

O TELESCÓPIO DO AMADOR

como é construído

Jean Texereau



Nome original da obra em francês:

Construction du Télescope d'amateur Nome da

obra em inglês:

Como fazer um telescópio

Nota: Direitos autorais foram atribuídos a: Willman Bell Inc.

ÍNDICE

ÍNDICE

dois

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS E PROJETO

6

1.1 INSUFICIÊNCIA DA ÓPTICA GEOMÉTRICA PARA A CONCEPÇÃO CORRETA DO INSTRUMENTO ASTRONÔMICO	6
1.2 UM POUCO DE ÓPTICA FÍSICA	7
1.3 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO PERFEITO	8
1.4 REGRA DO SENHOR RAYLEIGH	13
1.5 DESCRIÇÃO SOMERA DOS PRINCIPAIS TIPOS DE INSTRUMENTOS ASTRONOMIA	quinze
1.6 REFRATOR OU REFLETOR	17
1.6.1 TELESCÓPIO DO REFRATOR (LENTES)	17
1.6.2 TELESCÓPIO DO REFLETOR (ESPELHOS)	19
1.7 CONCLUSÃO PRÁTICA: O TELESCÓPIO PADRÃO.	vinte e um
<u>2. REALIZAÇÃO DO ESPELHO PRINCIPAL</u>	<u>24</u>
A FORMA DO ESPELHO PRINCIPAL NO TELESCÓPIO DE NEWTON	24
VISÃO GERAL DO TRABALHO DE VIDRO E DAS TEORIAS DE POLIMENTO	27
A MOAGEM	28.
MOAGEM E LISO	28.
POLIMENTO	29
O ELEMENTO PRINCIPAL	32.
ABRASIVES	3. 4
PRODUTOS DE POLIMENTO. BREA PARA BOLOS	36.
VERMELHO PARA POLAR	36.
RESUMO PRÁTICO E MONTAS NECESSÁRIAS	37.
MATERIAL ÚTIL PARA ESCULPAR O ESPELHO	38.
O BANCO	38.
OPERAÇÕES ANEXAS	40.
ESPELHO ÁSPERO	42.
RAIO DE CONTROLE DE CURVATURA	Quatro cinco
FIM DA MOAGEM	47
MOAGEM E LISO	48.

A LISO	51
QUALIDADES DE UM BOM ARREFECIMENTO	52
FALHA NA SUA VE	53
VISÃO GERAL DOS BOLOS	54
FABRICAÇÃO DE BOLO COM PRAÇAS INDIVIDUAIS DE BREA	55
DISPOSIÇÕES GERAIS DE POLIMENTO	59.
CONDUÇÃO DE POLIMENTO	61
FIM DO POLIMENTO	66.
INFORMAÇÃO GERAL SOBRE OS MEIOS DE CONTROLE	67
REVISTA RÁPIDA DOS PRINCIPAIS MÉTODOS DE CONTROLE	68
EXPLICAÇÃO GEOMÉTRICA DO MÉTODO FOUCAULT	72
DETALHES DA CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO FOUCAULT	75
GRAUS DE LIBERDADE DA FACA	75
DISTÂNCIA TRANSVERSA DA FACA PARA A FONTE	75
FONTE CLARA, ESTRELA ARTIFICIAL	76
RIGIDEZ DE SUPORTE	79
PRÁTICA DO ENSAIO DE FOUCAULT	81
DIFRAÇÃO NO ENSAIO DE FOUCAULT	82
LIMITE DE SENSIBILIDADE AO TESTE DE FOUCAULT	84
PRINCÍPIO DE CONTROLE DE ESPELHOS PARABÓLICOS	84
DEFINIÇÕES RELATIVAS À ABERRAÇÃO ESFÉRICA	85
DESCRIÇÃO DA ABERRAÇÃO ESFÉRICA	88
MEDIDA ESFÉRICA DE ABERRAÇÃO	91
DIAFRAGMA DAS ZONAS CONCÊNTRICAS DE A. COUDER	92
PROCEDIMENTO E CAUSAS DE ERROS NAS MEDIDAS VISUAIS COM O DIAFRAGMA	94
DEFEITOS QUE NÃO SÃO REVOLUÇÃO	96
AS ONDAS	98
OS DEFEITOS DA ZONA	100

RETOQUES PARCIAIS	102
A PARABOLIZAÇÃO	105
TOQUE DE PARABÉNS IMPERFEITOS	107
REDUÇÃO DE ABERRAÇÕES AO PLANO FOCAL	109
O BOLETIM DE CONTROLE	110
INTERPRETAÇÃO DO BOLETIM DE CONTROLE	114
<u>3. O ESPELHO DIAGONAL PLANO</u>	<u>116</u>
ESPELHO OU PRISMO; QUALIDADES EXIGIDAS	116
FORMA E DIMENSÕES DO ESPELHO LISO	117
CONTROLE INTERFERENCIAL DE ESPELHOS PLANOS	120
PRÁTICA DE CONTROLE INTERFERENCIAL DE ESPELHOS PLANOS	121
CONTROLE DE ESPELHOS PLANOS EM COMBINAÇÃO COM UM ESFÉRICO	125
ELEMENTO PRINCIPAL	128
SAINT GOBAIN GLASS	128
PEÇAS ÓPTICAS RECUPERADAS	128
TOQUE NA SUPERFÍCIE DOS ESPELHOS PLANOS	129
APARAR OS ESPELHOS PLANOS	130
TOQUE FINAL-UPS	132
<u>4. OS OLHOS DOS OLHOS</u>	<u>133</u>
VISÃO GERAL NO OLHO	133
OS PRINCIPAIS TIPOS DE OLHOS OCULARES	135
OLHO DE HUYGENS	136
RAMSDEN EYE	137
OLHO DE HASTINGS	137
OLHO MONOCÊNTRICO	138
MAGNIFICADOR TRIPLO	138
KELLNER EYE	138
OLHO ORTOSCÓPICO	138

PLÖSSL EYE	139
OLHOS DE CAMPO GRANDE	139
ERFLE EYE	140
OLHO COM LENTE ASFÉRICA	140
BERTELE EYE	140
ESCOLHA DE UMA SÉRIE DE OLHOS OCULARES	141
<u>5. PARTE MECÂNICA DO TELESCÓPIO</u>	143
GERAL	143
DETALHES IMPORTANTES DA CONSTRUÇÃO	151
MONTAGEM DO ESPELHO PRINCIPAL	151
MONTAGEM DO ESPELHO DIAGONAL	152
APOIO DE ARANHA NO DIAGONAL	153
TITULAR DOS OLHOS	153
<u>6. A MONTAGEM AZIMUTAL</u>	154
INÍCIO	154
DETALHES IMPORTANTES OU INTERESSANTES	160
EIXO AZIMUTAL	160
MONTAGEM DO GARFO	166
TRAVAGEM DE EIXO E CÂMARA LENTA EM AZIMUT	166
CABEÇA TRIPÉ	166
<u>7. ACESSÓRIOS DE ACABAMENTO CENTRADOS</u>	167
PESQUISADORES	167
PINTURA EM TELESCÓPIO	171
PRATA OU ALUMINIZADA DOS ESPELHOS DO TELESCÓPIO	17dois
PLACA QUÍMICA DE ESPELHOS DE PRATA	173
AS QUATRO SOLUÇÕES A PREPARAR SÃO AS SEGUINTEs:	174
LIMPEZA DO ESPELHO	175
MODOS DE PRATA	176
CONDUTA DA OPERAÇÃO	177
QUEIMADURA DA CAMADA	178

ALUMINIZADO DOS ESPELHOS	179
TRANSPORTE DE ESPELHOS ALUMINIZADOS	182
CUIDADOS ALUMINIZADOS	183
A CENTRALIZAÇÃO	184
CENTRO PREPARATÓRIO	184
CENTRAL EXATO	185
<u>8. O INSTRUMENTO NAS CONDIÇÕES REAIS DO EMPREGO</u>	<u>188</u>

**DIFICULDADES NO USO DE UM TELESCÓPIO DE ENERGIA MÉDIA 188 AULAS DE
TURBULÊNCIA 190**

<u>CONCLUSÃO</u>	<u>194</u>
-------------------------	-------------------

Este livro foi editado por nós
Com muito amor pelo Planetário da USACH.

1. Considerações gerais e projeto

1.1 Insuficiência da óptica geométrica para a correta concepção do instrumento astronômico

O leitor está mais ou menos familiarizado com as figuras dos cursos elementares de física e dos trabalhos de extensão, onde, ao definir um telescópio, são vistos os raios de luz paralelos provenientes de uma suposta fonte no infinito, convergindo em um foco após a passagem através de uma lente refratária ou reflexo em um espelho (lente refletora), mostrando claramente a formação da imagem. Esta imagem é então examinada com uma espécie de lupa composta que constitui a ocular.

A importância relativa desses dois elementos geralmente não é suficientemente enfatizada. Todas as esperanças do astrônomo são colocadas no tamanho e na qualidade de seu objetivo; Mesmo no menor instrumento, devido às suas dimensões, devido às condições severas que deve atender, devido às dificuldades envolvidas em sua construção, eclipsa completamente a ocular.

Nos telescópios fotográficos grandes e modernos, a imagem focal do espelho principal é usada diretamente, sem intermediários, como é o caso do telescópio Hubble colocado em órbita. É maravilhoso levar nossas sondas astronômicas ao limite extremo com a ajuda de uma única superfície óptica!

Pode-se acreditar, examinando as figuras em que os raios de luz são representados por linhas, que o aumento no diâmetro do objetivo serve apenas para captar mais luz e, portanto, revelar estrelas mais fracas; isso é verdade, mas não é só isso.

Se as condições geométricas ideais fossem satisfeitas, as imagens das estrelas estariam em foco no sentido matemático do termo e sempre seria possível desdobrar o par estelar mais próximo, mesmo com o objetivo mais modesto, pois em seu plano focal aumentos mais altos.

De fato, antigamente, acreditava-se que a perfeição das imagens dependia exclusivamente da qualidade do trabalho do "artista" que esculpira a lente. Sabe-se agora que existe um limite que nenhuma habilidade humana pode mudar e esse limite é constituído pela própria natureza dos raios de luz que, na realidade, não se propagam rigorosamente em linha reta. De uma certa precisão, quase nada é ganho aperfeiçoando a forma de um determinado alvo.

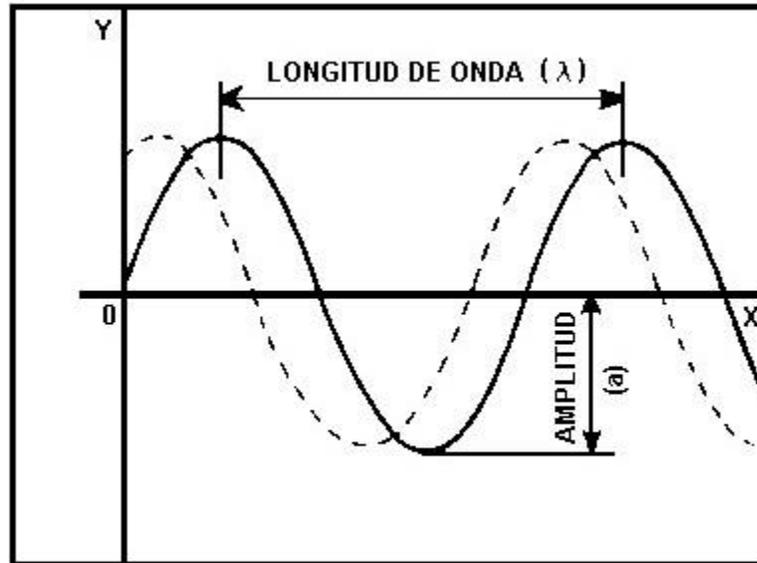


Fig 1. Movimento sinusoidal

A óptica geométrica é, portanto, apenas uma primeira aproximação, insuficiente para o oftalmologista prático que deve saber com que precisão ele deve construir seu objetivo e também para o usuário, que deve conhecer os pequenos detalhes acessíveis ao seu instrumento. A chamada óptica física significa uma segunda abordagem capaz de fornecer esses relatórios, o que não significa, é claro, que explique tudo.

1.2 Um pouco de óptica física

Certos fenômenos físicos, como difração de luz e interferência de luz, só podem ser explicados admitindo que a luz é composta de algo que vibra sinusoidalmente, com uma certa amplitude, um certo comprimento de onda característico e uma frequência prodigiosa, já que em um segundo, ele tem tempo para percorrer cerca de 300.000 km seguindo os inúmeros sinusóides incluídos nessa distância a uma taxa de aproximadamente 2.000 por milímetro.

Os matemáticos designam a amplitude das vibrações com um "a", seu comprimento de onda com λ e representam esse "algo" por um vetor ou por uma linha sinuosa (fig. 1) que obviamente não tem relação com a realidade física isso excede nosso entendimento, mas mostra confortavelmente uma ou mais características interessantes de seu movimento.

Duas vibrações de luz da mesma amplitude e comprimento de onda, que vibram sincronicamente em uma direção idêntica, não são necessariamente confusas (fig. 1, linha sólida e linha pontilhada) se a segunda, por exemplo, tiver que percorrer um caminho óptico suplementar que difere em como um número não inteiro de comprimentos de onda, diz-se que existe uma diferença de fase e, dadas essas condições, ambos os raios podem interferir e até ser completamente destruídos se a mudança de fase for exatamente igual à metade do comprimento de onda. Fresnel foi o primeiro a dizer que a luz adicionada à luz às vezes pode dar escuridão. Suponha que uma fonte de luz irradie em todas as direções dentro de um meio opticamente homogêneo; todos os pontos à mesma distância da fonte estão naturalmente em

fase; a superfície que passa por todos esses pontos é chamada: superfície da onda; no meio homogêneo assumido, essa superfície só pode ser esférica ou plana na fronteira se estiver muito longe da fonte.

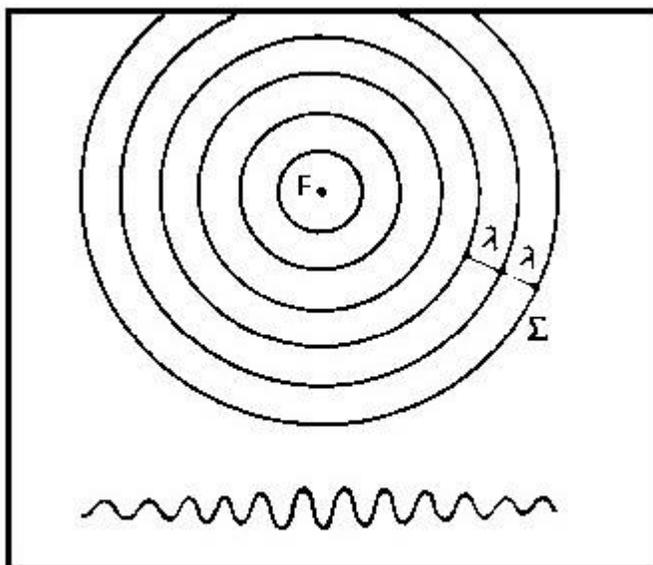


Fig. 2 Vibración ondulatoria

Uma imagem da vibração das ondas é obtida jogando uma pedra na água; no ponto S há emissão de um sistema de ondas de amplitudes decrescentes, mas cujo comprimento de onda permanece constante (fig. 2).

1.3 Definição do objetivo perfeito

O objetivo deve fornecer uma imagem fisicamente perfeita de uma fonte de luz localizada em seu eixo e no infinito. As definições de resumo fornecidas nos ajudarão a entender o que deve ser entendido por isso. Como a fonte está distante e é assumido um meio de propagação homogêneo, a superfície da onda incidente, ou seja, aquelas que atingem o alvo, é plana (Fig. 3). A função do objetivo, refrator ou refletor, é retornar ondas emergentes esféricas concêntricas cujo centro é o foco F.

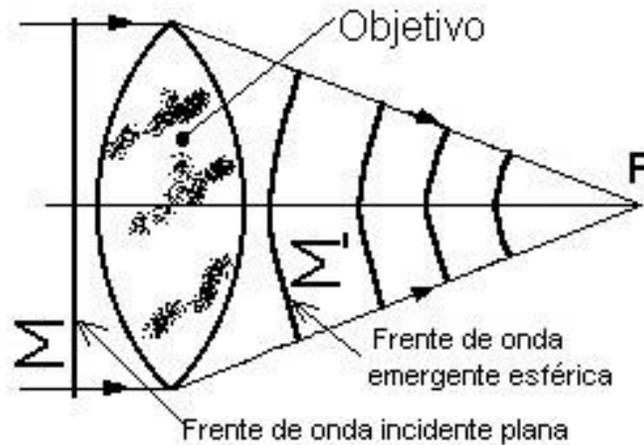


Fig. 3 Función del objetivo

Se o comprimento de onda da luz fosse infinitamente pequeno, essa definição seria equivalente à da óptica geométrica e o ponto F seria um ponto matemático no qual toda a luz que atingiria o alvo seria concentrada, mas sabe-se que não é. Assim. É possível mover lateralmente uma pequena distância FF' antes de cair na escuridão; obviamente, o ponto F não é realmente um ponto, mas uma mancha de diâmetro $2FF'$.

Se o alvo estiver limitado por uma abertura quadrada, é fácil determinar a posição do ponto F' em que a escuridão é total. (fig. 4).

Suponha que o ponto F' esteja localizado no plano focal a uma distância de F que esteja mais próximo da borda superior P3 da onda emergente Σ do que da borda inferior P, sendo a diferença exatamente um comprimento de onda; isto é, se uma superfície dummy de onda tangente à borda superior de P3 da superfície real da onda se for desenhada, centralizada em F', ela se desviará da última, na parte inferior, exatamente no comprimento de onda: $PP1 = \lambda$. Essa superfície dummy de onda revela o seguinte fato interessante: o caminho P2F' contado a partir do centro da onda é mais longo pela metade do comprimento de onda do que o caminho P3F' que começa a partir de sua borda superior (proporcionalidade das partidas). Mas em virtude de um princípio famoso devido a Huygens, cada ponto da nossa onda Σ pode ser assimilado a uma fonte de luz. Segue-se que nossos raios opostos P2F' e P3F' a meio comprimento de onda no ponto F' são destruídos por interferência e não podem fornecer luz nesse ponto.

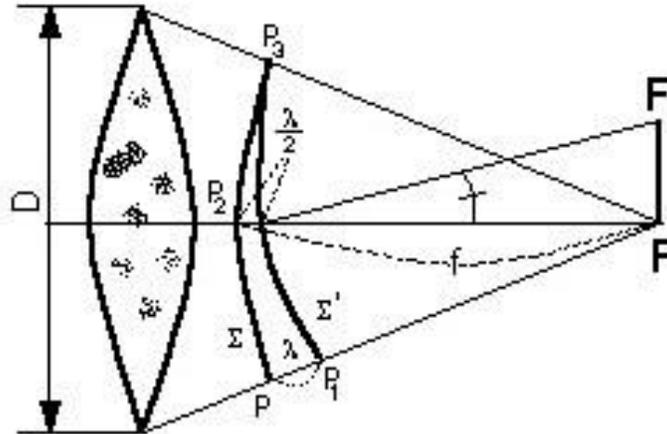


Fig. 4 Tamanho de la mancha de difracción

Mas essa propriedade é verdadeira para todos os pontos na metade superior da onda (não devemos esquecer que seu contorno é meio quadrado), pois eles têm um ponto homólogo na metade inferior que corresponde a um caminho mais longo em $\lambda / 2$, finalizando a primeira metade no ponto P2, finalizamos a segunda metade em P e concluímos que nenhuma luz pode alcançar o ponto F 'a partir dos pontos de origem distribuídos acima de Σ que interferem completamente nesse ponto. O ponto de difração termina assim em F'; é fácil calcular a semente do seu FF.

Tem apreciavelmente (relações imprecisas na escala da figura 4, muito diferentes da realidade):

$$FP2F' = PP3P1, \text{ mas } FP2F' = FF / fe PP3P1 = \lambda / D$$

Por consequência:

$$FF' = \lambda F / D$$

Na realidade, são usadas lentes circulares de contorno e elas não correspondem ponto a ponto nos caminhos ópticos que diferem em $\lambda / 2$ e o cálculo do raio do ponto de difração, que é obviamente circular desta vez, é muito mais difícil e nós Vamos nos contentar em declarar aqui o resultado fundamental do cálculo realizado pela primeira vez por G. Airy: o raio linear do ponto de difração dado por uma meta de diâmetro D e distância focal f é igual a:

$$\rho \text{ linear} = 1,22 \lambda f / D$$

Sabe-se que a razão f / D caracteriza o inverso da abertura relativa da lente; λ é o comprimento de onda dos raios de luz; para os raios mais ativos para os olhos vale 0,56

μm [1] e, portanto, com um espelho de telescópio aberto comum em $f / D = 6$, o raio do ponto de difração medido no plano focal é:

$$\rho = 1,22 \times 0,56 \times 6 = 4,1 \mu\text{m}$$

Esse é o limite imposto pela difração. O oculista deve retocar o espelho até que todos os raios emergentes convergam efetivamente em um pequeno círculo dessa dimensão.

Todas as lentes com a mesma abertura relativa fornecem pontos de difração idênticos, mas sua importância angular diminui à medida que a distância focal f e, portanto, D , aumenta. O raio angular do ponto de difração é do interesse do astrônomo primeiro, pois define o limite do menor detalhe que pode ser visto com segurança no instrumento. Vale em radianos:

$$\rho_{\text{ang}} = 1,22 \lambda / D$$

Para a conversão em segundos de arco, é necessário multiplicar por $206.265''$, o que resulta em $14,1 / D$. Vê-se que o diâmetro depende apenas do comprimento de onda da luz e do diâmetro D do alvo. O astrônomo é muito mais limitado que a micrografia na seleção do comprimento de onda da luz usada; é absolutamente obrigado a aceitar a luz das estrelas, pois pode nos alcançar através do filtro muito seletivo que é a nossa atmosfera; se você quiser ver mais detalhes, precisará aumentar necessariamente o diâmetro da sua lente. Frequentemente toda a vida de um amador passa na conquista, passo a passo desse poder; Veremos mais tarde a necessidade de nos limitarmos.

Se for considerada a distribuição da energia luminosa no ponto de difração, no centro a intensidade é muito grande, diminui rapidamente e cancela no anel preto de raio ρ que acabamos de calcular, mas além disso, a interferência não é total; anéis levemente luminosos aparecem e desaparecem. Com uma estrela muito brilhante, você pode ver apenas o primeiro toque e um pouco o segundo. É importante se familiarizar com este disco falso cercado por anéis que apresentam as estrelas examinadas com ampliação muito alta e um alvo perfeito. Você tem bom senso para a abordagem exata, tentando fazer o primeiro anel preto parecer o mais escuro possível; mas isso só pode ser alcançado naturalmente com um bom objetivo.

Nenhum material caro é necessário para observar esta aparência teórica: Vamos colocar na frente de uma lâmpada elétrica com filamento visível um cartão fino de papelão perfurado com um pequeno orifício feito com uma agulha ou um alfinete comum de 7/10 mm de diâmetro. Ao posicionar o olho a 1 ou 2 metros dessa "estrela artificial", não são observados anéis ou discos falsos, pois o objetivo do nosso olho é grande demais para distorcer a realidade nessas condições, mas colocamos um pequeno diafragma obtido contra o olho Está

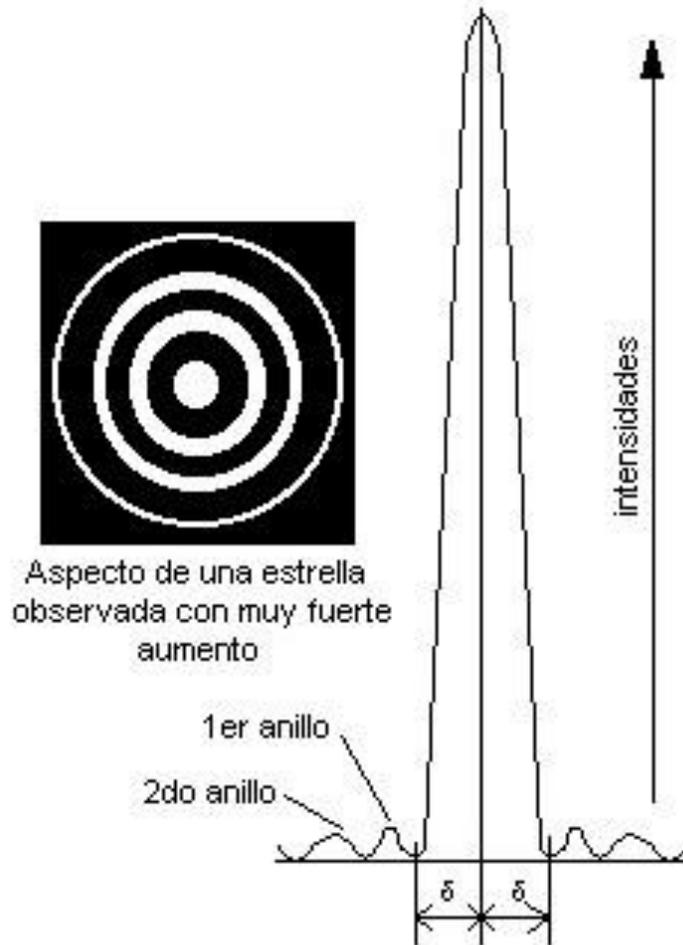


Fig. 5 Distribución de la luz en la mancha de difracción

Você pode gastar apenas metade do comprimento da ponta da agulha em um cartão de visita; Se a parte do filamento da lâmpada estiver exatamente atrás do orifício em estrela, desta vez veremos admiravelmente o aspecto teórico da figura 5 e podemos verificar, inserindo a agulha mais ou menos no cartão de visita, que o diâmetro do disco falso diminui desde que nos aproximamos da realidade, quando o diâmetro do alvo aumenta.

1.4 Regra de Lord Rayleigh

É interessante definir o tamanho do defeito do material da lente que começa a atenuar a perfeição da imagem de difração. Lord Rayleigh descobriu que, se a forma de onda defeituosa real dada pelo alvo não se afastar da forma de onda esférica em mais de $\frac{1}{8}$ comprimento de onda da luz, a imagem de difração sofre apenas pequenas alterações; o máximo central é reduzido para 80% do seu valor e o primeiro mínimo não é totalmente nulo.

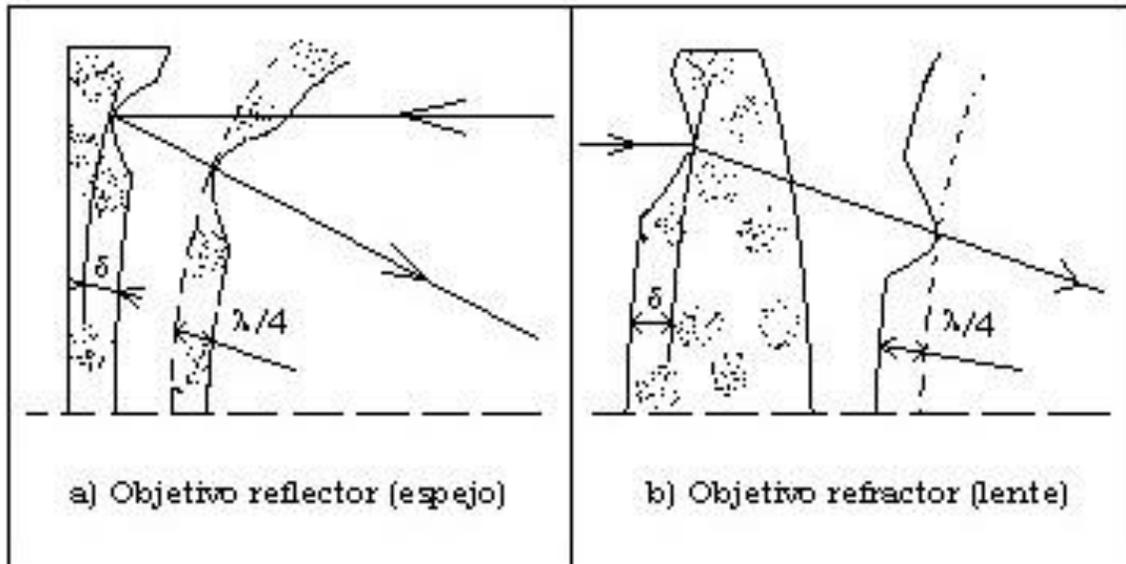


Fig. 6 Defectos tolerables con un objetivo reflector y refractor

Como essa tolerância é adotada, geralmente é útil mostrar qual é o correspondente no vidro: comprimento de onda dos raios de luz mais ativos no olho = $0,56 \mu\text{m} / 4 = 0,14 \mu\text{m}$.

Se é um espelho (fig. 6a) que representa um defeito côncavo de profundidade δ , é visto que os raios de luz devem viajar duas vezes por um caminho suplementar; a onda emergente terá um atraso total de 2δ e precisará ser $\delta \leq 0,14 / 2 \mu\text{m}$. O maior defeito que pode ser tolerado será de $0,07 \mu\text{m}$ (70 milionésimos de milímetro ou 2,76 milionésimos de polegada) em um espelho.

