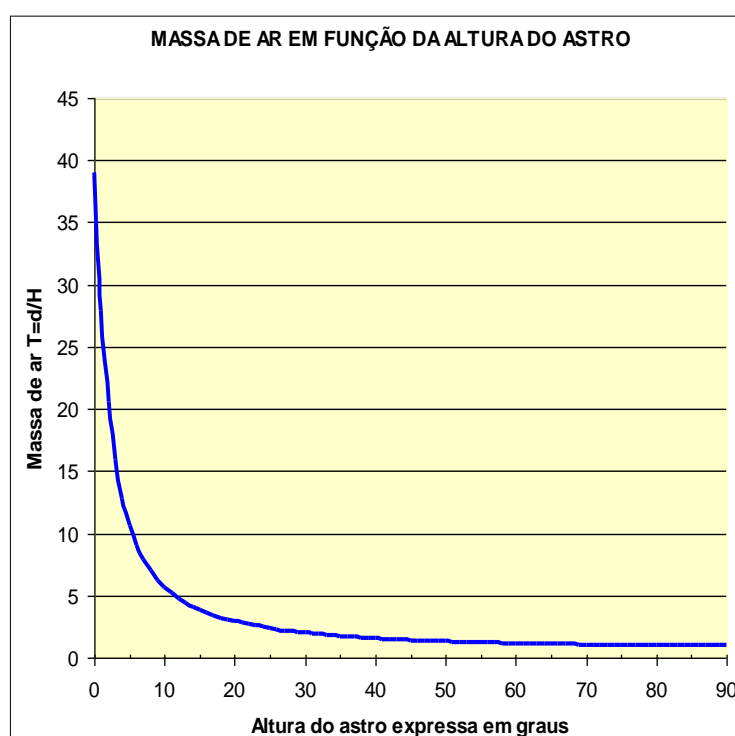
Dados estes pressupostos, e para a finalidade específica da determinação da massa de ar, a suposição simplificadora acima referida é por isso razoável e seguida por muitos autores, tal como aqui faremos (veja-se a **nota 1**). Se na equação 3 considerarmos $H=8,4 \text{ km}$ e, por exemplo, para um astro à altura $h=20^\circ$, obteremos $T=2,91$. Com a equação 4 resulta $T=39,0$ para um astro no horizonte. A equação 3 é mais geral que a equação 1. Embora a equação 3 ainda seja uma simplificação, não considerando os efeitos da refração, aliás muito pequenos para alturas acima dos 45° (como já referimos) os seus resultados são muito satisfatórios. Tal acontece porque o aumento do comprimento de percurso (d) da luz na atmosfera, causado pelo encurvamento da luz devido à refração, é um aumento muito pequeno. Ou seja, o percurso curvo (atendendo à refração) é pouco maior (com diferença minúscula) do que o percurso rectilíneo que aqui considerámos.

(1)- Cerca de 65% da massa da atmosfera encontra-se abaixo desta altitude. Na nossa aproximação, tudo se passa como se tivéssemos concentrado toda a massa da atmosfera ($5,148 \times 10^{18} \text{ kg}$) numa espessura de 8,4 km. Tal não significa que o valor $H=8,4 \text{ km}$ seja admissível para outras considerações (por exemplo para a aeronáutica). E também não significa que a espessura da atmosfera real seja apenas de 8,4 km.

Os resultados obtidos para a massa de ar relativamente a astros a diversas alturas desde 90° (zénite) até 0° (no horizonte geométrico), utilizando a equação 3 indicam-se na tabela 1

Tabela 1. MASSA DE AR PARA DIFERENTES ALTURAS (SEGUNDO A EQUAÇÃO 3)
(considerando $H=8,4$ km e o raio terrestre médio $R=6371$ km)

Altura h	Massa de ar T	Altura h	Massa de ar T	Altura h	Massa de ar T
90°	1,00	55°	1,22	20°	2,91
85°	1,00	50°	1,30	15°	3,83
80°	1,02	45°	1,41	10°	5,64
75°	1,04	40°	1,55	5°	10,63
70°	1,06	35°	1,74	3°	15,92
65°	1,10	30°	2,00	1°	27,91
60°	1,15	25°	2,36	0°	38,96



A tabela 1 e o gráfico da Fig. 3 mostram a importância capital de se observar com a menor distância zenital possível (máxima altura). Por exemplo, ao observar um planeta a 30° de altura, ele é visto através de uma espessura de ar que será o dobro da que seria se o planeta estivesse no zénite. Ou mais de dez vezes superior (comparada com a do zénite) se o astro se encontrar a 5° de altura.

Mas, em geral, os objectos que observamos não estão perto do zénite. Mesmo assim, veja-se que observando um astro junto ao horizonte ($h=5^\circ$), a espessura de ar é mais de 7 vezes a que será para $h=45^\circ$. Isso faz-se notar tanto na turbulência como na extinção. E também na refacção diferencial que veremos num próximo artigo.

Fig. 3. Representação gráfica da dependência de T com h , utilizando a equação 3. Guilherme de Almeida, 2010.

Os resultados obtidos com a equação 3 são bastante satisfatórios e muito aproximados aos das fórmulas mais complexas, obtidas por diferentes investigadores. A comparação entre os valores propostos para T , para o caso mais difícil e complicado ($h=0^\circ$), encontra-se na tabela 2.

Tabela 2. COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES DA MASSA DE AR PARA UM ASTRO NO HORIZONTE, SEGUNDO DIFERENTES AUTORES

Autor (data)	Guilherme de Almeida (2010)	Rozenberg (1966)	Kasten & Young (1989)	M. Kocifaj (1995)	Pickering (2002)
Determinação de T para $h=0^\circ$	$T=39,0$	$T=40$	$T=38$	$T=40,4$	$T=38,7$

Referências:

Almeida, G. e Ré, P.— *Observar o Céu Profundo*, 2.ª ed., Plátano Editora, Lisboa, 2003.

Mais informação acessível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Airmass>

Kocifaj, M. (1995), acessível em <http://www.ta3.sk/caosp/Edition/FullTexts/vol26no1/pp23-30.pdf>

OS PARÂMETROS INSTRUMENTAIS E A MAGNITUDE ESTELAR DETECTÁVEL*

(ARTIGO 4)

Guilherme de Almeida
g.almeida@vizzavi.pt



Neste artigo apresentam-se e justificam-se alguns cálculos úteis, relacionando a variação da magnitude estelar observável de acordo com a abertura de um telescópio, com factores de transmissão em sistemas ópticos, influência dos filtros e factores de reflexão da luz.

1. Parâmetros fundamentais

Para melhor apreciação deste artigo, convém definir à partida alguns conceitos fundamentais, de que nos vamos servir. É sabido que a luz do astro observado, ao atravessar toda a óptica de um telescópio, sofre alguma atenuação. O *factor de transmissão* (de luz) de um telescópio pode ser determinado dividindo o fluxo luminoso transmitido (Φ_t) que emerge da ocular, a caminho do olho do observador, pelo fluxo luminoso incidente (Φ_0) que chegou à objectiva, vindo do mesmo astro. Se o factor de transmissão fosse 1 (ou 100%), todo o fluxo luminoso que chega à sua objectiva alcançaria o olho do observador e Φ_t seria igual a Φ_0 . Representando o factor de transmissão por t , será $t = \Phi_t/\Phi_0$. Num telescópio real $t < 1$, mas convém saber que a proximidade entre t e 1 depende do tipo de telescópio e dos requintes do seu fabrico. Actualmente o fluxo luminoso mede-se em lúmens (símbolo lm). Se chega à objectiva, vindo de uma dada estrela, o fluxo de $3,0 \times 10^{-7}$ lm e se o fluxo emergente da ocular for $2,4 \times 10^{-7}$ lm, então $t = 0,80$, ou seja, 80%. No caso de uma superfície reflectora, define-se o factor de reflexão (r) como o quociente do fluxo luminoso reflectido (Φ_r) pelo fluxo incidente (Φ_0).

2. Ganho de magnitude, em relação ao olho nu, pela utilização de um telescópio

2.1. Um primeiro cálculo simplificado, supondo um factor de transmissão instrumental de 100%

Consideremos um telescópio de abertura D , supondo (de início) que o seu factor de transmissão de luz é 1,00=100%. Admita-se que tal telescópio está a funcionar na condição em que toda a luz emergente da ocular penetra no olho, ou seja, desde que a pupila de saída não seja maior do que a pupila do olho do observador, considerada de diâmetro d (**nota 1**). Quanto se ganhará em magnitude estelar (Δm), em relação ao olho nu)? Representaremos por Φ o fluxo luminoso, vindo de uma estrela, recebido pela objectiva do telescópio e transmitido (neste caso integralmente) ao olho do observador; seja Φ_0 o fluxo recebido directamente pelo olho, sem auxílio instrumental. O fluxo recebido é proporcional à área da superfície receptora. De acordo com a equação de Pogson, podemos escrever:

$$2,512^{\Delta m} = \frac{\Phi_t}{\Phi_0} = \left(\frac{D}{d}\right)^2 \quad \text{[Equação 1]}$$

* Este é o quarto de uma série de cinco artigos dedicados à magnitude estelar e às suas implicações. Permite a comparação entre instrumentos e acessórios, em condições *comparáveis* de observação.

(1) Se a condição referida se verificar, o valor $d=7$ mm não condiciona o resultado.

Logaritmizando esta expressão, com logaritmos de base 10 (adoptaremos a simbologia $\log = \log_{10}$ em todo o artigo), e sabendo que $\log 2,512 = 0,4$, obtemos sucessivamente:

$$\Delta m, 0,4 = 2 \log (D/d) \Leftrightarrow \Delta m = 5 \log (D/d) . \quad [\text{com } d \text{ e } D \text{ nas mesmas unidades, por exemplo em milímetros}]$$

Para $D = 150 \text{ mm}$ e $d = 7 \text{ mm}$, teremos $\Delta m = 5 \log (200/7)$, ou seja, $\Delta m = 5 \times 1,456 = 7,28 \Leftrightarrow \Delta m = +7,28$.

Graças ao telescópio ganhámos, portanto, 7,28 magnitudes (veja-se a **nota 2**). Tal significa que, se num dado local e numa determinada ocasião, a olho nu, a magnitude limite fosse 6,00, então, através do telescópio referido, em observação visual, tal limite seria $6,00 + 7,28 = 13,28$. Este é um valor *ideal e optimista*, não o esqueçamos (veja-se o caso seguinte, mais realista).

2.2. Um cálculo mais realista, considerando o factor de transmissão de luz (t) do telescópio

Seja um telescópio de abertura D , com factor de transmissão global t (com $t < 1$). Quanto se ganhará em magnitude estelar (Δm), em relação ao olho nu? Admitiremos novamente que toda a luz emergente da ocular penetra no olho, ou seja, que a pupila de saída não é maior do que a pupila do olho, considerada de diâmetro d (**ver nota 3**). Parece um problema complicado, mas não é. Ora vejamos:

$$2,512^{\Delta m} = \frac{\Phi_t}{\Phi_0} = t \left(\frac{D}{d} \right)^2 \quad [\text{Equação 2}]$$



Logaritmizando, com logaritmos de base 10, obtemos sucessivamente:

$$\Delta m, 0,4 = \log t + 2 \log D - 2 \log d \Leftrightarrow \Delta m = 2,5 \log t + 5 \log D - 5 \log d.$$

[d e D em milímetros]

Exemplificando para o caso $d = 7 \text{ mm}$, $D = 150 \text{ mm}$ e $t = 0,85$, a equação anterior dará

$$\Delta m = -4,23 + 2,5 \log 0,85 + 5 \log 200 \Leftrightarrow \Delta m = -4,23 - 0,35 + 11,51 \Leftrightarrow \Delta m = +6,93 \text{ (ver nota 4)} .$$

Como era de esperar, entrando em conta com o factor de transmissão (< 1 necessariamente), obtivemos um valor inferior ao anteriormente calculado. Nestas novas condições, se a magnitude limite, a olho nu, fosse 6,00, então, através do telescópio referido seria $6,00 + 6,93 = 12,93$. A situação 2.1. é um caso particular da situação 2.2, fazendo nesta $t = 1,00$. A diferença é pequena se t for próximo de 1. Adiante veremos, concretamente, alguns valores realistas de t e descobriremos como é que eles influenciam a magnitude limite instrumental.

3. Influência do factor de transmissão de um telescópio na magnitude limite observável

Em 2.1 e 2.2., comparámos um dado telescópio com o olho humano. Agora vamos ver até que ponto o factor de transmissão de um telescópio (como factor único) influencia a magnitude estelar limite com ele observável. Vamos por isso comparar, em termos da magnitude estelar observável, sucessivos telescópios *da mesma abertura*, mas com diferentes factores de transmissão de luz. Quantas magnitudes se perdem (na observação de estrelas) pelo facto de, por exemplo, o nosso telescópio ter $t = 85\%$ em vez dos ideais 100% ? (para igual abertura). E se t valer 90% . Será que essas diferenças são muito importantes?

Recorrendo à anterior equação 1 e utilizando-se Φ_0 para indicar o fluxo luminoso que chegaria ao olho do observador caso o nosso telescópio fosse ideal e Φ para o caso real em que $t < 100\%$ (por exemplo 85%), teremos $\Phi/\Phi_0 = t = 0,85$. A variação de magnitude daí decorrente, Δm , obtém-se facilmente:

$$2,512^{\Delta m} = \frac{\Phi}{\Phi_0} = t . \quad [\text{Equação 3}]$$

(2) Este valor Δm , entendido como acréscimo da magnitude limite de um telescópio, por comparação com o olho nu, era antigamente chamado *poder de penetração* do telescópio. Por exemplo, um telescópio com o poder de penetração de 7,28 magnitudes, permitiria observar estrelas 7,28 magnitudes mais débeis do que as que são, no limite, visíveis a olho nu. Dito de outro modo, esse telescópio intensifica o brilho de uma estrela em 7,28 magnitudes: por exemplo, uma estrela de magnitude 9 (inacessível a olho nu) aparecerá, através desse telescópio com o brilho aparente de uma estrela de magnitude $9 - 7,28 = 1,72$.

(3) Se a condição referida se verificar, o valor $d = 7 \text{ mm}$ não condiciona o resultado.

(4) Como já referimos, Δm , entendido neste contexto era tradicionalmente denominado *poder de penetração* do telescópio, expressão bastante eloquente.

Logaritmizando esta equação, para o exemplo citado, obtemos $0,4 \cdot \Delta m = \log 0,85 \Leftrightarrow \Delta m = -0,0706/0,4 = -0,176$.

(O sinal " - " indica atenuação de brilho). A tabela seguinte apresenta valores já calculados para a atenuação, em magnitudes, para o caso um telescópio de uma dada abertura. Considera-se a abertura constante (com qualquer valor D) variando *apenas* o factor de transmissão de luz. Escolheram-se alguns valores determinantes pela sua importância.

Atenuação em magnitudes para um telescópio de abertura D (qualquer) e factor de transmissão t , comparado com um telescópio ideal, de igual abertura e factor de transmissão de luz $1,00=100\%$

$\Phi/\Phi_0 = t$	1,00	0,95	0,90	0,80	0,75	0,60	0,40	0,25	0,20	0,16
Δm	0,00	-0,06	-0,11	-0,24	-0,31	-0,55	-0,75	-1,00	-1,51	-2,00

NOTA IMPORTANTE: Esta tabela também permite comparar o efeito relativo de dois factores de transmissão, entre si. Por exemplo, se o factor de transmissão (com igual abertura, recordemos) subir de 75% para 80%, a tabela permite concluir imediatamente que ganharemos com isso $-0,24 - (-0,31) = 0,070$ magnitude.

4. O factor incremento de abertura

Supondo iguais factores de transmissão de luz (igual t), quanto é que se ganha em magnitude limite, ao passar de um telescópio de abertura D_1 para outro de abertura $D_2 > D_1$? A expressão a usar é baseada novamente na equação de Pogson, mas considerando que o fluxo recebido (Φ) é proporcional à área A da objectiva e que esta é proporcional ao quadrado da abertura. Assim sendo, teremos:

$$2,512^{\Delta m} = \frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \left(\frac{A_2}{A_1} \right) = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 \text{ ou seja (logaritmizando), } 0,4 \cdot \Delta m = 2 \log (D_2/D_1),$$

ou ainda $\Delta m = 5 \log (D_2/D_1)$.

[Equação 4]

Facilmente se verifica que um aumento da abertura pelo factor 2,512 produz $\Delta m = 2,00$ e que um aumento de abertura pelo factor 1,585 (raiz quadrada de 2,512) produzirá $\Delta m = 1,00$. O quadro seguinte mostra alguns exemplos já calculados:

$D_2/D_1 =$	1,00	1,10	1,20	1,26	1,40	1,50	1,58	2,00	2,51	3,00	4,00	5,00
$\Delta m =$	0,00	0,21	0,40	0,50	0,53	0,88	1,00	1,51	2,00	2,39	3,10	3,49

Com base na tabela acima, podemos ver, por exemplo, que um telescópio com $D_2=300$ mm "atinge" mais 2,39 magnitudes do que um de $D_1=100$ mm ($D_2/D_1=3$).

5. Perda de magnitude quando se acrescenta um espelho com factor de reflexão r

Admitamos que temos um dado telescópio cuja magnitude limite é, realisticamente, m (considerando já o seu factor de transmissão global). Consideremos agora que a esse telescópio, por exemplo um refractor, *acrescentamos* um espelho diagonal. Nenhum espelho tem um factor de reflexão (r) de 100%. Qual será a perda de luz, em magnitudes (Δm), se se utilizar esse espelho diagonal, comparativamente com a visão directa no mesmo instrumento?

$$2,512^{\Delta m} = \frac{\Phi_r}{\Phi} = r. \text{ Para } r=0,90, \text{ será } 2,512^{\Delta m}=0,90 \text{ e, logaritmizando, } 0,4 \cdot \Delta m = \log 0,90 \Leftrightarrow$$

$\Leftrightarrow \Delta m = -0,04576/0,4 = -0,11$. A magnitude *percebida* (usando o espelho) passa a ser $-(-0,11)=0,11$ superior.

Se for necessário comparar dois espelhos entre si, por exemplo um com $r_1=0,99$ e outro com $r_2=0,91$, quanto perderemos, em magnitude, usando o segundo em vez do primeiro?

$$2,512^{\Delta m} = \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{0,91}{0,99} = 0,9192 \Leftrightarrow 0,4 \Delta m = \log 0,9192 \Leftrightarrow \Delta m = -0,03659/0,4 = -0,091$$

6. Perda de magnitude quando se incorpora um filtro com factor de transmissão t

O factor de atenuação de um filtro varia significativamente com o comprimento de onda da luz. Excepto no caso de um filtro neutro (onde, pelo menos em primeira aproximação, t é constante numa banda de interesse), de uma forma geral t depende de λ . Portanto veremos qual é a perda de magnitude para um dado λ , mas também se pode medir para um dado intervalo $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$. Admitamos pois que o filtro, para o valor de λ que interessa, apresenta o factor de transmissão t . A perda de magnitude (para a luz desse λ) calcula-se tal como fizemos para um telescópio, usando a anterior equação 3. Note-se que, *em rigor*, o factor de transmissão nos telescópios, também varia com o comprimento de onda da luz, mas em tal caso a variação de t com λ é muito pequena, bem menor do que num filtro de cor.

7. Considerações sobre o factor de transmissão de um telescópio

O factor de transmissão de um telescópio é o produto dos factores de transmissão de todos os seus componentes ópticos:

1. dos factores de transmissão de cada uma das suas lentes;
2. dos factores de reflexão cada um dos seus espelhos.
3. do "factor de transmissão" associado à obstrução. Nos telescópios com obstrução (ε) é preciso considerar que esta produz efeito equivalente a um factor adicional de transmissão $t_0 < 1$, de valor $t_0 = 1 - \varepsilon^2$. Por exemplo, para $\varepsilon = 0,30$, $t_0 = 0,91$.

O primeiro factor é ainda decomponível em dois subfactores:

a) o factor de transmissão do vidro, propriamente dito, que absorve *aproximadamente* de 1% por cada centímetro de espessura de vidro atravessada pela luz (transmissão de 99% por cada centímetro); para uma espessura de " x cm", o factor de transmissão será $0,99^x$;

b) o factor de transmissão de cada superfície refractora é igual a "1-factor de reflexão", ou seja, $1-r$; numa face de vidro sem tratamento antireflexo, o factor de reflexão será $r \approx 4\%$ (transmissão de 96% por superfície); com tratamento simples de fluoreto de magnésio (*single coating*) tal factor reduz-se a valores da ordem de 1% a 1,5% e utilizaremos 1% nos cálculos (transmissão de 99%); com tratamento multicamada (*multicoating*) o factor de reflexão desce para 0,25% a 0,5%. Consideraremos $r \approx 0,3\%$ (transmissão de 99,7%).

Exemplifiquemos para o caso da objectiva (apenas a objectiva) de um telescópio refractor, de dois elementos com intervalo de ar (4 superfícies), utilizando tratamento antireflexo simples, assumindo uma espessura de 2 cm (**v. nota 5**), o seu factor de transmissão global será aproximadamente $t_1 = 0,99^4 \times 0,99^2 = 0,932 = 94,1\%$.

Se essa mesma objectiva, tiver tratamento antireflexo multicamada, apresentará $t_2 = 0,997^4 \times 0,99^2 = 0,968 = 96,8\%$. Se a objectiva tiver óleo entre os seus elementos, as duas superfícies internas estão banhadas nesse óleo; a transição de índice de refração será muito suave e o factor de reflexão, nessas superfícies internas pode ser desprezado; nesse caso apenas será necessário tomar em conta duas superfícies extremas, a primeira e a quarta (e não as quatro). Continuando o tratamento antireflexo a ser do tipo multicamada, o factor de transmissão *global* da objectiva será agora: $t_3 = 0,997^2 \times 0,99^2 = 0,974 = 97,4\%$.

No caso de uma objectiva de três elementos, haveria uma maior espessura global de vidro e 6 superfícies a considerar (na objectiva espaçada a ar) e apenas 2 superfícies no caso da objectiva com óleo entre os seus elementos. Determinaremos seguidamente valores realistas de t para diversos tipos de telescópios.

7.1. Caso do telescópio refractor

Se a objectiva do telescópio, apresentando o factor de transmissão, por exemplo, $t_1 = 94,1\%$, for utilizada em conjunto com uma ocular de factor de transmissão $t_4 = 88,5\%$ e um espelho diagonal de factor de reflexão $r = 92,0\%$ o factor de transmissão global do telescópio será

$$t = t_1 \times t_4 \times r = 0,941 \times 0,885 \times 0,920 = 0,766 \Leftrightarrow t = 76,6\%$$

Não utilizando o espelho diagonal, o factor de transmissão será

$$t = t_1 \times t_4 = 0,941 \times 0,885 = 0,833 = 83,3\%$$



(5) Esta espessura é um valor realista para uma objectiva de cerca de 130 mm de diâmetro. Ao aumentar o diâmetro (abertura) de uma objectiva, a sua espessura também aumenta.