Pelo contrário, se for uma lente (fig. 6b) com o mesmo defeito côncavo, a luz deve passar por uma espessura menor de vidro; para que haja um avanço na onda emergente que valerá a pena:

$$\varepsilon = \delta (n - 1)$$

Onde n é o índice de refração, $n-1$ é aproximadamente 0,5 para o vidro de coroa comum, se desejar que ε não exceda o quarto de onda, um defeito de $0,28 \mu\text{m}$ pode ser tolerado no vidro que é quatro vezes maior que no caso de um espelho.

Estaríamos errados ao acreditar que um objetivo que atenda a essa condição seria necessariamente perfeito. Para ser mais preciso, mencionemos as seguintes restrições que levaremos em consideração no caso de controle final. :

A. Danjon [\[dois\]](#) lembrando que nosso interesse é o defeito real que realmente ocorre quando observado, afirma a necessidade de levar em consideração as perturbações atmosféricas adicionadas aos defeitos do alvo, cuja soma muitas vezes excede o limite tolerável, se o alvo

já tiver defeitos aproximados de um quarto de onda; esse alvo é muito mais sensível à agitação atmosférica do que um alvo perfeito com o mesmo diâmetro, o que não interessa se a turbulência não estiver sendo estudada.

A. Couderii [3] Ele mostrou ainda que a forma e o número de defeitos são de grande importância; por exemplo, muitos pequenos defeitos com declives acentuados podem jogar fora o disco falso do ponto de difração, uma boa parte da energia luminosa oferecida no Boletim SAFiii [4] Um exemplo de um distúrbio tão sério [5].

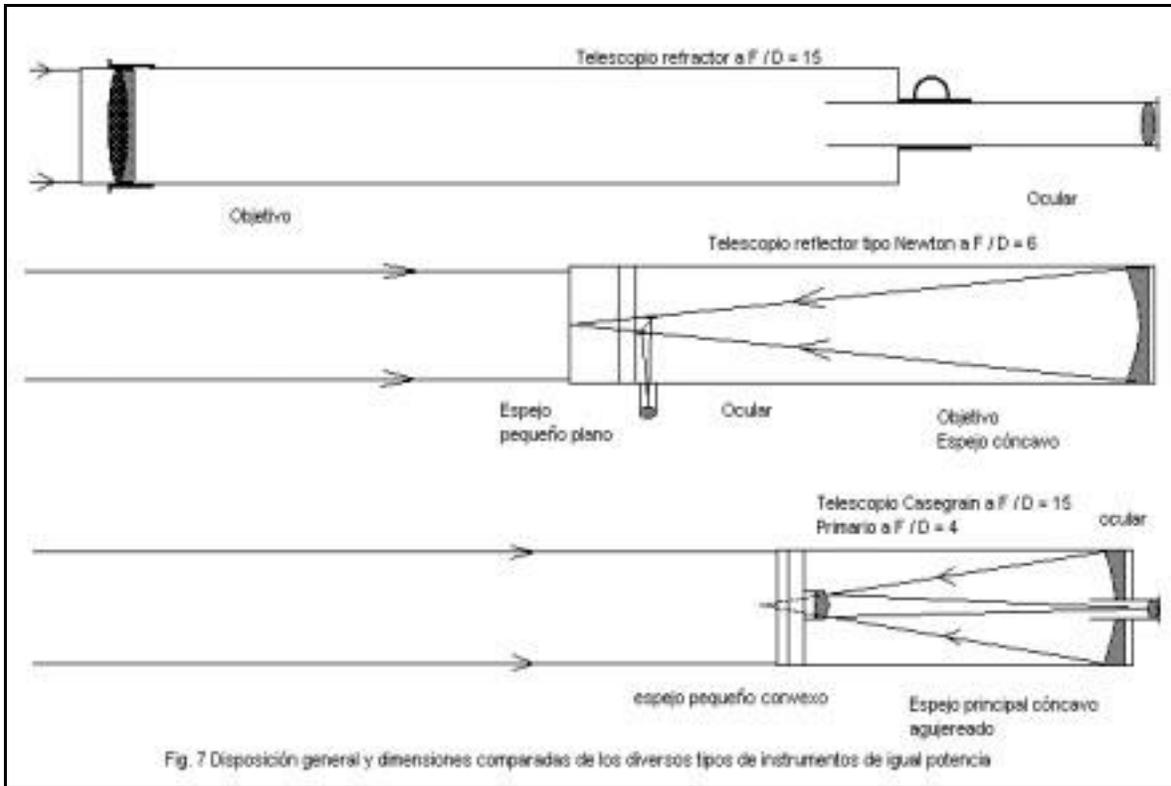
Finalmente, considerando a visibilidade de objetos pouco contrastados e não apenas o caso muito favorável de uma estrela, Françonv [6] descobriu que, para os contrastes perceptíveis mais fracos (encontrados na observação planetária), um defeito na onda igual a $\lambda / 16$ já está começando a ser prejudicial, tornando o maior defeito tolerável em um espelho menor que 0,02 μm . Por outro lado, o mais difícil não é atingir o objetivo com essa precisão, mas obter efetivamente uma onda emergente dessa qualidade no céu. Todos os observadores de planeta sabem da perda de visibilidade de regiões fracas quando a imagem não é muito boa.

1.5 Breve descrição dos principais tipos de instrumentos astronômicos

Os telescópios refratores (lentes) têm um tubo longo (fig. 7), fornecido em uma extremidade com uma objetiva acromática, geralmente constituída por duas lentes cortadas em vidros diferentes, que devem atender a condições rigorosas de homogeneidade e índice de refração, e cujas curvaturas de contato coincidem. A outra extremidade do tubo possui um suporte para ocular que permite focar e trocar a ocular.

O objetivo de um telescópio refletor (espelhos) é um espelho côncavo que aparece na forma de um disco de vidro espesso que pode ter defeitos internos, uma vez que serve apenas como suporte; a face polida côncava cuja curvatura é pouco visível a um leigo (aproximadamente 2 milímetros de profundidade para um espelho comum de 20 cm de diâmetro) é refletida por um depósito de prata obtido por redução química ou por um depósito de alumínio evaporado a vácuo (a camada é normalmente 1/10 de μm ou micron).

O espelho colocado na parte inferior do tubo daria uma imagem inacessível em um pequeno instrumento, pois o observador interceptaria a maioria dos raios de luz com a cabeça; na montagem de Newton (fig. 7), o feixe é projetado para fora do tubo em uma posição confortável de observar; no monte Cassegrainvi [7] (fig. 7) o espelho principal (parabólico) possui um orifício no centro que permite o cone de raios de luz prolongado pela interposição de um pequeno espelho convexo (hiperbólico) no feixe principal.



Não existe um instrumento verdadeiramente universal adequado para trabalhos muito diferentes; Até o simples hobby que, por curiosidade, faz uma observação não especializada das curiosidades do céu, está interessado em resolver sua escolha de tipo, dimensões e montaria a adotar, levando em consideração:

- O trabalho mais especialmente considerado.
- A localização disponível.
- O orçamento, as ferramentas, a habilidade que você tem.

1.6 Refrator ou refletor

Esta questão foi debatida várias vezes; Aqui vamos nos limitar a indicações muito breves, mas levando em consideração argumentos práticos que pesam bastante nas conquistas dos fãs.

Vimos no numeral 3 que o número de difração dependia apenas do comprimento de onda da luz e do diâmetro do alvo; uma lente refratária e um espelho do mesmo diâmetro são, portanto, equivalentes em termos da pequenez dos detalhes perceptíveis. Como outro ponto

comum para o refrator e o refletor, pode-se mencionar que, para diâmetros de corrente de cerca de vinte centímetros e com relação à radiação sensível ao olho, a quantidade de luz refletida por uma combinação de dois espelhos de prata ou aluminizados é quase a mesma que aquele que passa por uma objetiva de duas lentes.

Vejamos agora as diferenças que podem decidir nossa escolha:

1.6.1 Telescópio refrator (lentes)

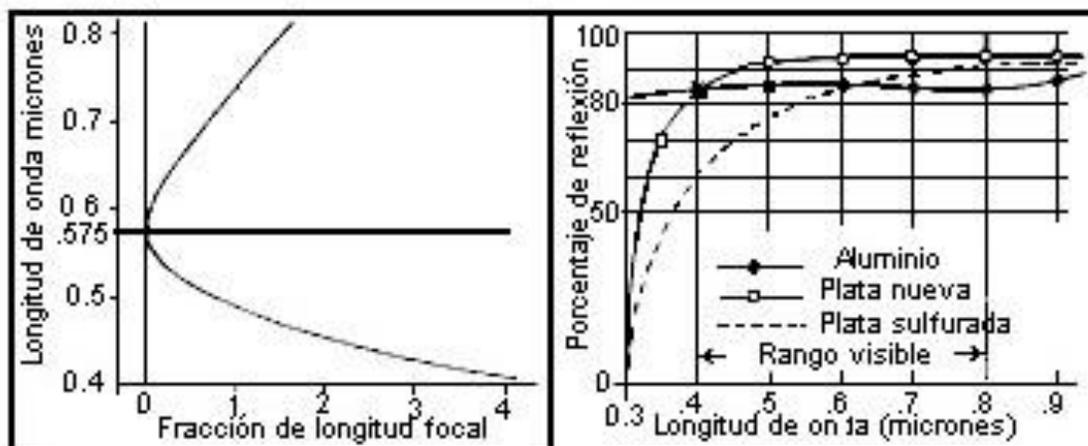
Geralmente preferido na França.

Vantagem

- Imagens calmas; nenhum redemoinho de convecção dentro do tubo, fechado pelo alvo.
- Estabilidade da distância focal (medições micrométricas, fotografias).
- As deformações das lentes (flexões, dilatações) são menos prejudiciais para as imagens do que as de um espelho.
- Possibilidade de correção fácil da "vírgula", o que aumenta o campo utilizável na fotografia.
- Simplicidade de uso; os objetivos, que não são muito variáveis, exigem quase nenhuma conservação. Os instrumentos pequenos quase sempre são definitivamente centralizados pelo fabricante, mas todo observador digno desse nome deve saber centralizar.

Desvantagens

- Acromatismo imperfeito; especialmente na radiação de comprimentos de onda curtos (violeta), eles são estendidos por um objeto visual muito distante do foco dos raios amarelos (fig. 8). O instrumento atua como um filtro seletor amarelo. As melhores tentativas de correção, pouco aplicáveis além da abertura de 20 cm, têm outras desvantagens (curvaturas muito pronunciadas, a adição de uma terceira lente).



- Tamanho (fig. 7); Para que a desvantagem anterior seja admissível, é necessário adotar uma distância focal cerca de quinze vezes a abertura da lente. A partir da abertura de 20 cm (tubo de 3 metros de comprimento), isso se torna impraticável para os entusiastas.
- Realização cara: o objetivo é cortar em vidros ópticos de primeira qualidade que custam muito caro se excederem 15 cm de diâmetro; Certas ferramentas e peças de referência de controle são necessárias para esculpir, apesar de quatro vezes menos precisão nas superfícies. É um capital muito alto para ser arriscado por um iniciante.
- O preço total do instrumento é sempre muito superior ao de um telescópio refletor (espelho) equivalente.

1.6.2 Telescópio refletor (espelhos)

Mais comum entre os fãs anglo-americanos.

Vantagem

- Acromático perfeito; as camadas de prata e alumínio têm um poder de reflexão alto e quase constante para toda a extensão do espectro visível (fig. 9).
- Tamanho pequeno (fig. 7); o tubo é pelo menos duas vezes menor que o de um telescópio refrator (lentes) da mesma abertura, resultando em maior estabilidade da armação, facilidade de instalação e observação.
- Possibilidade de esculpir a obra-prima mais cara; o espelho tem muito pouco custo; Isso coloca os diâmetros-alvo ao alcance do hobby comum, que seria absolutamente inacessível caso contrário (até 50 cm de diâmetro, pelo menos).

Desvantagens

- Obstrução pelo espelho secundário; a perda de luz geralmente não é importante, mas o padrão de difração é ligeiramente alterado. Se o pequeno espelho tiver um diâmetro igual a um quarto do grande, o primeiro anel de difração dobrou a intensidade às custas do ponto central, cuja cúspide é reduzida em 15% vii[8]. As três ou quatro folhas finas que sustentam o espelho secundário causam quatro ou seis plumas finas ao redor das estrelas brilhantes; é uma desvantagem não insignificante, especialmente na observação planetária, mas não deve ser exagerada; alguns preferem refratores que possuem um resíduo de aberração esférica que reforça ainda mais o primeiro anel. Por outro lado, pode ser reduzido a quase nada adotando uma relação $f / D = 8$ ou 10 escolhendo um espelho plano (em Newton) que cubra apenas o feixe axial, o que não é inconveniente para a observação planetária; Dessa maneira, o entupimento pode ser reduzido para aproximadamente $1/8$, tornando inúteis as soluções grosseiras dos espelhos fora do eixo.
- Campo reduzido; com as combinações clássicas, a imagem é perfeita apenas no eixo; para observação visual, o campo é sempre suficiente para não ser um problema, mas deve ser levado em consideração na fotografia.
- Oculares; com a razão $f / D = 6$ para obter ampliações fortes, é necessário o uso de oculares com foco muito curto; por outro lado, a correção das oculares simples é insuficiente para esse cone de feixe aberto e, para obter bons resultados, é necessário adquirir oculares orto- moscópicas caras; Essas duas desvantagens são eliminadas simultaneamente com a adoção da combinação Cassegrain, infelizmente um pouco mais difícil para um iniciante.
- Imagem tremendo; a mais grave, senão a única falha prática. Os redemoinhos de convecção dentro do tubo são muito difíceis de eliminar e é muito mais difícil observar a figura teórica da difração em uma estrela do que com um telescópio refrator de mesmo diâmetro e a observação planetária também é mais trabalhosa, pois os momentos úteis são menos frequentes . No entanto, em um instrumento de abertura de 20 cm, é bastante fácil obter bons resultados com a condição de que você não copie os modelos clássicos dos construtores ou as armações dos telescópios gigantes.
- Deformações térmicas e mecânicas do espelho; Plano focal ligeiramente deslocado e introdução de aberração esférica. Em um instrumento pequeno, o efeito é insensível; Para corrigir idéias, digamos que em um certo telescópio Cassegrain com uma abertura de 25,7 centímetros e distância focal de 5,5 metros, o passo do parafuso do micrômetro não mudou em $1/100$ de segundo de arco em um ano (variação diurna é ainda mais fraco).
- Substituído; Na cidade é necessário reajustar regularmente espelhos desprotegidos a cada seis meses (fig. 9). Atualmente o aluminizado elimina esse aborrecimento, pois uma boa camada, normalmente dura cinco anos e mantém seu alto poder refletivo durante esse período.

1.7 Conclusão prática: o telescópio padrão.

Para uma revisão geral das curiosidades do céu, geralmente se contenta com um pequeno instrumento com abertura inferior a 110 mm, o que deve causar a menor preocupação ao seu proprietário; não há dúvida de que um telescópio refletor é preferível nessas condições. Observe, no entanto, que um telescópio refletor de 150 milímetros, mesmo para metade de qualquer iniciante, é indiscutivelmente superior ao telescópio de refração de 110 milímetros do setor e custa pelo menos trinta vezes menos.

Um instrumento mais poderoso é necessário para ver detalhes interessantes sobre os planetas, para acompanhar estrelas variáveis fracas, para observar estrelas duplas levemente fechadas, para ver convenientemente as nebulosas, etc., mas 20 centímetros de abertura para um telescópio refrator são quase impraticáveis para um indivíduo; quem mede estrelas duplas, sem dúvida, dará a ele a preferência novamente (devido à visão mais fácil do disco falso e não devido à mudança no foco do espelho), mas todos os demais escolherão, obviamente, um telescópio refletor, que é mais barato e mais fácil de instalar. A relativa facilidade de esculpir um espelho poderoso com até 50 centímetros de diâmetro também é um perigo;

A corrida pelo diâmetro não deve esquecer as limitações relacionadas ao peso e dimensões e, sobretudo, à qualidade das imagens fornecidas pelas condições locais. É necessário nunca esquecer que na cidade, exceto exceções, é impossível usar convenientemente um instrumento com mais de 150 milímetros de abertura através de uma janela. Em uma varanda comum, um telescópio de 200 milímetros representa o máximo prático; Em um celeiro equipado com uma grande abertura para uma estrutura rolante, um telescópio de 250 milímetros raramente funciona com capacidade total; Para ir além, você precisa de um teto protegido do calor por meio de tapetes e que seja bastante firme ou, melhor ainda, de um grande espaço livre de qualquer construção no meio de um prado gramado. Mas agora surge o problema da proteção: uma leve cúpula de zinco não protege o instrumento do calor e uma construção de parede dupla é cara; uma caixa de teto deslizante não produz turbilhões do tipo causado pela abertura clássica, mas a proteção contra o vento não é tão boa; Só podemos tratar superficialmente todas as dificuldades que aguardam aqueles que desejam usar um instrumento com mais de 30 cm de abertura convenientemente.

Agora temos o que é preciso para escolher os recursos essenciais do instrumento hobby padrão:

- Este será um telescópio refletor que é mais fácil de construir e menos desordem que um refrator de diâmetro igual.
- Será do tipo "Newton", mais fácil de ser usado para iniciantes do que o modelo "Cassegrain".
- Terá 20 centímetros de abertura, um bom compromisso geral entre o poder e as dificuldades de realização e uso.

- Sua abertura relativa $f / D = 8$ ou 6 , dependendo da disponibilidade de um local adequado.
- Sua montagem será azimutal e do modelo imaginado por A. Couder, uma vez que é o mais fácil de executar corretamente com pouco custo para o hobby.



Fig 10. El telescopio estándar

A partir deste momento, as indicações que daremos se referirão quase especialmente a este modelo, mas tudo sobre o trabalho de vidro é aplicável quase sem alterações a espelhos de 15 a 30 centímetros de diâmetro.

[1] a notação mm é um micrômetro que, por acordo internacional, substituiu o "mícron".

[2] Do estudo interferencial do piscar, do Institut d'Optique.

[3] *Défauts des instruments réels* (Defeitos de instrumentos reais), *Cahiers de Physique*.

[4] Sociedade Astronômica da França

[5] *Sobre a construção celular de espelhos de telescópios* (Sobre a construção celular de espelhos para telescópios)

[6] *Vision in un instrument entaché d'aberration sphérique* (visão de um instrumento com aberração esférica).

[7] Cassegrain não é uma "panela de grãos", mas o sobrenome de seu inventor.

[8] Para mais detalhes, consulte o estudo de Louis Roy.

2. Realização do espelho principal

A forma do espelho principal no telescópio de Newton

As leis elementares da reflexão permitem prever facilmente que um espelho esférico côncavo dará uma imagem perfeita de um objeto colocado próximo ao seu centro de curvatura; a observação de estrelas que podem ser consideradas infinitamente distantes exige, pelo contrário, que todos os raios incidentes paralelos ao eixo (figura 11) sejam refletidos pelo nosso espelho, de modo a se encontrar no mesmo ponto F. Essa condição, juntamente com as leis da reflexão permite prever por geometria e sem ambiguidade, a forma do meridiano do espelho que dará uma imagem focal perfeita no eixo CS de um objeto no infinito; Esta é uma parábola do eixo CS e a superfície côncava gerada por essa curva que gira em seu eixo é parabolóide, mas devido a uma linguagem incorreta, é quase sempre chamada de espelho parabólico.

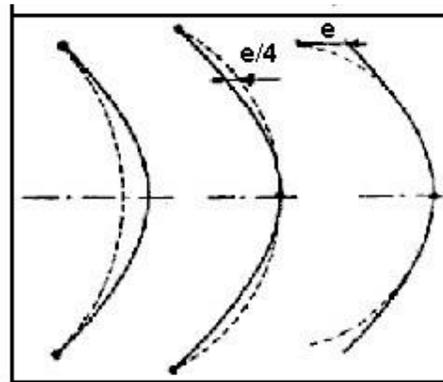
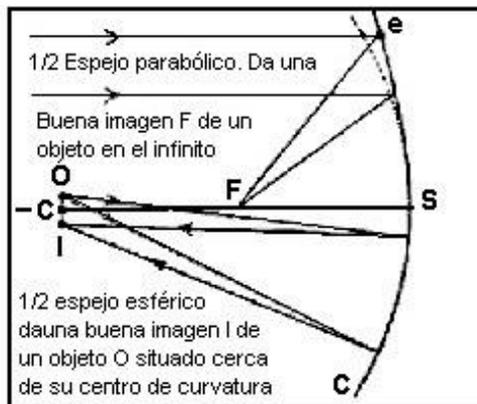


Fig 11. Necesidad de un espejo parabólico
Fig 12. Comparación de parábola con 3 esferas de radios decrecientes.

Essa definição não deve intimidar não-matemáticos ou levá-los a acreditar que esta é uma maneira difícil de obter. Veremos um pouco mais tarde que a forma geral que tende a ser gerada automaticamente durante o polimento, se funcionada corretamente, é a forma esférica; Para apreciar a dificuldade do trabalho, é natural comparar o parabolóide com a esfera. Essa comparação pode ser feita de muitas maneiras diferentes, dependendo do raio da esfera escolhida (figura 12). Se considerarmos a esfera tangente à cúspide do espelho, como a parábola tem uma curvatura que diminui levemente em direção à borda (na oficina, diz-se que “endireita”), ela abre um pouco mais do que essa esfera e a separação máxima em a aresta, de magnitude e mede:

$$e = \frac{h^4}{64f^3}$$

h é a altura ou o raio de incidência do espelho no ponto considerado; f é a distância focal.

Com o espelho do nosso telescópio padrão $f / D = 6$, verifica-se:

$$e = \frac{h = 10}{64 \times 120^3} = 0,9 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

Apenas nove décimos de micron.

Mas existe uma esfera de raio ligeiramente diferente, tangente no centro do parabolóide, que a corta na borda (figura 12) em relação à qual a separação é quatro vezes menor; no caso que nos interessa, vale 0,22 microns.

Essa diferença é da ordem de grandeza equivalente à que o polimento cuidadoso geralmente introduz em relação à esfera de vidro desse diâmetro; Ao contrário da crença popular, é tão fácil engendrar uma parábola como uma esfera quanto uma primeira intenção, mas não seria o mesmo com um espelho maior ou mais aberto. É necessário ser bastante ingênuo ouvir os oftalmologistas da indústria comentarem com prazer as dificuldades de parabolizar, quando a superfície que eles acreditam ser esférica já possui defeitos da ordem das deformações que nos preocupam (um comprimento de onda), mas que infelizmente são distribuídas ao acaso; queremos pelo menos 10 vezes mais precisão.

Se f / D é um número bastante grande, ou seja, se a abertura relativa for pequena o suficiente, entende-se que a parábola não se afastará da esfera, de modo que um espelho esférico satisfaça a regra de Rayleigh e dê Imagens estelares praticamente perfeitas.

Tomamos de Lunetes et tèsscopes a fórmula que indica a distância focal f que é necessária para dar a um espelho esférico de diâmetro D para satisfazer esta condição:

$$f^3 \geq 34,9D^4$$

Damos exemplos de espelhos amadores:

D em cm	f min. cm	f / D
8	52	6.5
10	70	7.0
12	90	7,5
quinze	120	8.1
18	153	8,5
vinte	177	8,9
vinte e um	190	9.0
25	240	9,6
30	303	10.1

Mas cuidado! o espelho deve ser realmente esférico; Seria perfeitamente ridículo esculpir o espelho na última linha desta tabela com distância focal de 3m, se não houver necessidade de uma taxa de abertura assim, na esperança de obter automaticamente uma esfera utilizável. Por outro lado, um iniciante modesto, que deseja simplificar o máximo possível seus negócios e evitar controles, terá a chance de alcançá-lo com um espelho de menos de 15 cm que responda a essas características. Voltaremos a esse ponto em detalhes.

Visão geral do trabalho em vidro e teorias de polimento

É sempre uma surpresa para um iniciante saber que as superfícies mais precisas que o homem sabe fazer são feitas à mão, sem a ajuda da menor máquina e através de procedimentos aparentemente infantis. Somos vítimas do nosso "bom senso", formado lentamente por este século de tecnologia que nos leva a admirar as máquinas bonitas e complicadas, e é preciso um esforço real para ter uma visão sensata do assunto. O trabalho de superfícies de alta precisão é dominado por dois fatos essenciais conhecidos ou aplicados inconscientemente desde a idade da pedra. Aproveitando os procedimentos de ajuste de atrito e a lei de grandes números.

Ajustar esfregando uma superfície está esfregando-a contra outra de extensão comparável, que agora leva o nome de uma ferramenta, com a interposição de um abrasivo, ou seja, um pó composto de pequenos grãos de corte mais difíceis do que o corpo para trabalhar. A combinação do movimento de translação e a pressão exercida sobre as peças, pressão distribuída sobre as arestas duras e afiadas dos grãos abrasivos (figura 13), causa uma infinidade de fraturas, como vidro e muitas fraturas. pequenos fragmentos, principalmente nas regiões salientes, que tendem a desaparecer.

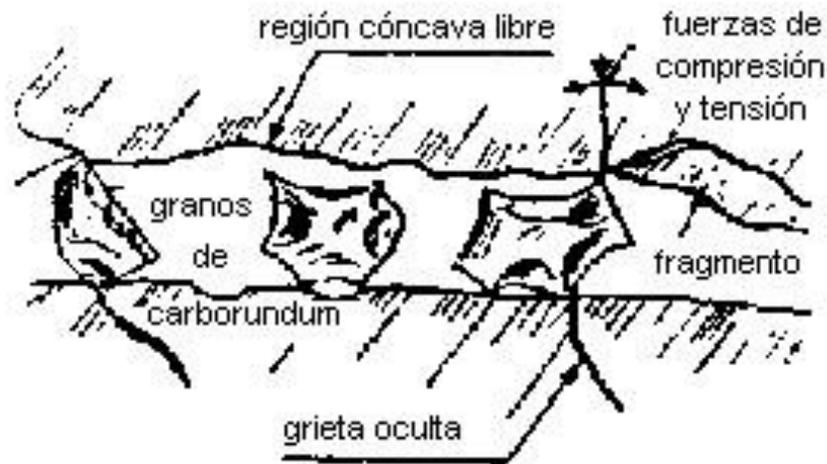


Fig 13. Mecanismo de la abrasión (J. Strong).

Se a lei do movimento relativo das peças for tal que um regime de pressões iguais possa existir em todos os lugares, o nivelamento das superfícies será obtido automaticamente com uma precisão melhor que o diâmetro dos grãos interpostos. Se esse movimento for direcionado em todas as direções, as superfícies terão necessariamente uma forma esférica (ou plana como um caso particular), pois esse é o único que permite o contato com todas as posições. Os acidentes elementares, pequenos poços e fraturas, também são comparáveis em dimensões ao tamanho dos grãos interpostos. Mas uma pequena irregularidade na pressão, por exemplo sempre repetida no mesmo ponto da corrida, não deixaria de criar uma deformação notável; para evitá-lo é necessário tornar improvável essa repetição exata e tirar proveito da lei das médias. Como o trabalho requer um total de várias centenas de milhares de braçadas, é concebido que, se o movimento for dado pela mão de uma pessoa que conhece mais ou menos a amplitude que deve ser dada ao movimento, uma compensação exata surpreendente da erros individuais; pode-se dizer que quanto mais falta de jeito o operador cometer, melhor será.

Quando um espelho de mais de um metro é esculpido, o manuseio da ferramenta pode superar as forças de um homem ou de vários; você é forçado a usar uma máquina; a dificuldade consiste em saber como quebrar o mais inconsistentemente possível a "personalidade" desta máquina; é sempre terminado, no entanto, por um trabalho local com a mão.

A execução da superfície óptica de um espelho compreende três fases principais:

O desbaste

A partir de um disco de vidro áspero cujas faces são aproximadamente planas, um deles é escavado esfregando-o em uma contraparte que é outro disco de vidro de mesmo diâmetro, interpondo um abrasivo muito duro e relativamente espesso (carborundo nº 80 de 1/10 mm de diâmetro). espessura) e fazer movimentos anormais que têm o efeito de localizar a pressão quase apenas no centro do disco do espelho, que adquire rapidamente a concavidade desejada.

Moagem e alisamento

Eles têm o duplo objetivo de melhorar a forma geral precedente e reduzir ao máximo a importância de acidentes elementares, a fim de possibilitar o próximo passo. Ao contrário do desbaste, agora são utilizados abrasivos de espessura decrescente, sendo os mais finos compostos por grãos de alguns microns de diâmetro e traços normais tendendo a produzir uma ação uniforme em toda a superfície. Quando os acidentes têm apenas alguns microns de profundidade, tornam-se difíceis de reduzir muito regularmente e simultaneamente em todos os lugares. Portanto, a idéia lógica de passar insensivelmente do alisamento ao polimento é contradita pela experiência; há uma descontinuidade entre os dois; parece que a pequenez dos acidentes que podem sair do vidro é limitada;

Polimento

É de fato uma operação muito diferente. O vermelho de polimento é constituído por grãos de 0,5 micron de diâmetro muito regulares, que produziriam uma espécie de suavização se continuados a serem utilizados com a ferramenta dura anterior. Em vez disso, a ferramenta é revestida com uma substância como pitch, capaz de se adaptar a longo prazo à forma exata do vidro a ser trabalhado, mas que é rígida durante a curta duração de um golpe; É nessa substância que os grãos vermelhos se alojam para formar o "bolo".

Mas é difícil ter uma ideia clara do que acontece no trabalho. Os mais famosos entalhadores de espelhos, Newton e Hershell, acreditavam que o polimento era apenas uma espécie de fricção fina cujos acidentes eram tão pequenos que constituíam uma superfície unida no grau desejado. Elihu Thompson, continuando essa idéia, descreve a ação do bolo, aparado com partículas vermelhas, como se ajusta automaticamente e em um nível comum no decorrer da pressão e do trabalho e na produção de uma rede de faixas ultramicroscópicas; da mesma forma J. Strong diz que as partículas abrasivas têm suas faces cristalinas orientadas identicamente pelo movimento e paralelas à superfície; o bolo é transformado em um "raspador complexo" cujos elementos, automaticamente ajustados ao mesmo nível, eles produzem um desgaste muito suavizado. B. Lyot, que considerou a questão de polimento com particular rigor para suas lentes coronagraph, afirma que ele realmente observou, ao projetar a imagem de um poderoso arco elétrico em uma superfície, inúmeras pequenas linhas cruzadas em todos os sentidos, apesar de ter sido polido com cuidado particular. Contudo, a explicação geralmente considerada a mais satisfatória é a de Lord Rayleigh, que observa que, desde o início do polimento, as cúspides dos acidentes são niveladas com um acabamento perfeito; O ultramicroscópio não mostra nada; os pequenos planos assim formados aumentam a superfície até chegarem ao fundo do poço mais profundo sem alterar a qualidade das áreas já polidas. Os acidentes são de tamanho molecular,

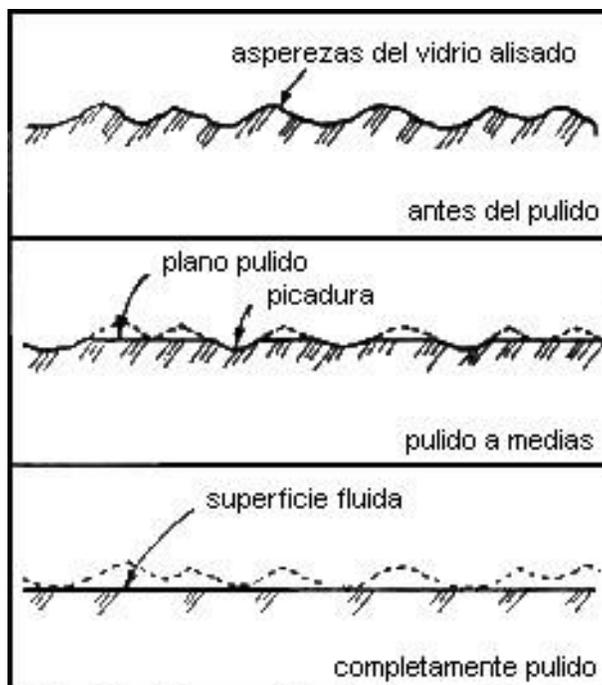


Fig 14. Ilustración de la teoría de Lord Raileigh.

O vidro é então arrancado em uma escala molecular (a peça é pesada antes e depois), um processo totalmente sob a ação do abrasivo em uma ferramenta dura, que sempre arranca pedaços enormes em relação às moléculas.

No entanto, não há garantia de que o polimento consistirá apenas na remoção do vidro. As engenhosas experiências de Motz e Selby tendem a mostrar que, durante o polimento, há uma camada de Beilby que é muito evidente no polimento de metais. Considerando a má condutividade do vidro e da piche, essa importante força transformada em calor no decorrer do trabalho seria suficiente para amolecer uma camada muito fina de vidro que se espalharia imediatamente como manteiga no pão, segundo certos autores; Essa explicação surpreendente compreenderia melhor o reaparecimento de um caroço coberto, ao refazer com um método menos violento, o polimento de uma superfície brutalmente trabalhada pela indústria. Sem discutir o valor das idéias de Lord Rayleigh, uma parte do sangramento pode muito bem ser admitida,

É evidente que, apesar da simplicidade dos meios utilizados, uma explicação realmente satisfatória do que acontece envolve grandes dificuldades.

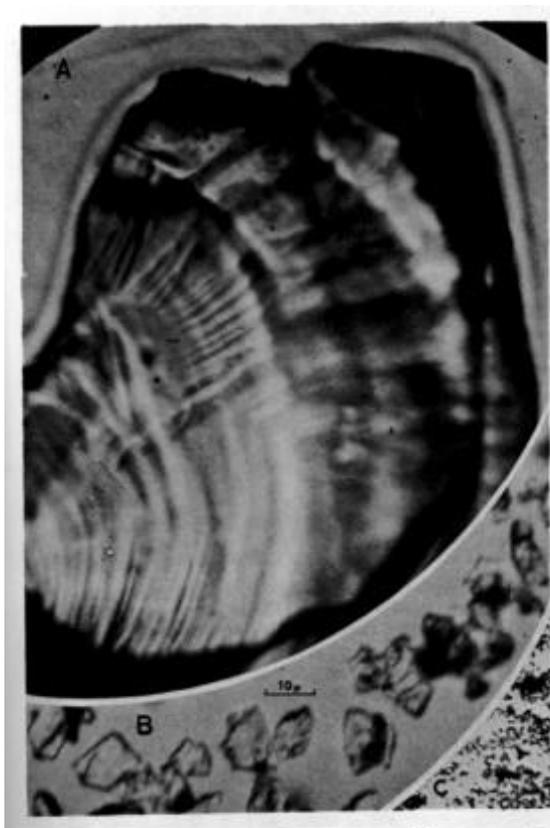


Fig 15. Microfotografía de un grano de carborundum 120 esmeril M 303 y rojo para pulir.

O microscópio óptico também mostra facilmente os grãos vermelhos cuja espessura ($0,5 \mu\text{m}$) parece não mudar quase mesmo após o polimento brutal (veja a figura 15); mas é difícil dizer como esses grãos são fixados no campo e parece impossível falar de sua forma de ação sem levar em conta as tensões superficiais e as enormes atrações moleculares existentes no nível da camada de vidro recentemente exposta, quando o a água é escassa no final do "molhado" (será visto mais tarde). Embora a forma de ação permaneça incompreensível, o resultado pode ser controlado com muita precisão, sem mencionar o microscópio eletrônico que fornece indicações preciosas de acidentes elementares em superfícies polidas; Vamos mencionar o belo método, desenvolvido por B. Lyot, que revela defeitos de alguns milímetros quadrados de superfície que correspondem em altura à irregularidade da ordem molecular (alguns Angstroms) apresentados pelo vidro muito bem polido. Mas é necessário retornar aos defeitos ainda mais estendidos que afetam a forma geral da parte óptica. Sabemos exatamente como essa forma deve ser respeitada; Os procedimentos que descrevemos nos permitem obter pequenas superfícies esféricas à primeira vista; bastante preciso se nenhuma causa de erro foi informada, mas seria imprudente contar sistematicamente com isso e de qualquer maneira impossível com um copo ligeiramente deformado de cerca de vinte centímetros. Felizmente, Leon Foucault nos deixou um maravilhoso meio de controle universalmente usado que nos permite ver os defeitos da esfericidade como se fossem acessíveis aos nossos sentidos; Nas melhores condições, defeitos dez vezes menores do que aqueles que podem começar a prejudicar as imagens são manifestados com meios muito simples.

Uma vez que o defeito de tamanho e posição é reconhecido, o retoque é feito alterando convenientemente a ação do bolo no local desejado, mas é difícil ser um verdadeiro mestre nessa ação, uma vez que não é claramente inteligível aos nossos sentidos; É necessário, então, buscar a forma desejada com a melhor aproximação possível, como primeira intenção de minimizar o trabalho de retoque. Por outro lado, a capacidade do oculista é medida por sua capacidade de executar com os métodos gerais, a superfície desejada com uma boa aproximação, em vez de apagar, sem vestígios, a última área de saída.

Tudo o que foi dito neste parágrafo constitui apenas um aviso ao leitor contra seu "bom senso"; O raciocínio simplista não deixará de girar para o seu espírito quando ele gira em torno do seu espelho (uma condição muito favorável para a operação das células cinzentas). Não temos a intenção de explicar o porquê quando o como é suficiente para alcançar o resultado; aqueles que estão contentes com esta explicação não terão dificuldade em alcançar seu espelho; os outros, se não tiverem um tempo limitado, fariam melhor em terminá-lo igualmente e depois fazer teorias.

O elemento principal

Discos em quartzo fundido ou simplesmente em Pyrex são obtidos importados de outros países através da rede da Internet. Você pode pensar em usar vidro óptico real, por exemplo, um boro-silicato de coroa ou vidro Durán ou, melhor ainda, "Zerodur", mas é um luxo inútil e caro, pois o vidro espelho é apenas um suporte que não é perfurado por raios úteis. O vidro mais comumente usado é o vidro M da Saint Gobain, especialmente recozido para fazer discos de espelho, o que lhe confere uma tonalidade mais esverdeada do que o vidro comum; Esses óculos têm um padrão de têmpera regular e são entregues com a espessura desejada quando possuem diâmetros pequenos, com as faces retificadas pelo arenito e as bordas sumariamente arredondadas para o diâmetro solicitado.

Os discos para "vigias" dos navios são cortados no vidro polido da Saint Gobain, cuja espessura pode chegar a 37 mm; Esse tipo de fabricação, que não é complementado por um recozimento especial, explica o padrão de endurecimento mais ou menos complicado e excêntrico que eles apresentam na luz polarizada; Esta não é uma grande desvantagem para a retificação precisa da superfície óptica; Além disso, a parte de trás do espelho pode ser polida, o que é uma vantagem. Por fim, os fornecedores de ladrilhos de vidro translúcido fornecem discos de face plana mais ou menos rugosos, perfeitamente utilizáveis para fazer ferramentas baratas e até espelhos, já que no caso de vidro um pouco espesso, o recozimento nunca pode ser negligenciado pelo fabricante sem risco de quebrar-se esfriando. Já sabemos que são necessários dois discos do mesmo diâmetro para esculpir um espelho; O que será usado como espelho deve ser escolhido com algum cuidado, mas não importa que tipo de vidro a ferramenta constitua.

Ao solicitar o diâmetro, é necessário aumentar a abertura nominal desejada em 1 cm, pois o chanfro indispensável e os defeitos ópticos da borda extrema devem ser levados em consideração, o que nem sempre pode ser completamente evitado. A espessura do espelho não deve ser escolhida aleatoriamente; a montagem correta de pequenos espelhos é feita da maneira mais simples, apoiando-o em três pontos salientes na base do tubo do telescópio, dispostos nos vértices de um triângulo equilátero inscrito exatamente no contorno do vidro; a relação de A. Couder permite calcular então a espessura mínima de um disco para que ele não represente depressões de caráter óptico prejudicial nessas condições quando o instrumento é vertical.

$$e \geq \frac{R^4}{3 \cdot 10^2}$$

R = raio do espelho em cm. e = espessura do espelho em cm.

D cm	e mm	Peso gr.
11,2	10	
10	8	
16	25	1250
18	27	1700
vinte	33	2600
22	40.	3800
24	48.	5430
30	71	
cinquenta	197	
80	504	
100	790	

Na tabela, temos alguns exemplos com espessuras ligeiramente aumentadas, levando em consideração as perdas durante o desbaste. O peso do telescópio cresce muito rápido em relação ao peso do espelho; uma espessura inutilmente grande é, portanto, muito mais onerosa do que se pensa a priori e também apresenta sérias desvantagens para o equilíbrio térmico. Com mais de 25 cm de diâmetro, é preferível complicar a célula do que continuar respeitando o relacionamento, o que levaria rapidamente a espessuras proibitivas.

A espessura do disco da ferramenta pode ser menor; daí a possibilidade de polir com a ferramenta para cima e para baixas pressões, o que é vantajoso para a qualidade da forma. Serão tomadas placas de vidro com aproximadamente 25 mm de espessura para ferramentas de até 20 cm de diâmetro e 30 mm para aquelas que não excedam 30 cm.

Abrasivos

O carborundo (carboneto de silício, SiC), obtido industrialmente no forno elétrico é um pó de cor azul-preto ou esverdeado, dependendo da qualidade disponível comercialmente. Os grãos são classificados por peneiras cujo número de furos por polegada quadrada define comercialmente o número. A grande dureza deste abrasivo permite ganhar um tempo considerável no desbaste; o grão 80 (separado da peneira de 80 furos por uma polegada quadrada) é frequentemente usado por entusiastas, mas se o espelho não tiver mais de 20 cm de diâmetro e sua flecha 1,5 mm, é preferível aderir ao grão Não 120, o que facilita a limpeza das cavas. (Iremos fornecer as quantidades posteriormente.) Alguns fabricantes têm séries muito grandes que se estendem até o número 3200 e podem ser usadas para retificar e suavizar completamente os espelhos, especialmente aqueles em óculos rígidos como o Pyrex. No Chile, o carborundo é obtido até o número 400; Para continuar o trabalho, ficaremos satisfeitos com o desbaste e a retificação com carborundo, finalizando a suavização com abrasivos menos duros:

O corindo industrial (corindo em alguns fornecedores) é numerado pelo mesmo sistema que o carborundo, mas deve-se notar que em número igual produz poços menores e desgasta menos que o carborundo devido à sua menor dureza. O esmeril é o abrasivo que oferece os melhores resultados na suavização. É uma alumina Al₂O₃ natural e é encontrada

na forma de rochas (ilha de Naxos) misturadas com várias impurezas (óxido de ferro) que lhe conferem uma tonalidade marrom ou avermelhada: após a moagem é obtido um pó que normalmente é ainda é classificado pelo antigo procedimento clássico de levitação e sobre o qual é necessário dizer algumas palavras, pois pode ser útil para nós.

Os grãos de esmeril caem na água, quanto mais rápido eles são; se uma certa quantidade de pó é bem agitada em um recipiente cheio de água e bastante alta, é concebível que, após um curto período de tempo (contado em minutos e, portanto, o nome do minuto devido à operação), os grãos não permaneçam em suspensão. muita para poder decantar durante esse período; removendo a água por meio de um sifão e deixando depositar o esmeril que ele contém, o “esmeril de tantos minutos” será então coletado. A decantação teórica refere-se a uma queda dentro de um metro de água; praticamente os rebolos do mesmo número vendidos por diferentes fornecedores são tão pouco comparáveis entre si quanto a velocidade das emulsões fotográficas fornecidas por diferentes fabricantes. Infelizmente, essa não é sua falha mais séria. Sem mencionar o perigo de se misturar com os pós mais grossos para rebolos vendidos em sacos de papel e que nunca são amplamente desconfiados, é necessário chamar a atenção para uma operação importante que os fornecedores não ópticos não realizam com seus rebolos. decantado: esta é a "lavagem". Quando os melhores rebolos usados na prática são coletados, isto é, os de 40 e 60 minutos, obtemos não apenas os grãos que não cruzam um metro de água em 40 ou 60 minutos, mas também todos os que são ainda menores e menores. Eles compreendem um tipo de farinha que constitui uma lama muito prejudicial em um correto trabalho de abrasão. É como se você quisesse usar a esmeril usada misturada com resíduos de vidro; para tirar proveito de tais rebolos, é conveniente lavá-los muitas vezes usando um balde de dez litros, para um máximo de um kg de reboło; comece mexendo bem por alguns minutos para separar completamente a lama dos grãos úteis e deixe descansar por tempo suficiente para que o esmeril útil se deposite; a lama sobrenadante e o pó que permanece em suspensão devem ser descartados com a água no balde. A água é renovada e iniciada, até que o esmeril seja francamente depositado em uma massa marrom escura ou enegrecida, deixando água clara e sedimentada. Com as atuais retificadoras comuns do comércio, podemos considerar-nos sortudos se recuperarmos 50% do peso inicial como retificadora utilizável. comece mexendo bem por alguns minutos para separar completamente a lama dos grãos úteis e deixe descansar por tempo suficiente para que o esmeril útil se deposite; a lama sobrenadante e o pó que permanece em suspensão devem ser descartados com a água no balde. A água é renovada e iniciada, até que o esmeril seja francamente depositado em uma massa marrom escura ou enegrecida, deixando água clara e sedimentada. Com as atuais retificadoras comuns do comércio, podemos considerar-nos sortudos se recuperarmos 50% do peso inicial como retificadora utilizável. comece mexendo bem por alguns minutos para separar completamente a lama dos grãos úteis e deixe descansar por tempo suficiente para que o esmeril útil se deposite; a lama sobrenadante e o pó que permanece em suspensão devem ser descartados com a água no balde. A água é renovada e iniciada, até que o esmeril seja francamente depositado em uma massa marrom escura ou enegrecida, deixando água clara e sedimentada. Com as atuais retificadoras comuns do comércio, podemos considerar-nos sortudos se recuperarmos 50% do peso inicial como retificadora utilizável. A água é renovada e iniciada, até que o esmeril seja francamente depositado em uma massa marrom escura ou enegrecida, deixando água clara e sedimentada. Com as atuais retificadoras comuns do comércio, podemos considerar-nos sortudos se recuperarmos 50% do peso inicial como retificadora utilizável. A água é renovada e iniciada,

até que o esmeril seja francamente depositado em uma massa marrom escura ou enegrecida, deixando água clara e sedimentada. Com as atuais retificadoras comuns do comércio, podemos considerar-nos sortudos se recuperarmos 50% do peso inicial como retificadora utilizável.

Os mercados americano e inglês têm excelentes rebolos brancos vendidos em caixas de metal e oferecem todas as garantias: os rebolos da British American Optical Co. são encontrados em caixas de 5 libras de 457 gramas. O BM 302 ½ e para finalizar o BM 303 ou 303 ½ são suficientes para obter uma excelente suavização com a máxima segurança.

Produtos de polimento. Campo para bolos

Este é um tipo de resina segregada por abetos no norte da Europa; derrete a 60°, mas à temperatura ambiente se molda muito bem à forma do objeto se você o pressionar por um longo tempo. Essa viscosidade do pitch é talvez a sua qualidade mais preciosa; Evite danificá-lo adicionando cera ou outros ingredientes. Os campos ópticos mais famosos são da Suécia, Arcaño e Noruega, e estão disponíveis em barris; o comprado em pães era geralmente aquecido sem precauções pelo varejista e perdeu algumas de suas qualidades; sua qualidade pode ser avaliada mantendo um pequeno fragmento na boca por alguns minutos; se pode ser mastigado e esticado como chiclete, é muito bom; se quebrar entre os dentes, pode ser melhorado adicionando essência de terebintina, Mas isso não substituirá todos os solventes naturais que um aquecimento desajeitado fez você perder. Como nem sempre é fácil obter o tom verdadeiro, mencionamos como produtos de substituição utilizáveis, a resina amolecida pelo óleo de linhaça e o tom mineral adequadamente escolhido, purificado e filtrado; Em geral, para evitar acidentes com esses bolos, é aconselhável cobri-los com uma fina camada de cera de abelha. Mais tarde retornaremos em detalhes.

Vermelho para polimento

O óxido de titânio (branco) e especialmente o óxido de cério (rosa), geralmente usados na indústria, não são recomendados para superfícies de grande precisão; Apesar da mancha, deve-se preferir o vermelho polido (conhecido como “mineral vermelho” e usado na construção civil) obtido por calcinação em contato com o ar, de oxalato ferroso (e não de sulfato ferroso que fornece vermelhos industriais, colotato). etc). Muitos dos fornecedores de abrasivos mencionados anteriormente vendem tintos para lentes ou polimento de espelhos, mas a qualidade desses produtos nem sempre é suficiente e geralmente é útil melhorá-los fervendo-os em água e espumando o creme com aparência oleosa a ser descartado. Um bom vermelho, como um bom esmeril, cai francamente na água, deixando a água limpa.

A melhor maneira de obter um bom vermelho é calcinar o oxalato ferroso. É um pó amarelo encontrado em alguns armazéns químicos (pelo menos em Bogotá, eles nem sabem); uma camada de 2 a 3 cm de espessura é espalhada sobre uma chapa de ferro adequada que é colocada em fogo vivo (um queimador de gás totalmente aberto é suficiente). É aconselhável ventilar a sala abundantemente, pois há uma liberação notável de óxido de carbono. Após um quarto de hora, o pó é parcialmente torrado em contato com a folha; começa muito suavemente para evitar projeções, misturando-o com uma espátula de metal comprida; Continuando o aquecimento, toda a massa bem mexida fica marrom e depois queima como

pavio. A operação deve continuar até que o fogo pare por si só, indicando que a calcinação está completa. Deixe esfriar e lave o vermelho em um recipiente de limpeza grande e verificado; você também pode passá-lo por várias dobras de meias de nylon ou, melhor, pela peneira de farinha mais fina possível. O vermelho é preservado em estado úmido como esmeril, em pequenos frascos de vidro com tampas bem ajustadas.

Resumo prático e quantidades necessárias

Para facilitar a compra dos produtos necessários para iniciantes, apresentamos abaixo uma tabela dos principais produtos abrasivos e de polimento, com sua designação comercial. Aumentamos bastante as quantidades necessárias para levar em conta a inevitável falta de jeito no início e também pelo fato de os fornecedores não gostarem de vender pequenas quantidades, especialmente nas províncias, de itens de pouco valor comercial, como o vermelho.

Operação	Quantidades	Carborundum	Esmeril
Desbaste	1 kg.	80	
Fosco	500 g	120	
	500 g	180	
	500 g	280	
	250 g	400	
	125 g	600	
Suavização	125 g		BM 302 ½
	125 g		BM 303 ½
Polido	1 kg	Brea para óptica	
	250 g	Vermelho mineral	
	ou 500 g	Oxalato ferroso	

Os números indicados não têm nada absoluto, são aproximados para produzir bons resultados; Além disso, se um dos intermediários for excluído, o trabalho com a tabela anterior e a subsequente deverá ser suficientemente prolongado.

Material útil para esculpir o espelho

É extremamente pequeno e, na maior parte, pode ser composto de ferramentas domésticas. Mencionamos especialmente:

O banco

O trabalho manual dos espelhos é chamado de "banco fixo". Isso pode ser feito de maneira muito simples no ângulo de um banco ou de uma mesa de cozinha forte (figura 16A),

na qual três batentes aparafusados impedem que o disco inferior se arraste, mas permitem que você gire ou inverta facilmente os discos. A Figura 16B mostra um refinamento desta montagem, consistindo em uma plataforma giratória que permite que você permaneça sentado na frente do trabalho (como alguém em uma cadeira de rodas); no entanto, esses arranjos não superam as tabelas verdadeiras e totalmente isoladas que permitem um movimento fácil ao seu redor. Muitos oculistas famosos ou clássicos (Draper, Metcalf, Ellison, etc.) trabalhavam em um barril colocado verticalmente (figura 16C) com peso suficiente para que não pudesse ser sacudido durante o trabalho. A Figura 16D apresenta um modelo de tabela adotado regularmente pelos fãs norte-americanos. Os dois últimos modelos (figuras 16E e 16F) são utilizados na oficina da Comissão dos Instrumentos. O primeiro, construído por Luc Ott com três postes de madeira unidos por tábuas, possui uma cobertura exatamente o suficiente para um espelho de 20 cm, o que possibilitou minimizar seu tamanho. Construímos o segundo no workshop da Comissão, inspirando-se nas pernas bem concebidas dos instrumentos; será notada a considerável separação das ripas de cada uma das pernas, permitindo que trabalhe quase exclusivamente por tração ou compressão. Qualquer que seja a direção do esforço, é obtida uma rigidez muito alta com seções mínimas de madeira. Qualquer que seja o modelo adotado para a tabela,

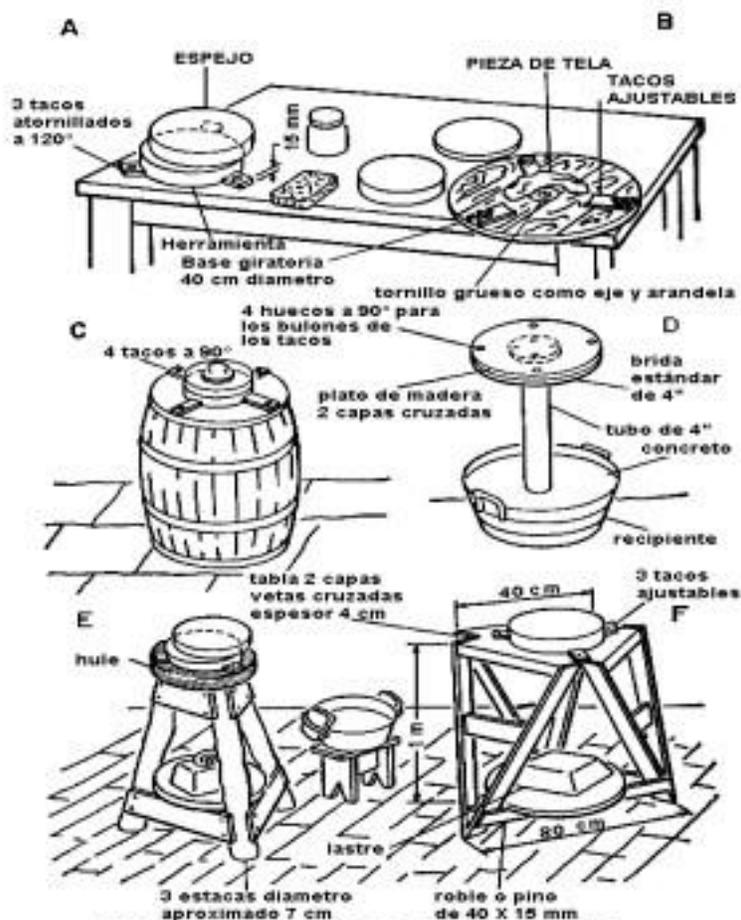


Fig 16. Distintos tipos de mesa de trabalho.

Rigidez e estabilidade gerais: É necessário prever esforços significativos durante o polimento e lastro suficiente.

Altura da mesa: dependendo do tamanho do operador, pode ser de 90 cm a um metro; Alguns preferem alturas de 1,2 m e ainda 1,5 m, mas para um trabalho sem fadiga, a altura máxima é aquela entre o solo e o cotovelo.

Planicidade do prato em que o copo repousará; Apesar da interposição de círculos ou flanelas de cordovão, é necessário suavizar bem essa face do suporte; finalmente, é essencial poder trabalhar de forma independente na posição espelho para cima ou para baixo; é necessário fornecer pelo menos uma cavilha ajustável para as pequenas diferenças inevitáveis de diâmetro e devido a irregularidades no contorno.

O material menor Compreenderá: um ou dois recipientes com um diâmetro ligeiramente maior que o espelho; quatro ou cinco esponjas não muito grandes (as buchas de trama fina funcionam perfeitamente e são baratas); pequenos recipientes de vidro com tampa para abrasivos e vermelho, munidos de uma etiqueta indispensável indicando a espessura e eventualmente a origem e qualidade; é útil ter um aquecedor elétrico ou a gás equipado com uma chapa de ferro ligeiramente maior que o espelho e com pelo menos 3 mm de espessura; se possível, um bico de Bunsen com uma chama brilhante ou, na sua falta, uma vela; finalmente, uma certa quantidade de pano branco, a lâmina de um pincel de carpinteiro bem afiado, um formão, um pincel pequeno para o vermelho, etc.

Para controlar o desgaste, será útil uma régua de um mecânico ou uma boa pinça; Um esferômetro pode ser usado, mas não é absolutamente essencial. Teremos ocasião de descrever em detalhes o aparato de controle pelo método de Foucault, que será fácil de construir pessoalmente.

Operações auxiliares

O vidraceiro fornece aos discos um resumo resumido com o qual estamos quase sempre satisfeitos. Certamente, um espelho bem montado deve repousar no máximo 2 ou 3 pontos a 120° em seu contorno e, portanto, não precisa ser perfeitamente redondo e centralizado como a lente de uma objetiva. Mas, sem dúvida, é preferível uma borda bem circular e retificada; não apenas por uma razão estética, mas é necessário pensar na facilidade de limpeza na hora do aluminizado; uma borda áspera retém todos os tipos de impurezas (vermelho polido etc.), muito difíceis de remover completamente. Não escreveremos a operação de corte propriamente dita, pois queremos sistematicamente evitar a suposição de que o leitor possui uma máquina cara (torno, furadeira),

Se você tem um torno pequeno, ele pode ser improvisado com um rolamento horizontal, você pode colar o espelho com inclinação na placa superior, centralizando-o aproximadamente (consulte a figura 16). Ao mesmo tempo, uma alça que serve como manivela é colada perto da borda (Figura 17A). Graças ao movimento rotacional, possibilitado dessa maneira, é fácil regular rapidamente as projeções e rugosidade por meio de uma simples tira de zinco com 0,5 mm de espessura, um pouco mais larga que a espessura do espelho, que serve como suporte para abrasivo interposto. Esse sistema fornece bordas regulares com facilidade, mas obviamente não pode corrigir erros muito notáveis, como uma ovalização fraca; mas isso não é importante.