7.2. Caso do telescópio reflector de Newton

Neste caso há apenas dois espelhos e uma ocular. Um espelho obtido por deposição de alumínio apresenta o factor de reflexão típico de 89%. Se tiver tratamentos de reforço da reflexão, tal factor será da ordem de 92% a 96%. Em espelhos pequenos consegue-se, com outras tecnologias, um factor de reflexão de 99%. Consideremos, para exemplo, um telescópio deste tipo com $r_1=92\%$ em cada espelho, 23% de obstrução (v. nota 6) e uma ocular de $t_4=88,5\%$. O factor de transmissão global será

$$t=0,92 \times 0,92 \times 0,885 \times (1-0,23^2)=0,709=70,9\%.$$



7.3. Caso do telescópio reflector de Cassegrain (ou suas variantes)

Se este telescópio for usado sem um 3.º espelho (espelho diagonal), os cálculos serão semelhantes aos do telescópio de Newton, incluindo o efeito da obstrução ε . Utilizando o espelho diagonal, o factor de transmissão diminui, mas a tecnologia moderna permite obter espelhos diagonais com factor de reflexão de 99%. Assumindo que os espelhos primário e secundário são ambos com $r=92\%$, o diagonal com $r_1=99\%$, uma obstrução $\varepsilon=34\%$, e uma ocular com $t_4=88,5\%$, o factor de transmissão global do telescópio será

$$t=0,92 \times 0,92 \times 0,99 \times (1-0,34^2) \times 0,885=0,656=65,6\%,$$

mas se o espelho diagonal for também de $r=0,92$, o factor de transmissão global desse telescópio reduz-se para $t=0,92 \times 0,92 \times 0,92 \times (1-0,34^2) \times 0,885=0,609=60,9\%$.

7.4. Caso dos telescópios Schmidt-Cassegrain e Maksutov Cassegrain

Nestes telescópios, além do efeito da obstrução ε na transmissão, há a contar, adicionalmente com o factor de transmissão da lente correctora. Nos telescópios Schmidt-Cassegrain a lente correctora de Schmidt tem uma espessura média próxima de 1/40 do seu diâmetro (abertura); nos Maksutov-Cassegrain, a espessura típica do menisco corrector mede cerca de 1/10 da sua abertura. Consideremos que, em ambos os casos, as superfícies das lentes correctoras têm tratamento antireflector multicamada e que os espelhos primário e o secundário apresentam o factor de reflexão de 92%, utilizando-se um espelho diagonal com $r=99\%$ e uma ocular com $t=0,885$. Admitiremos a abertura de 250 mm para cada um dos instrumentos.

7.4.1. Telescópio Schmidt-Cassegrain

O factor de transmissão da lente correctora, com $25/40=0,625$ cm de espessura, é $t_1=0,99^2 \times 0,99^{0,625}=0,974$. Consideremos uma obstrução típica $\varepsilon=34\%$. O factor de transmissão global será

$$t_2=0,974 \times 0,92 \times 0,92 \times 0,99 \times (1-0,34^2) \times 0,885=0,639, \text{ ou seja, } t_2=63,9\%$$

7.4.2. Telescópio Maksutov-Cassegrain

O factor de transmissão da lente correctora, com $25/10=2,5$ cm de espessura, é $t_3=0,99^2 \times 0,99^{2,5}=0,956=95,6\%$. Consideremos uma obstrução típica $\varepsilon=34\%$. O factor de transmissão global, será

$$t_4=0,956 \times 0,92 \times 0,92 \times 0,99 \times (1-0,34^2) \times 0,885=0,627. \text{ Portanto, } t_4=62,7\%$$

7.5. Conclusão

Espero que este artigo tenha contribuído para esclarecer diversos pontos sempre interessantes na perspectiva do observador astronómico e do astrofotógrafo.

Referências

ALMEIDA, G.—*Telescópios*, Plátano Editora, Lisboa, 2004.

(6) Desprezamos a obstrução resultante das patas da aranha, muitíssimo menor do que a produzida pelo secundário.

Utilize o seu telescópio como um telémetro multifuncional

Guilherme de Almeida
g.almeida@vizzavi.pt



A possibilidade de utilizar um telescópio para determinar a distância entre o observador e o objecto observado pode parecer uma surpresa. É óbvio que tal telémetro não permitirá medir a distância da Terra à Lua, muito menos da Terra às estrelas. No entanto, apesar de tal limitação, tem duas utilizações astronómicas: 1- medir a distância do telescópio até um objecto terrestre a centenas de metros, ou alguns quilómetros, como uma árvore, uma torre ou *uma útil estrela artificial*, sem ter de percorrer tal distância de fita métrica na mão; 2- determinar a que distância se encontra a camada perturbadora, causadora de turbulência numa sessão de observações astronómicas.

Fundamento

Todos os utilizadores de telescópios sabem que a ocular tem de recuar, distanciando-se da objectiva, quando um telescópio, previamente focado para infinito, se volta a focar para uma distância finita, de algumas centenas de metros, ou até de vários quilómetros. E verifica-se que esse recuo da ocular é tanto maior quanto mais próximo estiver o objecto para o qual o telescópio é "refocado". Por isso mesmo, o valor desse recuo da ocular é função da distância a que se encontra o objecto para o qual se faz a nova focagem do telescópio. E pela medida desse recuo determinaremos a distância a que o objecto se encontra.

Sabe-se da Óptica geométrica que, a partir de um objecto à distância p , uma lente, ou um espelho, ou um qualquer sistema óptico *convergente* de distância focal f , dará uma imagem desse mesmo objecto situada à distância p' do seu plano principal-imagem. Essa é a *imagem conjugada* do objecto referido (aqui, o termo *imagem conjugada* significa simplesmente que a imagem corresponde ao objecto e vice-versa).

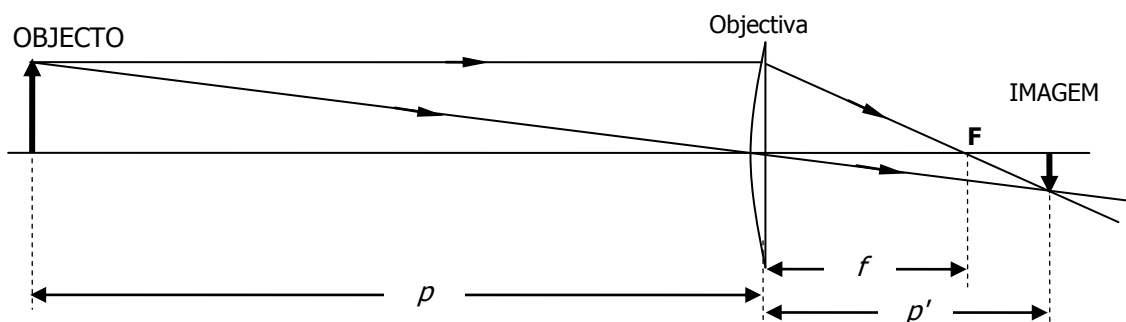


Fig. 1. Objecto e imagem conjugados, no caso de um telescópio refractor. A distância p , geralmente muito grande, foi aqui encurtada para maior clareza. Para maior simplicidade a objectiva foi representada como lente simples. Guilherme de Almeida (2012).

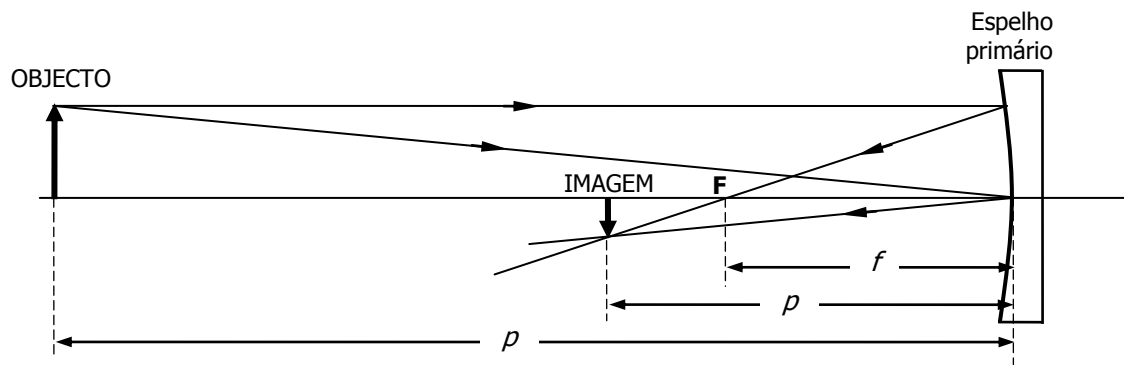


Fig. 2. Objecto e imagem conjugados, no caso de um telescópio refletor de Newton (o espelho secundário não foi representado, dado que apenas desvia a luz). A distância p , geralmente muito grande, foi aqui encurtada para maior clareza. Guilherme de Almeida (2012).

A distância-objeto (p) e a distância-imagem (p'), estão relacionadas com a distância focal f do telescópio por meio da equação dos pontos conjugados de Gauss. Esta equação é perfeitamente adequada para os nossos propósitos e no caso em apreço para este artigo, p , p' e f são quantidades positivas. Segundo a equação de Gauss,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}, \text{ de onde resulta que } \frac{1}{p} = \frac{1}{f} - \frac{1}{p'} \Leftrightarrow \frac{1}{p} = \frac{p' - f}{f p'}$$

Podemos pois concluir que $p = \frac{f p'}{p' - f}$ (Equação 1)

Método e procedimentos

O procedimento é simples. Em observação visual (¹), foca-se o telescópio "para infinito", de preferência com uma ocular que permita uma amplificação razoável, de modo que a focagem seja relativamente crítica. Uma ocular de 15 mm de distância focal será satisfatória. Na focagem "para infinito" deve utilizar-se inevitavelmente um objecto muitíssimo afastado do telescópio, pelo que nenhum objecto terrestre será adequado: terá de se escolher sempre um objecto *astronómico*. Se a medição for de dia, pode utilizar-se a Lua, se acessível, ou então focar "para infinito" na noite anterior, utilizando uma estrela, por exemplo.

Numa segunda fase refoca-se o telescópio para a distância a determinar e mede-se o recuo da ocular necessário à refocagem, ou seja, a distância indicada por " a " na Fig. 3. É a partir desta distância a e do conhecimento da distância focal do telescópio que se passa ao cálculo da distância p entre o objecto e o telescópio. Observemos atentamente a Fig. 3. Como $p' = f + a$, a Equação 1 transforma-se em

$$p = \frac{f (f + a)}{a} \quad \text{(Equação 2)}$$

Esta é a equação rigorosa, mas como a é muito inferior a f , podemos extrair dela uma forma mais do que suficientemente aproximada. Veja-se que " $f+a$ " pouco difere de f , assim, o valor do produto $f(f+a)$ é para efeitos práticos igual a f^2 . E a aproximação é tanto melhor quanto maior for a distância p .

Assim sendo podemos obter uma expressão mais simples para uso prático:

$$p = \frac{f^2}{a} \quad \text{(Equação 3)}$$

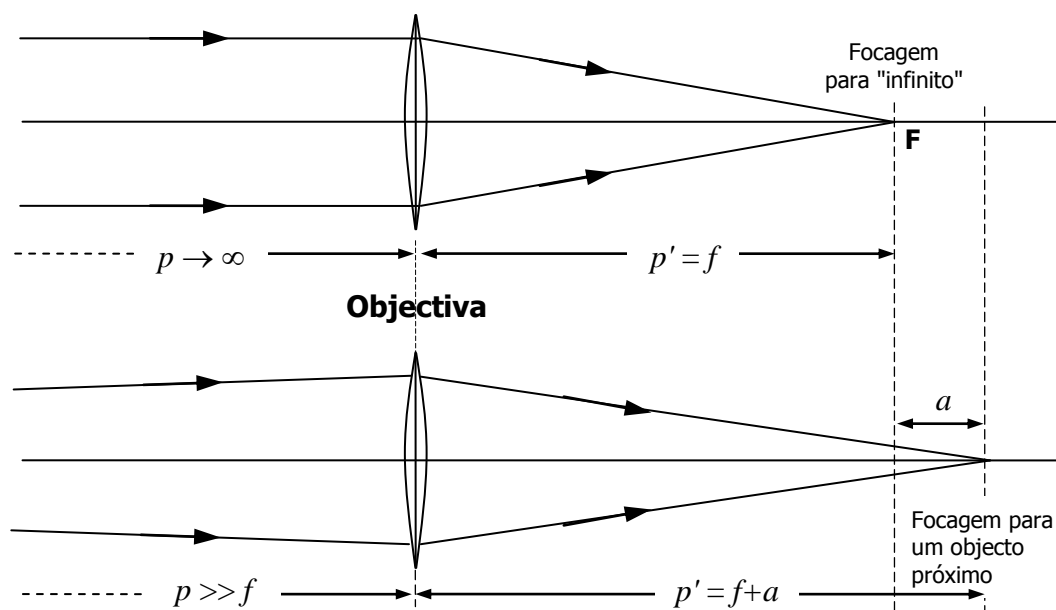


Fig. 3. Recuo da ocular entre a posição de focagem "para infinito" (esquema superior) e a posição de focagem para uma distância grande (esquema inferior). A distância "a" foi muito exagerada, para maior clareza. A ocular não foi representada. Guilherme de Almeida (2012).

A medição desta distância "a" exige alguns cuidados. Nos focadores com duas velocidades, basta avaliar o número de voltas (ou fracção de volta) do botão de focagem fina, sabendo o curso correspondente a uma volta (fácil de determinar medindo o curso de 5 voltas, por exemplo, e dividindo essa medida por 5). Nos focadores helicoidais, existe uma escala muito fina que permite avaliar o recuo da ocular com bastante precisão. Nos telescópios que fazem a focagem por translação do espelho primário, em que a ocular é fixa e o plano focal é que se move ⁽²⁾, é essencial que, para esta medição, a refocagem se faça *exclusivamente* por movimento da ocular, devendo usar-se um focador autónomo, seguindo as indicações já dadas nas linhas anteriores.

Exemplos concretos

Consideremos um telescópio com uma distância focal de 1000 mm e que, para uma torre afastada, se mediu $a = 1,6$ mm. Neste caso, a distância p do objecto ao telescópio valerá (usando a equação 3)

$$p = \frac{1000^2}{1,6} = 6,25 \times 10^5 \text{ mm} = 625 \text{ m}; \text{ a equação 2, um pouco mais trabalhosa, dar-nos-ia o valor}$$

$$p = \frac{1000 (1000 + 1,6)}{1,6} = 626 \text{ m, pouco diferente do anteriormente obtido, validando a aproximação.}$$

Se observamos a Lua, por exemplo e se recuamos a ocular de modo a ver as ondas de turbulência, tendo para isso recuado $a = 0,95$ mm, com $f = 2000$ mm, essa camada de turbulência encontra-se ⁽³⁾ a uma distância de nós

$$p = \frac{2000^2}{0,95} = 4,21 \times 10^6 \text{ mm} = 4,21 \text{ km. Neste caso, a equação 2 daria os mesmos 4,21 km.}$$

⁽¹⁾ – Nada impede que se utilize este método fotograficamente, com CCDs e eventualmente com focadores robóticos. Nesse caso trabalha-se directamente no foco principal, sem ocular.

⁽²⁾ – Nestes telescópios a distância focal é variável, podendo diferir consideravelmente do valor nominal indicado pelo fabricante. Isso depende da distância a que o plano focal se encontra em relação à rosca traseira.

⁽³⁾ – Por vezes há simultaneamente camadas de turbulência a mais de uma altura, o que pode ser detectado por este método.

SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS: O QUE SÃO E COMO FOTOGRAFÁ-LOS

Carreira Martins
martinsze(a)oniduo.pt

Com este artigo pretendo referir alguns dados astronómicos sobre este tipo de satélites e simultaneamente apresentar algumas dicas práticas sobre o modo de os fotografar com equipamento simples. Estes procedimentos podem resultar em imagens interessantes ou, pelo menos, curiosas. Vale a pena tentar.

1. Considerações iniciais

Segundo a 3.^a Lei de Kepler, um satélite que orbita um planeta, tem um período de translação tanto mais elevado quanto maior é a sua distância aquele.

Assim, a Lua com os cerca de 400 000 km demora quase um mês para completar uma volta enquanto a estação espacial a uns meros 400 km demora apenas 90 minutos.

Para o nosso caso, o que nos interessa é uma distância intermédia de cerca de 35.800 Kms, que para maior precisão é avaliada desde o centro da Terra - já que esta tem montanhas e vales - de, exactamente, 42 164 km. A esta distância o tempo de translação é de precisamente 23 h 56 min e 04 s tempo que de todos é conhecido visto que se trata de um dia [sideral] no nosso querido planeta.

Ora um satélite a esta distância não se move em relação ao movimento da terra, está portanto fixo e diz-se "geoestacionário" embora, em absoluto, tenha uma muita pequena oscilação à volta dum ponto de equilíbrio.

Há cerca de 300 satélites destes (telecomunicações, meteorologia) e todos estão localizados na cintura chamada de Clarke, em homenagem a Arthur C. Clarke (1917-2008, tendo um dos seus livros servido de guião ao famoso "2001 Odisseia no Espaço"), que grosso modo, coincide com o equador celeste.

Será mais apropriado falar numa linha central dessa cintura, visto que se trata antes duma estreita faixa. Além disso, só coincide exactamente com o equador celeste para um observador situado no equador terrestre. Para as nossas latitudes, por efeitos da perspectiva provocada pela forma esférica do nosso planeta, essa linha localiza-se um pouco mais a Sul, cerca de -6° de declinação (*Figura 1*).

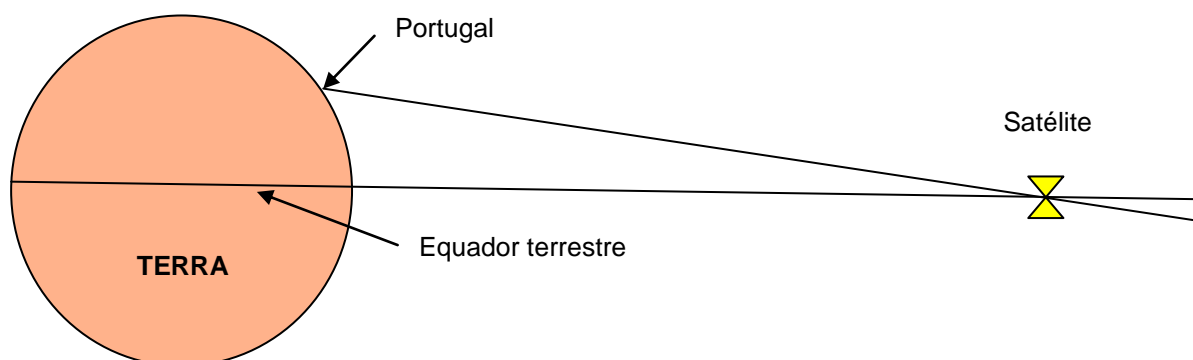


Figura 1

Por outro lado e devido principalmente à assimetria da distribuição de massas entre os dois hemisférios terrestres, boa parte destes satélites localizam-se mais a Norte e mais a Sul dessa linha média chegando mesmo a ultrapassar, mesmo para Norte o equador celeste e para Sul atingindo mais de 10º de declinação negativa.

Acresce ainda que a sua posição é periodicamente corrigida devido à irregularidade do campo gravitacional terrestre.

2. Como fotografar os satélites geoestacionários

A fotografia destes satélites em grande campo, é mais fácil do que se possa imaginar. É perfeitamente possível fazer imagens interessantes com uma câmara *reflex* munida de uma objectiva de 30 mm a 50 mm sobre um tripé fotográfico, desde que este seja suficientemente estável.

NOTA - Embora esta possibilidade esteja ao alcance de todos, o ideal será utilizarmos como suporte a nossa montagem equatorial, que nos dará enormes vantagens para encontrarmos uma posição da câmara muito mais precisa e até poderemos utilizar um telescópio com a câmara em "piggy back". Aprofundarei este assunto quando me referir à fotografia que apresento nas *Figuras 3 e 4*

Falemos primeiro sobre o material e a técnica. A objectiva deve ser diafragmada a 2 fstops. Dada a curta focal, basta utilizar o símbolo de infinito mas aconselha-se a focagem por uma estrela, de preferência com o Live view se for o caso.

Nos menus da câmara escolheremos ISO 100 a 400 – digamos 200 – e activaremos a redução de ruído, pois sem isso, teremos "satélites" distribuídos pela totalidade da imagem, ainda por cima de cores variadas. O tempo de integração deverá andar à volta de 10 min e teremos traços de estrelas de 2,5º, esteticamente suficientes e os satélites iguais a pontinhos.

Agora a parte menos fácil – Para onde apontar a nossa objectiva? Teremos de colocar o tripé num local onde saibamos em que ponto está o Sul. Se tivermos um observatório ou pelo menos um local com coluna fixa para a nossa montagem, ou ainda onde tenhamos perfeitamente definida uma referência para localização dos pontos cardeais, é meio caminho andado.

Façamos num quadrado de papel uma dobra na diagonal e teremos uma linha a quarenta e cinco graus. Primeiro apontemos para o meridiano a Sul, seguidamente, com o papel por trás da câmara orientemos esta de modo a que a objectiva fique paralela a essa linha e teremos um campo em que ficará, na vertical, muito aproximadamente centrada, a linha média da cintura de satélites.

Ou seja – se a nossa Latitude é cerca de 38/39º a nossa co-Latitude será 52/51º; como já sabemos que a linha média da cintura observada de Portugal é 6º mais baixa, andaremos muito perto (45/46). Mas às vezes o azar bate à porta e pode acontecer que apontando para o meridiano, naquela data e aquela hora, não estejam satélites com brilho suficiente para ficarem registados, então teremos de pedir ajuda. O que vou explicar de seguida é mais fácil e mais rápido de fazer do que escrever, portanto não se assustem.

Comodamente instalados em casa com o nosso PC vamos a <http://www.Calsky.com> e no site aparece em título (logo por baixo das meninas em bikini), à direita "satélites", um *clic* e abre-se outra caixa em que, na 3ª. linha, segunda palavra, "Geoestacionários" outro *clic* e aí está:

- Na zona central temos uma lista quase interminável de dezenas de satélites, mas primeiro vamos a uma pequena caixa um pouco acima à esquerda com a data e hora (do relógio) e alteramos esta última para a hora em que iremos fotografar.
- De seguida, na caixa à direita à mesma altura, temos as coordenadas, por defeito referem-se a Lisboa. Se não são as nossas, clicamos em "Easting" e aparece uma página com o mapa de Lisboa, em cima "personalize o seu site" escrevemos o nosso nome ou outra referência qualquer e, abaixo do mapa, metemos as nossas coordenadas. Assim, quando voltarmos ao site Já estaremos no nosso sítio que fica gravado.

É altura de tratar da lista. À esquerda temos num quadrado o nome e características do satélite; à direita os dados que nos interessam. Na 1.ª linha a Constelação; na 2.ª linha azimuth, altura e distância; e na 3.ª linha estará a ascensão recta (RA) e a declinação (Dec.)

A nossa atenção deverá incidir basicamente sobre a constelação e especificamente sobre aquela ou aquelas que nos estão mais favoráveis na data e hora da nossa foto. Vamos a um exemplo real que,

por certo será de mais fácil compreensão. A foto das *Figuras 3e 4*, foi obtida em 22 de Julho de 2012 perto da meia-noite.

Na lista de satélites do *Calsky*, apareciam vários na Constelação da Águia que aquela hora se situava bem a Leste do Meridiano a alturas entre os 28 e os 39 graus e com ARs entre 19 h 11 min e 20 h 25 min e Decs entre os $-05^{\circ} 58'$ e $-06^{\circ} 12'$.

Depois de apontados estes valores encontrei um ponto médio de cerca de 35° de altura., AR de 19 h 45 min e Dec de $-06^{\circ} 05'$. Isto significa que estamos um pouco a Sul do equador celeste e pouco acima da linha média da cintura de Clarke, verificamos no entanto que a altura é apenas de cerca de 35° o que se torna óbvio pois estamos bem a Leste do meridiano e portanto o equador celeste ainda tem muito que "subir"

Continuando comodamente instalados, abrimos no PC o nosso habitual programa de "ver o céu" (*The sky, Cartes du Ciel*) e passeemos o rato pela Águia até o programa nos dar a RA e Dec que nos interessam (no *Cartes du Ciel*, última linha à esquerda). Memorizemos ou façamos um pequeno desenho das estrelas circundantes, ou, melhor ainda transportemos o PC para o local da foto para termos o programa à vista. Na altura (depois dos nossos olhos habituados à obscuridade) olhemos atentamente para o céu e procuremos as tais estrelas da constelação da Águia que nos irão servir de referência para a "pontaria".