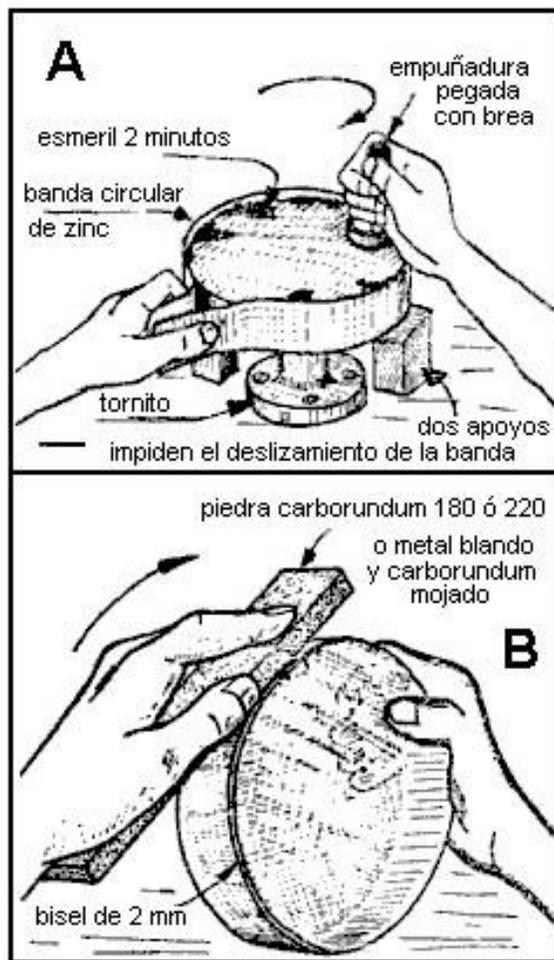


Fig 17. Nivelado rápido de las asperezas del borde

Se o uso da banda é renunciado, é exatamente o mesmo para equalizar a rugosidade e reduzir o grão do contorno por meio de uma pedra plana de carborundum (nº 220 por exemplo) e, na falta dela, com um pedaço de chapinha ou latão esfregar com o abrasivo interposto (figura 17B).

Enquanto estiver usando a pedra do carborundo, vamos equalizar os chanfros dos dois lados ou aumentar seu tamanho; um chanfro de 2 mm a 45° ou uma aresta arredondada com esse raio pode ser adequado para um espelho de cerca de 20 cm de diâmetro; durante o trabalho de fricção, ele tende a desaparecer e é absolutamente necessário evitá-lo; se um dos lados tiver uma aresta de corte, descamação grave ocorrerá na menor colisão com um corpo rígido; O chanfro mais desgastado é o da ferramenta e é conveniente fornecer uma largura de 3 ou 4 mm desde o início e, mesmo assim, pode ser necessário refazê-lo antes de terminar a retificação.

Finalmente, vamos verificar se as faces do disco espelhado são substancialmente paralelas; um erro prismático de 0,1 ou 0,2 mm não seria muito importante e, por outro lado, seria fácil corrigi-lo; se atingir 1 mm, é necessário corrigir o disco pela fábrica para evitar um aumento inútil no trabalho de desbaste. Obviamente, a questão do paralelismo não é

apresentada, com os discos das vigias cortados no vidro da Saint Gobain, cujas faces são geralmente paralelas a cerca de dez microns.

Desbaste do espelho

Antes de tudo, é necessário escolher a face do disco espelhado a ser escavado. Se o vidro tiver rugosidade da superfície em uma de suas faces (como a de ladrilhos de vidro) que não tenha mais de 1 a 1,5 mm de profundidade, essa será a face a ser escolhida, mas, naturalmente, a outra será aplicada se existir. Fraturas profundas que ameaçam não desaparecer completamente durante o desbaste ou bolhas capazes de formar "pontos afundados" na superfície óptica. Quando o disco tem os dois lados retificados, é mais fácil apontar os defeitos internos com transparência, umedecendo-o ou lubrificando-o melhor nos dois lados.

Colocar uma alça na parte traseira facilita o manuseio dos pequenos espelhos finos, mas isso não é absolutamente indispensável e é até prejudicial durante o polimento. Lembremo-nos daqueles que agarram um punho, que o alcatrão adere mal a um corpo frio, especialmente se for um bom condutor; é necessário aquecer o espelho antes de colar; um método rápido e sem risco é mergulhá-lo por alguns minutos em água morna (35° a 40°C; a mão experimenta uma sensação indolor de calor); ao tirá-lo da água, cuide-o dos calafrios repentinos (correntes de ar) e seque-o cuidadosamente antes de despejar um pouco de passo derretido no centro; posicione a alça e centralize-a com referência ao contorno antes de esfriar.

O tom frio é frágil e produz o menor choque repentino; para soltar a alça se o vidro estiver frio, toque-a com um martelo pequeno e um tanto flexível.

Começar

A ferramenta está convenientemente colocada sobre a mesa (pode ser deixado 1 mm de folga para facilitar a rotação ou o levantamento). Vamos espalhar em sua superfície 1 ou 2 cm³ de carborundo 80 ou 120 extraído do recipiente onde ele é mantido em estado úmido, jogar algumas gotas adicionais de água com os dedos, colocar o espelho por cima e esfregar. Para obter bom desempenho e esvaziamento rápido da concavidade, as seguintes regras serão seguidas:

1. **Retire o espelho o máximo possível;** o centro do espelho pode alcançar com segurança até 1 ou 2 cm da borda da ferramenta e os traços retilíneos direcionados pelas cordas (figura 18A) podem ter uma dúzia de cm em óculos de 20 cm; um pouco de experiência indicará o limite não perigoso para o rolo espelhado na borda da ferramenta. Você pode fazer de 5 a 10 corridas consecutivas no mesmo local; então o espelho é girado entre as mãos uma fração de volta e o trabalho é retomado em outra fração de volta na direção oposta à do espelho que se move em torno da mesa. Se isso permitir rotação total do operador, a ferramenta pode permanecer estacionária; caso contrário, ele será girado junto com o espelho na mesma direção que o espelho. Exemplo: Se você girou o espelho 10°, você deve girar o conjunto 10°. O espelho terá girado 20° e a ferramenta 10°. A idéia é usar toda a

periferia regularmente. Pode ser visto na figura 18A, a figura descrita pelo centro do espelho no decorrer deste trabalho.

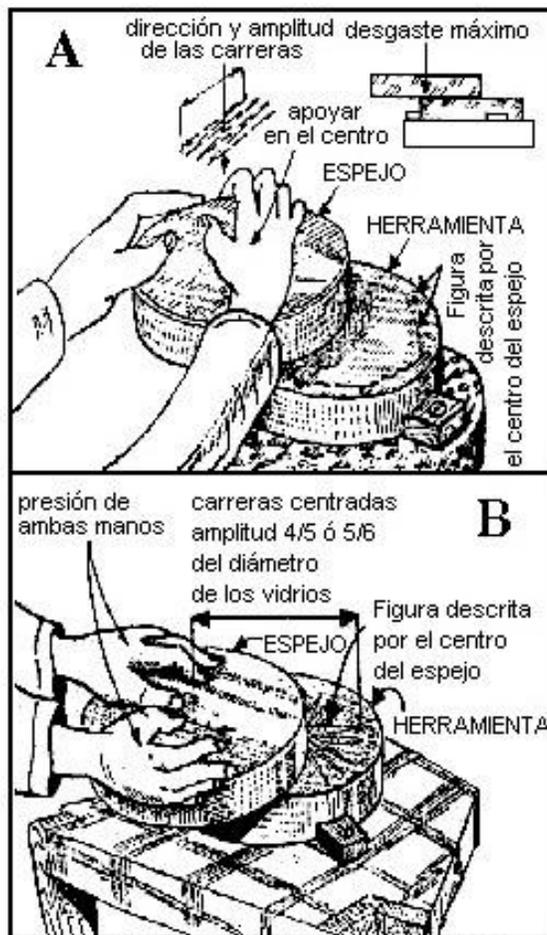


Fig 18. Carreras del desbastado

É completamente inútil virar rapidamente a mesa, especialmente no desbaste; todo o trabalho é realizado por movimento alternativo. Para fins de informação, digamos que 60 a 80 duplas (viagens de ida e volta) podem ser feitas a cada uma ou duas voltas ao redor da mesa e, durante esse período, por exemplo, o espelho terá sido girado três ou quatro voltas. Escusado será dizer que é infantil insistir em respeitar exatamente esses valores.

Quando os discos têm faces muito ásperas, a borda do espelho também deve ser desgastada. Nesse caso, é vantajoso usar movimentos centrados (figura 18B) de amplitude muito grande: $5/6$ do diâmetro do espelho, equivalente a 16 cm com um de 20cm e até mais.

2. **Coloque uma grande pressão no vidro.** O carborundo 80 não é totalmente eficaz a menos que seja aplicada pressão suficiente; não há medo de inclinar-se com todo o peso no centro do copo (figura 18A). Se o espelho for fino e muito leve, pode ser vantajoso fixar um peso de vários quilos como alça e apenas para desbaste.

3. **Molhe adequadamente o abrasivo.** Se houver excesso de água, o carborundo é projetado para as bordas antes de poder ter sua eficácia total; se estiver muito seco, distribui-se mal, o pó de vidro produzido pela abrasão não é eliminado e forma uma mistura que paralisa o movimento à custa da eficiência. Note-se que a proporção está correta devido ao intenso ruído da abrasão com o carborundo da retificação. Apesar de sua grande tenacidade, o carborundo não suporta esse trabalho por um longo tempo; Após alguns minutos (dois a quatro minutos, dependendo da quantidade inicial de abrasivo e da energia gasta), o ruído da abrasão enfraquece e o pó do vidro fixa a água. O trabalho pode ser prolongado um pouco mais adicionando a quantidade necessária de água para limpar o carborundo sem perder os grãos úteis, mas é vantajoso que o desempenho interrompa o trabalho, enxágüe completamente os dois discos, seque-os brevemente e reinicie com um novo carborundo. O que foi feito em termos de oficina é chamado de "seco" ou "molhado".

O desbaste de um espelho de 20 cm em $f / D = 6$ requer aproximadamente 3 horas de trabalho nessas condições, mas um iniciante não deve se surpreender se precisar de um tempo duplo. Veja a fig. 18c



FIG. 18c

Controle de raio de curvatura

Uma vez escolhido o diâmetro útil e a relação f / D , é fixada a distância focal do espelho e, conseqüentemente, o seu raio de curvatura, que é o dobro da distância focal. Por exemplo, o espelho padrão de 20 cm $f / D = 6$ tem uma distância focal de $20 \times 6 = 120$ cm e um raio de curvatura de 240 cm. Pouco importa respeitar exatamente o valor escolhido, pois não construiremos o tubo do instrumento até termos a parte óptica; Além disso, o raio de curvatura pode ser monitorado durante o desbaste por métodos bastante rudimentares, com uma aproximação de alguns centésimos.

A maneira mais fácil é cortar um modelo que pode ser traçado com uma bússola em uma folha de metal, fácil de cortar exatamente com a tesoura (o zinco é muito conveniente) ou melhor cortá-lo diretamente com a ponta de uma bússola esculpida. chanfro (figura 19A).

A apreciação da luz entre o modelo e o vidro é um meio sensível se a iluminação for intensa, mas o modelo deve ser apresentado em posições diferentes para revelar suas próprias falhas.

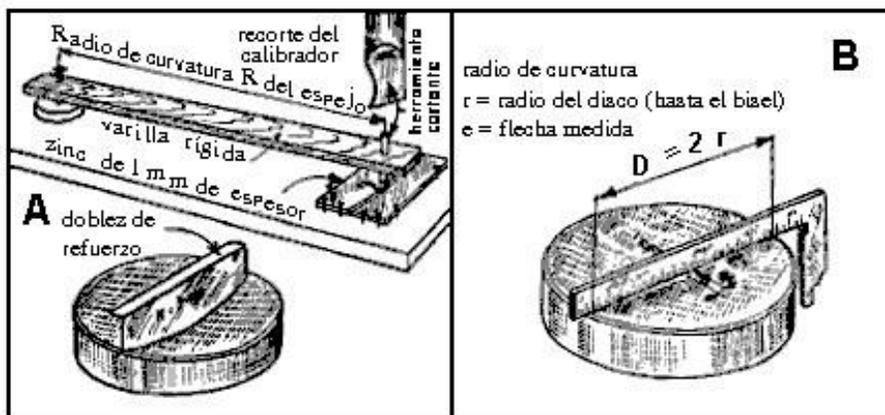


Fig 19. Control rápido del radio del desbastado

Se você tem uma boa régua mecânica (pode ser um bom calibre), também pode medir a seta de curvatura, ou seja, o orifício que tem o vidro no centro. O raio de curvatura R é obtido pela seguinte fórmula:

$$R = \frac{r^2 + e^2}{2e}$$

em que: r é o raio útil do espelho, ou seja, o semi-diâmetro sobre o qual a régua repousa.

e é a flecha da curvatura, medida através do centro de calços de espessura conhecida (figura 19B).

Quando o sapato é muito grosso, a régua balança; quando é muito fino, passa livremente sem tocar na régua. Como exemplo, suponha que nosso espelho mede até o chanfro de 197 mm ($r = 98,5$) e que encontramos uma seta e de 1,9 mm. O raio de curvatura é então medido: 2554 mm. Se queremos um raio de 2400, devemos continuar cavando para obter aproximadamente 2 mm de flecha, mas não vamos tentar "finalizá-lo"; as superfícies obtidas no desbaste precisam ser melhoradas em forma e finura e não teremos dificuldade em obter um raio mais exato no decorrer do trabalho.

Fim do desbaste

Na figura 20, onde as curvaturas são muito exageradas pela clareza do desenho, pode-se observar que, na posição muito excêntrica do disco de espelho, adotada durante o desbaste, o desgaste de ambos os discos não é regular: a borda do espelho permanece uma área circular plana e no centro da ferramenta uma pequena "mosca". A diferença com a esfera pode exceder 0,1 mm em um espelho de 20 cm e o desbaste terá que ser finalizado por um método menos rápido, mas corrigirá esse defeito. Isso é difícil e é suficiente continuar o trabalho com movimentos aproximadamente centralizados, conforme indicado na figura 18B, mas com uma amplitude total de movimento que agora não excede a metade do diâmetro dos discos.



Fig 20. Deformación de los vidrios desbastados

Durante este trabalho, a zona circular e a "mosca" desaparecem; também pode acontecer que a seta dobrada seja excedida e, nesse caso, é suficiente continuar o trabalho com o espelho abaixado e comunicar à ferramenta exatamente os mesmos movimentos que foram dados anteriormente ao espelho. Para esse desbaste final e para limitar a profundidade das fraturas do carborundo, sempre difíceis de eliminar, é natural que suspendamos a aplicação de altas pressões; o peso do espelho ou da ferramenta adicionado ao correspondente às mãos do operador apoiadas de forma natural é suficiente. O gabarito após um diâmetro mostrará facilmente se o vidro tem aproximadamente o raio de curvatura e a forma desejada; as operações de retificação e suavização que se seguem melhorarão rápida e automaticamente dessa maneira,

Moagem e alisamento

Antes de tudo, todos os objetos tocados pelo carborundo devem ser cuidadosa e cuidadosamente limpos: espelho, ferramenta, mesa, suporte, etc. Tomaremos um cuidado especial com os interstícios capazes de reter o abrasivo grosso; os blocos laterais da mesa serão desmontados, escovados na água ou, melhor ainda, trocados; Enquanto isso, a alça eventual pode ser removida e a parte traseira do espelho lavada. Se a mesa não tiver borracha, antes de recolocar os bujões, ela será coberta com um papel branco, que será renovado a cada

troca de abrasivo e a mesma precaução é conveniente para a mesa de trabalho, que receberá os acessórios essenciais. Se você só pode ter um recipiente para a água, você deve lavá-lo várias vezes e garantir que nem dentro nem fora ele mostre pequenos e brilhantes pontos de carborundum. O recipiente de carborundum e a esponja serão colocados fora da oficina.

Essas precauções não têm nada de infantil; um único grão de carborundum no final do endireitamento pode arruinar o fruto do dia de trabalho, e os negligentes logo ganharão prudência.

O trabalho continua com o carborundum 120, cujos grãos deixam fraturas mais rasas devido ao seu tamanho menor. A partir de agora e de uma maneira geral, adotaremos para o restante do trabalho os movimentos normais, sobre os quais devemos chamar atenção especial: eles consistem em um movimento alternativo quase centrado (figura 21) cuja amplitude total é de aproximadamente $1/3$ do diâmetro do discos (consequentemente, devem sobressair $1/6$ em cada lado, ou seja, 3 a 4 cm com um espelho de 20 cm) com um deslocamento lateral constantemente variável, mas limitado em cada lado a $1/8$ no máximo. O formato das corridas também pode se parecer com um V ou W ou um enrolamento mais complicado, como ∞ , por exemplo. A cada 5 ou 6 pinceladas, o disco superior é girado um pouco entre as mãos enquanto gira-se como durante o desbaste. O essencial em tudo isso é apenas respeitar mais ou menos, em média, a amplitude de $1/3$ e variar as carreiras o máximo possível, para não trabalhar sempre sistematicamente da mesma maneira; a lei das médias fará o resto e, se um constrangimento excepcional e sistemático não for cometido (pressão anormal das mãos sempre no mesmo ponto da corrida), as superfícies não se desviarão da esfera, em média, magnitude muito menor que o diâmetro dos grãos do abrasivo interposto.



Fig 21. Carreras normales

Para o uso correto do abrasivo, as indicações feitas acima serão levadas em consideração, mas em termos de peso, apenas a do disco superior intervirá, mais a das mãos do operador normalmente suportadas, que não têm outra finalidade senão direcionar o movimento alternativo. A suavização será feita de maneira uniforme e sem alterações consideráveis na curvatura se um molhar alternadamente com o espelho acima e outro com o espelho abaixo.

Somente no início é quando a palmilha pode nos instruir a realizar vários mergulhos contínuos na mesma posição para respeitar melhor a curvatura. Com o espelho em cima, a concavidade aumenta e diminui se a ferramenta estiver em cima.

Depois de 2 ou 3 molhados com o carborundo 120, um rápido exame por reflexão pode nos levar a acreditar que as fraturas causadas pelo carborundo 80 foram eliminadas, mas se examinarmos o vidro em busca de transparência diante de uma lâmpada forte, veremos pequenos pontos brilhantes espalhados no fundo uniforme trabalhado pelo C-120; Existem também escalas que não são destacadas, invisíveis no momento, mas que saltam à medida que o trabalho continua, deixando novos poços. Portanto, é necessário continuar trabalhando com o C-120 até termos certeza de que eliminamos todos esses acidentes, que exigirão 15, 20 ou mais de umidade. Ainda assim, o C-120 ainda deixa fraturas desiguais;

Número de úmido para remover o grão anterior	Abrasivo
15 a 20	C-120
10	C-180
10	C-280
10	C-400
6	C-600
6	M-302
4	M-303 1/2

O trabalho de retificação continua da mesma maneira com o (carborundo) C-180, C280, C-400 e C-600, sem esquecer a lavagem do material a cada mudança de número. Para aqueles que têm dificuldade em apreciar quando o abrasivo pode ser trocado, indicamos o número de molhos (cada um de 5 a 10 minutos de trabalho efetivo) normalmente suficientes para um espelho de 20 cm com o abrasivo apropriado e bem utilizado.

Em caso de dúvida, é preferível prolongar um pouco o trabalho antes de passar prematuramente de um abrasivo para outro. Com o carborundo 180, o raio de curvatura do espelho será ajustado da melhor maneira possível para o da pinça e também será possível alisar a parte de trás do espelho se tivermos um disco de moagem com areia. Para isso, usaremos o reverso da ferramenta trabalhando com movimentos normais de 1/3 com o espelho para cima para obter um reverso ligeiramente côncavo ao invés de convexo.

A mesma esponja pode ser usada para o carborundo 120 e 180, mas é necessária uma para o C-280 e C-400 e uma para o C-600. Um último completamente novo, para os rebolos M-302 e M-303 ½. Se for uma esponja natural, antes de molhá-lo, é preciso bater muito com um martelo para remover os sedimentos calcários ou siliciosos que ele contém.

A suavização

O próprio endireitamento começa com o M-302; sua qualidade depende muito da esmeril e ainda mais da maneira de usá-la. Para minimizar os riscos de arranhões e garantir a eficiência total do trabalho, serão tomados cuidados especiais para usar a quantidade certa de esmeril e a quantidade adequada de água em cada molhado.

Vamos tentar dar uma idéia concreta, que não substitua a experiência direta, sobre como operar: você sempre começa com discos lavados e secos; Garantiremos que nada permaneça na superfície passando a palma da sua mão.

Utilizando os dedos, o esmeril úmido é então espalhado de forma a cobrir completa e uniformemente um dos discos; o suficiente para uma de 20 cm é o volume de uma ervilha grande. A quantidade inicial de água é muito importante; Uma quantidade suficiente de água deve ser pulverizada com os dedos molhados para obter uma película de esmeril brilhante, mas não é possível coletar gotas em excesso se o vidro estiver inclinado. Com cuidado, o segundo disco é suportado e são feitas algumas execuções para distribuir a esmeril, aliviando o vidro de uma parte importante de seu peso; Você deve sentir e ouvir o triturador morder toda a superfície. Veja a fig. 21b



Se houver muita água, a esmeril do começo do trabalho vai até a borda; se for escasso, um mingau seco de esmeril e vidro usado se forma prematuramente, paralisando o movimento. Nos dois casos, a espessura do filme de esmeril não é uniforme; há contato de um copo com o outro e é possível arranhar. A uma temperatura de 20° C, um esmeril fino deve durar 8 ou 10 minutos sem renovação da água, mas essa duração não é recomendada para iniciantes. Não se esqueça de cada molhado, inverta a posição dos discos. Durante a posição de espelhamento, deve-se tomar cuidado para repousar o vidro em uma mesa plana com a inserção de um disco de flanela ou velo; as presilhas laterais permitirão um pequeno jogo no disco. Essas precauções são necessárias se você quiser evitar tensões mecânicas perturbadoras,

Qualidades de um bom alisamento

Cuidado especial será tomado para obter um grão homogêneo; o desaparecimento de acidentes anormais deve ser alcançado. O exame de transparência com uma boa lupa (10X) não deve mostrar nada além de um fundo de fratura muito pequeno e uniforme, sem pequenos defeitos dispersos, brilhantes ou pretos. O tamanho das fraturas elementares é de importância relativa de aproximadamente M-303 ½; a partir deste momento, o risco de arranhões só pode ser multiplicado sem o benefício real do polimento (quando se trata de grandes superfícies de vidro sobre vidro). Mesmo com moagem excepcional de finura e homogeneidade, como o BM-305 (grãos de 2 a 5 µm), acidentes amplamente dispersos persistem; Tentar removê-los completamente levará o tempo que o polimento completo de uma superfície inteira obtida com o M-303 ½ (grão de 10 µm).

Também é necessário obter a maior homogeneidade possível com uma determinada esmeril, para atender totalmente à quantidade de umidade; Em caso de dúvida, os valores anteriores devem ser aumentados. A última umidade do M-303 ½ requer cuidados especiais e será realizada na posição de retroceder. Um piloto experiente consegue refinar o rebolo por trabalho prolongado com a mesma carga por 12 ou 15 minutos. Nesse caso, é essencial renovar a água no decorrer do trabalho, o que é bastante delicado e não é necessário esperar que a umidade esteja muito avançada para fazê-lo. As gotas de água salpicadas com os dedos costumam ser muito grandes; tente depositar muito pouca água uniformemente e sem separar os discos que estarão em posição excêntrica, usando um pequeno frasco de spray ou passando o dedo sobre os cabelos de uma escova pequena, dura e úmida. O trabalho termina com o rebolo o mais seco possível, mas sem pressão manual anormal, cuidando para que os dois discos não grudem quando o filme de esmeril é muito fino e cuidando para que o movimento não fique muito duro, por o risco de deformar superfícies.

É melhor o iniciante não tentar refinar o esmeril; ele se contentará em prolongar a última chuva com o espelho abaixado, sem tentar renovar a água.

Lord Rayleigh observou que, com uma superfície suavizada, uma imagem refletida pode ser obtida em um ângulo muito mais próximo do normal, quanto mais fina a estrutura da superfície. Um espelho bem alisado deve mostrar uma imagem vermelha pálida de um filamento de lâmpada em um fundo preto, em um ângulo de 30 a 45 ° com o plano da superfície (Figura 22). Este ensaio não é conclusivo; a superfície pode se tornar refletida mesmo em incidência normal, por um tipo de retificação de superfície feita com um rebolo muito fino e totalmente pulverizado ou por trabalhos de retificação em campo (pré-retificação); Isso não significa que eles não subsistam entre as superfícies suficientemente niveladas para dar à imagem refletida acidentes profundos que não podem ser polidos. A superfície brilhante não deve ser confundida com a superfície polida.

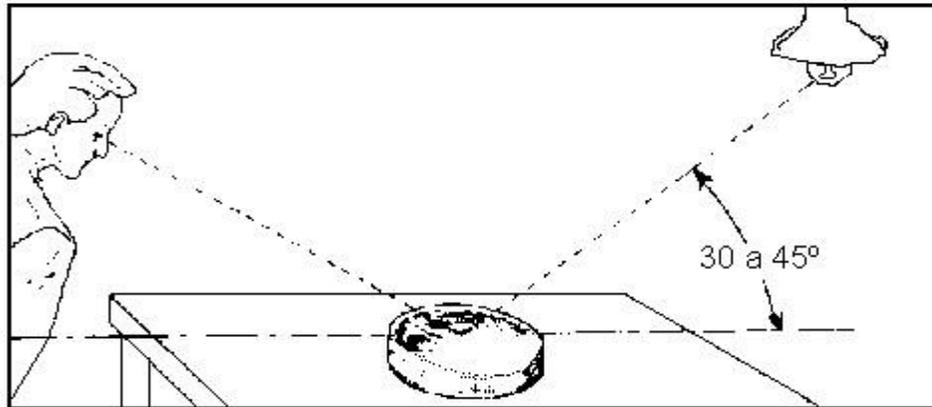


Fig 22. Poder reflector de uma superfície alisada

Falha no alisamento

Forrado. Para eliminar um arranhão, mesmo que seja fraco, geralmente é necessário retomar o trabalho com o carborundo 400 ou talvez com o C-280 ou mesmo o C-180 para casos extremos, causados por um grão abrasivo grosso ou por uma falta de jeito severa. Infelizmente, nem sempre é possível melhorar a moagem comercial por meio de levitação e lavagem repetida; Se a falha persistir, pode ser melhor trocar de fornecedor ou participar de um grupo local de escultores de espelhos que possam ser melhor supridos.

Colagem dos discos. Este acidente, muito raro com esmeril, a ponto de nunca termos ocorrido na Comissão, pode ocorrer abruptamente se se trata de refinar ao extremo uma fina esmeril. A separação dos discos pode apresentar dificuldades, mas obviamente métodos violentos devem ser descartados. RW Porter citou o uso de uma prensa de madeira para atuar nos discos, que geralmente são deixados excêntricos. Embora as opiniões sejam divididas, estima-se que a introdução de querosene pelas bordas possa facilitar as coisas.

Forma incorreta das superfícies. Essa é a mais grave das falhas; uma hipérbole na suavização, por exemplo, não tem remédio. O leitor que aplica os traços normais indicados acima, com o espelho para cima e para baixo, certamente não criará esse defeito. Se no início do polimento for observado que apenas o centro ou a borda do espelho é esclarecido, não há necessidade de insistir e a suavização deve ser retomada no M-302, cuidando para que a amplitude dos traços não exceda em 1/3 do diâmetro.

Visão geral de bolos

Polidores de tecido, amplamente utilizados pelos fabricantes de óculos e ópticas comuns, não são adequados para trabalhos de precisão devido aos "arrepios" que eles produzem. Os antigos oculistas, especialmente Foucault, os irmãos Henry, alguns amadores como Vincart e alguns fabricantes de lentes míopes, obtiveram boas superfícies ópticas com bolos de papel; No entanto, essa técnica caiu em desuso, tanto pela dificuldade de obter superfícies completamente polidas quanto pela grande experiência profissional necessária para obter um bom resultado. O Hobbyist AW Everest criou uma ferramenta, geralmente usada por entusiastas, que merece alguma atenção: é facilmente executada usando uma folha

de cera estampada daqueles preparados para molduras de colmeia (Honey Comb Foundation, daí a designação abreviada HCF), que é colada à ferramenta de alisamento e moldada em gesso contra o espelho. As divisórias finas dos alvéolos de cera afundam pela passagem de uma folha fina para facilitar a distribuição do mingau vermelho e aumentar a adesão, polir rapidamente e com o mínimo risco de arranhões. Infelizmente, ele tem uma grande desvantagem: essa ferramenta produz ondulações muito graves que dependem do tamanho das células; Erros de forma elementar também são muito importantes e capazes de difundir uma quantidade considerável de luz, mesmo quando o polimento físico é muito completo. Posteriormente, teremos uma oportunidade de dar um exemplo de métodos de controle. Além disso, a forma geral alcançada corre o risco de ser catastrófica em mãos inexperientes, Como um ajuste de forma não ocorre automaticamente com um corpo rígido como cera, ele se desgasta, mas não pressiona. Apesar da relativa facilidade de eliminar defeitos notáveis com tiras de cera adequadas, não ousamos recomendar seu uso mesmo para iniciantes, que não são muito exigentes quanto à qualidade do seu espelho.

Há mais de cinquenta anos, profissionais e amadores usam quase exclusivamente bolos de alcatrão. Na indústria, para óptica de precisão média, são utilizados bolos completos usinados, consistindo de uma mistura de breu e cera preta ou outros ingredientes menos deformáveis que o breu. Por outro lado, grandes superfícies de precisão são polidas com ferramentas capazes de se adaptar com mais precisão, consistindo em pães de passo puro. Muitos amadores se contentam em cavar canais ortogonais (perpendiculares) em uma ferramenta completa; mas é preferível preparar primeiro quadrados de afinação que serão colados individualmente na ferramenta, de acordo com uma técnica já usada por Alvan Clark, Common, Ritchey e muito mais apta a produzir um bolo perfeito, um fator importante para o sucesso.

Fabricação de bolos com quadrados individuais

1. **Fusão de pitch.** (Os números se referem aos da figura 23.) O campo é quebrado em pedaços não muito grandes e lentamente aquecido em fogo moderado. Se a dureza é originalmente muito grande, aguarda-se a fusão completa para adicionar alguns centímetros cúbicos de aguarrás até que uma forte pressão da miniatura deixe apenas uma marca; se, por outro lado, a miniatura penetrar sem dificuldade, o aquecimento deve ser prolongado por tempo suficiente (várias horas se necessário) para remover lentamente parte dos solventes naturais. A cada quarto de hora, uma amostra é removida com uma concha para esfriar por pelo menos 5 minutos em água à temperatura da sala de polimento (20 ° C), antes que o teste de dureza possa ser realizado.
2. **Preparação do molde.** Durante o aquecimento do passo, é preparado um molde para as bandas de passo, com 20 mm de largura e 7 a 8 mm de espessura. É suficiente para cobrir qualquer mesa com uma folha grossa de papel de embrulho, com uma superfície lisa e pregar hastes quadradas de 8 x 8 mm também. Ele também serve à função que é removida do "contato". Pregue as unhas ao meio para facilitar a remoção. Pode ser vantajoso fazer um molde grande o suficiente para caber um passo suficiente para duas ferramentas ao mesmo tempo.

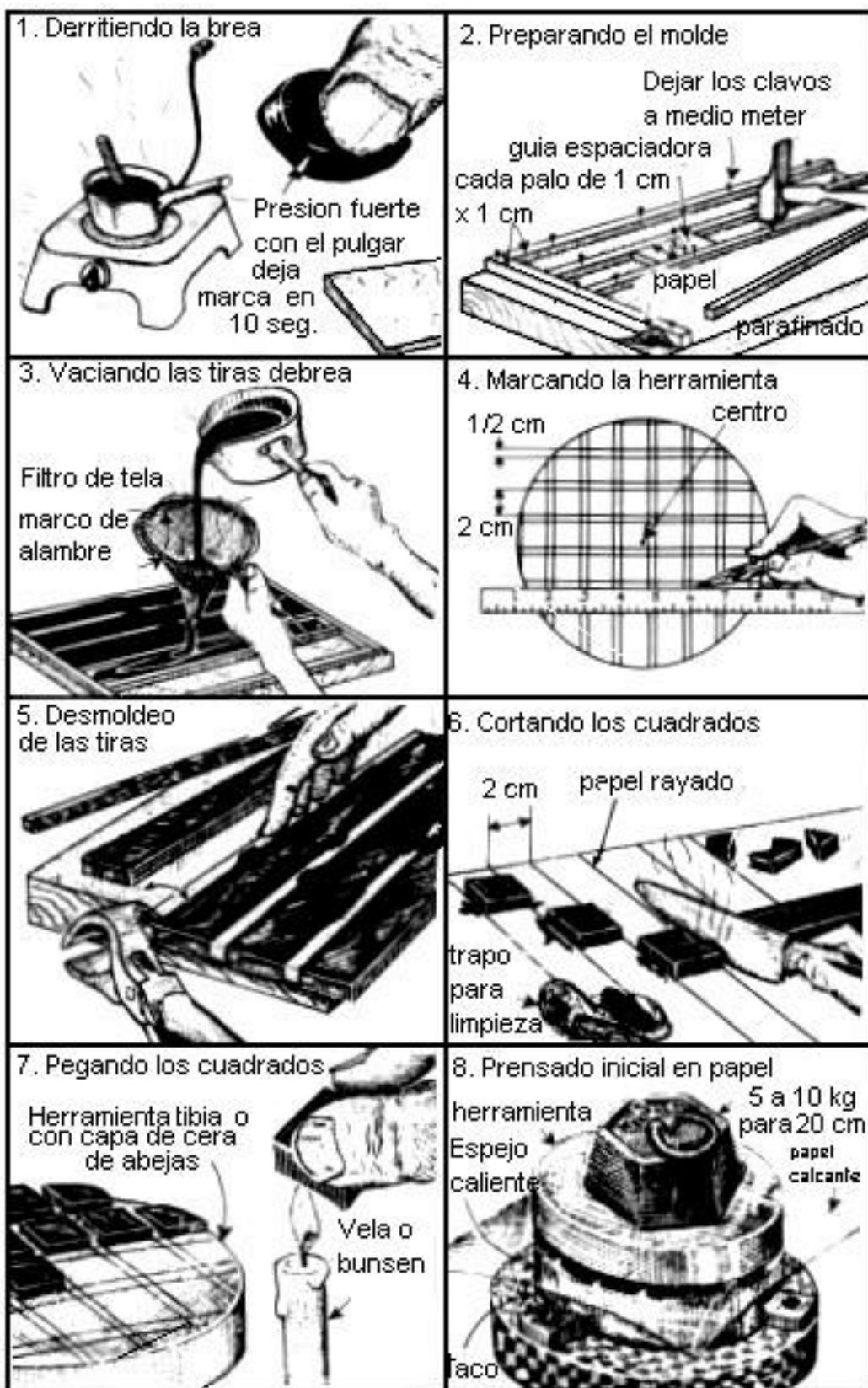


Fig 23. Fabricación de la torta de brea

3. ***Derramando as bandas.*** Recomenda-se remover as maiores impurezas que o tom possa conter, filtrando-o por uma malha de pano com malhas não muito fechadas, suportadas por uma armação de arame, mas é necessário garantir que o tom esteja quente o suficiente para forçar quase o mesmo Água. Se o tom deriva da recuperação de ferramentas anteriores que contêm vermelho, devemos aguardar a eliminação das pequenas bolhas que ele possa conter. O molde é colocado exatamente na horizontal e longitudinalmente e é preenchido na parte superior, mas evitando transbordar nas hastes. se houver um pico de Bunsen disponível, é fácil remover pequenas bolhas de superfície passando a chama pelas tiras antes que esfriem.
4. ***Gráfico de ferramenta.*** O resfriamento do tom é usado para rastrear a localização dos quadrados na face convexa da ferramenta de vidro que foi usada para suavizar. Quando esta ferramenta é grossa e pesada, recomenda-se moldar no espelho, fornecido com uma tira de papel forte, um bolo de gesso com 4 cm de espessura por 20 cm de diâmetro. Após secagem por pelo menos três semanas, essa ferramenta pode ser protegida da umidade por duas camadas de pastilha elástica dissolvida em álcool. O sistema quadrado deve estar descentralizado com referência ao contorno da ferramenta para evitar uma possível causa de erro sistemático.
5. ***Liberação de tira.***Após o resfriamento completo, pelo menos de três a quatro horas, as faixas de inclinação podem ser removidas do molde, o que é mais fácil se a inclinação estiver muito fria. Com precauções para evitar quebrá-las, você deve primeiro remover todas as unhas e arrancar o papel de suporte com alguma brusquidão; As hastes são então retiradas com um pequeno movimento rotacional, um pouco seco, por meio de uma pinça ou pinça que leva a extremidade. Se as hastes foram alinhadas, é mais fácil, pois o revestimento é cortado com uma faca e, em seguida, sai com menos risco de quebrar as faixas.
6. ***Recorte os quadrados.***É muito fácil com uma faca quente o suficiente para não grudar no meio do corte, mas não muito para evitar a fusão profunda; Podem ser cortados 4 ou 5 quadrados sem superaquecer ou limpar a faca.
7. ***Colagem dos quadrados.***O tom não adere bem, mas em um corpo muito seco e um pouco quente; a ferramenta pode ser aquecida em água quente e depois seca. No entanto, é preferível o seguinte procedimento usado na oficina da Comissão de Instrumentos: uma fina camada de cera de abelha muito quente é espalhada sobre a ferramenta fria por meio de uma escova plana obtida rolando 3 ou 4 voltas de tecido em uma paleta de madeira. A cera adere perfeitamente ao vidro frio e os quadrados do tom também aderem fortemente à cera fria; por outro lado, a camada de cera servirá como um amortecedor para possíveis impactos contra o vidro causados pela aresta de corte que servirá para aparar os quadrados. Para colar os quadrados, exponha-os por 3 ou 4 segundos sobre uma chama de vela, ou melhor ainda, sobre a chama luminosa de um pico de Bunsen, até que uma gota de alcatrão esteja perto de cair. O quadrado é aplicado exatamente no lugar da ferramenta, pressionando-o suavemente por alguns instantes.
8. ***Pressionado.***A espessura dos quadrados colocados pode variar em mais de 1 mm. O nivelamento rápido com uma ferramenta afiada pode ser conveniente, assim como raspar

as bordas de alcatrão do centro do quadrado quando uma faca muito quente foi usada para cortá-las. Corte os quadrados incompletos das bordas da ferramenta. A primeira prensagem é realizada a quente e é mais eficaz aquecer o espelho em água morna que não exceda 35 ° C, nunca esquecendo de secá-lo cuidadosamente antes de cobri-lo com papel vegetal ou papel de seda sem dobras; a ferramenta é então colocada, temperada por uma estadia prolongada a alguma distância de uma fonte de calor uniforme. Com uma carga de alguns quilos, pressionar pode demorar aproximadamente um quarto de hora. Duas ou três prensas costumam ser suficientes, mas tomando cuidado desde o início para que os quadrados não se achatem ao extremo do toque, o que tornaria a ferramenta inutilizável. Este acidente pode ocorrer se o tom for mais suave do que o esperado, se a temperatura ambiente for muito alta (30 ° C) ou também se o espelho e a ferramenta tiverem sido aquecidos incontrolavelmente. Ocasionalmente, apenas um ou dois quadrados se aproximam perigosamente; antes de continuar pressionando, eles serão cortados em um traço vertical com um formão bem afiado. Voltaremos a esta operação que cobrirá todos os quadrados quando a ferramenta funcionar por um certo tempo. se a temperatura ambiente for muito alta (30 ° C) ou também se o espelho e a ferramenta foram aquecidos sem controle. Ocasionalmente, apenas um ou dois quadrados se aproximam perigosamente; antes de continuar pressionando, eles serão cortados em um traço vertical com um formão bem afiado. Voltaremos a esta operação que cobrirá todos os quadrados quando a ferramenta funcionar por um certo tempo. se a temperatura ambiente for muito alta (30 ° C) ou também se o espelho e a ferramenta foram aquecidos sem controle. Ocasionalmente, apenas um ou dois quadrados se aproximam perigosamente; antes de continuar pressionando, eles serão cortados em um traço vertical com um formão bem afiado. Voltaremos a esta operação que cobrirá todos os quadrados quando a ferramenta funcionar por um certo tempo.

Quando todos os quadrados suportam aproximadamente toda a superfície (o papel vegetal deixa uma marca fosca), uma prensagem a frio é realizada diretamente no espelho, apenas manchada com uma camada uniforme de vermelho polido e água, espessa o suficiente para cobri-lo. Essa prensagem vermelha deve ser prolongada por no mínimo meia hora, antes de iniciar o trabalho de polimento.

Disposições gerais para polimento.

Vamos indicar, em ordem de importância, as qualidades fundamentais do local ideal para o polimento.

Temperatura próxima a 20° C. É muito difícil moldar o campo, obter um trabalho verdadeiramente satisfatório, a menos de 15°C ou mais de 30°C.

Constância de temperatura. No Hemisfério Norte, deve-se preferir a exposição ao norte, paredes espessas, evitando correntes de ar e a proximidade imediata de uma fonte de calor.

Estado higrométrico conveniente. A umidade pronunciada danifica as condições molhadas normais.

Limpeza. Evite salas limpas ou com poeira.

Aproveite a melhor iluminação natural possível.

Obviamente, na prática essas condições nunca serão atendidas simultaneamente. Não damos rigor absoluto a essas qualidades, embora sejam desejáveis. Por exemplo, em um porão a temperatura será mais constante, mas talvez o frio, a umidade e a poeira nos prejudiquem. Mesmo correndo o risco de causar complicações domésticas, sempre aconselhamos levar a cozinha como laboratório (após a expulsão rigorosa de seu legítimo inquilino); Em geral, é possível encontrar o máximo de conforto, como água, gás, pisos fáceis de limpar, etc. Salientamos aos mais temerosos que, no início dos trabalhos práticos da Comissão de Instrumentos, bons espelhos fossem esculpido em condições muito desfavoráveis sob todos os pontos de vista, no observatório Société, diretamente sob o teto de zinco.

Antes de iniciar o polimento, também chamaremos a atenção para os seguintes pontos:

1. A qualidade do vermelho de polimento é uma coisa importante.
2. Pressione a ferramenta por tempo suficiente (pelo menos meia hora a 20 ° C).
3. Verifique a limpeza da mesa de polimento e da mesa de acessórios (borrachas lavadas). É uma boa precaução limitar os objetos a serem usados o máximo possível (espelho, ferramenta, garrafa de vermelho e seu pincel). Para limpar e reaquecer o espelho, você precisa de um recipiente bastante grande que permita que ele seja completamente imerso e uma esponja fina reservada para o vermelho. O espelho é seco e limpo com panos brancos bem usados por lavagens repetidas, tornando ideal um tecido de algodão fino, como uma tela. A ferramenta pode ser lavada após cada sessão de trabalho por meio da esponja vermelha, suficientemente molhada. Em seguida, é deixado secar sozinho, sem enxaguar com nada.
4. Se a temperatura das instalações estiver um pouco baixa, por exemplo, entre 14 e 16 ° C, é absolutamente necessário aquecer os discos levemente, mas em profundidade; Para o espelho, um bom meio é imersão por 5 a 10 minutos em água a 30° C, seguido de secagem. É preferível não molhar completamente a ferramenta, o que seria difícil de secar adequadamente. Basta aquecer o tom, deixando-o por um longo tempo antes de uma fonte de calor suave (lâmpada infravermelha). Posteriormente, apenas uma prensagem adicional de 10 ou 15 minutos será realizada, o que permitirá reiniciar o trabalho antes que os discos esfriem completamente; o calor liberado posteriormente pela obra será suficiente para manter um regime térmico suficiente (veja a figura 24).



Fig 24. Sala de pulido en el taller de la Commission

Essas dicas para executar uma superfície de alta precisão não deixarão de colidir com o "bom senso". Pedimos desculpas por insistir mais uma vez nesses fatores puramente psicológicos; não é nossa culpa se eles desempenham um papel de liderança e temos o dever de levar em consideração todos os aspectos da realidade, se realmente queremos capacitar o leitor a dominar a questão. Sabemos com muita precisão, por experiência direta e por referências de muitos colegas, o processo que gera estar errado 99 vezes em 100. Os espíritos medrosos e racionais estão infinitamente mais expostos a manobras falsas do que os "práticos", que querem apenas aceitar a lição dos fatos. Por exemplo, a reação instintiva daqueles que temem arranhar é adotar um sistema que favorece o arranhão; o resultado de um trabalho no qual se tenta evitar todas as causas do aquecimento racional das causas que não são as que determinam a forma do vidro é, certamente, um espelho catastrófico. Mais uma vez: é fácil fazer um bom espelho quando você sabe como fazê-lo, mas explicar o que acontece não pode ter possibilidades da verdade se não for fundamentada posteriormente.

Dito isto, tentaremos dar uma idéia objetiva das melhores técnicas resultantes de uma experiência que amadureceu ao longo de muitas gerações de astrônomos ópticos. Esperamos que o leitor não deseje se opor a especulações pessoais mais sedutoras até que seu espelho esteja completamente acabado.

Moagem de condução

Com um espelho com menos de 30 cm de diâmetro, é possível trabalhar indiferentemente na posição superior ou inferior do espelho. Os resultados dependem em grande parte de fatores difíceis de prever com antecedência (posição, tamanho das mãos em relação ao vidro, pressão involuntária). Recomendamos a posição do espelho para baixo; Contrariamente às crenças geralmente aceitas, a experiência mostra que os operadores médios evitam melhor as anomalias de ponta dessa maneira. Na posição espelhada, deve repousar exclusivamente sobre uma mesa muito plana, com a interposição de duas rodadas de flanela separadas por papel grosso; os pernos laterais deixam folga suficiente para que o espelho possa ser girado facilmente a cada quarto de hora, mais ou menos, comparado a essa almofada elástica, em uma quantidade consistentemente constante, um pouco acima ou abaixo de um

quarto de volta. Este procedimento, devido a A. Couder, permite evitar radicalmente o astigmatismo, mesmo com um espelho muito flexível.

Os cursos a serem adotados são os normais, com largura de $1/3 D$ descrita acima. É mais fácil fazer execuções retilíneas do que ondulações, mas sempre tente evitar ao máximo qualquer tendência regular, variando a amplitude dos deslocamentos (em torno do valor $1/3$) e a quantidade de zig zag entre as rotações, para não respeitar mas em média os valores indicados. Um operador isolado não pode imitar perfeitamente aleatoriamente (E. Borel). Obtivemos resultados muito mais perfeitos, fazendo 4 ou 5 pessoas diferentes trabalharem com as mesmas raças no mesmo espelho. Independentemente disso, o trabalho rapidamente se torna mecânico e incoerente o suficiente se não se adquire um hábito vicioso desde o início. Advertimos especialmente contra a tendência frequente de girar a ferramenta no mesmo local no final de cada golpe, ou pior ainda, para marcar uma assinatura de tempo no final do golpe antes de retornar. É necessário evitar qualquer brusquidão; O movimento retilíneo deve ser ligeiramente arredondado antes de retornar na outra direção, e a frequência dos golpes também não deve ser muito grande: cerca de 60 golpes duplos por minuto e menos ainda no final do trabalho para limitar as causas das ondas primárias .

O polimento é mais eficaz quando fica um pouco vermelho e com pouca água de cada vez; o pequeno frasco vermelho, cheio até um terço do vermelho e coberto por uma camada de água de 1 ou 2 cm, permite que a escova seja mergulhada no local desejado para manter um bom regime. A renovação do vermelho não deve demorar mais que um instante; os discos nem são separados; basta pintar uma faixa vermelha nos quadrados (em posição excêntrica) ou no espelho. A duração de um molhado normalmente não excede cinco minutos; Se dura 10 ou 15 minutos, significa que muita água e vermelho foram aplicados por vez e também que a oficina é muito fria ou muito úmida. No final do período chuvoso, a eficiência do trabalho aumenta consideravelmente; a água é escassa, o vermelho é incorporado no campo, a ferramenta "raspa" parcialmente o vidro. Insistindo, a resistência ao deslocamento se torna enorme; são produzidos ruídos agudos (em certas oficinas industriais eles não se ouvem) e, contrariamente à nossa reação instintiva, não é nessas circunstâncias que as faixas são produzidas, mas é exatamente dessa maneira que as veias pequenas são preenchidas e o melhor é obtido polido. Mas o trabalho da óptica astronômica requer técnicas mais suaves; É útil, durante boa parte do polimento, manter um regime de umedecimento pequeno e um tanto severo no caso de temer a perda de aderência (local muito frio), mas é necessário concluir o trabalho adicionando um pouco mais de vermelho e branco. ao mesmo tempo e sem secar completamente cada carga. No início do trabalho e apesar de pressionada, a ferramenta ainda está mal adaptada ao espelho; Apertos e deslizamentos irregulares ocorrem e devem diminuir gradualmente. Após a primeira hora de trabalho, deve-se encontrar uma resistência notável e regular para mover a ferramenta e, se isso não acontecer, uma pressão adicional pode ser realizada com os discos um pouco aquecidos. No final deste período, os quadrados devem ser uniformemente cobertos com vermelho e apresentar uma superfície fosca; se permanecerem enegrecidos e arranhados, é um sintoma ruim que mostra falta de água vermelha ou pouca ou que o local está muito frio ou, finalmente, que o campo é muito duro. Se você não tiver um bom tom que aceite o poço vermelho, é preferível cobrir os quadrados com uma fina camada de cera de abelha (G. W: Ritchey) facilmente espalhada com uma escova de pano plana (veja a figura 25). Após a primeira hora de trabalho, deve-se encontrar uma resistência notável e regular para mover a ferramenta e, se isso não acontecer, uma pressão adicional pode ser

realizada com os discos um pouco aquecidos. No final deste período, os quadrados devem ser uniformemente cobertos com vermelho e apresentar uma superfície fosca; se permanecerem enegrecidos e arranhados, é um sintoma ruim que mostra falta de água vermelha ou pouca ou que o local está muito frio ou, finalmente, que o campo é muito duro. Se você não tiver um bom tom que aceite o poço vermelho, é preferível cobrir os quadrados com uma fina camada de cera de abelha (G. W: Ritchey) facilmente espalhada com uma escova de pano plana (veja a figura 25). Após a primeira hora de trabalho, deve-se encontrar uma resistência notável e regular para mover a ferramenta e, se isso não acontecer, uma pressão adicional pode ser realizada com os discos um pouco aquecidos. No final deste período, os quadrados devem ser uniformemente cobertos com vermelho e apresentar uma superfície fosca; se permanecerem enegrecidos e arranhados, é um sintoma ruim que mostra falta de água vermelha ou pouca ou que o local está muito frio ou, finalmente, que o campo é muito duro. Se você não tiver um bom tom que aceite o poço vermelho, é preferível cobrir os quadrados com uma fina camada de cera de abelha (G. W: Ritchey) facilmente espalhada com uma escova de pano plana (veja a figura 25). os quadrados devem estar uniformemente cobertos de vermelho e apresentar uma superfície fosca; se permanecerem enegrecidos e arranhados, é um sintoma ruim que mostra falta de água vermelha ou pouca ou que o local está muito frio ou, finalmente, que o campo é muito duro. Se você não tiver um bom tom que aceite o poço vermelho, é preferível cobrir os quadrados com uma fina camada de cera de abelha (G. W: Ritchey) facilmente espalhada com uma escova de pano plana (veja a figura 25). os quadrados devem estar uniformemente cobertos de vermelho e apresentar uma superfície fosca; se permanecerem enegrecidos e arranhados, é um sintoma ruim que mostra falta de água vermelha ou pouca ou que o local está muito frio ou, finalmente, que o campo é muito duro. Se você não tiver um bom tom que aceite o poço vermelho, é preferível cobrir os quadrados com uma fina camada de cera de abelha (G. W: Ritchey) facilmente espalhada com uma escova de pano plana (veja a figura 25).



Fig 25. Encerado de los cuadrados

A operação deve continuar com uma breve pressão no espelho levemente quente, muito seco e coberto com papel de seda. Um bolo encerado não deve ser aquecido em profundidade, correndo o risco de ver a cera deslizar como uma pele sobre o campo; da mesma forma, durante o trabalho, não há necessidade de tentar secar completamente; um regime de água e vermelho mais abundante é mantido. Um bolo encerado lustra mais rápido do que um bolo

sem cobertura, e também é mais difícil de arranhar, mas as superfícies obtidas geralmente têm uma forma de conjunto menos regular e as ondulações são mais importantes. O espelho limpa desde os primeiros minutos de polimento; na posição de espelho para baixo, é normal que a aresta "vá em frente"; pelo contrário, com o espelho voltado para cima, o centro é polido mais rapidamente.

O trabalho é muito mais eficiente e, acima de tudo, melhor a forma, se for trabalhado por tempo suficiente para que seja estabelecido um regime de correntes térmicas regulares em toda a massa do espelho e da ferramenta. Com um espelho de 20 cm e 35 mm de espessura, é necessário trabalhar por pelo menos uma hora sem parar mais do que alguns momentos após cada renovação vermelha. Melhor ainda, se puder ser polido por 2 ou 3 horas seguidas, embora a resistência do campo seja limitada; os quadrados estão afundando cada vez mais, seus lados se tornam convexos e ameaçam se tocar, o que deve ser evitado a qualquer custo se você não quiser desativar a ferramenta ou recorrer ao método medíocre de abrir canais no campo.

Os quadrados serão cortados no tempo com uma aresta de corte muito nítida e perfeitamente afiada (cinzel de madeira com menos de 20 mm de largura, ferro de pincel para carpinteiro ou macaco ou ferro de coelho) que levará ao chumbo (vertical) com pequenos golpes no tom que excedem a linha de uma régua razoavelmente grossa colocada bem na frente do desenho a lápis primitivo na ferramenta (figura 26).

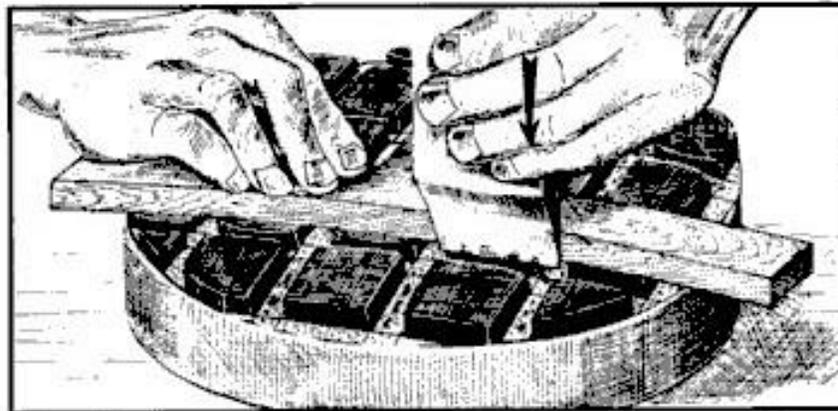


Fig 26. Recorte de los cuadrados

Os quatro lados dos quadrados são cortados de maneira limpa e sem descamação séria; os pequenos fragmentos e o pó de alcatrão são cuidadosamente escovados em papel branco para eventual recuperação e, especialmente, para evitar grudar em todos os lugares, especialmente nas mãos e braços que podem ser limpos com aguarrás. Após o corte, é necessária uma nova prensagem dos discos à temperatura ambiente. Ele pode ser usado como um caso extremo, um tom um pouco suave que exige o corte dos quadrados a cada hora, mas se um trabalho longo por 3 horas não produzir nenhuma deformação perceptível, o tom será muito difícil e deverá ser encerado, ou melhor, refazer a ferramenta com o tom suavizado.

Após um trabalho de 3-4 horas, o vidro é polido pela metade e os quadrados das ferramentas foram cortados 2-3 vezes, são menos espessos, mas uniformemente incorporados em vermelho e sem falhas graves. Após um tempo suficiente, ao mover a ferramenta, é observada uma impressão muito uniforme de aderência oleosa, capaz de fornecer indicações preciosas sobre a regularidade do trabalho. Pode-se dizer que todo o ser do operador participa do conhecimento sensorial do que está acontecendo.

Se o progresso do polimento é caracterizado em função do tempo por uma estatística realizada sobre o número de poços por unidade de área, é obtida uma curva (figura 27) de caráter exponencial na região que nos interessa, o que nos permite prever facilmente que o último As picadas de esmeril custam "caro". Um espelho muito pequeno, racionalmente trabalhado, requer apenas 4 horas de polimento para satisfazer totalmente os atuais meios de controle, mas nem mesmo um tempo duplo geralmente é suficiente para um espelho de 20 cm.