A partir deste ponto irei dar, paralelamente, duas explicações. Uma para a utilização do equipamento mais simples (referida em **2.1.**), outra para o equipamento mais sofisticado que foi usado na foto da figura 4 – (referida em **2.2.**).

2.1. Fotografia de satélites geoestacionários com equipamento simples

O último passo - corrigir a posição da câmara de modo a apontar o mais precisamente possível para a nossa zona já determinada o que, forçosamente, nos leva a rodar a cabeça do tripé bastante para leste, inclinar a câmara para a esquerda e baixar a pontaria para os tais 35° .

Facilitará muitíssimo tudo isto, se no visor, ou melhor ainda, no modo *live view* da câmara, conseguirmos identificar as ditas estrelas (*Figura 2*).

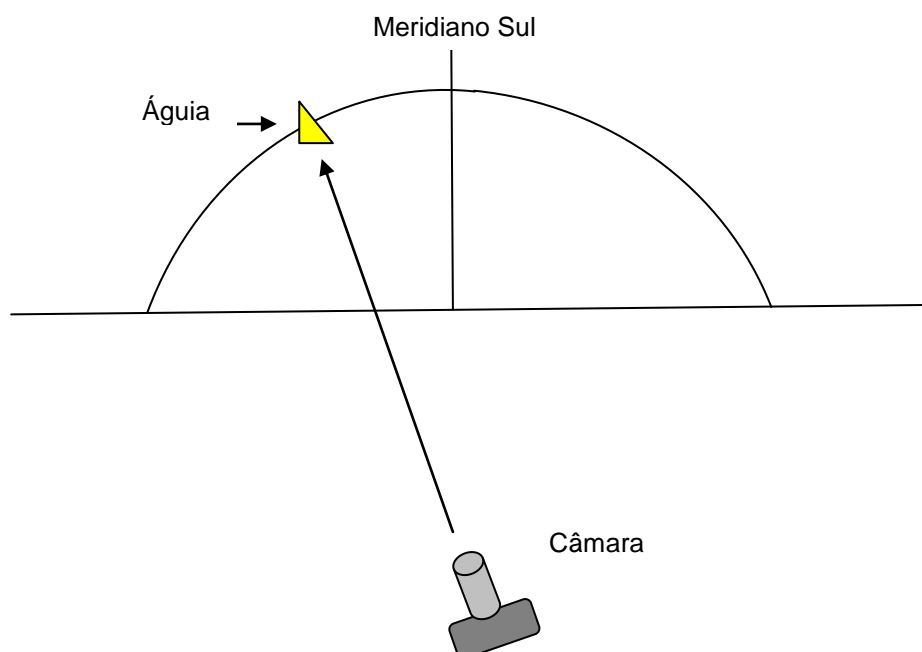


Figura 2

2.2. Fotografia de satélites geoestacionários utilizando equipamento mais sofisticado

Na foto das figuras 3 e 4 foi utilizada a minha montagem *EQ6* e não o tripé *Manfrotto*.

Além disso, a câmara foi colocada sobre uma luneta de 72 mm F/D = 6. Fiz um *goto* para Altair de modo que a raquete da montagem me mostrasse as coordenadas; depois da estrela centrada na ocular da luneta, usei a função "introduzir coordenadas", o que fiz para as coordenadas médias desejadas, ou seja, AR=19 h 45 min e Dec= -06° 05'. Assim, a montagem *EQ6* levou a luneta a apontar para o campo desejado.

Tendo a câmara paralela ao eixo óptico da luneta, bastou incliná-la sobre a esquerda para que as estrelas se movimentassem paralelamente ao enquadramento, o que confirmei com uma foto de 1 minuto, já com os motores parados como é óbvio. Não disparei directamente a 350D. Optei por utilizar o *Nebulosity* para comprovar no monitor que os desejados pontinhos estavam lá, o que, dada a função redução de ruído que o *Nebulosity* "respeita" (*waiting on internal dark*), nos força a esperar 10 min com o monitor preto, e ... estavam de facto, como podem apreciar.

3. Conclusão

Para terminar, resta dizer que, é de todo aconselhável fazer mais uma ou duas fotos deslocando um pouco a câmara para um dos lados, para ficarmos certos que os nossos pontos brancos são mesmo satélites e não "visitantes indesejados" que escaparam à redução de ruído.

Devo ainda recordar, para não retirar o entusiasmo aos leitores que só tenham um tripé, que se a pontaria no caso **2.1.** for tão boa como no caso **2.2.**, os resultados serão iguais.

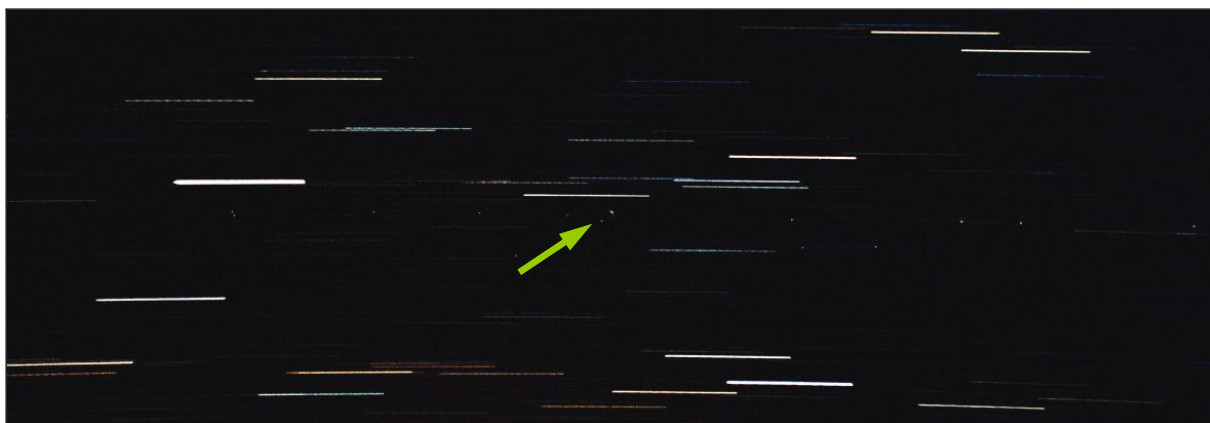
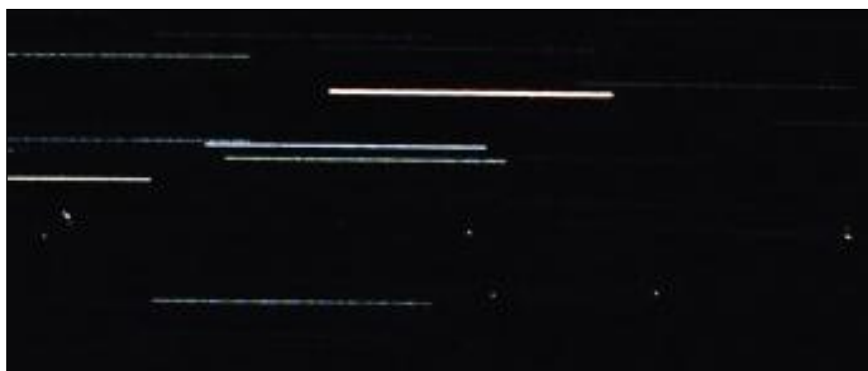


Figura 3.– Fotografia obtida em 22 de Julho de 2012 perto da meia-noite, com Canon 350D, 10 min a ISO 400, com redução de ruído. Objectiva de 35 mm a f /4. A seta verde aponta um grupo de 3 satélites geoestacionários (não resolvidos na foto), que se vê melhor na figura 4, mas a imagem mostra vários outros (ca. de 10), à esquerda e à direita da posição apontada.

Figura 4.– Crop da imagem anterior, feito perto da zona central. O grupo de satélites mais brilhante é bem visível na zona esquerda da imagem, quase como um ponto. Podem ver-se ainda outros satélites geoestacionários à direita desse.



Faço votos para que tenham ficado entusiasmados com esta outra forma de fotografar o céu.

Alinhamento polar de uma montagem equatorial alemã

Pelo buscador polar, pelo método de Bigourdain e pelo método de King

Carreira Martins
martinsze@oniduo.pt

Hesitei bastante antes de cometer a ousadia de tratar de um assunto mais do que conhecido e cujas explicações se podem encontrar em livros e artigos de vários autores estrangeiros e dos nossos especialistas e companheiros Guilherme de Almeida e Pedro Ré. Mas, na verdade, pelo menos os dois métodos que usam as derivas, não são assim tão fáceis de intuir e, principalmente, pôr em prática, para quem quer aplicá-los pela 1ª. vez.

Sem sequer me passar pela cabeça pôr em dúvida a capacidade desses amigos, vou tentar dar uma explicação minuciosa, *baseada nas dificuldades que eu próprio senti* nas primeiras tentativas, para que se possa chegar a bom termo e, muito importante, percebendo o que se fez e porquê.

Notas prévias sobre os parafusos de alinhamento das montagens equatoriais alemãs

No texto que se segue, irei utilizar 2 siglas a saber - **N/P** para lado norte da montagem, (o da polar) e **S/M** para lado sul da montagem, (o do meridiano).

Posto isto, refiro alguns pormenores que convém recordar e até fixar.

Há, como se sabe, 4 parafusos de ajuste nas montagens - dois para a movimentar em altura (Latitude) e dois para a regular horizontalmente (Azimute), visíveis nas Figuras 1a e 1b.



Figura 1 a



Figura 1 b

Os 2 primeiros parafusos de ajuste encontram-se em posições opostas: um do lado S/M e quando apertado eleva a ponta norte do eixo de AR, o mesmo é dizer que faz subir a montagem em Latitude; do lado oposto encontra-se aquele que, quando apertado, a movimenta ao contrário, fazendo pois, descer a ponta norte do mesmo eixo (menos Latitude).

Os outros dois parafusos estão dispostos horizontal e simetricamente no lado N/P. A actuação destes parafusos é um pouco menos intuitiva. As suas pontas estão encostadas a um dente que serve de batente que se encontra na plataforma do tripé ou coluna. Quando qualquer deles é apertado

“tenta empurrar” esse dente. Ora como este é fixo, o que acontece é que é a base da montagem *desliza* no sentido da cabeça (manípulo) do parafuso. Dito de outro modo, o parafuso vai puxando a base da montagem para o seu lado.

Temos então que, se queremos movimentar o nosso telescópio de modo a que ele aponte mais para Oeste (o lado S/M) teremos de apertar o parafuso do lado Leste para este puxar o lado N/P da montagem para esse lado. Obviamente, se pretendemos o movimento contrário, será o outro parafuso que teremos de apertar.

Alinhamento pelo buscador polar

Passemos então ao primeiro alinhamento feito pelo buscador polar que abordarei de modo breve, já que vem descrito nos respectivos manuais das montagens.

Venho apenas recordar que deveremos posicionar as figuras que aparecem no buscador — normalmente a Ursa Maior e a Cassiopeia — na posição em que as vemos olhando para o céu. Para isso, agarrando na ponta do veio de contrapesos — sem estes — rodaremos o eixo de AR até obter essa concordância.

Depois é só ir manipulando os parafusos de ajuste em altura e azimute até que a polar fique dentro do minúsculo círculo que aparece sobre o círculo um pouco maior (círculo de rotação da polar). Este alinhamento pouco preciso, chegará para observação e, o que é importante, servirá como base para os alinhamentos finos que serão descritos mais á frente.

Quando fazemos tiro ao alvo a 30 metros e se tivermos boa pontaria, tão facilmente acertaremos no centro daquele se estivermos na ponta duma linha imaginária perfeitamente perpendicular ao plano do alvo, como a um metro mais ao lado. O mesmo pode acontecer neste processo.

Método de Bigourdain – ou das derivas

Como o seu subnome indica, este método baseia-se na deriva das estrelas e foi idealizado pelo astrónomo francês (Guillaume Bigourdain(1851-1932). Bem conhecido, divulgado e utilizado, tem a sua principal vantagem no facto de não ser necessário o acesso ao pólo e ainda tornar possível um alinhamento quase perfeito, se para isso tivermos paciência, já que é moroso e necessita de várias tentativas, uma das suas desvantagens, tendo igualmente o senão de sofrer influência da atmosfera, na fase 2 em que se usa uma estrela perto do horizonte.

Devo antes de mais referir que, ao contrário do que normalmente se aconselha, não devemos começar com uma amplificação superior a 100/120 vezes. Aumentos superiores irão dar azo a que, sendo o campo muito reduzido e se o alinhamento básico não estiver pelo menos razoável, a estrela saia rapidamente do campo e em vez de fazermos correcções, passemos a noite em constante procura da estrela, para a centrarmos no retículo.

Também aconselho, de início, a utilização de um prisma de inversão total, de modo que através dele se observem imagens direitas em relação ao céu; pese embora a introdução de alguns defeitos ópticos, esta opção tornará a apreciação dos desvios muito mais óbvia.

Fase 1 – Correcção em azimute (horizontal).

Apontemos então o nosso telescópio para uma estrela que nos “pareça” estar sobre o Meridiano a Sul. - Uma boa escolha, se a época for propícia, será a estrela Mintaka em Orion – bastante brilhante e com declinação de quase 0°.

Centremo-la no centro do retículo com algum desfoque. Com os motores parados, rodamos a ocular de modo a que a estrela se desloque paralelamente ao fio do retículo respectivo.

Motores ligados, depressa nos daremos conta que a estrela se desvia para cima (Norte) ou para baixo (Sul).

1 – Se a estrela sobe – (deriva para Norte) teremos de apertar, leia-se – dar um pequeno toque para a direita no parafuso do lado Leste da montagem, sem esquecer de antes desapertar o parafuso oposto, isto para que o lado N/P (a ponta N do nosso eixo) se desloque para esse mesmo lado Leste e, conseqüentemente, o lado S/M da montagem se desloque para o lado contrário - Oeste. Dizendo de outro modo – para que o nosso telescópio vise mais para Oeste.

Isto suscitará as seguintes dúvidas:

1º. – Porquê?

2º. – Se o desvio é em altura, qual a razão de o ajuste ter de ser em azimuth?

A resposta é, afinal, simples: todos sabemos que o Equador Celeste é um arco que “parte” do horizonte a Leste (considerando o movimento aparente das estrelas) e que termina no Horizonte a Oeste, passando pelo meridiano a Sul, onde atinge o seu ponto mais elevado, a uma altura igual à co-Latitude do nosso lugar ($\text{co-latitude} = 90^\circ - \text{latitude}$).

Uma estrela com declinação zero seguirá exactamente este arco e, no seu movimento, vai subindo até ao meridiano, onde se desloca horizontalmente durante um breve intervalo de tempo, começando de seguida a descer para Oeste.

Se existisse uma montagem perfeita e com um alinhamento absoluto, o nosso telescópio descreveria exactamente a mesma curva. Como tal não existe, a verdade é que “a nossa curva” estará deslocada para Leste ou para Oeste. Então no caso 1, a estrela sobe porque o nosso telescópio está já a descer quando a estrela passa no Meridiano onde segue na horizontal. Estamos no caso da Figura 2.

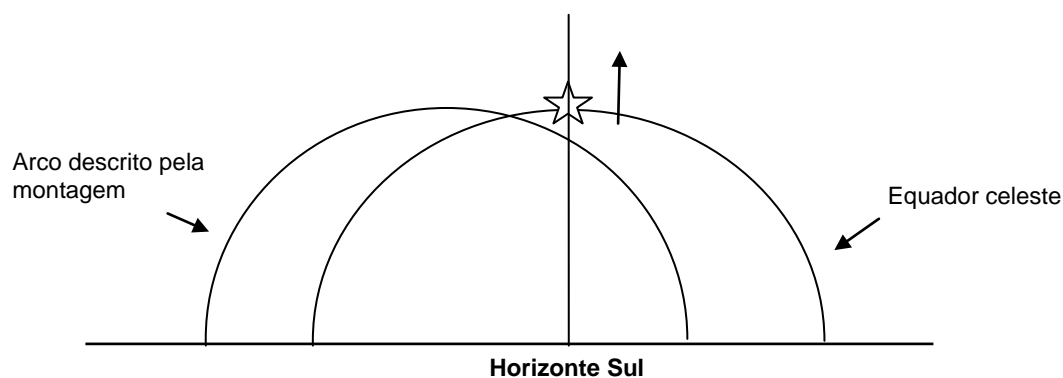


Figura 2 – Horizonte Sul, alinhamento em azimuth.

2 – *Se a estrela desce* – estamos no caso contrário (deriva para Sul), isto é, a nossa montagem ainda está a subir pois o telescópio está a visar mais para Oeste e portanto ainda sobe no Meridiano. Teremos então de apertar o parafuso do lado Oeste para que o lado S/M se desloque para Leste.

Fase 2 – Correção em latitude (altura)

Apontemos desta vez uma estrela próximo do Equador Celeste, a Leste, mas, a pouca altura do horizonte, 15 a 20 graus no máximo. Orientamos de novo o seu deslocamento na linha do retículo e centramo-la ligando os motores. Se a Latitude do nosso eixo não está certa, o desvio da estrela será, neste caso, para a esquerda (Leste) ou para a direita (Oeste). Começemos por observar a **Figura 3**.

No caso representado na Figura 3 a Latitude do nosso eixo é inferior à Latitude do lugar. Dito de outro modo. O lado N/P da nossa montagem está baixo e portanto o lado S/M está alto.

A nossa montagem sobe descrevendo uma curva mais para Norte em relação ao Equador e a nossa estrela vai desviar-se para Oeste. Teremos então de apertar o parafuso do lado S/M para fazer subir o lado N/P da nossa montagem (ponta Norte do eixo polar) para aumentar a Latitude. No caso contrário, apertaremos o parafuso do lado N/P se a latitude for superior, isto é, se a estrela se desviar para Leste e assim faremos descer a Latitude do nosso eixo.

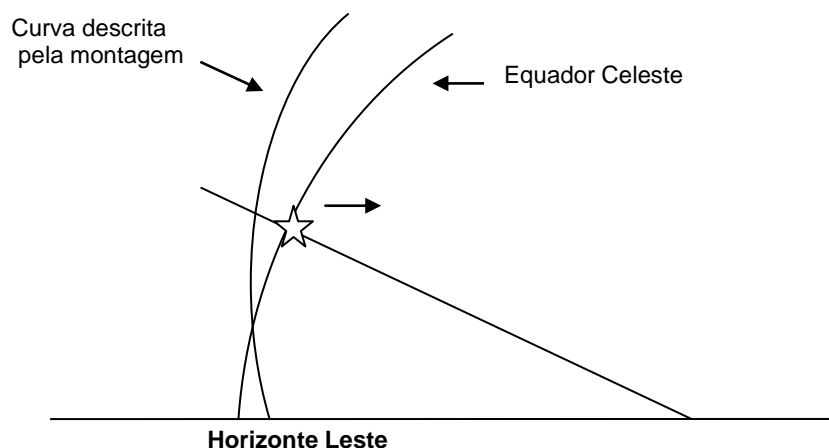


Figura 3. Horizonte Leste, alinhamento em latitude

Falta apenas dizer que um resultado razoável na 1ª. tentativa, (1ª. noite), será conseguirmos na fase 1, um tempo de 10 a 15 min com um desvio mínimo. Um bom resultado será o de conseguirmos o mesmo nas duas fases. É então altura para uma correcção mais perfeita (2ª. noite) em que passaremos para 200, ou mesmo um pouco mais, aumentos e dispensaremos o prisma, sem esquecer que tudo se vai passar ao contrário. Será prático fazermos uma "cábula", apenas com a correcção necessária para cada desvio.

Método de King

Como veremos, este método pode ser chamado "método da deriva da Polar". Trata-se pois de apreciar os desvios da estrela Polar. Foi idealizado pelo astrónomo norte-americano Edward Skinner King (1861-1931) e, como todos os métodos, tem vantagens e desvantagens. A grande desvantagem é, obviamente, a necessidade de acesso ao pólo celeste. As vantagens são duas: 1.- é um método praticado apenas numa fase, pois os desvios servem para as duas correcções (daqui 50% de ganho em tempo); 2.- os procedimentos são mais rápidos, pelo que teremos mais algum ganho. Também não sofre de influência da atmosfera, dada a altura da Polar.

Apontemos então o nosso tubo para a Polar ou para uma estrela *muito próxima* do pólo celeste. Os fios do retículo devem ficar Zénite-Horizonte e Este-Oeste verificando-se o rigor pela deslocação da estrela, por meio de uma pequena pressão no tubo. Os desvios segundo os dois fios do retículo estão ligados a erros de altura e azimute.

1. Se a estrela deriva para o Zénite, é porque a ponta norte do nosso eixo aponta para Leste.
2. Se a estrela deriva para Oeste, é porque a ponta Norte do nosso eixo aponta mais para cima em relação ao pólo (mais Latitude).

Já sabemos do método de Bigourdain o que teremos de fazer. No entanto nunca é de mais recordar que:

- a) No caso 1 apertaremos o parafuso do lado Oeste para puxar o eixo (a sua ponte N/P) para esse lado.
- b) No caso 2 apertaremos o parafuso de ajuste em altura que fica no lado N/P para fazer descer o eixo em Latitude (ponta Norte para baixo). Se as derivas em 1 e 2 forem ao contrário, será obvio que os parafusos em que teremos de actuar serão os opostos.

Espero ter sido ter sido suficientemente claro e não demasiadamente cansativo. Desejo aos leitores alinhamentos (quase) perfeitos. Para mais informação sobre o método de King, veja-se a obra de Thierry Legault "*Astrophotographie*", Éditions Eyrolles, Agosto 2006.

FIRST LUNAR MAPS

PEDRO RÉ

<http://astrosurf.com/re>

During 400 years, since the invention of telescope, the Moon was studied and mapped by several observers using different techniques.

The first observers used the newly invented telescope from 1610 to 1650. The Moon was recognized as a new world to explore. This period marked the birth of Selenography. Galileo, Kepler, Langrenus, Hevelius, Grimaldi and several others were the first to map our satellite. After a long period of inactivity a second phase began in the early 19th century. Observers like W.G. Lohrmann, J.H. Mädler and J.F. Schmidt used achromatic refractors and filar micrometers to study and map the Moon with outstanding precision. Scientific cartography of the Moon was born. The third period started in 1890 when the large telescopes at Lick and Paris observatories began a systematic photographic survey of the Moon. The fourth and last period was, of course, close-up detailed observations performed by spacecraft and manned exploration of the Moon.

Galileo was not the first to observe the Moon through a telescope. Thomas Harriot (1560-1621) was one of the first observers of the Moon. These observations are considered today the first moon sketches made with a telescope (Figure 1). The first observations of sunspots are also attributed to Harriot (Figure 1).