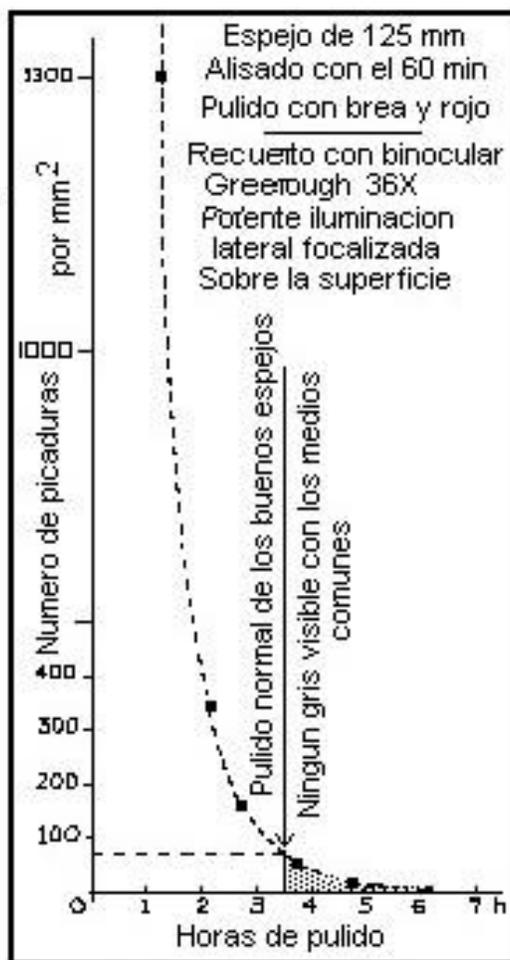


Fig 27. Progreso del pulido en función del tiempo

Acomodando cuidadosamente a vista, após esse período, a presença de um véu “cinza” composto por uma infinidade de pequenas cavidades será verificada na superfície do espelho e próximo à imagem refletida em um fundo preto do filamento de uma lâmpada elétrica. Esmeril (aqueles que não são míopes usarão uma boa lupa). Dependendo se o “cinza” é mais perceptível no centro do que na borda, será sabido se é necessário continuar o trabalho com o espelho acima ou abaixo. É normal, para uma superfície astronômica de 20 cm, levar cerca de 15 horas para obter um polimento aparentemente total com base nesse controle; isso representa pelo menos 3 dias completos de trabalho[1] devido à perda de tempo na prensagem, etc. Se você não tiver dias inteiros ou meio dia, evite se preparar para polir por pelo menos uma hora continuamente.

Quando a suavização do espelho não foi totalmente alcançada, por um motivo ou outro, um trabalho de 30 horas e ainda mais não é suficiente para eliminar completamente o "cinza" algo particular que ainda existe, formado por cavidades muito grandes, mas muito difundidas, que podem ser considerado como não polissível. O iniciante a quem esse infortúnio certamente ocorrerá não deve ser devastado por ele; um pouco "cinza", com listras e até listras verdadeiras, se não forem muito grossas ou muito numerosas, praticamente não prejudicam a figura de difração; Certamente é necessário considerar a quantidade de luz que essas falhas difratam, desprezível em comparação com a energia total, exceto em casos muito particulares (observações da coroa solar, do esconderijo de estrelas muito fracas por uma estrela brilhante, do companheiro de Sirius, etc). Lembramos aos descuidados que as quatro folhas que suportam o espelho secundário desempenham exatamente o mesmo papel que 4 faixas enormes no espelho; No entanto, todos os aceitam sem inconvenientes; Por outro lado, quem fala de "cinza" seria melhor começar espanando cuidadosamente seus alvos.

Fim do polimento

Devemos distinguir dois casos: primeiro, o do hobby mais modesto que deseja simplificar seu trabalho o máximo possível e se contentar com um espelho de 150 mm, com um foco longo o suficiente para tornar a parabolização desnecessária. Se os princípios mencionados acima foram bem compreendidos e aplicados de maneira eficaz, o hobbista pode evitar estritamente qualquer controle e ter alguma chance de obter um espelho esférico utilizável na primeira tentativa.

O caso do hobby que deseja obter um espelho irrepreensível é muito mais interessante. Você não pode obter automaticamente com certeza um parabolóide de 20 cm em $f / D = 6$; controles ópticos e retoques são indispensáveis. Não é aconselhável que um novato examine seu espelho no aparelho de Foucault, antes de terminar o polimento completamente. De fato, se você verificar que a forma obtida é boa, não ousará continuar o trabalho e ficará satisfeito com um espelho muito "cinza" ou se observar um defeito, tentará um retoque prematuro e geralmente lamentável, seguido por outros mais desastrosos. A partir deste momento, o operador está perdido; seu espelho nunca será bem polido ou realmente satisfatório, enquanto um trabalho regular, Tempo suficiente para criar uma ferramenta sem falhas, ela nivelaria tudo automaticamente com uma maneira fácil de parabolizar com grande segurança. Pessoalmente, mantemos uma memória vívida do nosso primeiro espelho, 250 mm af / $D = 7$, porque não atingimos o quarto de onda acima de 220 mm, mas ao preço de 80 retoques em 20 dias de trabalho. Na correspondência do secretariado da Comissão, há muitos exemplos

de colegas conversando cerca de 200 horas para formar um de 16 cm. Desejamos evitar esse teste de perseverança para nossos colegas; a propósito, se os princípios dados aqui forem usados corretamente, um espelho polido estará quase acabado. A importância de obter um formulário muito regular e na primeira tentativa nunca será apreciada o suficiente. Teria nivelado tudo automaticamente com uma maneira fácil de parabolizar com grande segurança. Pessoalmente, mantemos uma memória vívida do nosso primeiro espelho, 250 mm af / $D = 7$, porque não atingimos o quarto de onda acima de 220 mm, mas ao preço de 80 retoques em 20 dias de trabalho. Na correspondência do secretariado da Comissão, há muitos exemplos de colegas conversando cerca de 200 horas para formar um de 16 cm. Desejamos evitar esse teste de perseverança para nossos colegas; a propósito, se os princípios dados aqui forem usados corretamente, um espelho polido estará quase acabado. A importância de obter um formulário muito regular e na primeira tentativa nunca será apreciada o suficiente. Teria nivelado tudo automaticamente com uma maneira fácil de parabolizar com grande segurança. Pessoalmente, mantemos uma memória vívida do nosso primeiro espelho, 250 mm af / $D = 7$, porque não atingimos o quarto de onda acima de 220 mm, mas ao preço de 80 retoques em 20 dias de trabalho. Na correspondência do secretariado da Comissão, há muitos exemplos de colegas conversando cerca de 200 horas para formar um de 16 cm. Desejamos evitar esse teste de perseverança para nossos colegas; a propósito, se os princípios dados aqui forem usados corretamente, um espelho polido estará quase acabado. A importância de obter um formulário muito regular e na primeira tentativa nunca será apreciada o suficiente. a 250 mm af / $D = 7$ porque não atingimos o quarto de onda acima de 220 mm, mas ao preço de 80 retoques em 20 dias de trabalho. Na correspondência do secretariado da Comissão, há muitos exemplos de colegas conversando cerca de 200 horas para formar um de 16 cm. Desejamos evitar esse teste de perseverança para nossos colegas; a propósito, se os princípios dados aqui forem usados corretamente, um espelho polido estará quase acabado. A importância de obter um formulário muito regular e na primeira tentativa nunca será apreciada o suficiente. a 250 mm af / $D = 7$ porque não atingimos o quarto de onda acima de 220 mm, mas ao preço de 80 retoques em 20 dias de trabalho. Na correspondência do secretariado da Comissão, há muitos exemplos de colegas conversando cerca de 200 horas para formar um de 16 cm. Desejamos evitar esse teste de perseverança para nossos colegas; a propósito, se os princípios dados aqui forem usados corretamente, um espelho polido estará quase acabado. A importância de obter um formulário muito regular e na primeira tentativa nunca será apreciada o suficiente. Desejamos evitar esse teste de perseverança para nossos colegas; a propósito, se os princípios dados aqui forem usados corretamente, um espelho polido estará quase acabado. A importância de obter um formulário muito regular e na primeira tentativa nunca será apreciada o suficiente. Desejamos evitar esse teste de perseverança para nossos colegas; a propósito, se os princípios dados aqui forem usados corretamente, um espelho polido estará quase acabado. A importância de obter um formulário muito regular e na primeira tentativa nunca será apreciada o suficiente. Desejamos evitar esse teste de perseverança para nossos colegas; a propósito, se os princípios dados aqui forem usados corretamente, um espelho polido estará quase acabado. A importância de obter um formulário muito regular e na primeira tentativa nunca será apreciada o suficiente. Desejamos evitar esse teste de perseverança para nossos colegas; a propósito, se os princípios dados aqui forem usados corretamente, um espelho polido estará quase acabado. A importância de obter um formulário muito regular e na primeira tentativa nunca será apreciada o suficiente.

Visão geral dos meios de controle

Um defeito material no vidro e as anomalias correspondentes na onda e na imagem são aspectos diferentes da mesma realidade física e a medição de uma delas permite calcular o restante; mas essas dimensões estão longe de ser da mesma ordem. Enquanto os defeitos de material do vidro ou da onda são comumente expressos em centésimos de micron ou em mili

mícrons, os desvios resultantes na imagem são medidos em mícrons inteiros na direção transversal e em milímetros na direção longitudinal (figura 28) .

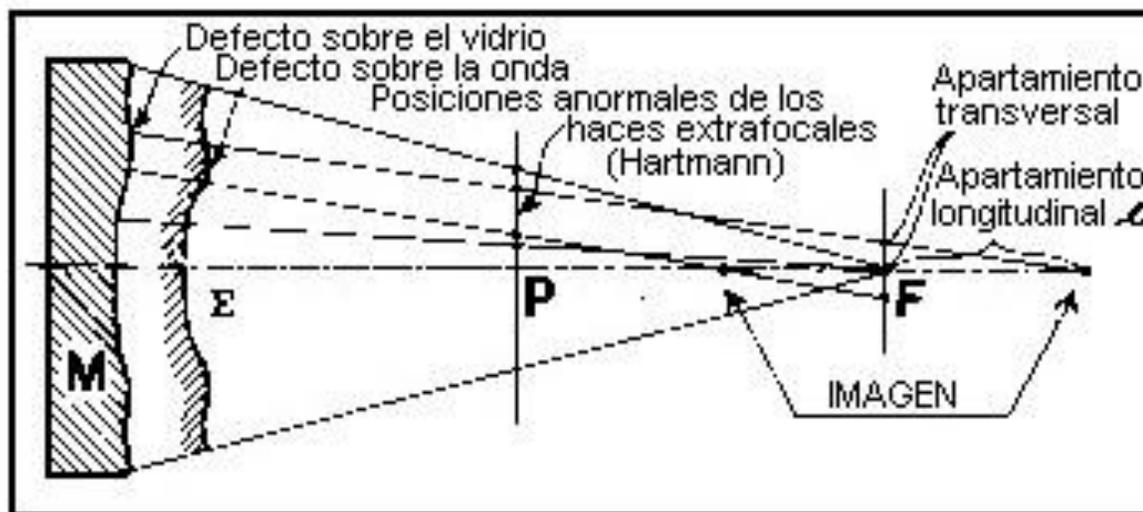


Fig 28. Principales métodos que se utilizan para medir un defecto

É natural que seja muito mais fácil determinar o defeito com boa precisão relativa, se tentar medir seu aspecto mais acessível. Essa observação nos permitirá escolher facilmente o método mais seguro, principalmente para os hobbistas desprovidos de peças de referência.

Revisão rápida dos principais métodos de controle

Métodos baseados em medições diretas no vidro serão descartados imediatamente; Obviamente, não é possível pensar em um comparador de contato mecânico ou óptico, por mais perfeito que seja. Pinças de interferência, amplamente usadas na indústria e às quais retornaremos em conexão com o pequeno espelho plano, não são formalmente usadas para o controle de um copo astronômico de 20 cm ou mais de diâmetro. Este método, por outro lado, constitui um círculo vicioso.

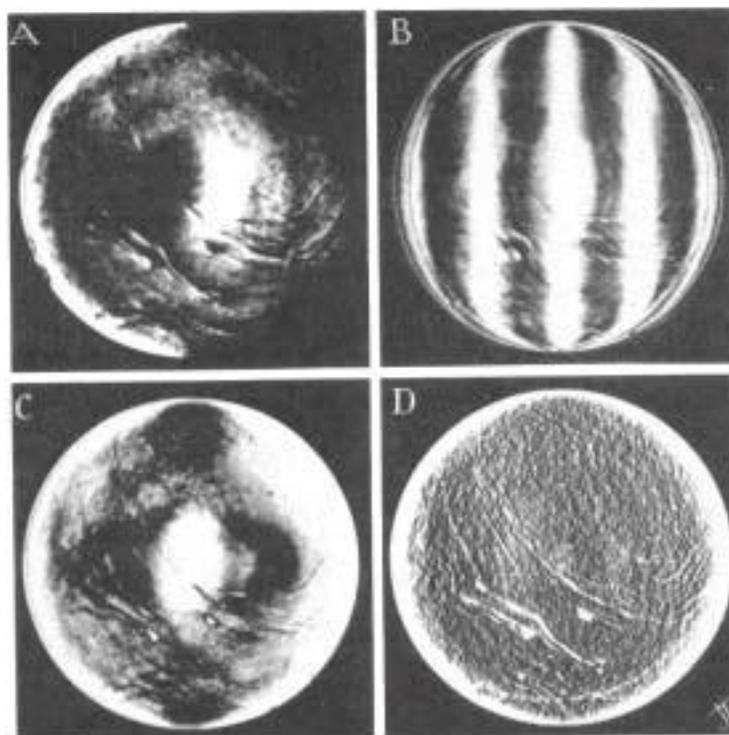
Os métodos ópticos voltados para a medição de defeitos na onda já são mais graves. Um interferômetro Michelson Twyman de tamanho suficiente pode ser útil, mas obviamente não se trata de tentar usá-lo aqui, pois custaria milhares de vezes mais caro que o nosso espelho. O método de Michelson, por outro lado, não requer peças de referência caras. A esfericidade da onda é verificada diretamente por meio de um diafragma com duas aberturas, uma das quais fixa, inicialmente no centro, enquanto a outra explora a superfície do espelho. Essas duas aberturas relativamente pequenas fornecem um grande ponto de difração marcado por franjas de interferência (orifícios jovens). Se o caminho óptico não mudar quando o furo em movimento varre o espelho, a faixa central deste sistema permanece fixa; caso contrário,

seus deslocamentos darão imediatamente as diferenças de fase. Porém, considerando os defeitos que nos interessam, as quantidades a serem medidas são muito pequenas, da ordem de um micron, no máximo e, portanto, não se pode esperar uma aproximação suficiente nas medições, devido à baixa estabilidade dos suportes e à precisão insuficiente de medições feitas sob um microscópio.

León e François Lenouvel indicaram um método que tem as vantagens de medições diretas de interferência sem suas principais desvantagens. As interferências são produzidas por meio de um duplicador Michelson ou um birrefringente Wollaston associado a nicoles; o duplicador localizado nas imediações da imagem é pequeno, mas ainda é um item caro e raro para um hobby.

Os métodos de controle sobre as imagens são, portanto, os mais importantes na prática. A observação direta das figuras de difração focal e extrafocal é conhecida sem dúvida desde que os instrumentos começaram a ser utilizados. Foi desenvolvido e descrito em um folheto publicado pela Cooke House e é muito útil para o observador, mas é de interesse limitado para o oculista, pois não estabelece claramente o local e a magnitude dos defeitos.

O método Hartmann permite determinar as posições longitudinais de interseção das escovas de luz isoladas por um diafragma colocado na frente do espelho e dispostas simetricamente em relação ao eixo, por meio de duas fotografias extrafocais que podem ser medidas com grande precisão. O método fornece indicações muito seguras e incontestáveis, mas é um recurso aplicável apenas ao controle final de peças grandes. Os amadores avançados que tentam controlar um espelho de 50 cm se beneficiarão do estudo do magnífico exemplo de aplicação desse método, usado no controle do espelho de 81 cm do Observatório da Alta Provença e publicado em Lunettes et Tèlescopes. Leon Foucault deve os métodos de controle mais úteis para o oculista, dos quais derivam quase todos os outros métodos nas imagens. O método da lâmina da lâmina ou da sombra é o mais maravilhoso de todos por sua sensibilidade e simplicidade. Trataremos disso em detalhes posteriormente. Por enquanto, digamos apenas que um diafragma opaco simples, com bordas de rede, interceptando o feixe na vizinhança imediata da imagem, mostra, para um olho colocado atrás, as partidas transversais de raios aberrantes por meio de sombras no espelho, e sugere ao observe uma incrível vista de alívio dos defeitos, assim como você poderia vê-los com pouca luz se a altura desses defeitos fosse um milhão de vezes maior (Figura 29A). A densidade da sombra está em relação à inclinação formada pela superfície da onda real com o esférico ideal que seu centro teria no plano do corte da faca. Se você deseja medir a altura dos defeitos, é necessário anotar todas as inclinações por pequenas frações, ou seja, proceder a uma integração; mas essa operação, com um pequeno espelho, só é útil quando estiver completamente concluída, a fim de garantir que os defeitos residuais estejam bem abaixo do limite prejudicial. Na verdade, durante o trabalho e com um pouco de prática, basta um simples olhar para as sombras para que o oculista obtenha precisamente as indicações necessárias para realizar um bom retoque; considerando que a simples enumeração da quantidade de mili-mícrons a reduzir nesse local teria um valor prático quase nulo. De fato, esse último método não permitiria escolher a ferramenta adequada ou determinar a duração do trabalho ou das carreiras a serem empregadas. É importante insistir nesse ponto,



O método de rede extrafocal, também devido a León Foucault, foi adotado e desenvolvido posteriormente por V. Ronchi e L. Lenouvel. Trata-se de interpor no feixe e próximo à imagem, uma rede de linhas opacas iguais aos intervalos. Se o feixe é homocêntrico, as sombras criadas por essa face múltipla são retilíneas; caso contrário, as regiões aberrantes são visíveis pelas anomalias correspondentes (Figura 29B). Infelizmente, a partir de um pequeno número de traços por milímetro na rede, ocorrem fenômenos intrincados de interferência parasitária, cuja interpretação clara e segura não é fácil. Não é de admirar, porque, apesar dos volumes publicados sobre essa teoria, o método não excitou os praticantes; porém,

F. Zernike imaginou uma derivação surpreendente e magnífica do método de Foucault, refazendo a teoria do método das sombras e levando em consideração a natureza das ondas dos raios de luz. Desta vez, em vez de uma face opaca, uma folha de fase relativamente pequena da espessura desejada é sobreposta na imagem de difração para produzir uma mudança de fase de 90° apenas na imagem central. Se o espelho tiver defeitos capazes de enviar luz para fora desta imagem e formar espectros laterais, ocorrerá uma interferência parcial entre esses espectros e a imagem central fora de fase, que indica as variações de fase da onda por meio de variações de intensidade e nuances muito vívidas (figura 29C). Esta figura pode apenas dar uma idéia muito incompleta do método; Obtivemos fotografias coloridas diretas das quais lamentamos não poder reproduzir aqui. O método é suscetível a aplicações extremamente importantes em microscopia. Para o controle da óptica astronômica, seu interesse é mais limitado. Sua interpretação correta e segura exigiria um conhecimento muito profundo da maneira como é produzida a diferença de engrenagem $\lambda / 2$ dos raios que passam através de um foco.

Por fim, embora isso seja apenas indiretamente interessante para o construtor de espelho amador, a aplicação do contraste de fase desenvolvido por B. Lyot para o estudo de

defeitos pequenos e muito pronunciados (alguns Angstroms e muito pouco estendidos: alguns décimos de milímetro). Obviamente, esses defeitos não são capazes de causar uma aberração geométrica, mas pelo menos são prejudiciais em certos casos. De fato, apesar de sua inclinação fraca (1×10^{-6}) perfeitamente comparável à de um grande defeito óptico comum, suas dimensões laterais são pequenas o suficiente para que uma quantidade não desprezível de luz possa ser difundida em todo o campo fora do local. difração e criar uma luz dispersa mais severa do que aquela produzida por defeitos de abrasão, visível diretamente sem artifícios (faixas de polimento).

O método impõe o deslocamento e a absorção simultânea da imagem central, mas desta vez a fonte é muito maior. Não se trata de estudar defeitos de longo prazo; o método é seletivo e mostra apenas defeitos que podem enviar luz o suficiente para cair da folha de fase (Figura 29D).

Todos os métodos que impõem a introdução na viga e próximo à imagem, de um obstáculo, completamente opaco ou não, são possíveis com montagens muito semelhantes. Dessa forma, a rede fotográfica de 5 pinceladas por milímetro que permitiu a fotografia 29B também permitiria a aplicação dos quatro métodos, embora em condições abaixo do ideal: Foucault, normal, com apenas um traço em foco; Ronchi (foto 29B); Zernike, aproveitando o atraso produzido em uma única linha devido à variação na espessura e talvez no índice de gelatina da placa exposta; por fim, Lyot, ampliando a fonte. A diferença de marcha causada pelos golpes também é reconhecida na fotografia 29B em sombras parcialmente opacas.

Explicação geométrica do método de Foucault

Vamos colocar o espelho em um suporte de forma que seu eixo seja horizontal e coloque próximo ao centro de sua curvatura, uma “estrela artificial” (“S” na figura 30), ou seja, uma fonte de luz cuja dimensão transversal seja muito pequena. O espelho polido, mas ainda não metalizado, reflete luz suficiente para fornecer uma imagem I-S suficiente para executar o controle. Se a fonte corresponder exatamente ao centro de curvatura, a imagem de retorno será confundida e inacessível. Então, vamos separá-lo um pouco para o lado; Em virtude das leis fundamentais da reflexão, a imagem é afastada simetricamente em relação ao eixo. Vamos colocar os olhos imediatamente atrás da imagem I; se o feixe não estiver muito aberto, como no caso dos espelhos que nos interessam, A superfície do espelho é visível total e uniformemente. Agora vamos penetrar no feixe refletido e exatamente diante do olho uma tela opaca retilínea, com bordas de rede, chamada faca. Estabeleceremos como convenção geral que a fonte foi afastada para a esquerda e que a faca está se aproximando da direita, de frente para o espelho. Suponha, antes de tudo, que estamos examinando um espelho perfeitamente esférico; Como a fonte está na vizinhança imediata do centro de curvatura, todos os raios se cruzam no mesmo ponto I. Quando a faca penetra além da interseção (Figura 30A), uma sombra é vista avançando na superfície do espelho. o mesmo sentido que ele; pelo contrário, quando a faca está atrás (figura 30B), a sombra se move na direção oposta, escurecendo primeiro a borda esquerda. Mas se a faca cortar exatamente na interseção I (Figura 30C), porque todos os pontos na superfície do espelho contribuem igualmente para a formação da imagem, o espelho será visto como escurecendo progressiva e uniformemente, uma vez que, na realidade, a fonte tem uma largura finita e a óptica geométrica é apenas uma aproximação. Assim, existe um meio muito sensível de colocar a faca longitudinalmente e exatamente no plano da imagem; basta comparar, no decurso de um corte, o brilho dos lados esquerdo e direito do espelho. Se a borda direita estiver um pouco mais escura, a faca deve ser afastada um pouco; em vez disso, será aproximado se a borda esquerda for a mais preta.

Mas frequentemente, o espelho não é completamente esférico. Antes de tudo, note-se que, considerando a maneira como o espelho foi trabalhado, os defeitos gerados são sempre quase exatamente de revolução (exceto para pequenos acidentes ondulados causados pela estrutura da ferramenta ou outras anomalias muito raras), ou seja, Eles aparecem como áreas concêntricas afundadas ou elevadas na borda do vidro. Na Figura 30D, assumimos que a faca está no plano da imagem formada por uma grande coroa esférica de um espelho defeituoso. Essa coroa aparece com um "tom uniforme", mas em relação a ela, existem regiões nas bordas e no centro do espelho cujos raios de curvatura são ligeiramente mais longos e os raios refletidos por essas áreas não convergem exatamente para o mesmo ponto e, portanto, não podem ser interceptados pela faca ao mesmo tempo que a lâmina. descansar; Os que vêm das "encostas" viradas para a faca são obviamente presos primeiro e, conseqüentemente, as regiões em questão parecem escurecer mais rapidamente; por outro lado, as inclinações inclinadas na direção oposta permanecem iluminadas até o último momento. O aspecto observado com uma penetração média da faca é o da figura 30D, cujas sombras sugerem o alívio dos defeitos em relação à esfera de referência que aparece com um tom uniforme. Resta apenas estabelecer uma convenção de iluminação para saber se é uma protuberância ou depressão; Ao examinar um espelho, devemos assimilar o aspecto observado a um relevo que difunde a luz, iluminado por uma fonte posicionada obliquamente no lado oposto à faca (é precisamente o oposto no caso de uma lente). De acordo com nossa convenção, as inclinações

viradas para a esquerda são as iluminadas; aqueles que se inclinam para a direita estão na sombra. Na figura 30D, devemos ver uma protuberância central e a borda abaixada; na figura 29A há um orifício central, uma pequena zona intermediária saliente (parcialmente oculta por outro defeito mais sério) e uma aresta abaixada. iluminado por uma fonte colocada muito obliquamente no lado oposto à faca (é precisamente o contrário no caso de uma lente). De acordo com nossa convenção, as inclinações viradas para a esquerda são as iluminadas; aqueles que se inclinam para a direita estão na sombra. Na figura 30D, devemos ver uma protuberância central e a borda abaixada; na figura 29A há um orifício central, uma pequena zona intermediária saliente (parcialmente oculta por outro defeito mais sério) e uma aresta abaixada. iluminado por uma fonte colocada muito obliquamente no lado oposto à faca (é precisamente o contrário no caso de uma lente). De acordo com nossa convenção, as inclinações viradas para a esquerda são as iluminadas; aqueles que se inclinam para a direita estão na sombra. Na figura 30D, devemos ver uma protuberância central e a borda abaixada; na figura 29A há um orifício central, uma pequena zona intermediária saliente (parcialmente oculta por outro defeito mais sério) e uma aresta abaixada.

É natural que a aparência das sombras mude completamente de acordo com a posição longitudinal do corte. Por exemplo, com o mesmo espelho que dá as sombras da figura 30D, se a faca é removida um pouco do espelho, colocando-a no plano da imagem dada pelos raios centrais, é o centro do espelho que é visto com uma nuance uniforme e coroa como as encostas internas de uma cratera ou funil. Quando um espelho é retocado, faz pouca diferença se uma superfície com um raio de curvatura um pouco maior ou menor. Obviamente, escolheremos o aspecto do defeito que, em tamanho e posição, é mais fácil retocar, mas o alívio mais fraco não necessariamente resultará nessa posição da faca. Teremos a oportunidade de apresentar exemplos.

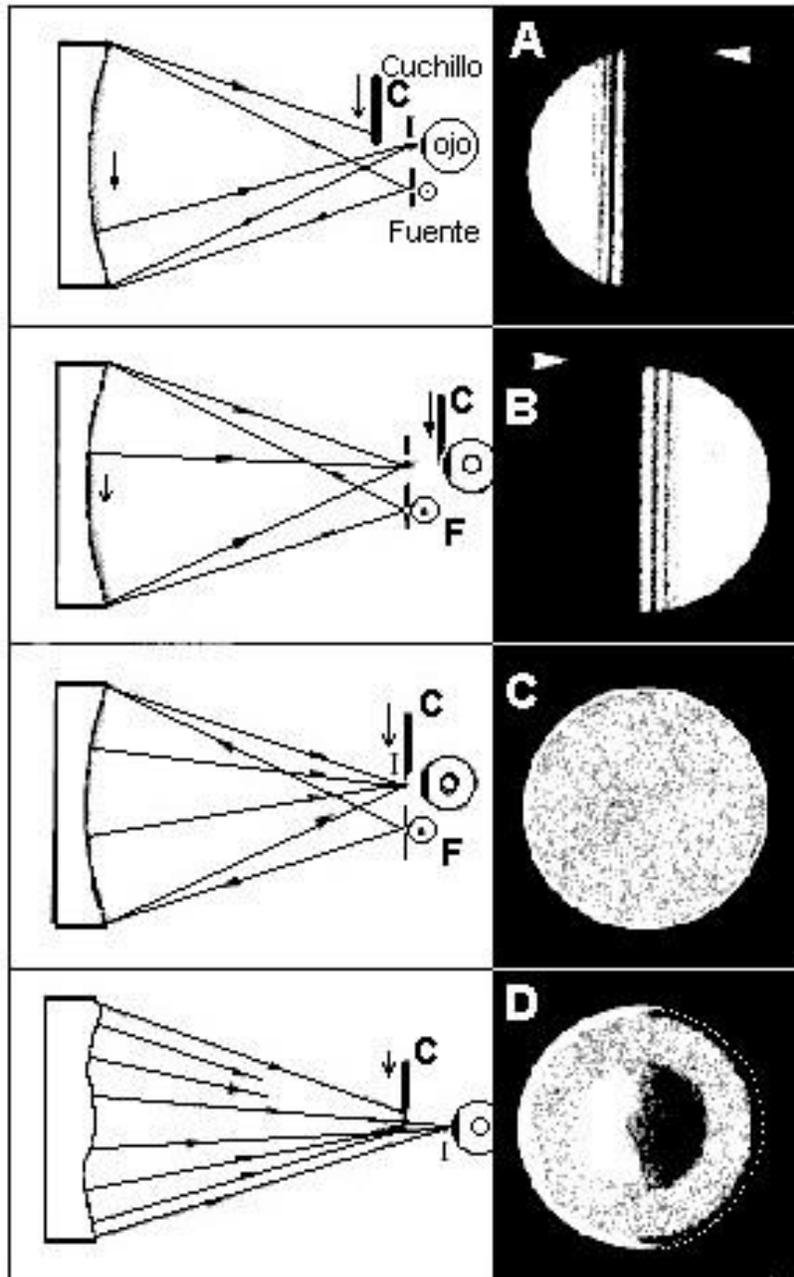


Fig 30. Explicación geométrica del método de Foucault

Detalhes de construção de um aparelho de Foucault

Embora seja verdade que uma montagem rudimentar, improvisada com os elementos disponíveis, seja capaz de realizar serviços importantes, é muito mais confortável para o controle cuidadoso dos parabolóides, ter um aparelho com uma faca provida de movimentos lentos na direção transversal e longitudinal.