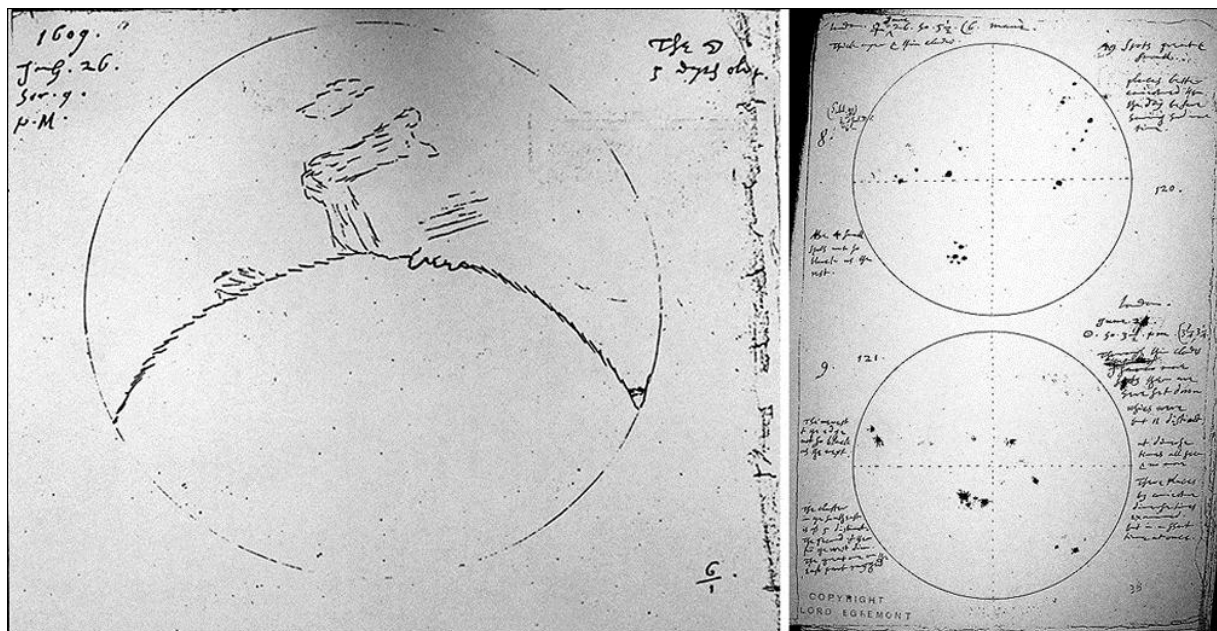


Figure 1- Thomas Harriot's drawings of the Moon (26 July 1609) (left) and Sun (December 1610) (right). Galileo Project (<http://galileo.rice.edu/index.html>).

Few if any of Galileo's Moon observations are dated. Perhaps the best known Moon drawings are those in *Siderius Nuncius* (Figure 2).

Several lunar maps were published soon after these first observations. Michael Langrenus (1600-1675) produced in 1645 a map including the oldest known nomenclature of lunar formations. This map started a long debate regarding the naming of Moon's features (Figure 3). On the same year Antonius Rheita (1597-1660) depicts the lunar seas and the main lunar craters (Figure 3).



Figure 2- Title page of *Siderius Nuncius* published in 1610 (left) and Galileo's initial sketches of the Moon showing several craters and the lunar terminator (right).

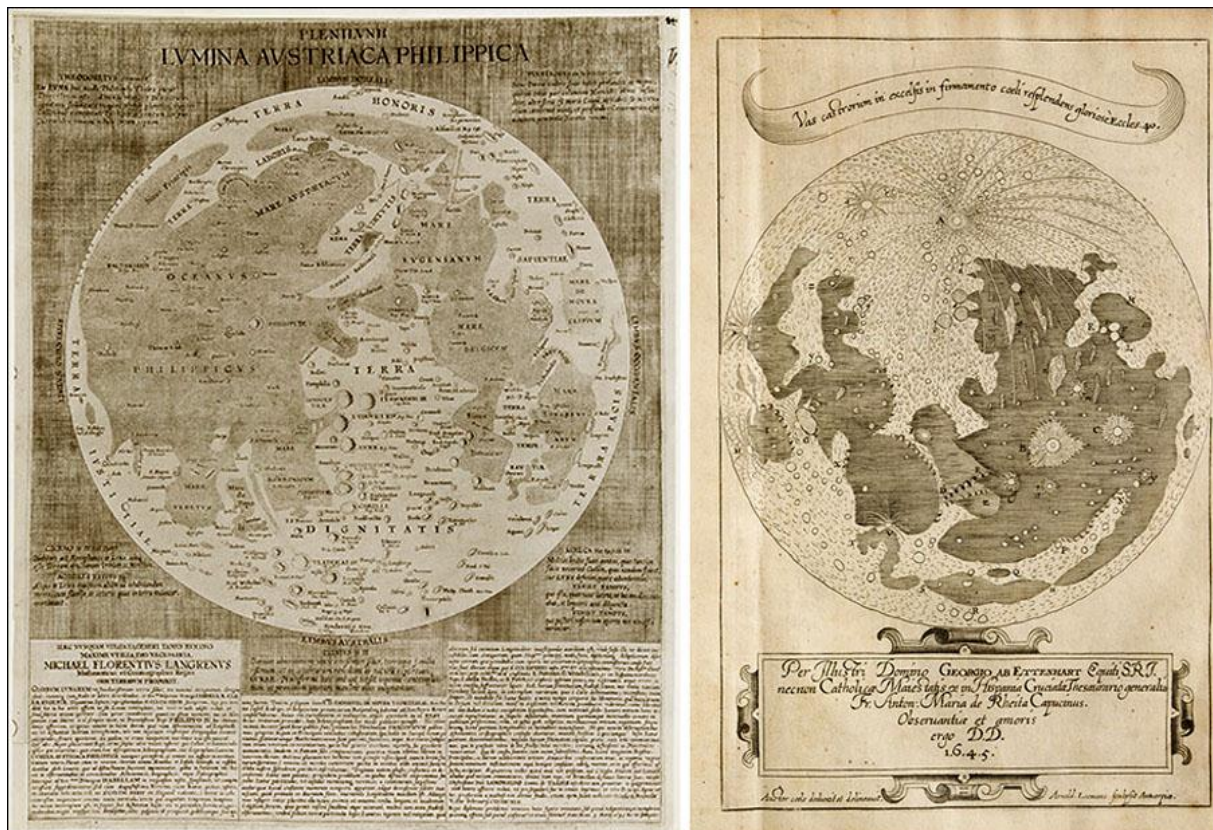


Figure 3- Maps of Moon published in 1645: Michael Langreen (left); Antonius Rheita (right). Museo Galileo (<http://www.museogalileo.it/en/index.html>).

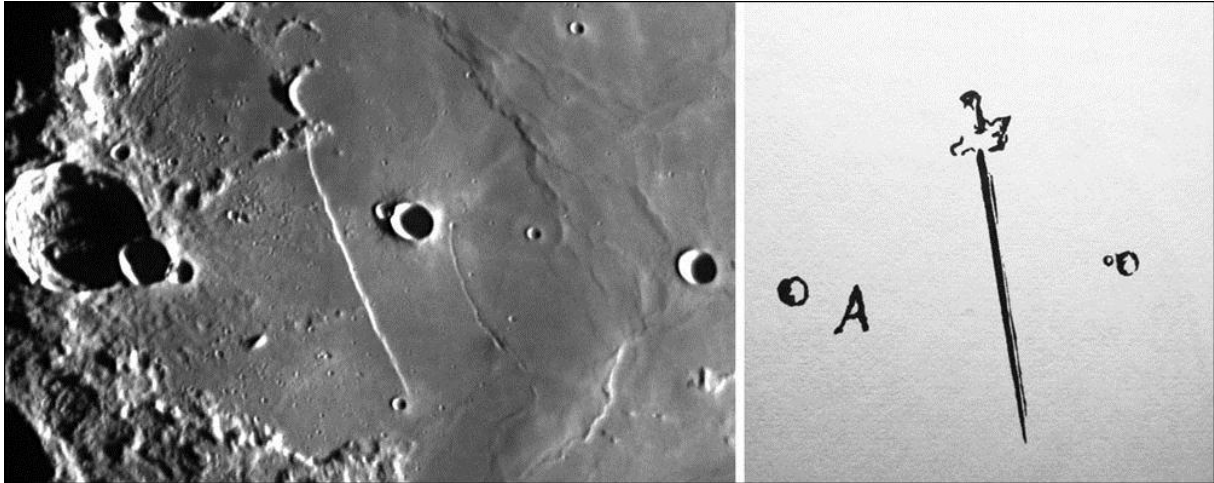


Figure 4- Christiaan Huygens image of the Straight Wall (right) and CCD image of the same region obtained by Thierry Legault (left). Huygens drawing adapted from *Complete Works of Christiaan Huygens* (1925).

Christiaan Huygens (1629-1595) was also an active observer of the Moon. He is mainly recognized for discovering the true nature of Saturn rings and its satellite Titan in 1655 and 1659 respectively. His Moon studies remained unknown until 1925. Huygens discovered several lunar features including the straight wall attributed for a long period of time to J.H. Schröter (1745-1816). In 1686 Huygens used a 123-foot non-achromatic refractor to view and draw this interesting lunar formation (Figure 4). He also recorded the Schröter valley and the great Hyginus rille using a 60-foot refractor.



Figure 5- Johannes Hevelius (left) and his *Selenographia* Moon map (right).

Johannes Hevelius (1611-1687) drew several maps of the Moon from observations performed with non-achromatic refractors. In his book *Selenographia* published in 1647, forty engravings of the Moon in its various phases are presented together with three large lunar maps. The effect of libration is shown together with names of surface features that are not in use today (Figure 5).

Eustachio Divini (1610-1685) and Francesco Grimaldi (1613-1663) Moon maps were published in 1649 and 1651 respectively. Divini's map is clearly inspired by the work of Hevelius. Grimaldi map shows the moon in different phases and the effect of libration (Figure 6).

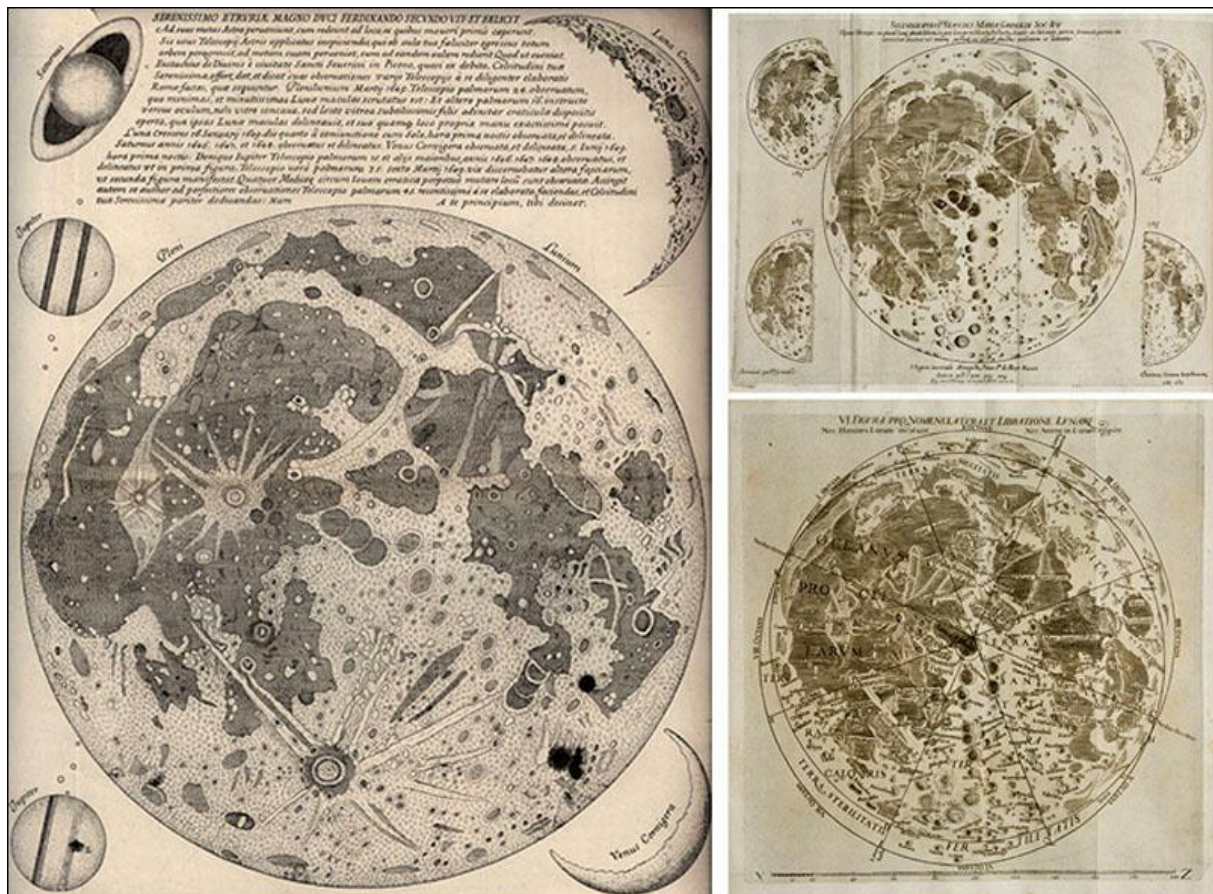


Figure 6- Eustachio Divini (left) and Giovanni Riccioli (right) Maps of the Moon. Museo Galileo (<http://www.museogalileo.it/en/index.html>).

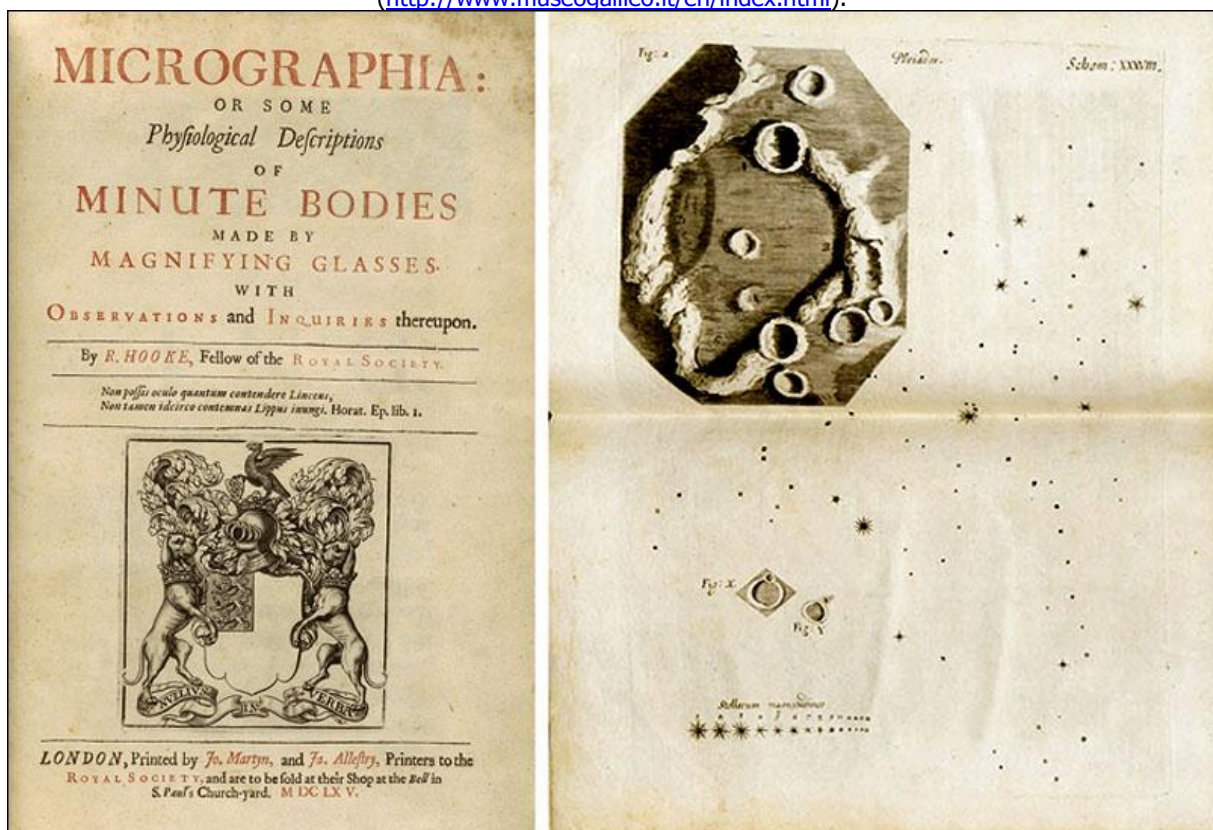


Figure 7- Robert Hooke *Micrographia* title page (left) and depiction of crater Hipparchus (right). Museo Galileo (<http://www.museogalileo.it/en/index.html>).

Robert Hooke (1635-1703) described his lunar observations in a book published in 1665 (*Micrographia*). Hooke produced a first representation of a limited area on the Moon (crater Hipparchus) using a 30-foot refractor in 1664 (Figure 7). Several laboratory experiments were performed by Hooke using bullets that were dropped into soft clay. These experiments produced craters similar to the ones observed on the Moon.

The work of Giovanni Domenico Cassini (1625-1714) at the Paris observatory established a new standard in Moon mapping. Cassini made many drawings of the Moon in different phases. He used back and white chalk on a blue background. All these drawings combined produced a full Moon chart with 12 feet in diameter. Only a small engraving of this work is known today (Figure 8).

Cassini's Moon Maps were a considerable advance over its predecessors. Even by today standards this extraordinary large Moon map has a very modern appearance (Figure 9).



Figure 8- Giovanni Cassini (left) and original drawings of the Moon produced in 1671-1679 at the Paris Observatory (right). Museo Galileo (<http://www.museogalileo.it/en/index.html>).



Figure 9- Large Map of the Moon Giovanni Cassini (1679). Museo Galileo (<http://www.museogalileo.it/en/index.html>).

RITCHY'S FIXED UNIVERSAL TELESCOPE

PEDRO RÉ

<http://www.astrosurf.com>

George Willis Ritchey (1864-1945) was the prophet and builder of the first large American reflecting telescopes and a master of celestial photography. Ritchey worked closely with George Ellery Hale¹ and the Mount Wilson Observatory stands today as a monument to their collaboration. Ritchey is usually associated with the Ritchey-Chretien system, used in almost all large reflecting telescopes today. The largest telescopes in activity clearly demonstrate the validity of many of Ritchey's predictions, which seemed fantastic if not impossible to most of the astronomers of his day.

After the completion of the 100-inch, Ritchey devoted eight years to the study of a fixed, vertical, universal reflecting telescope, with a coelostat and cellular mirrors. This unusual telescope was designed mainly (in Ritchey's own words) *"to overcome the technical difficulties and the inconveniences of all kinds which are encountered with very large equatorial reflectors"*. He also mentioned that *"this type (of telescope) is incomparably well adapted for the highest requirements of astronomical photography, and of astrophysical work with very large and elaborate accessory instruments"*.

Ritchey's first designs of the fixed universal telescope were completed in March 1924. These included three concave 5 m mirrors and a coelostat with two 6 m plane mirrors. The six secondary mirrors (Newtonian – plane, Schwarzschild – concave, Cassegrain and Ritchey-Chretien – convex) also of cellular construction, varied from 1.52 m to 1.83 m in diameter. A general view of this first fixed telescope is given in Figure 1. A later design which only Schwarzschild and Ritchey-Chretien combinations are used is illustrated in Figure 2.

In these telescopes, the coelostat is far above the ground in order obtain the *"best atmospheric definition"*. The coelostat and the mounting of the second large plane mirror rest upon the massive, horizontal summit of the inner building, which is of reinforced concrete. An outer building of strong steel that supports the dome, entirely separated from the inner one, acts as a protection from the wind, weather and sudden temperature changes. This outer building and dome are protected by exterior sheet-steel sun-shield and the two sheet-steels walls are separated by ample ventilation, and all are painted white.

Figure 1 shows two floors below ground level (marked Sol). In the first designs the vertical distance between floors 1 and 3 was 18 m, the vertical distance between floors 3 and 4, 26 m and the total height from floor 3 to the summit of the dome 53 m. The dome had a diameter of 32 m (fixed universal telescope of 5 m mirrors).

The second large plane mirror in the dome receives the stationary beam of light from the coelostat, and reflects it vertically downward, in the fixed vertical tube of the telescope. On the first floor three or more concave mirrors lie horizontally, face-up each with its mechanical flotation system and carriage (rolling on straight horizontal rails). These mirrors could be quickly moved into position with automatic adjustment and alignment with reference to the fixed vertical optical axis of the telescope.

¹ Ritchey's career is clearly intertwined with that of G.E. Hale in such a way that it is impossible to treat one without mentioning the other.

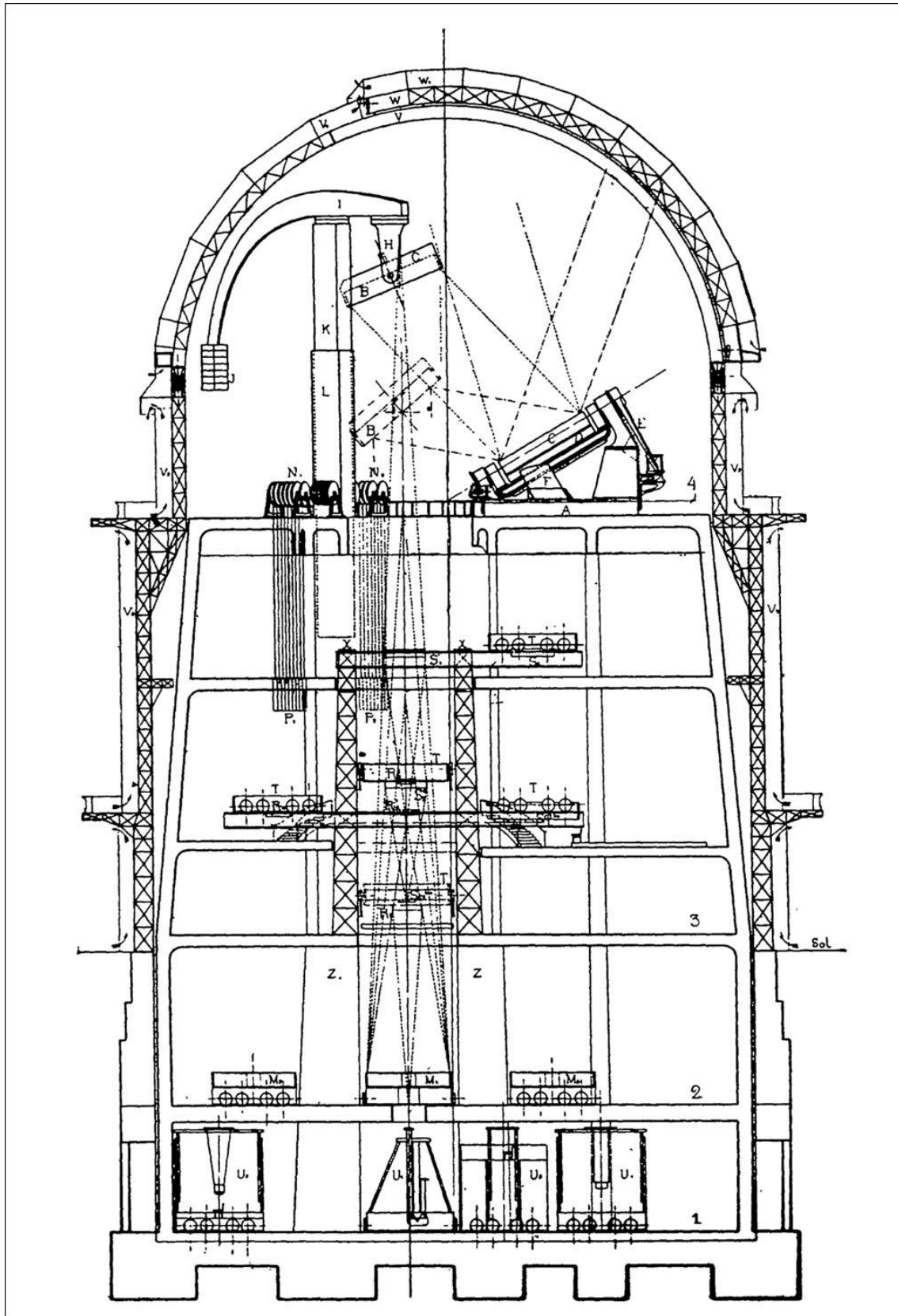


Figure 1- Ritchey's design for a fixed vertical telescope. The coelostat consisting of two large plane mirrors is at the top. The ground level is marked "Sol". A 5 m diameter primary mirror, Marked M, is in use, two others are on wheeled carriages on both sides of it. Several secondary mirrors, marked R and S may be used. Adapted from Ritchey, G.W. (1928) The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part I- The fixed universal telescope. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (5): 159-177.

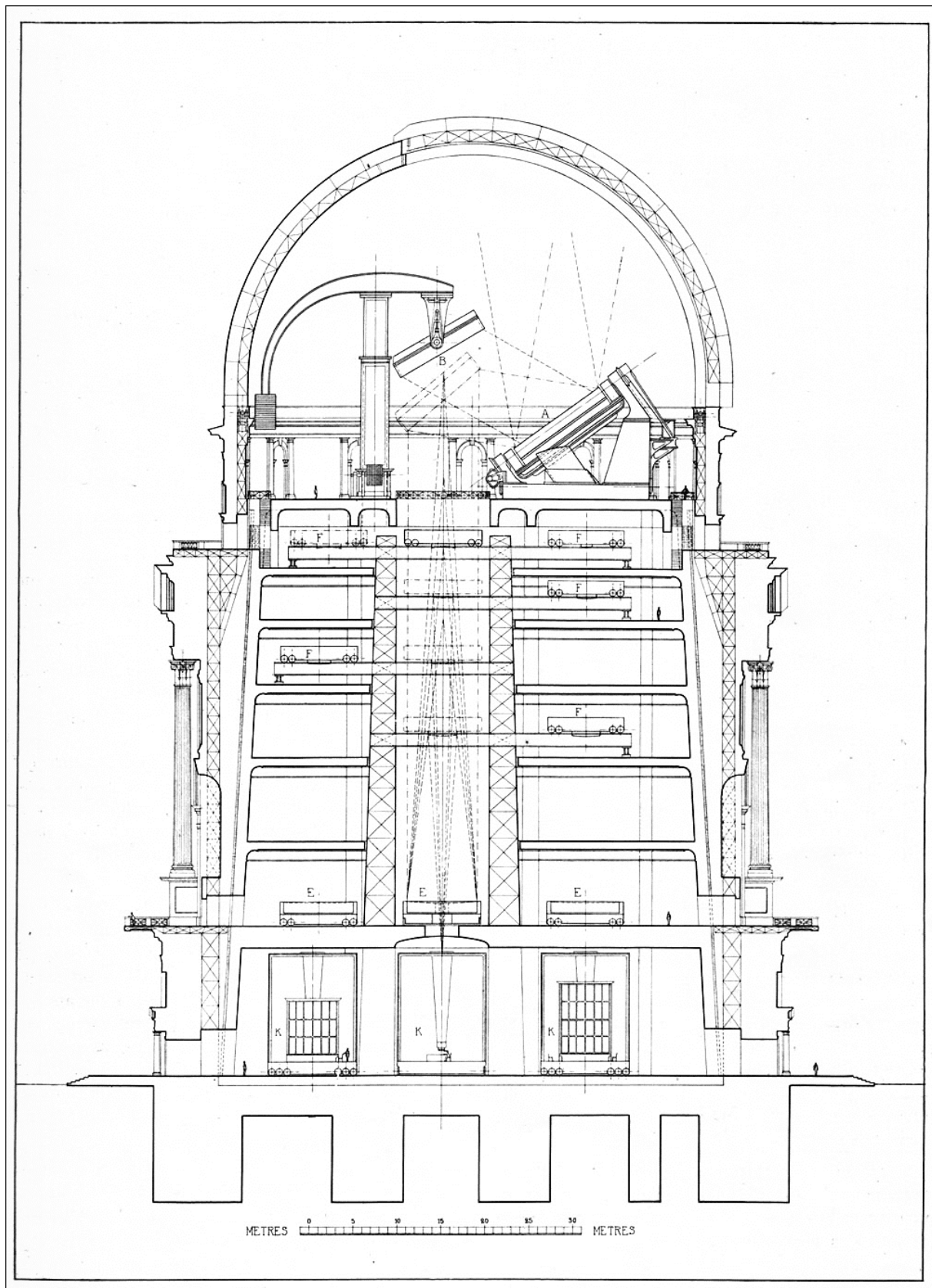


Figure 2- Ritchey's design for a 8 m fixed vertical Universal Telescope. Note the human figures that show the gigantic scale of this instrument. Adapted from Ritchey, G.W. (1929) *L'Évolution de l'Astrophotographie et les Grands Télescopes de L'Avenir*. Société astronomique de France.

In the first design the three large concave mirrors were: Newtonian (paraboloidal) and Cassegrain combinations (Schwarzschild and Ritchey-Chrétien). The secondary mirrors were also supported by a flotation system and roll into position with automatic adjustment and alignment. The accessory instruments (spectrographs, bolometers, radiometers, interferometers, photographic apparatus...) could be rolled smoothly, on straight horizontal rails, into position. Whatever the size of the telescope, the interchange from any combination to another could be accomplished in a few minutes.

The square tube of the fixed telescope consisted of four strong steel vertical square columns. The combinations and focal ratios planned for the mirrors included: (i) one Schwarzschild type with one large concave mirror and a small concave mirror, giving a very large field and a small focal ratio ($f/3$); (b) one Newtonian with a paraboloidal mirror ($f/6$); one Ritchey-Chrétien with one large concave and small convex mirrors ($f/6.8$); one low power Cassegrain combination ($f/12$) and one high power Cassegrain combination ($f/30$).

All these plans were made by Ritchey while working at the Mount Wilson observatory (1910-1924). During the period of 1924-1828 Ritchey develops new designs for the fixed telescope in the optical shop of the Paris observatory in co-operation with Henri Chrétien.

Ritchey did not publish his plan for a fixed universal telescope until 1927. He claimed that he had been working on these designs since 1919, the year G.E. Hale fired him from the Mount Wilson Observatory.

In these new plans, without changing the general design or the mechanical arrangements of the universal type, the Newtonian and Cassegrain combinations were omitted in favor of the Schwarzschild and Ritchey-Chrétien designs. These included five combinations and focal ratios instead of the six described above. Four large concave primary mirrors and five small secondary mirrors were described:

- (i) Schwarzschild ($f/2.75$);
- (ii) Schwarzschild ($f/4$);
- (iii) Ritchey-Chrétien ($f/6.8$);
- (iv) Ritchey-Chrétien ($f/12$);
- (v) Ritchey-Chrétien ($f/20$).

Ritchey mentioned the advantages of the fixed universal telescope as follows:

- A- Convenience, comfort and safety for the observers;
- B- Ease of use of accessories (photographic, spectrographic...);
- C- Every known configuration of reflecting telescopes can be used;
- D- In long-exposure photography (direct and spectrographic) all mirrors in use (with the exception of the coelostat plane mirror) are stationary throughout the exposure;
- E- The coelostat rotates only one-half as fast as that of an equatorial telescope;

A few drawbacks/limitations were also identified:

- A- Large plane mirrors are subject to deviations from optical flatness as a result of temperature change (the use of cellular mirrors can be a solution to this problem);
- B- All fixed type of telescopes are subject to additional loss of light by reflection from one to two large mirrors;
- C- The fixed telescope is not adapted for the observation of the whole sky. If a declination of 30° is considered, the telescope can be used without serious loss of light through a range of about 40° (from 12°N to 52°N)².
- D- Difficulties in interchanging mirrors and accessory equipment.

² Ritchey mentions that most of the long exposure astrophotography with large apertures should be only attempted at a maximum distance of fifteen to twenty degrees from the zenith.

Ritchey planned to install three fixed universal telescopes at different latitudes in order to cover the whole sky (33°N, 0° and 33°S) each working at no farther than seventeen degrees from the zenith and covering about 78% of the whole sky (from 50°N to 50°S).

The advantage of using these combinations of telescopes is stressed by Ritchey based on his own experience while working at the Mount Wilson observatory.

"Let us assume that immediately after dark, atmospheric definition is at 5 on a scale of 10 (on a scale of 1 to 10: 1 to 2 being very bad; between 2 and 3 being usable only with the smallest focal ratio of 2.75 to 1; 5 being moderately good and 10 being the most perfect ever seen), the observer therefore changes to the combination best adapted for moderate seeing, that is a medium focal length of 6.8 to 1, a medium magnifying power for a very fine climate. He begins a long-exposure photograph of a spiral nebula with this combination, and continues it for two hours, when he notices that the wind is gradually increasing and the definition gradually falling. When, in another half-hour, definition has gone down to 4, which is his low limit for this focal ratio, his assistant change the mirrors to a different combination (focal ratio of 4). He puts away in a dark drawer the plate-holder and its guiding eyepieces used for the photograph begun earlier, and he continues with a this combination a long exposure photograph of a very faint, extended nebula which he had begun on the preceding night. Definition continues between 3 and 4 until midnight; if it had fallen as low as 3 he would have changed to the lowest-power combination. At midnight he has secured the full time of exposure desired for this photograph. Since definition continues the same he starts another long-exposure photograph of another faint extended nebula. At one o'clock he notices a decrease in the wind, and a very marked improvement in definition, so marked that he goes out on the balcony of the dome, expecting to see a low fog forming in the valleys around and below the observatory. He finds that this is so, and he returns to the telescope and to work, to see whether definition continues to improve rapidly, or goes downward again. Within half an hour definition goes gradually up to 7, as the wind dies down to a dead calm. He knows that with this calm, and with this low fog he may expect extraordinary definition (seeing), perhaps as high as 8 or 9. He cannot afford to waste such precious conditions on low power work, and he does not need to do so, because he has a quickly interchangeable telescope. He takes a chance, and changes to the highest-power combination, with a focal ratio of 20, and to the photographic accessory instrument for planetary photography with very high powers. He is not taking a serious chance, because he can change back to another combination, if necessary, in four minutes. Definition improves to 9 and to 9.5. It is his great, long awaited opportunity, the one supreme hour of a thousand! He and his assistants work quickly, skillfully, smoothly, in photographing very bright planetary nebulae and planets with magnifying powers of many thousand diameters. Every known invention for their convenience, comfort, facility and speed in their strenuous work of guiding, occulting, re-focusing, with extremely high magnifying powers, is provided and at hand, in the stationary, constant-temperature laboratory containing this high-power photographic apparatus. All of the extreme speed and skill, like those of the virtuoso, which they have acquired by long training with the double-slide practice-machine, stand them in good stead now, and enable them to photograph smaller details and more delicate contrasts of shading and color that any eye can detect visually with the same aperture. But without the quickly interchangeable telescope the nearly perfect atmospheric conditions, which occur so rarely, and which continue for so short a time, could not have been taken full advantage of, unless, indeed, a complete, separate telescope, fitted for photographic work with the highest powers, had been kept always ready and waiting for such conditions".

In 1928, Ritchey revealed his plan to build a large fixed telescope at the edge of the Grand Canyon in Arizona (Figure 3) and the following year he finally published his book *"The Development of Astrophotography and the Great Telescopes of the Future"*. This relatively short book includes many illustrations in large format was written in English and French. The book summarizes Ritchey's work and his own ideas related to the building of large reflectors. It includes the best astrophotographs taken by Ritchey with the 24-inch refractor and 24-inch reflector of the Yerkes Observatory and with the 60-inch reflector of the Mount Wilson Observatory. He also conveys the evidence that spiral nebulae are galaxies, a concept he advanced in 1917 based on the observation of several novae. In this book Ritchey proposed plans for 8 m fixed telescope (Figure 2) and a 6 m equatorial fork mounted reflector (Figure 4). He also proposed building a chain of five fixed vertical observatories at several latitudes (0°, 16°N and 16°S, 36°N and 36°S).

Ritchey's ideas were far ahead of his time. The fixed vertical telescopes were never built. Ritchey was an outstanding craftsman; he developed and perfected the methods for making large reflector telescope mirrors that were the best at the beginning of the twentieth century. His outstanding astronomical photographs received lots of attention. The Ritchey-Chrétien design, cellular mirrors, thermal control of telescope mirrors, mountings and domes, rapid changes of telescope configurations to take advantage of the best seeing conditions never achieved success during his life time. The fixed vertical telescope is another example of Ritchey's prophetic views that never achieved any recognition from his peers, at least to date.



Figure 3- Ritchey's drawing of a fixed vertical telescope at the edge of the Grand Canyon.

Sources

- Osterbrock, D.E. (1993). *Pauper & Prince. Ritchey, Hale & big American telescopes*. The Universe of Arizona Press.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part I- The fixed universal telescope. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (5): 159-177.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part II-The Ritchey-Chrétien Reflector. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (6): 207-230.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part III-The Ritchey-Chrétien Aplanatic Reflector. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (8): 303-324.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part IV- Astronomical photography with very high powers. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (9): 359-382.
- Ritchey, G.W. (1929). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part V-The new astronomical photography. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 23: 15-36.
- Ritchey, G.W. (1929). *L'Évolution de l'Astrophotographie et les Grands Télescopes de L'Avenir*. Société astronomique de France.

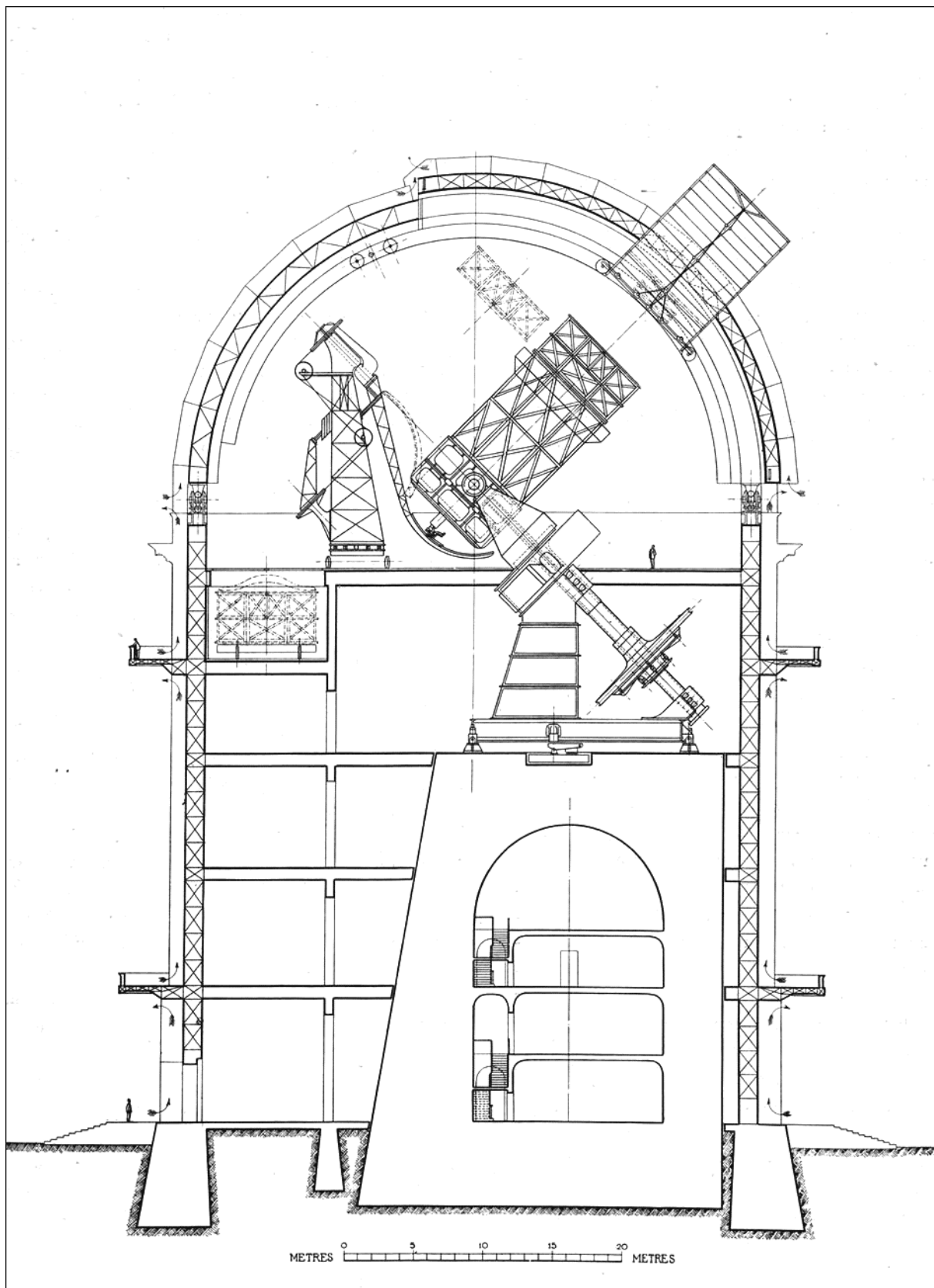


Figure 4- Ritchey's design of a 6 m equatorially mounted Ritchey-Chrétien telescope. An observer was drawn at the curved movable arm behind the primary mirror. Note the size of the human figures on the floor and ground.



Figure 5- M51. 60-inch telescope, 10h 45m exposure (April 7 and 8, 1910). G.W. Ritchey.

RUSSELL PORTER (1871-1949) AND THE GLASS GIANT OF PALOMAR

PEDRO RÉ

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

Russell W. Porter (1871-1949) was one of the first leaders of the amateur telescope making movement. After designing amateur telescopes, Porter was hired to help with the design of a 200-inch Hale telescope for the Mount Palomar Observatory. His cutaway drawings for this project are nothing less than exceptional. He also made conceptual designs for the Griffith Observatory and served as a consultant to the architects (Figure 1).

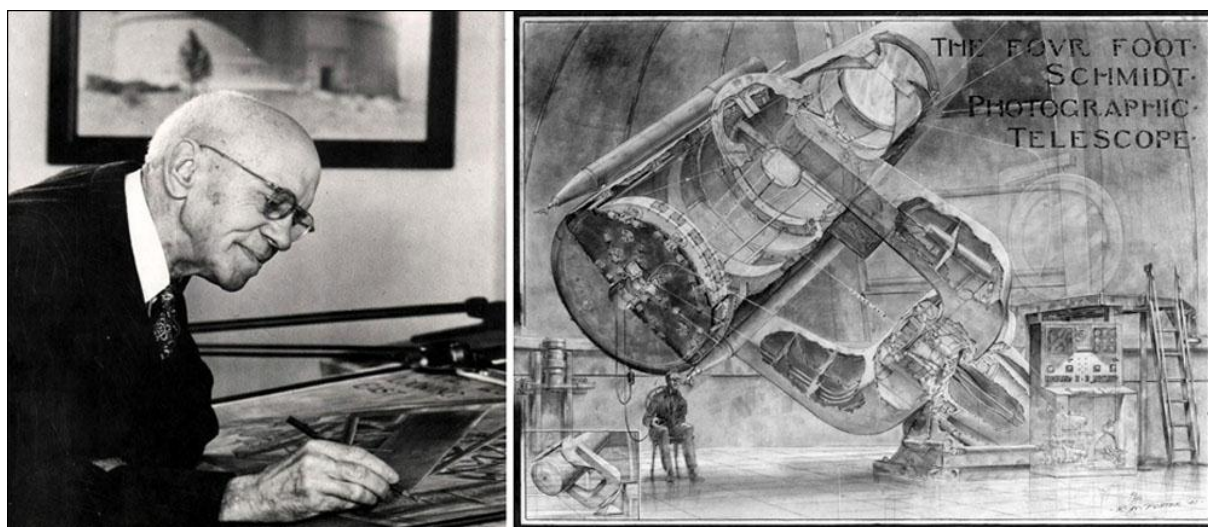


Figure 1- Russell Porter and one of his cutaway drawings (48-inch Schmidt telescope).

Russell Porter was born in 1871 as the youngest of five children in the village of Springfield, Vermont. Russell showed an early talent for drawing as well as a restless nature. He studied engineering for a year at Norwich University and latter at the University of Vermont. In 1891, he moved to Boston to study architecture and art at the Massachusetts Institute of Technology.

Porter was a man of many vocations. He was an architect, arctic adventurer, builder, inventor, mapmaker, photographer, scientist, surveyor, telescope designer and writer.

Porter caught the Arctic fever when, in 1892, he attended a lecture by Robert Peary. The next year, the scientist Frederick Cook came to Boston to advertise a summer cruise up the coast of Greenland. Porter negotiated passage on Cook's voyage by offering to serve as surveyor and artist. This would be the first of Porter's eight northern adventures over the next 15 years. The first ended above the Arctic Circle, when the small steamship was damaged on a reef and then collided with an iceberg. The crew was rescued by Eskimos and returned to Boston by fishing boat (Figure 2).

In 1928 Russell Porter was employed by Caltech (California Institute of Technology) in Pasadena after being recruited by George E. Hale to work on the design of the 200-inch Palomar telescope. He designed three campus buildings (the astrophysics laboratory, machine shop and optical shop) that were used for work on the 200-inch telescope.

While working on the design of the Palomar telescope, Porter perfected his "cutaway" drawing technique. During the Second World War he assisted in the war effort by designing and drawing military hardware. He was dubbed the "Cutaway Man" by Pentagon officials for his ability to draw the internal workings of complex machinery by cutting through the outer "skin".



Figure 2- Arctic Sketches of Russell W. Porter.

Throughout his later years he was closely involved with the Stellafane Amateur Telescope-Makers movement in his hometown of Springfield, Vermont. The Stellafane Observatory stands at an elevation of about 1270 feet on an exposed shoulder of a hill about one-quarter mile southeast of the Breezy Hill Road in Springfield, Vermont. The observatory complex consists of two buildings designed by Russell W. Porter: the clubhouse of the Springfield Telescope Makers, Inc., and the observatory containing a 16-inch, reflecting turret telescope also designed by Porter (Figure 3).

In 1949, while working on his last telescope project, Porter dies of a heart attack at the age of 77.

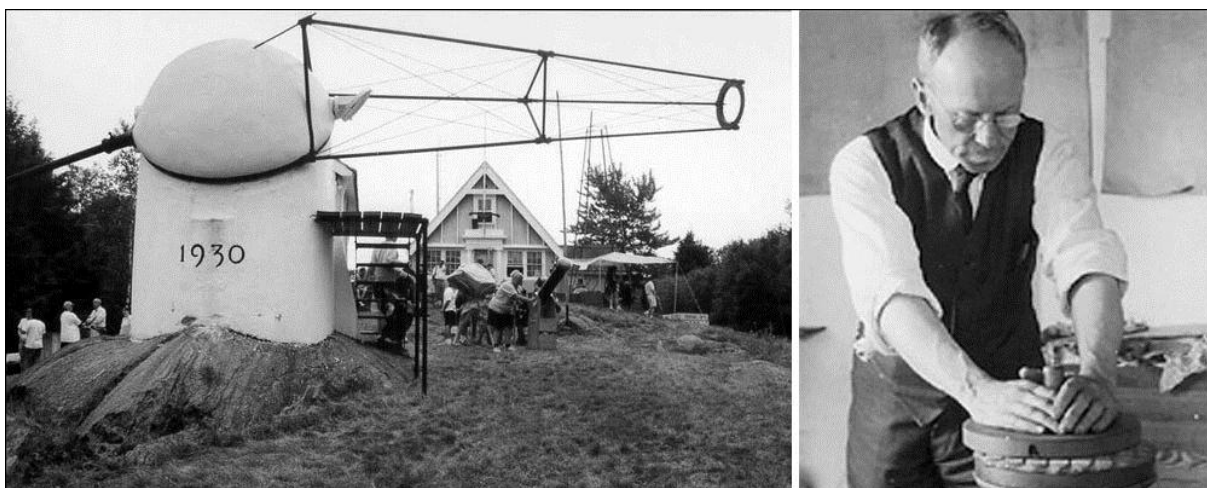


Figure 3- Stellafane turret telescope built by Russell W. Porter.