A Figura 31 representa um modelo derivado do que construímos em 1946 para a oficina da Comissão de Instrumentos. Chamamos atenção especial para os seguintes pontos:

Graus de liberdade da faca

Para alcançar sem problemas e sem folga os dois movimentos da faca, devemos recorrer a uma concepção cinemática: sendo 6 o número de pontos de contato que definem a posição de um corpo em relação a outro (Maxwell), devemos ter em nosso caso 4 pontos não ajustáveis. Estes são (figura 31), os contatos das duas placas em V do carrinho, mantidos por seu próprio peso contra a haste de aço cilíndrica na base. O peso do carrinho também é aplicado, em um quinto contato, representado pela ponta do parafuso em um copo plano disposto na base, paralelo à barra de aço. Ao acionar esse parafuso, todo o carrinho é ligeiramente inclinado e a faca é penetrada suavemente na imagem, sem folga e sem teste prévio, mesmo com um parafuso de qualquer tipo de rosca. De fato,

Uma mola puxa o carrinho longitudinalmente sobre o sexto e último ponto de contato, que é a extremidade arredondada de um parafuso "micrométrico" (um pedaço simples de haste com rosca comum 6/100) cujo tambor dividido em 100 (recuperação de um goniômetro de artilharia) ou em 20 e até 10 (faixa de papel presa), permite medir os movimentos do carrinho com uma aproximação de quase 1/100 de milímetro.

Distância transversal da faca à fonte

Deve ser pequeno para evitar o astigmatismo da montagem o máximo possível (e diminuir a paralaxe se o aparelho for usado posteriormente para controles de autocolimação. O tamanho das lâmpadas comuns não permite diminuir essa distância para menos de 30 mm sem usar um pequeno prisma de reflexão total, mas essa solução não é realmente necessária se não for um espelho com um raio muito curto ($R < 1 \text{ m}$) ou um raio muito aberto ($f / D < 4$).

Fonte de luz, estrela artificial

A sensibilidade ideal do método de Foucault é obtida com fontes suficientemente intensas, cuja largura é da ordem do diâmetro do ponto de difração, ou seja, 8 a 10 μm para os espelhos que nos interessam (no centro da curvatura), embora seja notável que uma fonte 10 vezes maior ainda é suficiente para os controles atuais. Muitas vezes, basta um orifício redondo simples, feito de uma folha fina de estanho ou alumínio com uma agulha fina (a penetração é limitada à ponta, colocando a lâmina a ser perfurada contra uma superfície plana de dureza suficiente), obtendo facilmente orifícios de aproximadamente cem microns de diâmetro (1/10 mm) Não é fácil fazer um furo bem arredondado de menos de 50 μm e pode acontecer que a luz seja insuficiente com essa fonte; Além disso, na visão pinhole, os defeitos do meio refrativo do olho são prejudiciais pelas sombras em movimento que produzem. A. Couder[dois]destacou a importância do uso de uma fenda cuja largura pode ser reduzida ao valor ideal e sua altura útil para aproximadamente 4 mm, permitindo obter luz suficiente e eliminar as desvantagens da visão pinhole. Apresentamos aqui (figura 31) um modelo de fenda de largura fixa que pode ser ajustado se desejado para 5 ou Separação de 10 μm com um erro de paralelismo menor que um micron pela simples apreciação da luz do dia através de um difusor branco bem iluminado. Essa fenda é muito

estreita para ensaios atuais e fenômenos de difração, aos quais retornaremos, que ameaçariam enganar os estreates; na ausência de uma medição direta com o microscópio, o ajuste será feito na frente de um difusor branco pouco iluminado, para obter uma folga de aproximadamente 30 a 50 μm de largura.

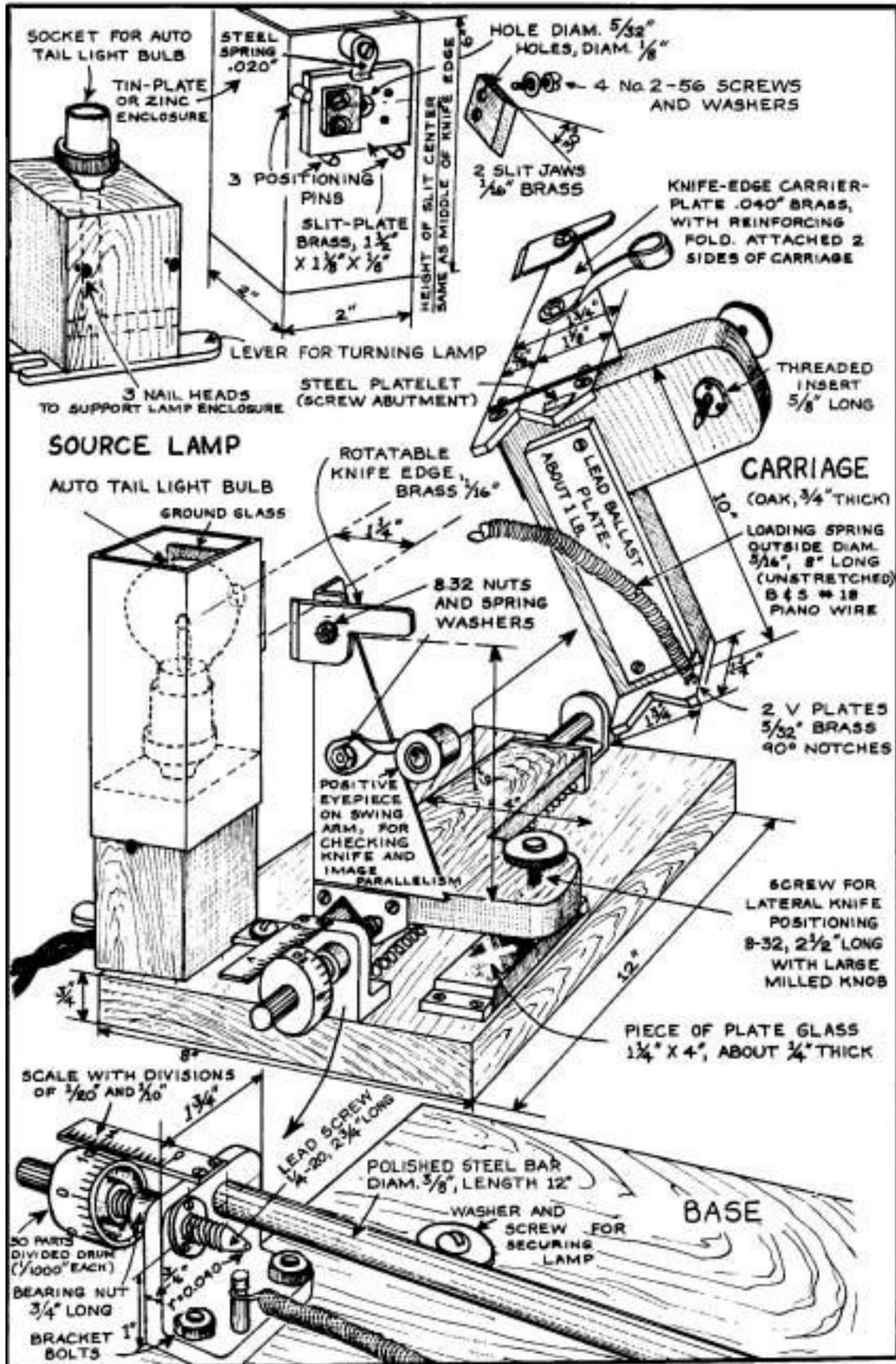


Fig. 31. Details of the Foucault test apparatus.

Tudo isso sob a suposição de que as bordas da fenda são retilíneas, com grande aproximação. Muitas vezes temos conceitos errados sobre a possibilidade de obter peças mecânicas retilíneas com uma aproximação de quase uma fração de micrômetro e, portanto, não achamos inútil descrever a operação aparentemente infantil que deve ser realizada para obter as bordas da fenda e a borda da fenda. faca. O erro mais frequente é tentar obter um diédrico muito agudo, uma verdadeira aresta afiada; pelo contrário, é uma faceta pequena que pode ter 1/10 de mm de largura e pode ser facilmente obtida em linha reta. Apesar de sua dureza mais baixa, o latão é preferível ao aço comum devido à oxidação. Você começa fazendo, aproximadamente em um quadrado, a parte que dará a borda; então, um chanfro de 30 ou 45° é feito simplesmente com uma lima, com a peça pressionada e com o máximo cuidado possível para obter simultaneamente uma borda afiada ao longo de todo o seu comprimento. É claro que com um metal macio e a inevitável falta de jeito, essa borda é irregular; para nivelá-lo exatamente, a peça repousa perpendicularmente contra um vidro plano [3] (figura 32), seca e adequada, com a pressão de algumas centenas de gramas, fazendo cerca de 10 movimentos alternados, transversalmente ao comprimento da peça. Em alguns segundos, você obtém um pequeno painel brilhante que não deve ter interrupções, o que significa que a rugosidade não é eliminada (nesse caso, basta fazer mais alguns movimentos).



Uma chama estável de alguns milímetros de comprimento, em ângulo suficiente, é suficiente para a iluminação uniforme de uma tal fenda, melhor se for colocada perto dessa abertura; os oculistas antigos usavam normalmente uma pequena lâmpada de querosene, o acetileno produzindo excelentes resultados devido à temperatura da chama acima de 2.200° C. Mas é infinitamente mais prático usar uma pequena lâmpada com um difusor; o vidro opalino é perfeito, mas reduz bastante o brilho; na prática, basta moer o lado da lâmpada voltada para a fenda com um pouco de carborundo 280 e um pequeno pedaço de chumbo moldado aproximadamente de maneira côncava com o raio da lâmpada. Lâmpadas de baixa tensão usadas em faróis de automóveis ou cinemas, Eles são vantajosos devido ao seu tamanho pequeno e ao melhor uso do filamento. É preferível não tentar projetar a imagem do filamento na fenda por meio de um sistema óptico; a experiência mostra que, dessa maneira, é difícil obter uma iluminação muito uniforme e suficiente para todo o cone. No entanto, esse método funciona bem com uma fonte direta, como um arco de vapor de mercúrio de alta

pressão, cujo alto brilho é valioso para verificações rigorosas de acidentes muito pequenos, mas ainda não interessa ao hobby de primeiro grau. Finalmente, devemos observar que deve haver a possibilidade de girar a caixa que contém a fonte em si mesma, para tornar a iluminação no feixe útil o mais uniforme possível. É preferível não tentar projetar a imagem do filamento na fenda por meio de um sistema óptico; a experiência mostra que, dessa maneira, é difícil obter uma iluminação muito uniforme e suficiente para todo o cone. No entanto, esse método funciona bem com uma fonte direta, como um arco de vapor de mercúrio de alta pressão, cujo alto brilho é valioso para verificações rigorosas de acidentes muito pequenos, mas ainda não interessa ao hobby de primeiro grau. Finalmente, devemos observar que deve haver a possibilidade de girar a caixa que contém a fonte em si mesma, para tornar a iluminação no feixe útil o mais uniforme possível. É preferível não tentar projetar a imagem do filamento na fenda por meio de um sistema óptico; a experiência mostra que, dessa maneira, é difícil obter uma iluminação muito uniforme e suficiente para todo o cone. No entanto, esse método funciona bem com uma fonte direta, como um arco de vapor de mercúrio de alta pressão, cujo alto brilho é valioso para verificações rigorosas de acidentes muito pequenos, mas ainda não interessa ao hobby de primeiro grau. Finalmente, devemos observar que deve haver a possibilidade de girar a caixa que contém a fonte em si mesma, para tornar a iluminação no feixe útil o mais uniforme possível. Esse método funciona bem com uma fonte direta, como um arco de vapor de mercúrio de alta pressão, cujo alto brilho é valioso para verificações rigorosas de acidentes muito pequenos, mas ainda não interessa ao hobby de primeiro grau. Finalmente, devemos observar que deve haver a possibilidade de girar a caixa que contém a fonte em si mesma, para tornar a iluminação no feixe útil o mais uniforme possível. Esse método funciona bem com uma fonte direta, como um arco de vapor de mercúrio de alta pressão, cujo alto brilho é valioso para verificações rigorosas de acidentes muito pequenos, mas ainda não interessa ao hobby de primeiro grau. Finalmente, devemos observar que deve haver a possibilidade de girar a caixa que contém a fonte em si mesma, para tornar a iluminação no feixe útil o mais uniforme possível.

Rigidez dos suportes

Felizmente, é muito menos importante do que com os métodos Michelson ou Zernike, embora naturalmente as observações sejam mais fáceis e mais rigorosas com uma equipe estável. As montagens de espelho construídas por hobbyistas costumam estar com defeito e podem causar deformação mecânica das peças sob controle; Também aqui devemos recorrer a um conceito cinemático e retirar das assembléias de A. Couder algumas das seguintes disposições, que são tão eficazes quanto não são caras. O espelho repousa em dois pontos em sua borda separados por 60 e 90° nos cantos do suporte da figura 33, cujas bordas foram levemente abaixadas, de modo que o espelho repouse no suporte vertical, cujo plano é definido pelas cabeças de três unhas inseridas até a metade. O suporte também deve repousar em 3 pontos em uma estrutura sólida que repousa diretamente no chão, se estiver trabalhando em um porão ou recuado em ângulo com a parede, se o local for um piso da cidade. O aparelho Foucault é colocado em um tripé amplo e firme, de preferência com altura variável, o que permite que todos os ajustes sejam feitos rapidamente, sem tirar os olhos da imagem ou tocar no suporte ou no espelho.

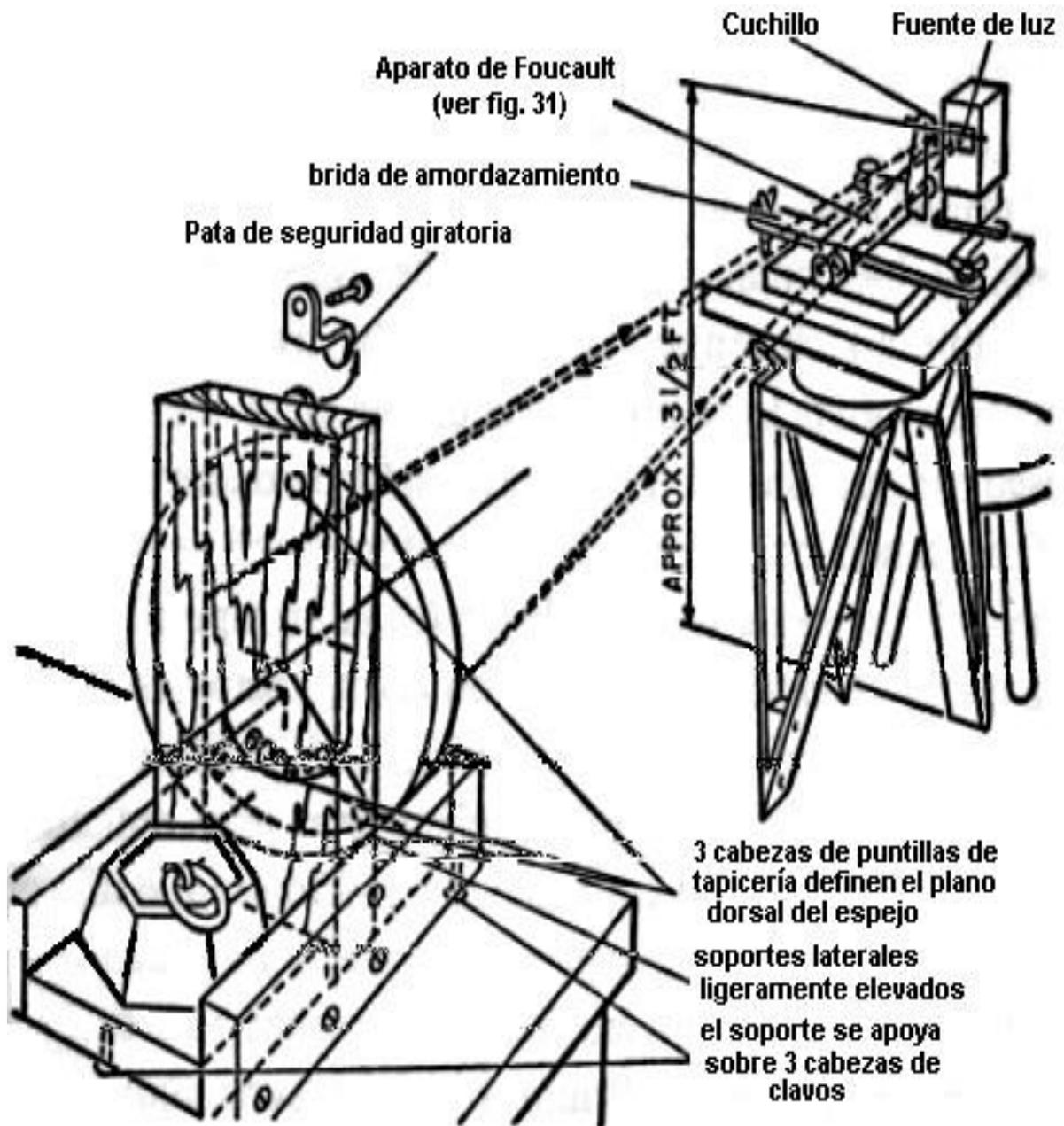


Fig 33. Disposición general para el control de un espejo

Prática de teste de Foucault

Ele deve ser trabalhado em ambiente interno e com isolamento térmico suficiente para evitar o máximo possível de heterogeneidade óptica do ar. Porões são geralmente os melhores lugares, exceto no inverno, quando o calor emitido pelo observador e pela fonte de luz produz correntes quentes que esfriam em contato com as paredes. Esse local também é um pouco inconveniente devido à diferença de temperatura que geralmente existe em relação ao local de polimento, e o espelho precisa de várias horas para encontrar seu equilíbrio térmico antes de cada teste. Se você trabalha em uma casa, escolhe um quarto cujas paredes não estão

diretamente expostas ao sol. Uma escuridão relativa é conveniente, mas é confortável permitir a entrada de luz natural suficiente para se orientar e ver o espelho, o suporte etc. Nenhum exame útil é possível se o espelho não estiver em perfeito equilíbrio térmico com o ar ambiente. A operação simples que consiste em pegar o espelho frio para colocá-lo no suporte precisa de uma espera de meia hora; se o espelho acabou de ser trabalhado, após meia hora sua forma geral pode ser analisada graças a uma troca de calor da superfície, mas o raio de curvatura e sua forma exata ainda mudam por várias horas.

Para centralizar rapidamente o aparelho, ele é disposto aproximadamente em frente ao espelho a qualquer distância, mas um pouco maior que o raio de curvatura. Com a lâmpada acesa e a fenda removida, procura-se movendo a cabeça, a imagem de retorno do orifício da lanterna que, devido às suas dimensões (1 cm por exemplo), é fácil de encontrar; esta imagem é menor que o objeto. Todo o conjunto formado pelo aparato de Foucault e pelo tripé é movido o suficiente para se aproximar do espelho e trazer a imagem de retorno, que não será perdida de vista, à proximidade da faca. O diâmetro da imagem do furo aumenta; quando a mesma dimensão é alcançada como o objeto, ela fica próxima ao centro da curvatura; a fenda pode ser inserida e um primeiro corte pode ser tentado com a faca. A imagem da fenda deve estar exatamente paralela à borda da faca, e um ajuste fino pode ser feito usando uma ocular de Ramsden e uma faca rotativa (figura 31). Na falta de uma ocular que permita que a faca e a imagem sejam vistas simultaneamente nítidas, podemos nos contentar em separar o olho aproximadamente 30 cm atrás da faca e verificar se a imagem é extinta simultaneamente em toda a sua altura; as franjas de difração, sobre as quais falaremos no próximo parágrafo, fornecem um critério mais sensato. Uma vez que a interseção é encontrada, muitas vezes acontece que a faca não está no mesmo plano frontal que a fonte. A diferença pode chegar a vários centímetros sem inconvenientes para o controle, mas deve ser levada em consideração se você deseja medir o raio de curvatura do espelho. Nesse caso, usaremos uma régua longa e leve que repousa no centro do copo e traçaremos marcas com giz no nível da fonte e da faca; o raio de curvatura é a média das distâncias de ambas as marcas até o centro do espelho.

O iniciante praticará o máximo possível para encontrar as posições notáveis da faca que mostram as principais áreas do espelho defeituoso que ele examina com um escurecimento uniforme, para avaliar se há um defeito em profundidade ou elevação; ele nunca esquecerá de raciocinar mentalmente sobre a direção da iluminação ficcional.

Difração no ensaio de Foucault

O enorme interesse que os astrônomos ópticos concordam com o método de Foucault deve incitar a busca do limite de validade da explicação puramente geométrica, levando em consideração a natureza das ondas dos raios de luz. É muito curioso que os fenômenos de difração tenham apenas um papel muito menor aqui (o que geralmente não acontece com os testes "aprimorados" que foram propostos), a ponto de que nós os teríamos esquecido completamente nessas notas destinadas aos fãs. se não fosse necessário colocá-los em guarda contra prováveis erros de interpretação e apontar a possibilidade de seu uso. Rayleigh foi o primeiro a considerar o anel de difração brilhante visível ao redor do espelho, mesmo que a faca cubra completamente a imagem; Esse anel dificulta a interpretação correta dos defeitos nas extremidades das bordas. Banerji tentou tirar proveito desse fenômeno. Uma teoria completa da prova de Foucault foi desenvolvida recentemente por Gascoine e Linfoot, e a

conclusão prática desses trabalhos é que eles não fazem uma grande correção na interpretação geométrica, caso não haja grandes aberrações da ordem de uma franja, Por outro lado, eles são fáceis de estudar com fontes grandes o suficiente para que a difração não seja incômoda. Já vimos a utilidade que F. Zernike sabia extrair de sua teoria das ondas do teste de Foucault, e seu novo método é aplicado especialmente a pequenos defeitos elementares mais ou menos periódicos causados pela estrutura da ferramenta. Banerji tentou tirar proveito desse fenômeno. Uma teoria completa da prova de Foucault foi desenvolvida recentemente por Gascoine e Linfoot, e a conclusão prática desses trabalhos é que eles não fazem uma grande correção na interpretação geométrica, caso não haja grandes aberrações da ordem de uma franja, Por outro lado, eles são fáceis de estudar com fontes grandes o suficiente para que a difração não seja incômoda. Já vimos a utilidade que F. Zernike sabia extrair de sua teoria das ondas do teste de Foucault, e seu novo método é especialmente aplicado a pequenos defeitos elementares mais ou menos periódicos causados pela estrutura da ferramenta. Banerji tentou tirar proveito desse fenômeno. Uma teoria completa da prova de Foucault foi desenvolvida recentemente por Gascoine e Linfoot, e a conclusão prática desses trabalhos é que eles não fazem uma grande correção na interpretação geométrica, caso não haja grandes aberrações da ordem de uma franja, Por outro lado, eles são fáceis de estudar com fontes grandes o suficiente para que a difração não seja incômoda. Já vimos a utilidade que F. Zernike sabia extrair de sua teoria das ondas do teste de Foucault, e seu novo método é aplicado especialmente a pequenos defeitos elementares mais ou menos periódicos causados pela estrutura da ferramenta. e a conclusão prática desses trabalhos é que eles não fazem uma correção importante na interpretação geométrica, caso não haja grandes aberrações da ordem de uma franja, que por outro lado são fáceis de estudar com fontes grandes o suficiente para difração não seja chato. Já vimos a utilidade que F. Zernike sabia extrair de sua teoria das ondas do teste de Foucault, e seu novo método é aplicado especialmente a pequenos defeitos elementares mais ou menos periódicos causados pela estrutura da ferramenta. e a conclusão prática desses trabalhos é que eles não fazem uma correção importante na interpretação geométrica, caso não haja grandes aberrações da ordem de uma franja, que por outro lado são fáceis de estudar com fontes grandes o suficiente para difração não seja chato. Já vimos a utilidade que F. Zernike sabia extrair de sua teoria das ondas do teste de Foucault, e seu novo método é aplicado especialmente a pequenos defeitos elementares mais ou menos periódicos causados pela estrutura da ferramenta. Por outro lado, eles são fáceis de estudar com fontes grandes o suficiente para que a difração não seja incômoda. Já vimos a utilidade que F. Zernike sabia extrair de sua teoria das ondas do teste de Foucault, e seu novo método é aplicado especialmente a pequenos defeitos elementares mais ou menos periódicos causados pela estrutura da ferramenta. Por outro lado, eles são fáceis de estudar com fontes grandes o suficiente para que a difração não seja incômoda. Já vimos a utilidade que F. Zernike sabia extrair de sua teoria das ondas do teste de Foucault, e seu novo método é aplicado especialmente a pequenos defeitos elementares mais ou menos periódicos causados pela estrutura da ferramenta.

Em 1931, A. Couder apontou o tipo de listras escuras de Fresnel que fazem fronteira com a sombra da faca quando ela está em uma posição claramente extra-focal e ainda persistem no cruzamento se a viga não for anastigmática. Esse fenômeno é observado apenas com uma fenda suficientemente fina e seu interesse prático é bastante grande; Primeiro, permite ajustar a largura da fenda para um valor correto e colocar a faca exatamente paralela à imagem. Com as vigas que nos interessam, abertas de $f/12$ a $f/16$, você pode ver 2 ou 3

faixas de sombra (figura 34) margeando a sombra geométrica para uma posição extrafocal da faca de aproximadamente 20 mm, quando a fenda tiver a largura recomendada 30 a 50 μm .

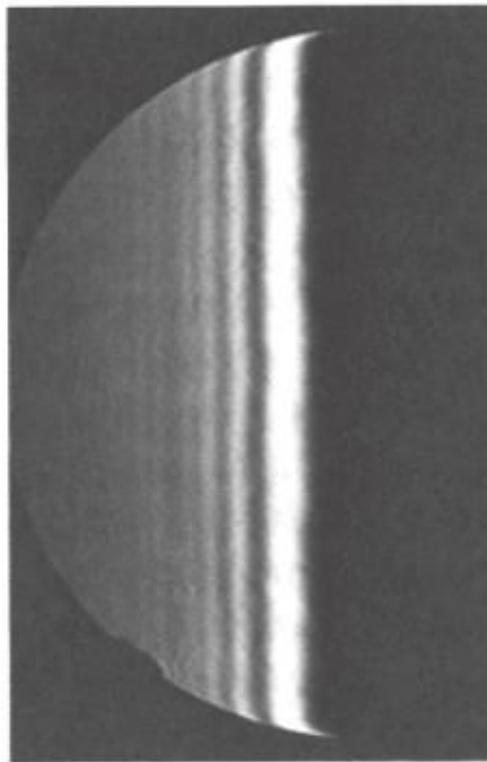


Fig 34. Franjas de sombra intrafocales de un espejo esférico con borde rebajado en $1/3$ de onda (rendija de 5 μ)

A. Couder também demonstrou a possibilidade de tirar proveito desse fenômeno para a apreciação imediata das seções de tautocronismo sem qualquer cálculo. De fato, quando a viga é anastigmática, as faixas são retílineas se a faca em uma posição intrafocal cobrir mais da metade da viga; caso contrário, sua forma nos permite apreciar a magnitude do desvio, usando para isso a primeira faixa, a mais visível e cuja distância da sombra (aproximadamente $3/4$ onda) serve como uma escala.

A título de exemplo, apresentamos a fotografia das listras obtidas com um espelho com uma borda rebaixada, um defeito que não seria apreciado tão exatamente do centro de curvatura devido ao anel de Rayleigh mencionado acima.

Ao estudar uma superfície com um defeito perceptível nas condições de exame, por exemplo, um parabolóide bastante aberto, no centro da curvatura, as faixas de sombra persistem mais ou menos claramente em todas as posições da faca; mas se alguém se prender a uma fonte de 30 a 50 μm , nunca será seriamente perturbado e a mobilidade das faixas evitará que elas sejam confundidas com as mudanças no tom de uma inclinação durante um corte.