Russell W. Porter's colleague at Caltech, James S. Fassero, wrote the following introduction in his 1947 book of Porter's cutaway drawings which is entitled "Photographic Giants of Palomar":

"Dr. Russell W. Porter made this unique collection of drawings over a period of 12 years using his ability to faithfully portray mechanical objects in perspective. With pencil and paper he was able to "cut away" sections of the telescope to show the inside details; something which cannot be done with a camera. His artistic and mechanical abilities have combined to produce a set of drawings which have proved of indispensable value not only to the laymen but to all those who already are familiar with the instrument."

Maxfield Parrish, another fellow artist, wrote about Porter drawings:

"If these drawings had been made from the telescope and its machinery after it had been erected they would have been of exceptional excellence, giving an uncanny sense of reality, with shadows accurately cast and perfect perspective; but to think that any artist had his pictorial imagination in such working order as to construct these pictures with no other material data than blue prints of plans and elevation of the various intricate forms – is simply beyond believe. These drawings should be in a

government museum as standards, in a glass case, along with the platinum pound weight, yard stick, etc. to show the world and that comes after just what a mechanical drawing should be. Not only that, but the rendering is a work of art, exact and lifelike, and done with a delightful freedom of technique. I doubt if there are drawings anywhere which can in any way compare with these for perfection in showing what a stupendous piece of machinery is going to look like when finished... Their creation should be world news.

The 200-inch (5.08 m) Palomar telescope is named after astronomer George Ellery Hale. It was built by Caltech with a 6 million dollar grant from the Rockefeller Institute, using a Pyrex blank manufactured by Corning Glass Works. The telescope (the largest in the world at that time) saw "first light" in 1948 (Figure 4, Figure 5).

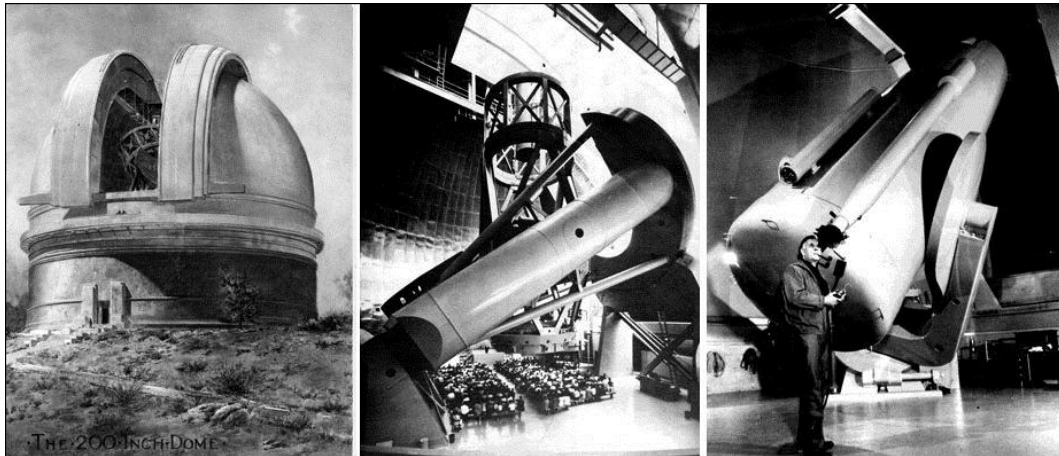


Figure 4- Palomar observatory: dome (R. Porter drawing), 200-inch dedication (1948), 48-inch Schmidt telescope.

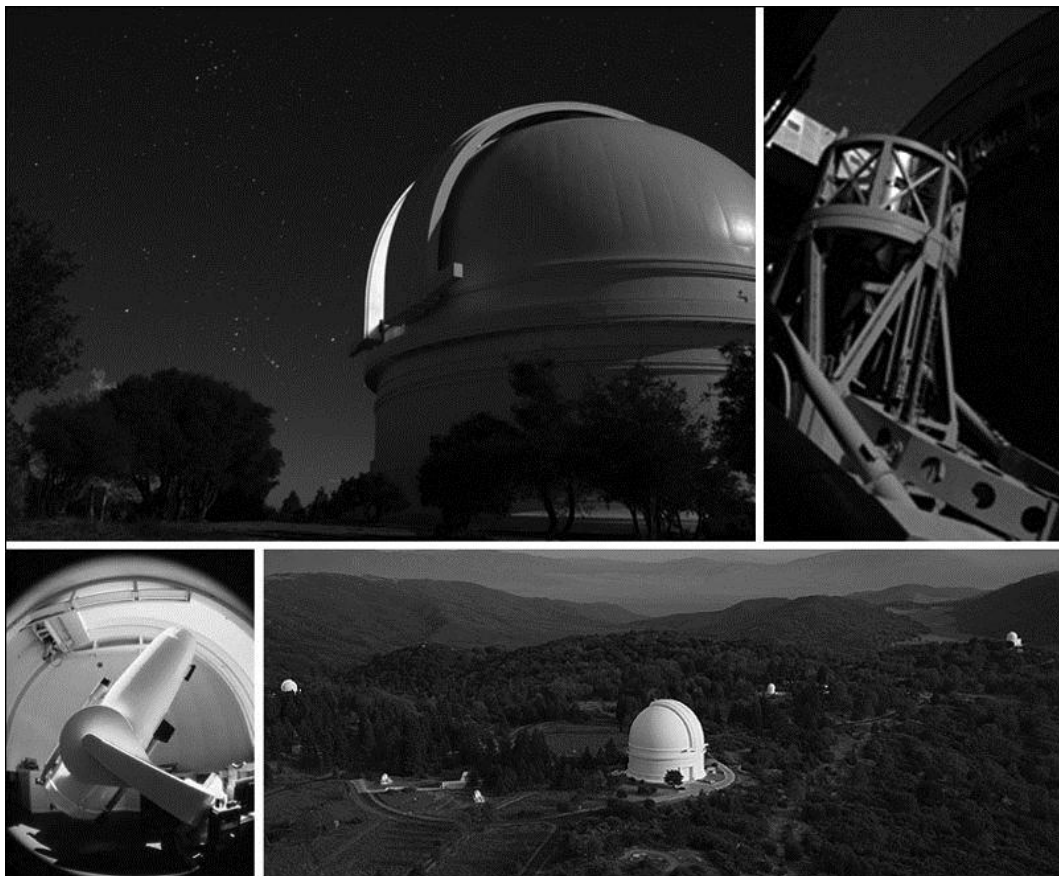


Figure 5- Palomar observatory.

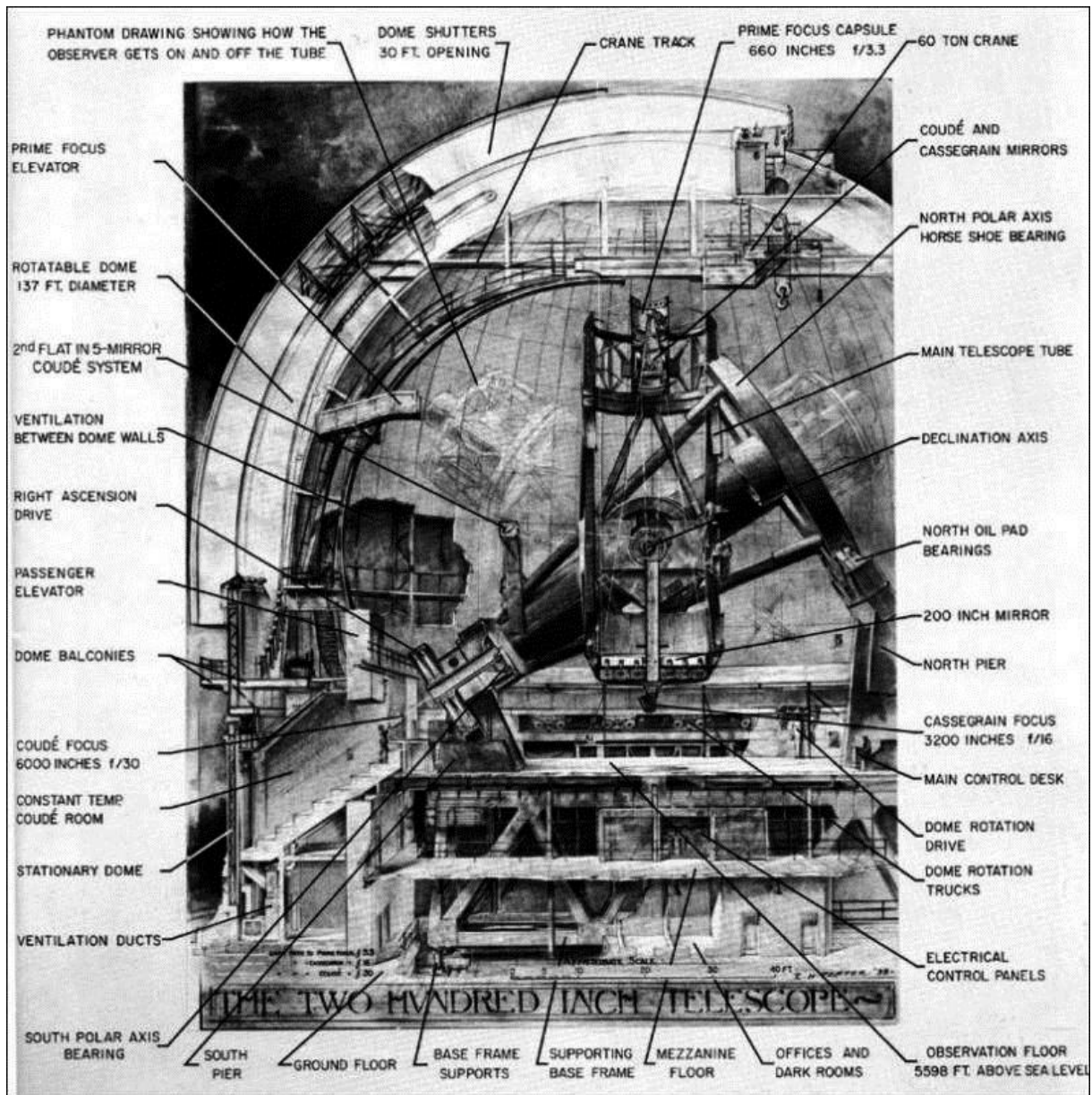


Figure 6- Meridian cross-sectional drawing of the 200-inch Hale Telescope and dome with marginal identification of major features. The vertical structure near the center of the drawing is the main telescope tube that carries the 200-inch mirror. Astronomers can work at the primary focal cage suspended in the center of the tube at the top end, actually riding with the telescope. The main tube weighs 150 tons, is supported on ball-bearings anchored in the large yoke which consists of two 10-foot diameter inclined tubular girders tied together at the south end (left) by a cross member supported on a pivot bearing and at the north end by a giant horseshoe bearing. The whole telescope weighs 530 tons.

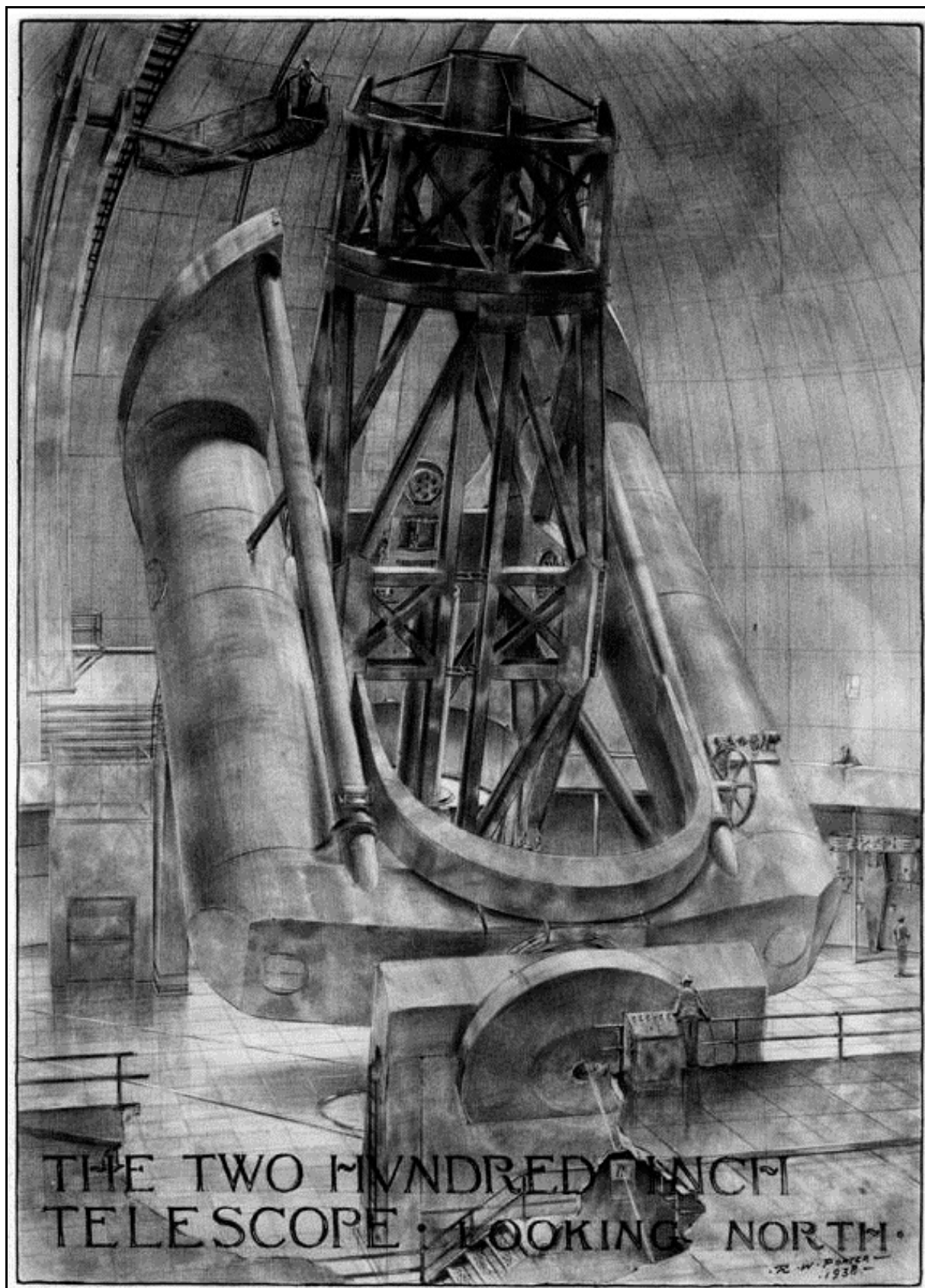


Figure 7- 200-inch telescope looking north. Below the telescope at the foot of the North pier is the main control desk where an assistant controls the mechanical operation of the instrument. At the lower right is a console containing controls for adjusting the balance of the telescope and for inserting the secondary mirrors that change the focal length of the instrument. The cube in the foreground is the top of the passenger elevator shaft that carries astronomers to the observing floor.

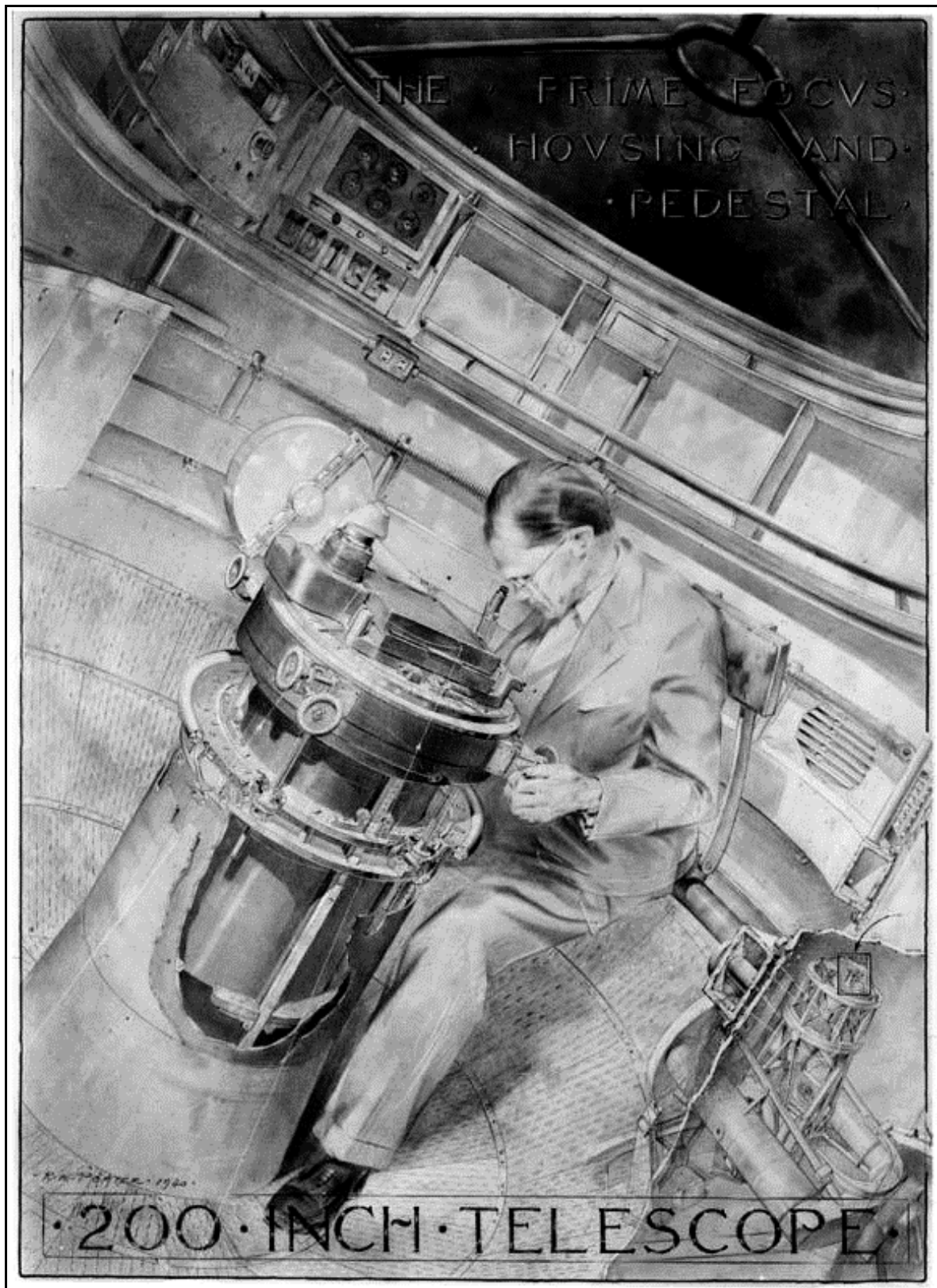


Figure 8- Observing in the prime-focus capsule. As astronomer is shown seated in the adjustable chair with the photographic plate holder locked to the pedestal, and his eye at the guiding eyepiece. Exposures range from a few minutes to several hours. The astronomer's seat can travel completely around the capsule and tilt through a large angle to compensate for any position to which the telescope may be tipped. Dials on the wall above the astronomer's head tell him exactly where the telescope is aimed, and switches below allow him to activate essential equipment. The plate-holder can be changed for a spectrograph or a photoelectric photometer.

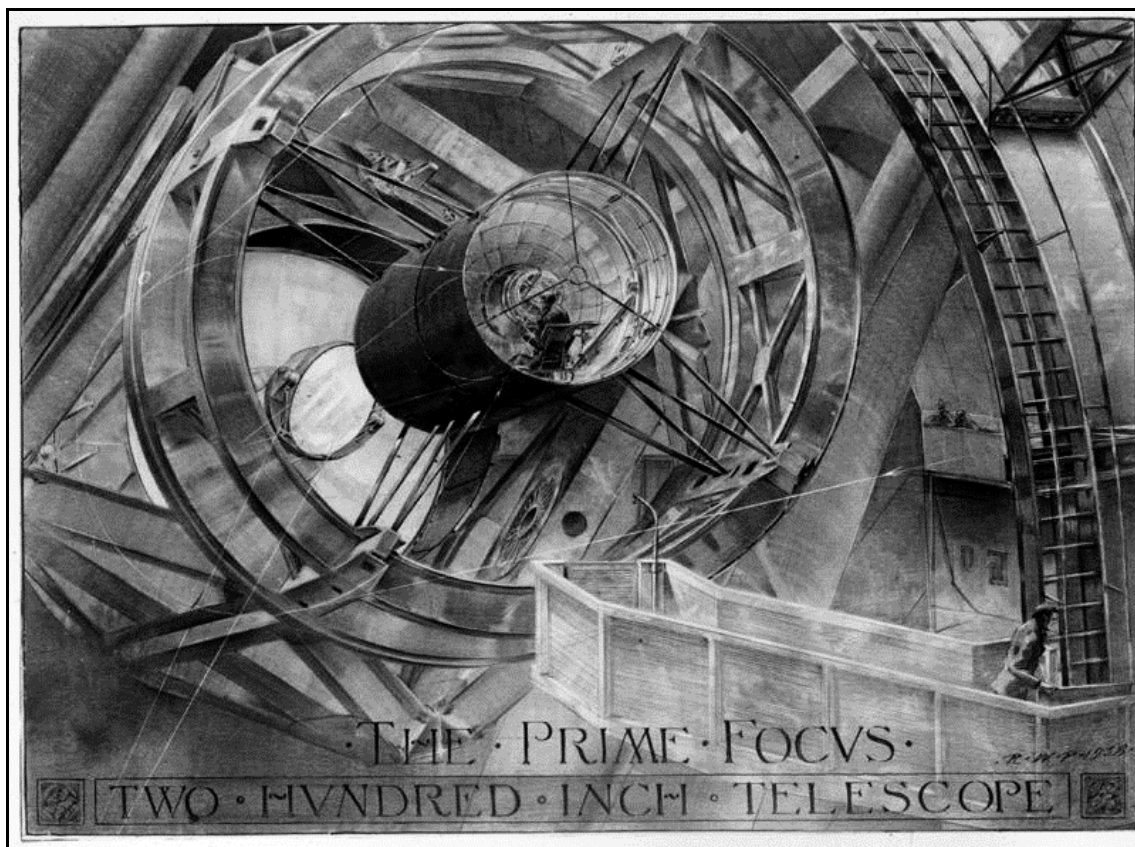


Figure 9- The prime-focus observing capsule. The astronomer rides in the capsule at the top of the telescope when taking photographs or using other equipment at the prime focus of the telescope.

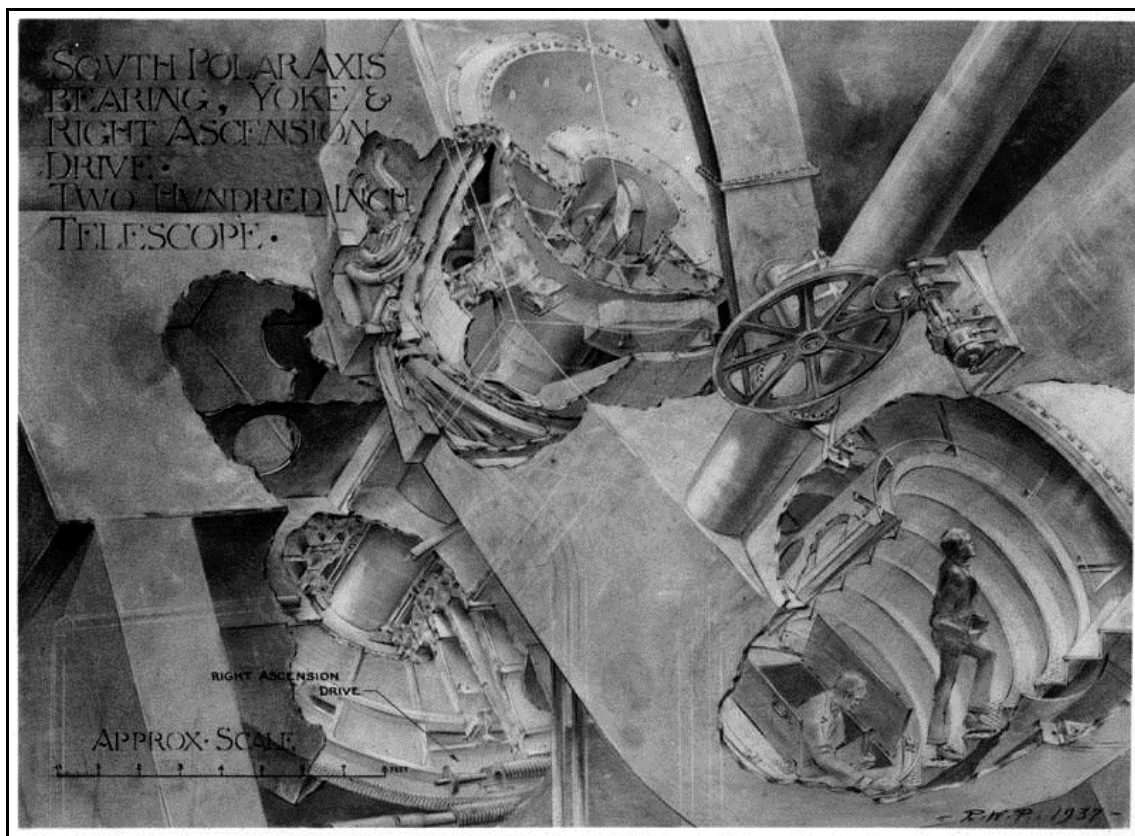


Figure 10- South polar-axis bearing, yoke, and right ascension drive gears. General view of the south end.

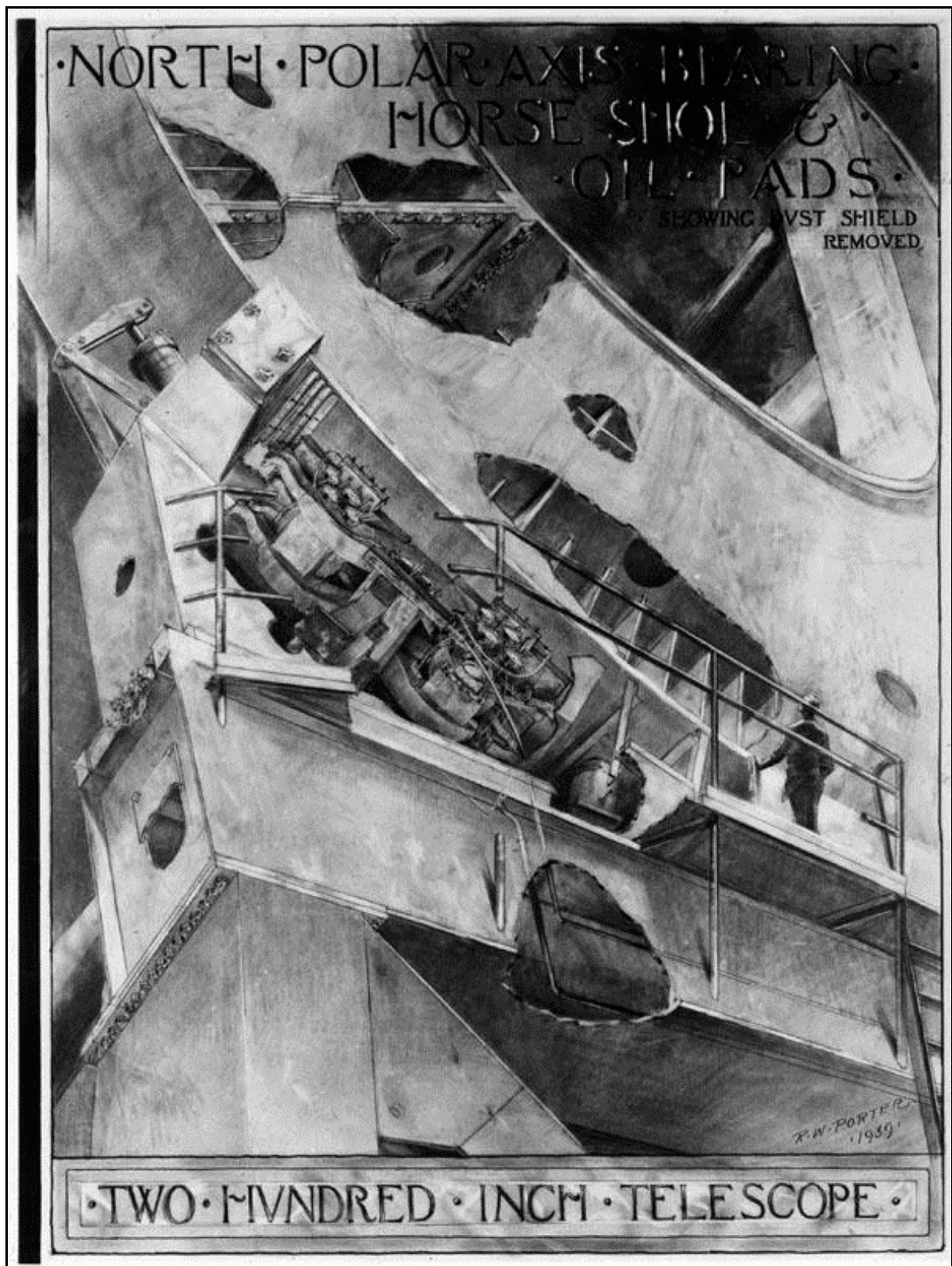


Figure 11- North polar-axis bearing. This horseshoe-shaped bearing at the north end of the yoke glides on a film of oil giving almost complete freedom from friction despite of tremendous load.

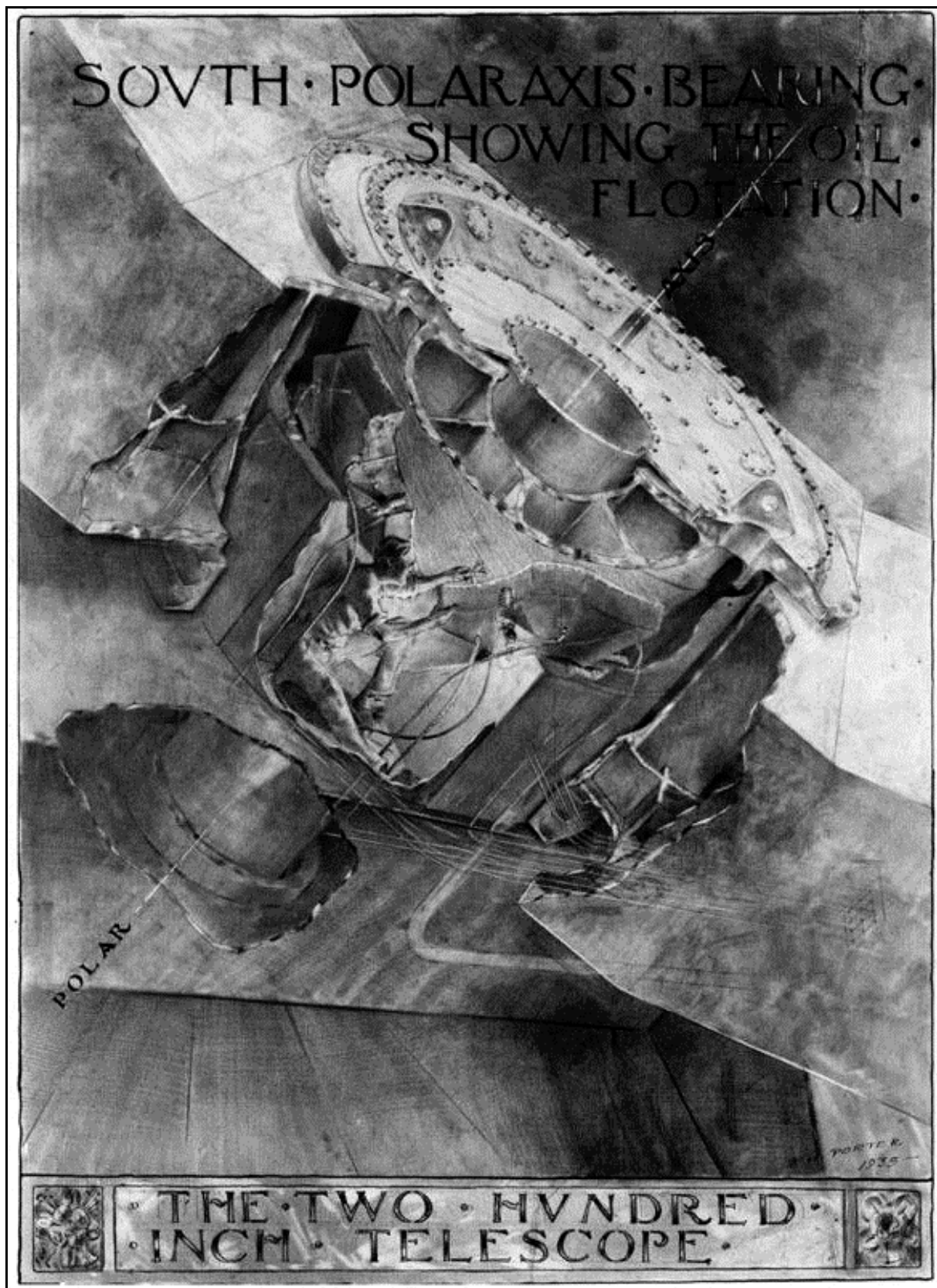


Figure 12- South polar-axis bearing. A steel hemisphere, three metal supporting pads, and a film of oil comprise the essential parts of the bearing at the south end of the telescope yolk.

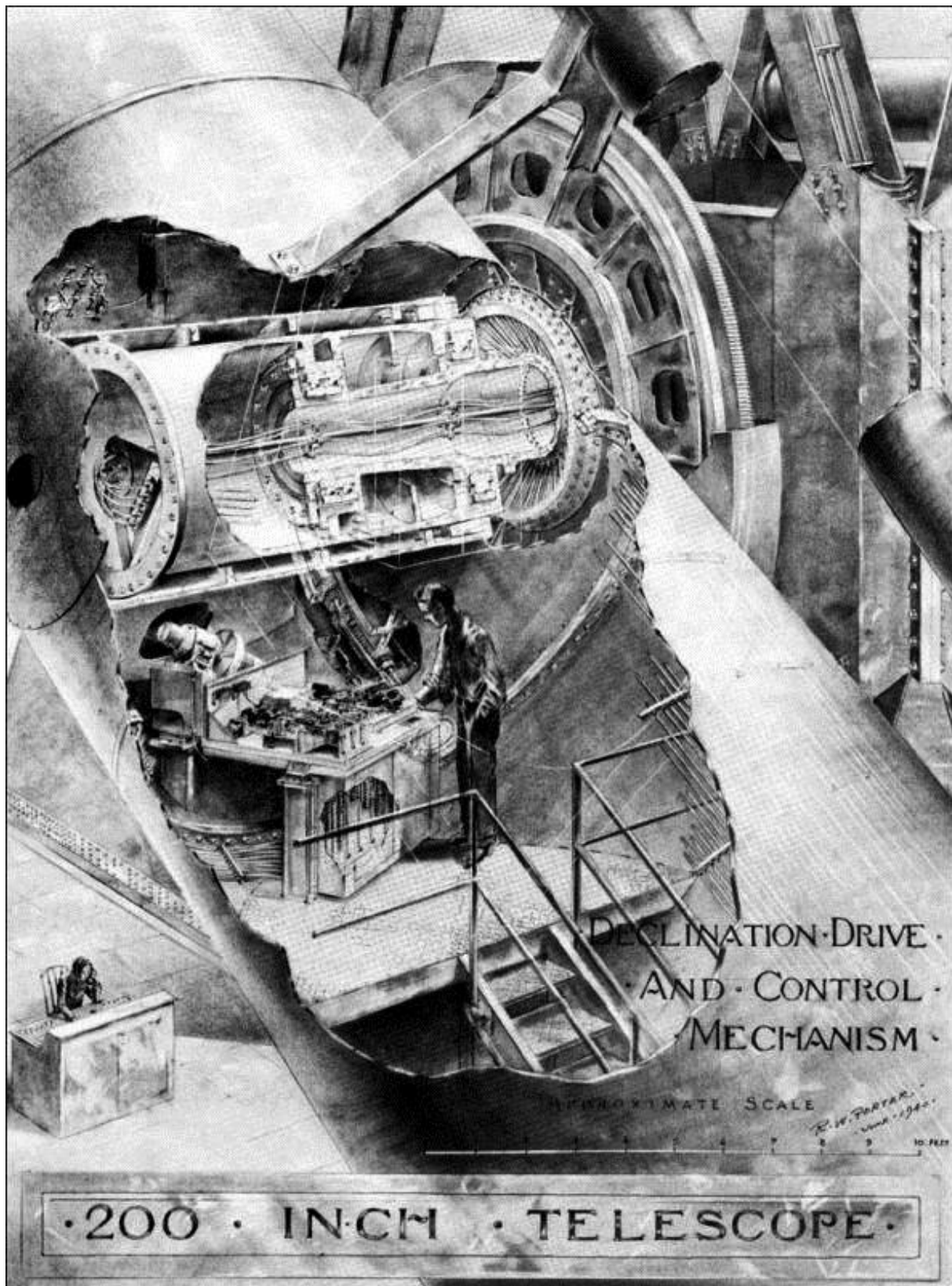


Figure 13- West declination Trunnion. One of the two bearings that support the telescope tube.

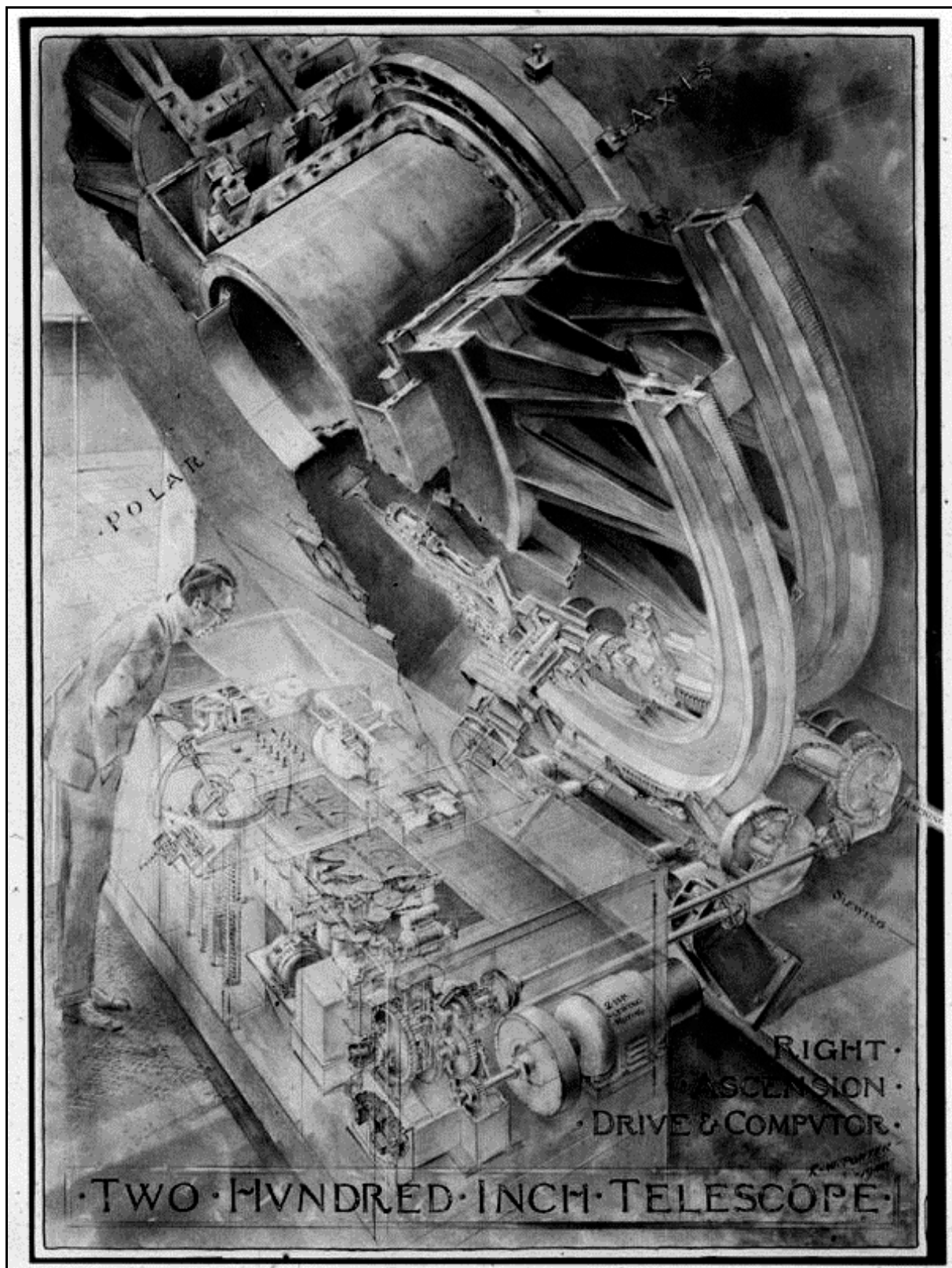


Figure 14- Right ascension drive and computer. Two large gears are used to move the telescope; one slews it east or west to the required position, the other makes it follow the stars. A mechanical computer system simplifies the task of aiming the telescope.

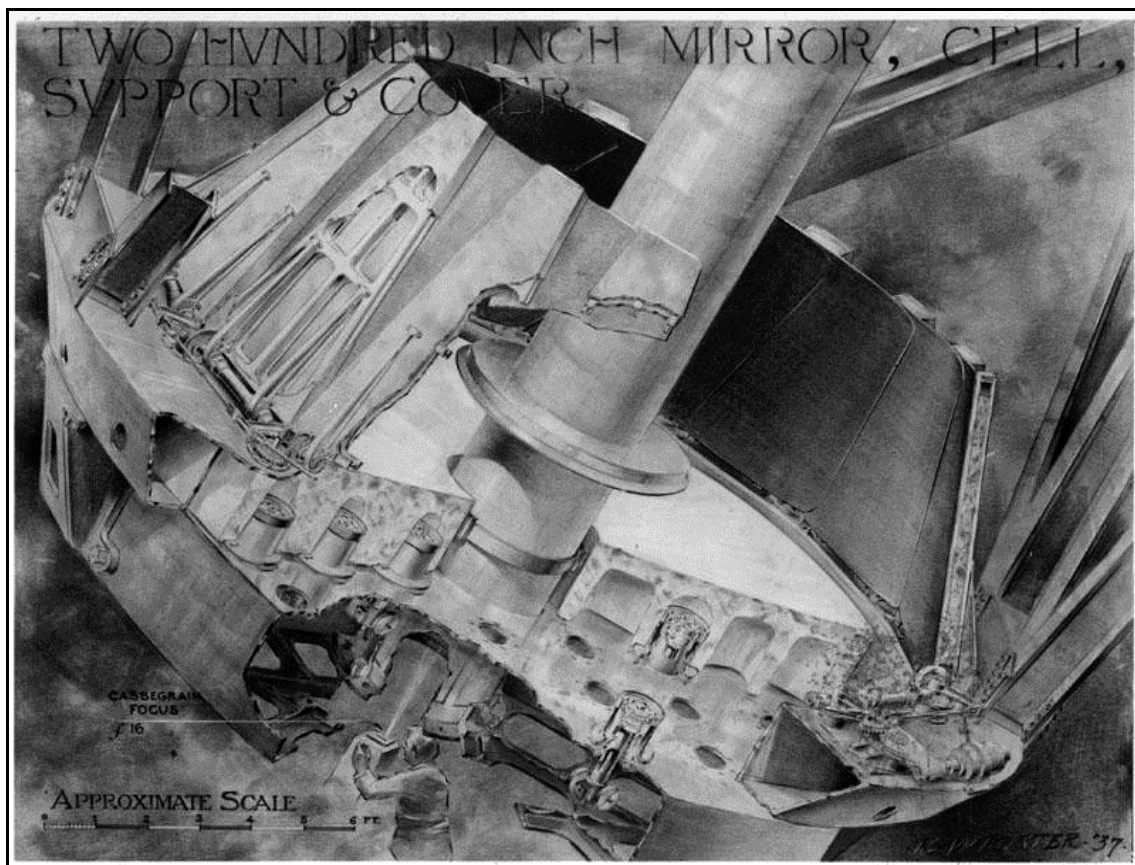


Figure 15- The 200-inch mirror. Cutaway view of the bottom of the main tube showing the covers, counterbalance supports and the steel cell.



Figure 16- 200-inch telescope being used at the Cassegrain focus by an astronomer on an elevating chair.

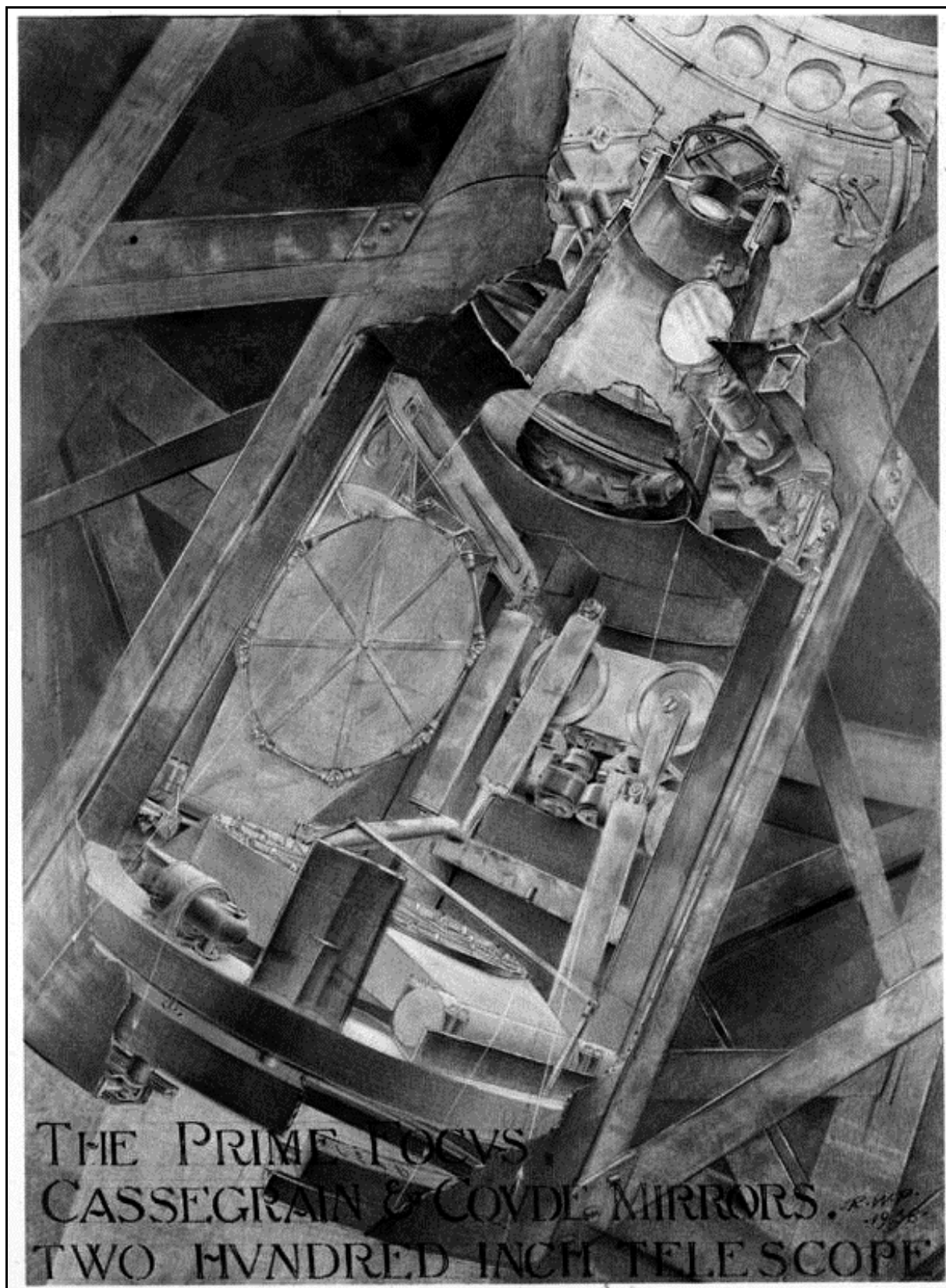


Figure 17- Cassegrain and Coudé secondary mirrors. Cutaway drawing showing the lower section of the prime-focus capsule that contains the interchangeable convex secondary mirrors used to increase the focal length of the telescope.

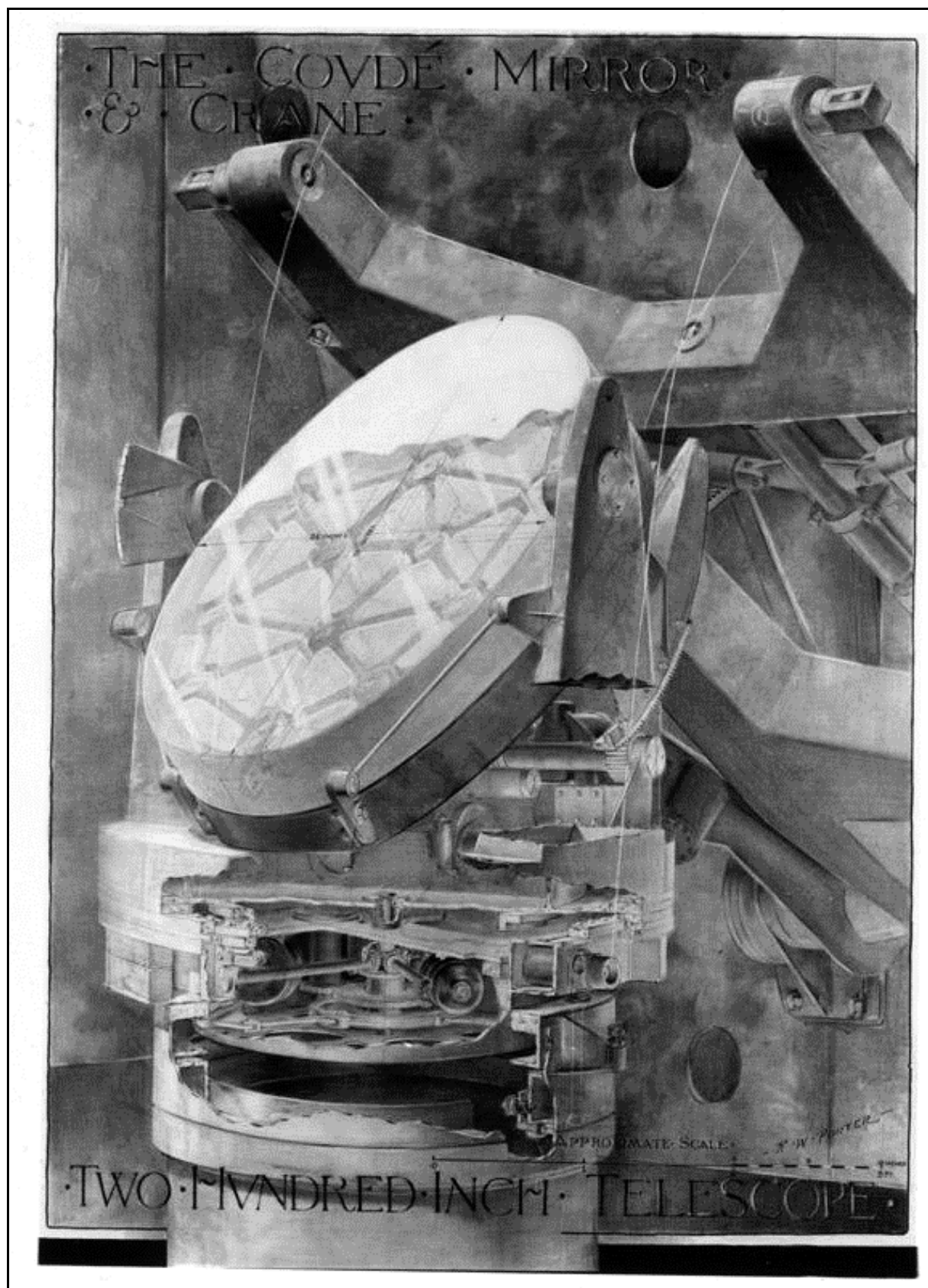


Figure 18- Cassegrain-Coudé diagonal mirror. Mounted in line with the declination trunnions, this diagonal flat mirror reflects the image formed by the main mirror either into the yoke girder or down the south polar-axis to the Coudé spectrograph room.

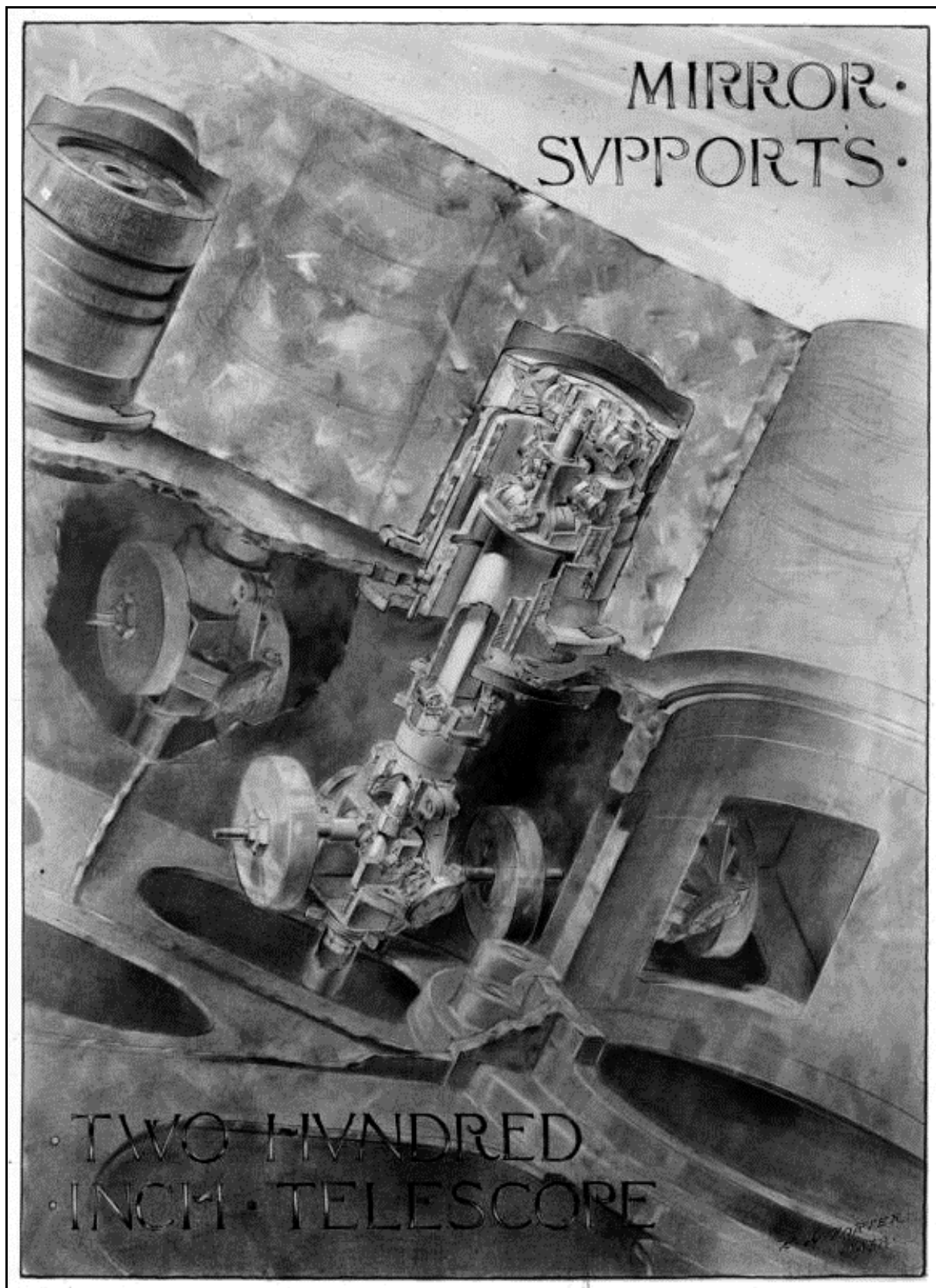


Figure 19- Mirror counterbalance supports. Thirty-six of these intricate double-acting counterbalance devices support the 200-inch mirror at its center of gravity to prevent distortions of the huge disk when it is tilted in different directions.

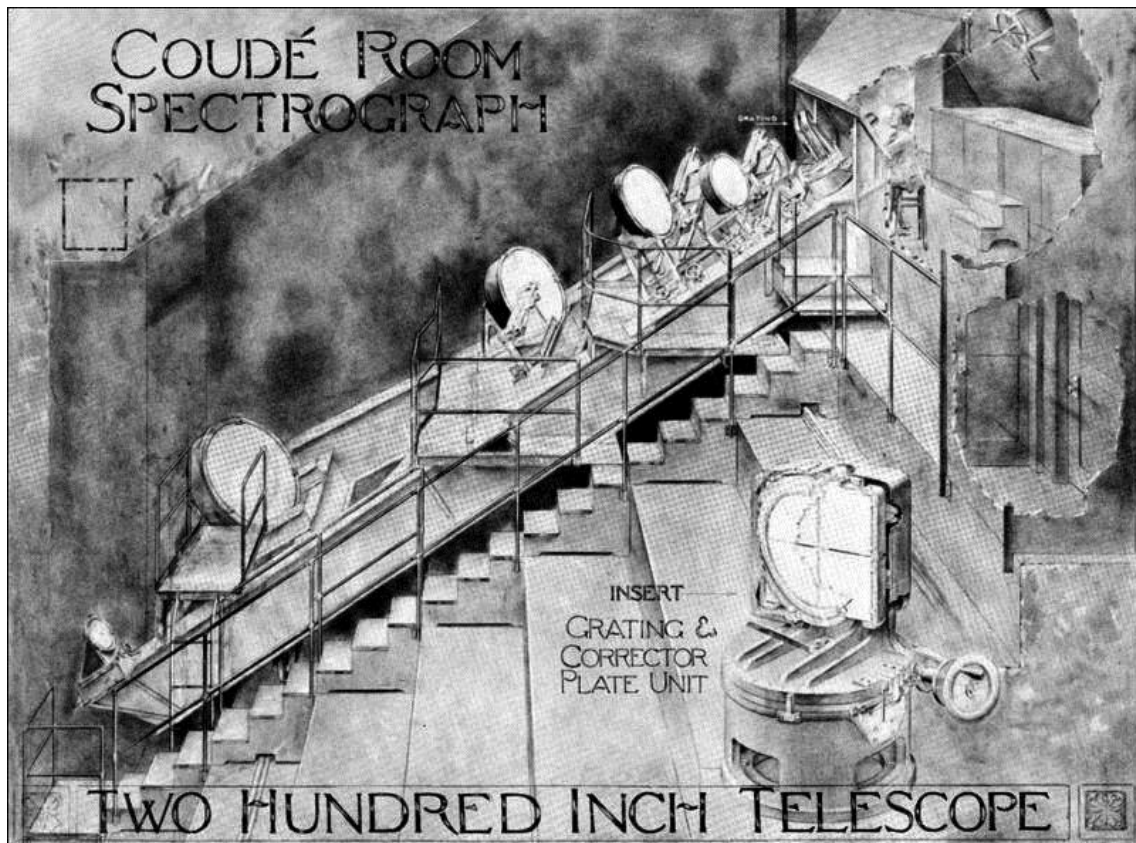


Figure 20- The Coude spectrograph room containing four spectrograph mirrors of different focal lengths.

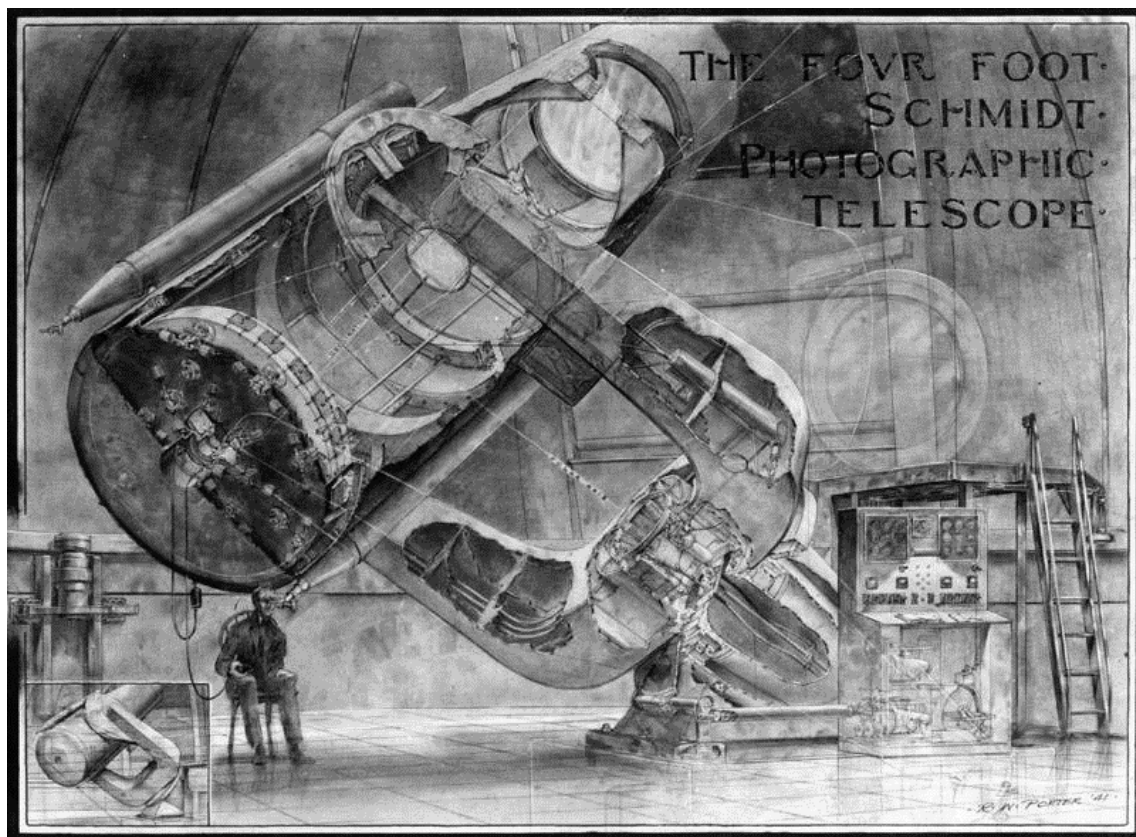


Figure 21- 48-inch Schmidt telescope (corrector plate 48-inch, main mirror 72-inch).

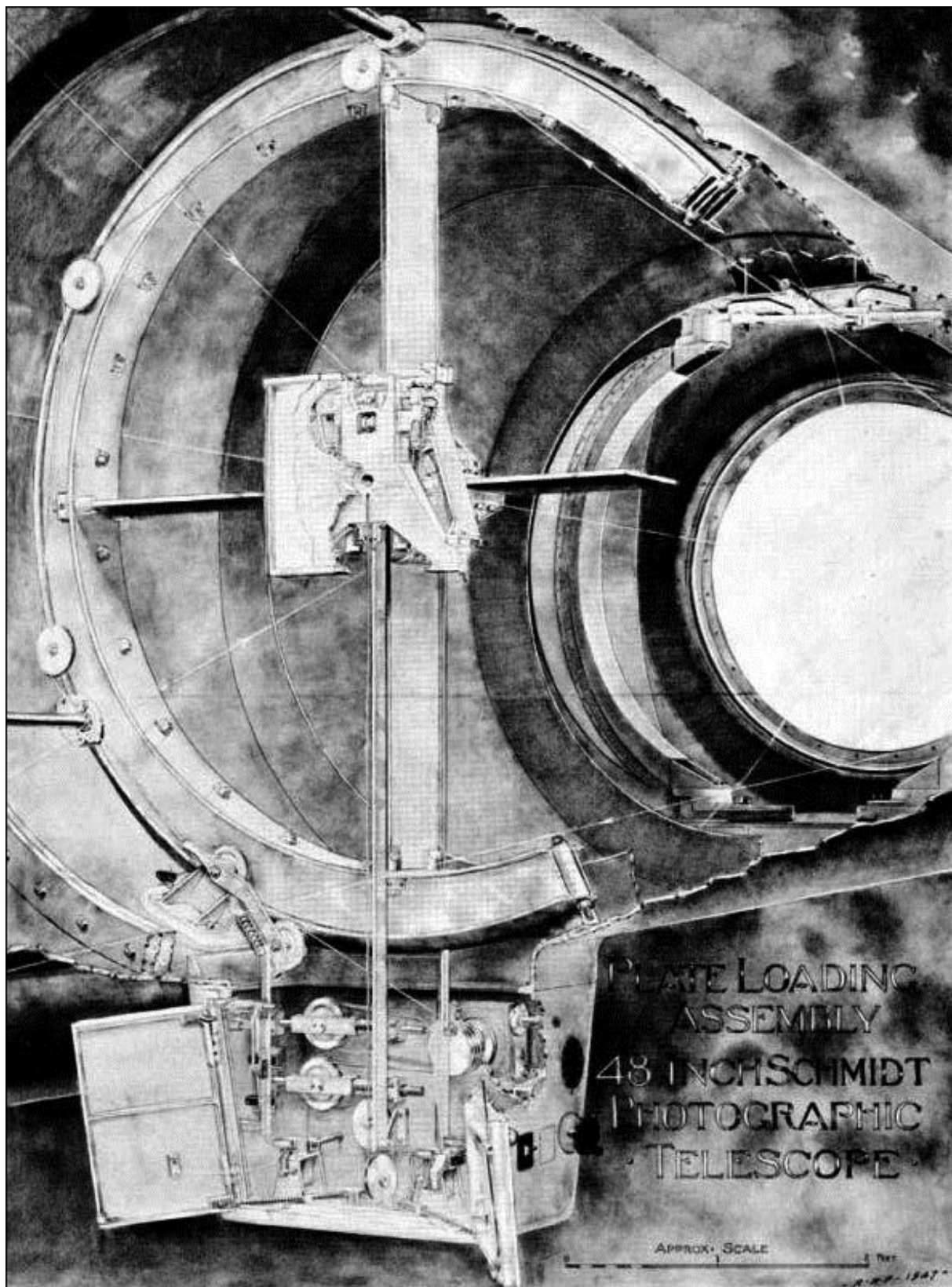


Figure 22- 48-inch telescope's plate-loading mechanism. Plate holders capable of holding 14-inch plates are heavy and would be difficult to place in position in the center of the telescope tube. A mechanical device performs this task.

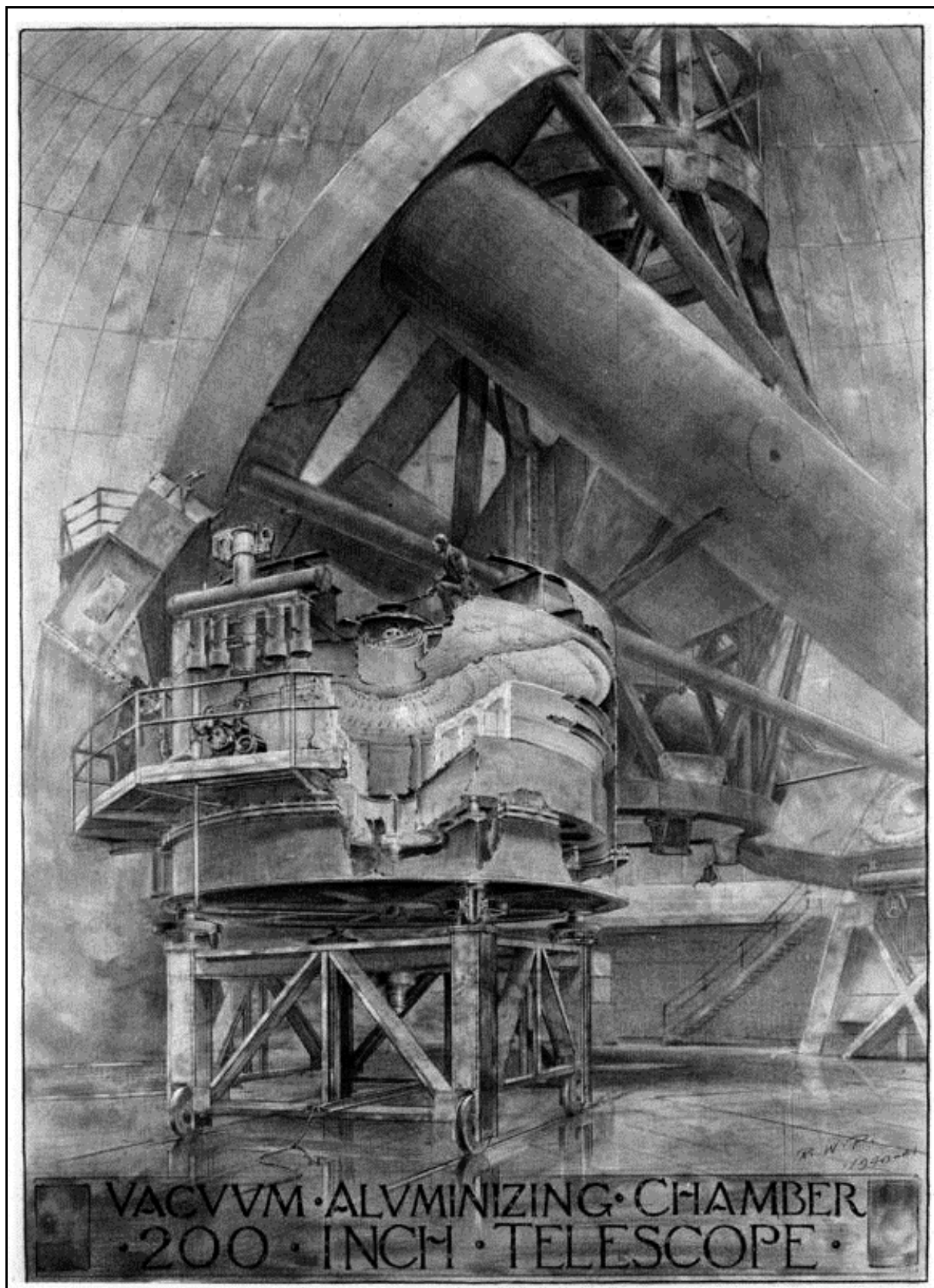


Figure 23- Vacuum aluminizing chamber of the 200-inch mirror.