Limite de sensibilidade do teste de Foucault

Ao estudar uma superfície cujos defeitos nas condições de exame são muito fracas, os fenômenos de difração não são incômodos, exceto na extremidade extrema, e a apreciação dos acidentes é limitada pelo valor do menor contraste perceptível. Se a fonte não tiver mais que $10\ \mu\text{m}$ de largura, um erro transversal de $0,5\ \mu\text{m}$ de largura resultará em uma variação de tonalidade altamente visível. Isso corresponde à onda em um espelho com um raio de curvatura de 3 m, em uma inclinação de $1 / (6 \times 10^6)$; portanto, para falar em altura, é necessário fixar a dimensão transversal da região aberrante. se for um defeito de grande amplitude, por exemplo, uma área de inclinação de 60 mm de largura, a altura atingirá $1/105$ mm equivalente a $1/60$ de onda; mas se o defeito for pequeno, a altura do acidente será extremamente pequena. Conseguimos fotografar acidentes com menos de 1 mm de largura no vidro, cuja inclinação (deduzida apenas por considerações geométricas) era de 1×10^{-6} m, a altura correspondente a $10\ \text{Å}$ (ou seja, $1/600$ de onda) foi confirmada por uma medição dos mesmos acidentes usando um método de contraste de fase (método de Lyot).

Princípio de controle de espelhos parabólicos

O controle dos parabolóides no mesmo arranjo de uso regular impõe sérias dificuldades, pois seria necessário afastar consideravelmente a fonte de luz ou ter um plano mestre de autocolimação ou um colimador perfeito do mesmo diâmetro que o espelho; Mas, para essas soluções, mesmo os profissionais podem recorrer apenas em raras ocasiões. Funciona então no centro da curvatura; Sabemos que, nessas condições, apenas um espelho esférico dará uma imagem perfeita; com o parabolóide aparece um defeito bem visível, inverso ao apresentado no foco do esférico, que é um aspecto da aberração esférica. A magnitude deste defeito pode ser antecipada antecipadamente, a qual será calculada, por exemplo, na direção longitudinal, cuja medição é mais fácil; será suficiente subtrair esse valor da aberração real,

Definições para aberração esférica

Como exemplo, considere um espelho parabólico (Figura 35) que fornece uma imagem de um ponto de luz colocado no centro da curvatura. Essa imagem não é exatamente um ponto, uma vez que as interseções dos raios que emergem das áreas do espelho cada vez mais distantes do centro são feitas a distâncias cada vez mais distantes do espelho.

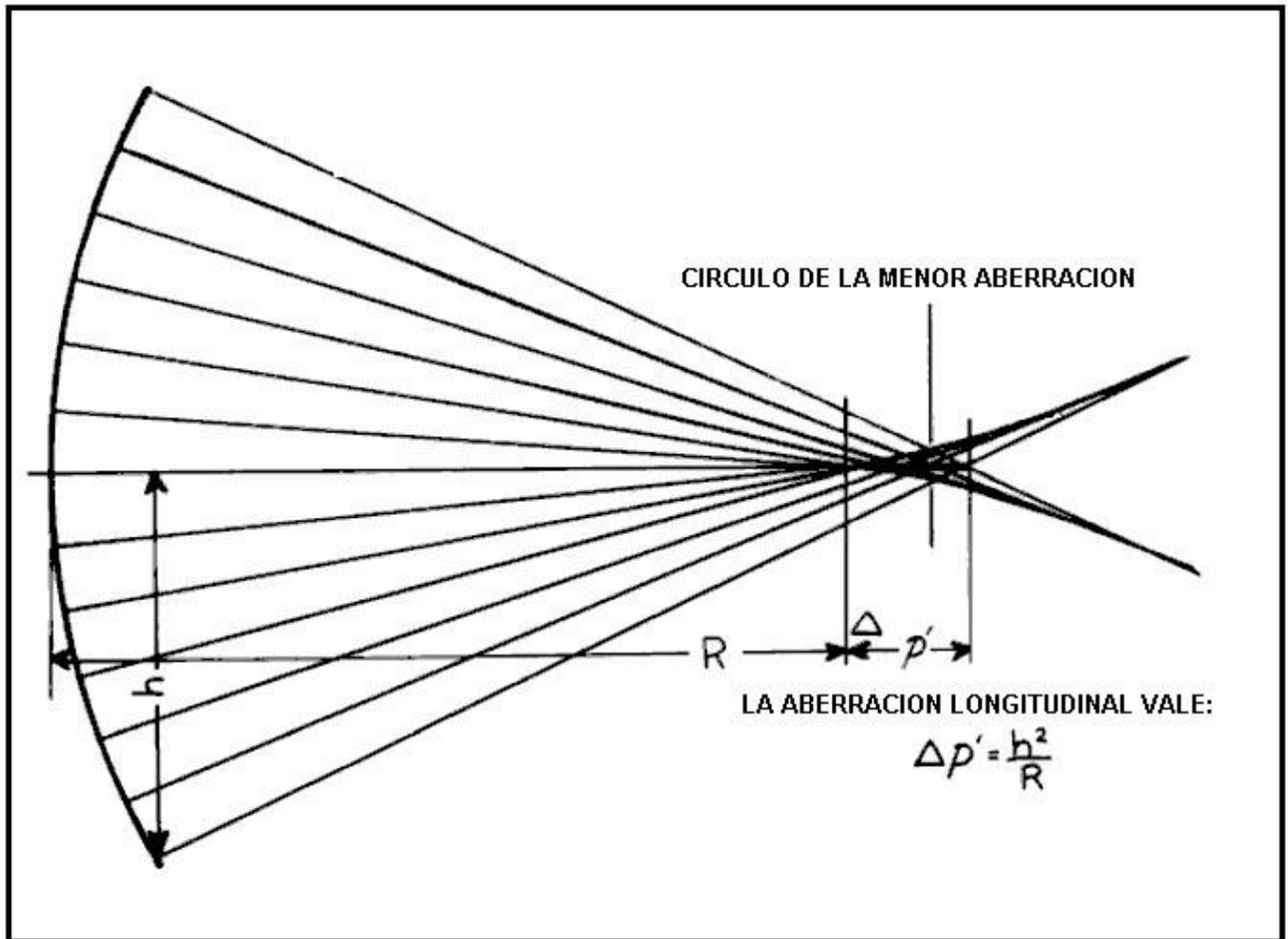


Fig 35. Aberración de un espejo parabólico en su centro de curvatura

A energia luminosa é distribuída principalmente ao longo das interseções dos raios vizinhos, que progressivamente desenham um envelope chamado "superfície cáustica", de revolução em torno do eixo óptico e cuja forma é semelhante a um dossel de trombeta; sua seção é visível na figura 35, onde as alturas de incidência são muito exageradas para maior clareza. A superfície cáustica também contém um pequeno segmento de linha luminosa confundido com o eixo óptico, originado de uma maneira, se puder ser expressa dessa maneira, pelo empilhamento das imagens dadas no eixo pelas áreas de raios crescentes.

É particularmente interessante considerar esse segmento; seu comprimento $\Delta p'$ [1] Ele mede a aberração longitudinal e é calculado por meio de um desenvolvimento em série que, na prática, é reduzido ao primeiro termo com uma aproximação mais do que suficiente para espelhos comuns:

$$\Delta p' = \frac{h^2}{R}$$

A aberração longitudinal de uma zona de raio h é igual ao quadrado dessa altura de incidência dividido pelo raio de curvatura R do espelho.

Mas o parabolóide é apenas um caso particular entre as superfícies deformadas que encontramos (involuntariamente) ao fazer um espelho; um coeficiente de deformação b é frequentemente introduzido na fórmula e depois é transformado na seguinte expressão geral:

$$\Delta p' = b \frac{h^2}{R} + \dots$$

b é igual a -1 no caso da parábola e o sinal de menos indica apenas que a interseção dos raios marginais ocorre mais longe do espelho do que a dos raios centrais. Se b for menor que -1 , a superfície é hiperbólica; se estiver entre -1 e 0 , seu meridiano é uma elipse ativada em seu eixo principal (prolate em inglês) e, quando estiver entre 0 e $+1$, a superfície está em revolução com referência ao eixo menor da elipse (oblato em inglês) (figura 36);

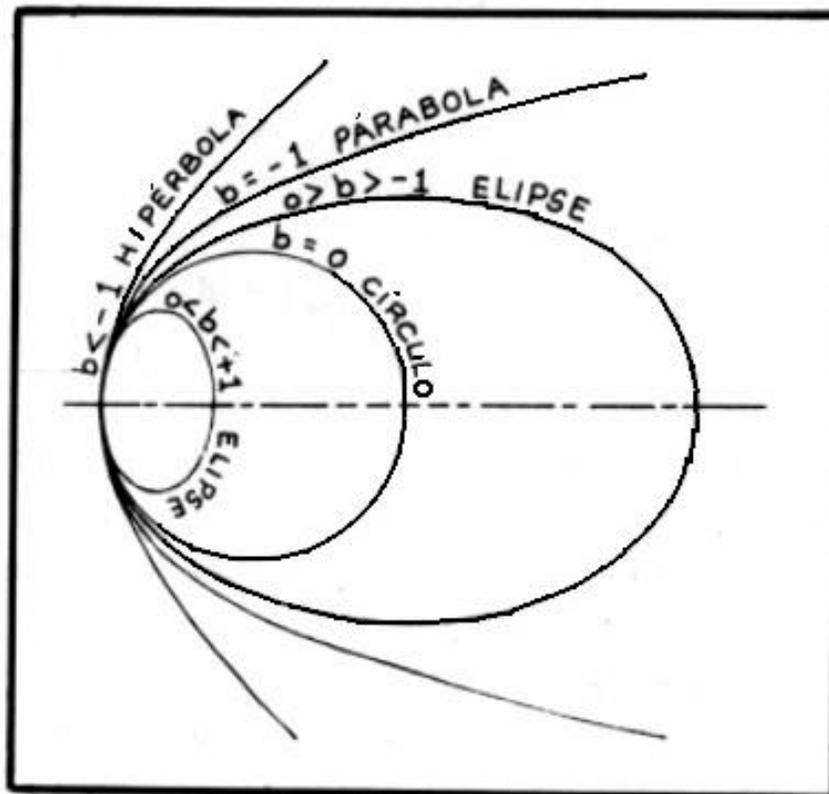


Fig 36. Significado del coeficiente de deformación b .

Observe também que entre as seções transversais do cáustico, há uma cujo diâmetro é mínimo; é o círculo com a menor aberração (figura 35) que está a uma distância igual a $\frac{3}{4}$ do segmento de aberração longitudinal ao contar a partir da interseção dos raios centrais.

Descrição de aberração esférica

Para o técnico óptico, a aberração esférica consiste principalmente em um desenvolvimento serial dos poderes ímpares de h ; mas o observador e o construtor devem estar mais familiarizados com os aspectos mais concretos da realidade física, que, de fato, são resultado da geometria e da difração. O observador frequentemente enfrentará obstáculos com aberração esférica ao observar o céu; por exemplo, se houver uma correção excessiva comum e você vir uma estrela bastante brilhante com uma ocular muito forte, verá as seguintes aparências: no foco dos raios centrais Figura 37A (no pequeno quadrado), o valor da difração, quase normal no centro, é cercada por anéis anormalmente brilhantes e

numerosos, e freqüentemente os que estão na borda se fundem em um halo grande e pálido se a imagem estiver agitada ou se a fonte não for pontual; Afastando a ocular, o halo diminui de diâmetro e a energia é concentrada no anel externo (figura 37B), que continua a diminuir até o momento em que o círculo com a menor aberração é alcançado; neste plano, a imagem é, por outro lado, muito ruim, pois toda a luz está na seção anular do cóustico e o segmento axial representa apenas uma fração fraca. Afastando a ocular para mais longe, a fim de observar a interseção dos raios marginais (Figura 37C), veremos que, graças a eles, ainda há um pouco de luz no eixo, mas os anéis externos predominam e são bem marcados e correspondem a franjas de o cóustico. Aliás, essa sequência de aspectos será revertida se a aberração for do tipo de sub-correção. e a energia está concentrada no anel externo (figura 37B), que continua a diminuir até o momento em que o círculo com a menor aberração é atingido; neste plano, a imagem é, por outro lado, muito ruim, pois toda a luz está na seção anular do cóustico e o segmento axial representa apenas uma fração fraca. Afastando a ocular, para observar a interseção dos raios marginais (Figura 37C), veremos que, graças a eles, ainda há pouca luz no eixo, mas os anéis externos predominam e são bem marcados e correspondem a franjas de o cóustico. Aliás, essa sequência de aspectos será revertida se a aberração for do tipo de sub-correção. e a energia está concentrada no anel externo (figura 37B), que continua a diminuir até o momento em que o círculo com a menor aberração é atingido; neste plano, a imagem é, por outro lado, muito ruim, pois toda a luz está na seção anular do cóustico e o segmento axial representa apenas uma fração fraca. Afastando a ocular para mais longe, a fim de observar a interseção dos raios marginais (Figura 37C), veremos que, graças a eles, ainda há um pouco de luz no eixo, mas os anéis externos predominam e são bem marcados e correspondem a franjas de o cóustico. Aliás, essa sequência de aspectos será revertida se a aberração for do tipo de sub-correção. neste plano, a imagem é, por outro lado, muito ruim, pois toda a luz está na seção anular do cóustico e o segmento axial representa apenas uma fração fraca. Afastando a ocular, para observar a interseção dos raios marginais (Figura 37C), veremos que, graças a eles, ainda há pouca luz no eixo, mas os anéis externos predominam e são bem marcados e correspondem a franjas de o cóustico. Aliás, essa sequência de aspectos será revertida se a aberração for do tipo de sub-correção. neste plano, a imagem é, por outro lado, muito ruim, pois toda a luz está na seção anular do cóustico e o segmento axial representa apenas uma fração fraca. Afastando a ocular para mais longe, a fim de observar a interseção dos raios marginais (Figura 37C), veremos que, graças a eles, ainda há um pouco de luz no eixo, mas os anéis externos predominam e são bem marcados e correspondem a franjas de o cóustico. Aliás, essa sequência de aspectos será revertida se a aberração for do tipo de sub-correção. Veremos que, graças a eles, ainda há um pouco de luz no eixo, mas os anéis externos predominam e são bem marcados e correspondem a faixas do cóustico. Aliás, essa sequência de aspectos será revertida se a aberração for do tipo de sub-correção. Veremos que, graças a eles, ainda há um pouco de luz no eixo, mas os anéis externos predominam e são bem marcados e correspondem a faixas do cóustico. Aliás, essa sequência de aspectos será revertida se a aberração for do tipo de sub-correção.

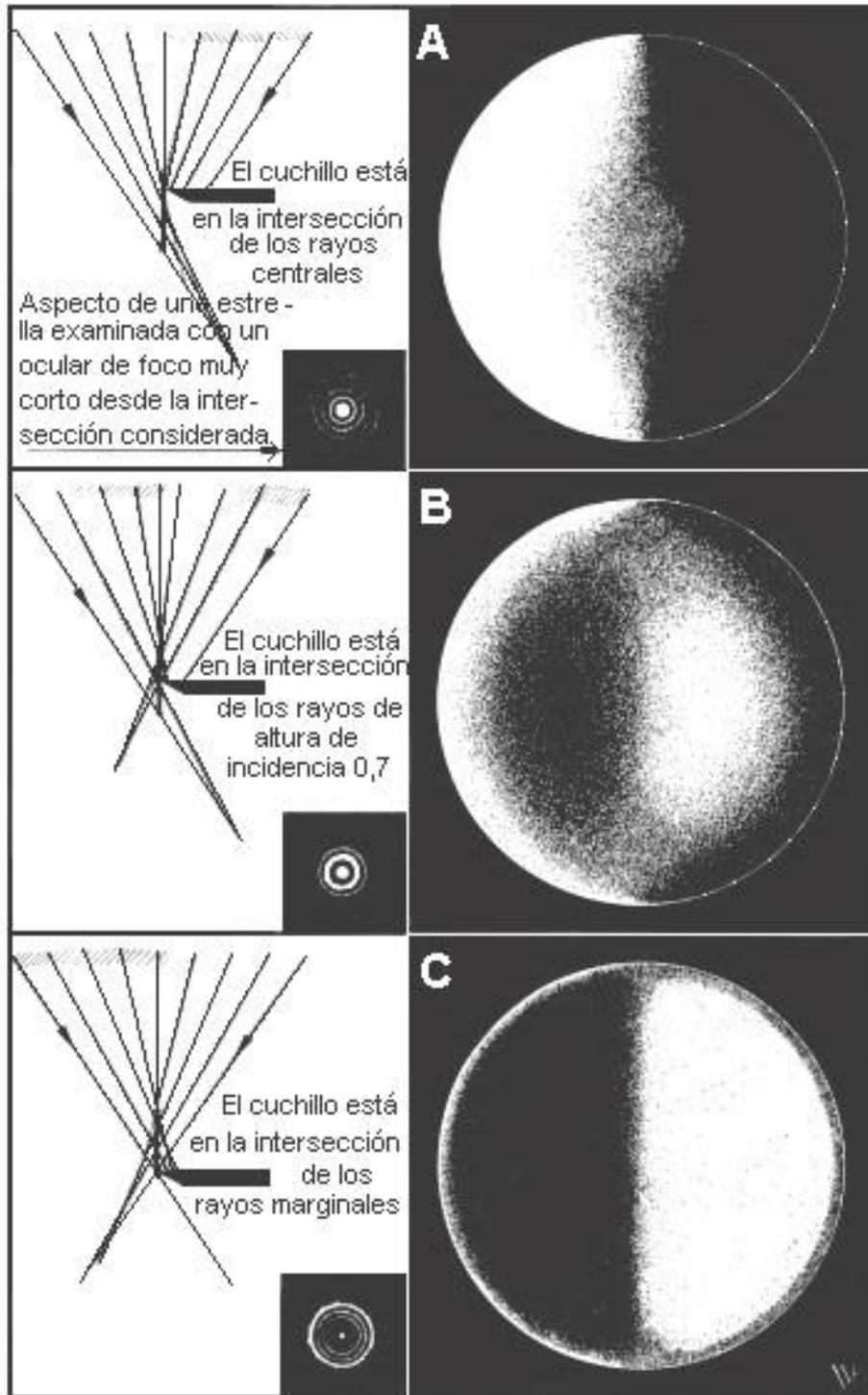


Fig 37. Sobrecorrección esférica

Agora vamos ver o que é mais interessante para o construtor de espelhos: a aparência das sombras pelo método de Foucault. Nossa faca sempre vem da direita e corta primeiro o fim do cáustico; o centro do espelho aparece em tom uniforme (Figura 37A), os raios vindos

do lado direito do espelho são interceptados pela faca e as regiões correspondentes são obscurecidas. Pelo contrário, o lado esquerdo é iluminado e o conjunto dá a impressão de uma grande proeminência levemente esmagada no centro (não devemos esquecer que a luz vem do lado oposto da faca). Vamos afastar um pouco a faca; ao cortar o segmento de aberração longitudinal ao meio (Figura 37B), você se encontrará na interseção dos raios enviados pela zona de rádio:

$$\frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707$$

(onde 1 é o raio do espelho); essa área é então vista com um tom uniforme e, em relação a ela, as regiões com raios mais curtos têm suas inclinações voltadas para dentro, dando a impressão de uma cavidade; pelo contrário, as áreas marginais têm um raio mais longo e suas inclinações inclinam-se para o outro lado. O conjunto sugere um O-ring elevado, emendado com um pingente suave. Esse aspecto deve ser familiar para o oculista. Vamos nos afastar ainda mais; a zona "neutra" alcançará a extremidade do espelho (figura 37C); todas as outras zonas têm um raio de curvatura menor e aparecerão como as paredes de uma bacia profunda.

Todas as superfícies deformadas de acordo com uma lei dessa natureza apresentam aspectos semelhantes, mais ou menos notáveis, qualquer que seja o valor negativo do coeficiente de deformação (elipses, parábola, hipérbole) e mesmo quando o sinal é positivo, com a condição de dar retorno à figura preservando a convenção de iluminação (o aspecto comum é um destaque com arestas elevadas). A sensibilidade do aparelho de Foucault usado, a abertura relativa do espelho, a magnitude de seu raio de curvatura, são muitos outros fatores que também influenciam o contraste das sombras. Para obter idéias, digamos que os aspectos da figura 37 são observados em um espelho parabólico padrão de 200 mm em $f / D = 6$ e com o aparelho descrito acima com uma fenda normal de cerca de trinta microns de largura. Se o espelho tiver uma abertura relativa maior (ou se for hiperbólica), as sombras serão mais nítidas e o limite de meio-tom entre pretos e brancos se estreitará; pelo contrário, com um espelho de $f / D = 10$ (ou um espelho elíptico normal), as sombras são muito fracas e o relevo, muito escuro. É evidente que eles são indispensáveis. É evidente que medidas quantitativas são essenciais para estabelecer a perfeição do espelho e, especialmente, devemos colocar os fãs em guarda contra os muitos charlatães que não entenderam nada sobre sombras e propor métodos "simplificados" que não valem nada. Com um espelho $f / D = 10$ (ou um espelho elíptico normal), as sombras são muito fracas e o relevo é muito escuro. É evidente que eles são indispensáveis. É evidente que medidas quantitativas são essenciais para estabelecer a perfeição do espelho e, especialmente, devemos colocar os fãs em guarda contra os muitos charlatães que não entenderam nada sobre sombras e propor métodos "simplificados" que não valem nada.

Medição da aberração esférica

León Foucault também foi o primeiro a descrever os “sólidos diferenciais” desenhados na figura 37, que usamos para medir a aberração longitudinal. Para isso, a posição longitudinal da faca que dá o aspecto A é pesquisada experimentalmente e o deslocamento é observado a partir de um zero arbitrário da régua (se o aparelho não estiver dividido, uma marca é desenhada em um cartão); Do mesmo modo, a posição mais afastada do espelho onde o aspecto C é observado é procurada e a diferença entre as duas leituras (ou a distância entre as duas marcas no cartão) indica o comprimento do segmento 'p'. Basta comparar este segmento com seu valor teórico, para saber se o espelho está mais ou menos deformado que a parábola. Por exemplo, com um espelho de 20 cm em $f / D = 8$, temos $h = 100$ e $R = 3200$; portanto $\Delta p' = 3,12$ mm. O espelho padrão tem $\Delta p' = 4,17$ mm. Por outro lado, verifica-se que no meio desse segmento a faca apresenta o aspecto B, ou seja, a zona neutra é de aproximadamente 0,7 do raio do espelho e as zonas normalmente são unidas, se houver irregularidades. Esse teste resumido pode, estritamente falando, ser suficiente para verificar um espelho levemente deformado (por exemplo, um de 20 cm de $f / D = 8$), mas requer que o operador tenha uma profunda experiência de sombras; de fato, o corte dos raios centrais é impreciso com raios que cortam tão obliquamente e o dos raios da extremidade extrema é perturbado pelo brilhante anel de Rayleigh. Por outro lado, anomalias zonais que são muito frequentes, no centro ou na borda, são suficientes para induzir um julgamento errôneo no espelho, se o simples exame das sombras não permitir que elas sejam descobertas. 17 mm. Por outro lado, verifica-se que, no meio desse segmento, a faca apresenta o aspecto B, ou seja, a zona neutra é de aproximadamente 0,7 do raio do espelho e as zonas são emendadas normalmente, se houver irregularidades. Esse teste resumido pode, estritamente falando, ser suficiente para verificar um espelho levemente deformado (por exemplo, um de 20 cm de $f / D = 8$), mas requer que o operador tenha uma profunda experiência de sombras; de fato, o corte dos raios centrais é impreciso com raios que cortam tão obliquamente e o dos raios da extremidade extrema é perturbado pelo brilhante anel de Rayleigh. Por outro lado, anomalias zonais que são muito frequentes, no centro ou na borda, são suficientes para induzir um julgamento errôneo no espelho, se o simples exame das sombras não permitir que elas sejam descobertas. Por outro lado, verifica-se que no meio desse segmento a faca apresenta o aspecto B, ou seja, a zona neutra é de aproximadamente 0,7 do raio do espelho e as zonas normalmente são unidas, se houver irregularidades. Esse teste resumido pode, estritamente falando, ser suficiente para verificar um espelho levemente deformado (por exemplo, um de 20 cm de $f / D = 8$), mas requer que o operador tenha uma profunda experiência de sombras; de fato, o corte dos raios centrais é impreciso com raios que cortam tão obliquamente e o dos raios da extremidade extrema é perturbado pelo brilhante anel de Rayleigh. Por outro lado, anomalias zonais que são muito frequentes, no centro ou na

borda, são suficientes para induzir um julgamento errôneo no espelho, se o simples exame das sombras não permitir que elas sejam descobertas. Por outro lado, verifica-se que, no meio desse segmento, a faca apresenta o aspecto B, ou seja, a zona neutra é de aproximadamente 0,7 do raio do espelho e as zonas são emendadas normalmente, se houver irregularidades. Esse teste resumido pode, estritamente falando, ser suficiente para verificar um espelho levemente deformado (por exemplo, um de 20 cm de $f / D = 8$), mas requer que o operador tenha uma profunda experiência de sombras; de fato, o corte dos raios centrais é impreciso com raios que cortam tão obliquamente e o dos raios da extremidade extrema é perturbado pelo brilhante anel de Rayleigh. Por outro lado, anomalias zonais que são muito frequentes, no centro ou na borda, são suficientes para induzir um julgamento errôneo no espelho, se o simples exame das sombras não permitir que elas sejam descobertas. 7 do raio do espelho e que as áreas são unidas normalmente, se houver irregularidades. Esse teste resumido pode, estritamente falando, ser suficiente para verificar um espelho levemente deformado (por exemplo, um de 20 cm de $f / D = 8$), mas requer que o operador tenha uma profunda experiência de sombras; de fato, o corte dos raios centrais é impreciso com raios que cortam tão obliquamente e o dos raios da extremidade extrema é perturbado pelo brilhante anel de Rayleigh. Por outro lado, anomalias zonais que são muito frequentes, no centro ou na borda, são suficientes para induzir um julgamento errôneo no espelho, se o simples exame das sombras não permitir que elas sejam descobertas. basta verificar um espelho levemente deformado (por exemplo, um de 20 cm de $f / D = 8$), mas exige do operador uma profunda experiência de sombras; de fato, o corte dos raios centrais é impreciso com raios que cortam tão obliquamente e o dos raios da extremidade extrema é perturbado pelo brilhante anel de Rayleigh. Por outro lado, anomalias zonais que são muito frequentes, no centro ou na borda, são suficientes para induzir um julgamento errôneo no espelho, se o simples exame das sombras não permitir que elas sejam descobertas. basta verificar um espelho levemente deformado (por exemplo, um de 20 cm de $f / D = 8$), mas exige do operador uma profunda experiência de sombras; de fato, o corte dos raios centrais é impreciso com raios que cortam tão obliquamente e o dos raios da extremidade extrema é perturbado pelo brilhante anel de Rayleigh. Por outro lado, anomalias zonais que são muito frequentes, no centro ou na borda, são suficientes para induzir um julgamento errôneo no espelho, se o simples exame das sombras não permitir que elas sejam descobertas.

A GW Ritchey teve a idéia de fazer uma comparação fotométrica usando duas janelas cortadas em um diafragma, que revelam duas porções da mesma área simétrica em relação ao eixo. As janelas do diafragma de Ritchey eram tão estreitas que as bordas da difração dificultavam muito as medições. R. Couder descreveu um diafragma muito mais prático, com o qual vamos lidar.

Diafragma de zonas concêntricas por A. Couder

As janelas descobrem zonas sucessivas cujos raios têm seus quadrados crescentes na progressão aritmética[4]; portanto, eles são mais estreitos em direção à borda do espelho, onde a deformação mais rápida não permite que uma ampla área seja examinada em tom uniforme. O diafragma é cortado em papel grosso, cartolina ou papelão fino; seu layout é fácil; uma primeira circunferência externa corresponde ao diâmetro do vidro e uma segunda, ligeiramente menor, é o diâmetro na altura do chanfro; o seu raio é o raio externo da zona marginal cuja largura é determinada por considerações práticas ditadas, por um lado, pela dificuldade de realizar boas medições se a zona for muito estreita e, por outro, pela obrigação de observar um tom quase uniforme se o área é muito ampla. Se o espelho estiver fortemente deformado, são necessárias várias zonas (por exemplo, uma por milímetro (eixo focal) de aberração),

Uma vez determinadas as janelas externas, a lei dos quadrados dos raios decrescentes na progressão aritmética (cuja relação é deduzida da largura da área externa), que só pode ser respeitada, permitirá escolher o número de janelas e seus raios externos.[5].

Vamos esclarecer por meio de um exemplo: a figura 38 apresenta as características do diafragma padrão usado pela Comissão para o controle de espelhos de 20 cm.

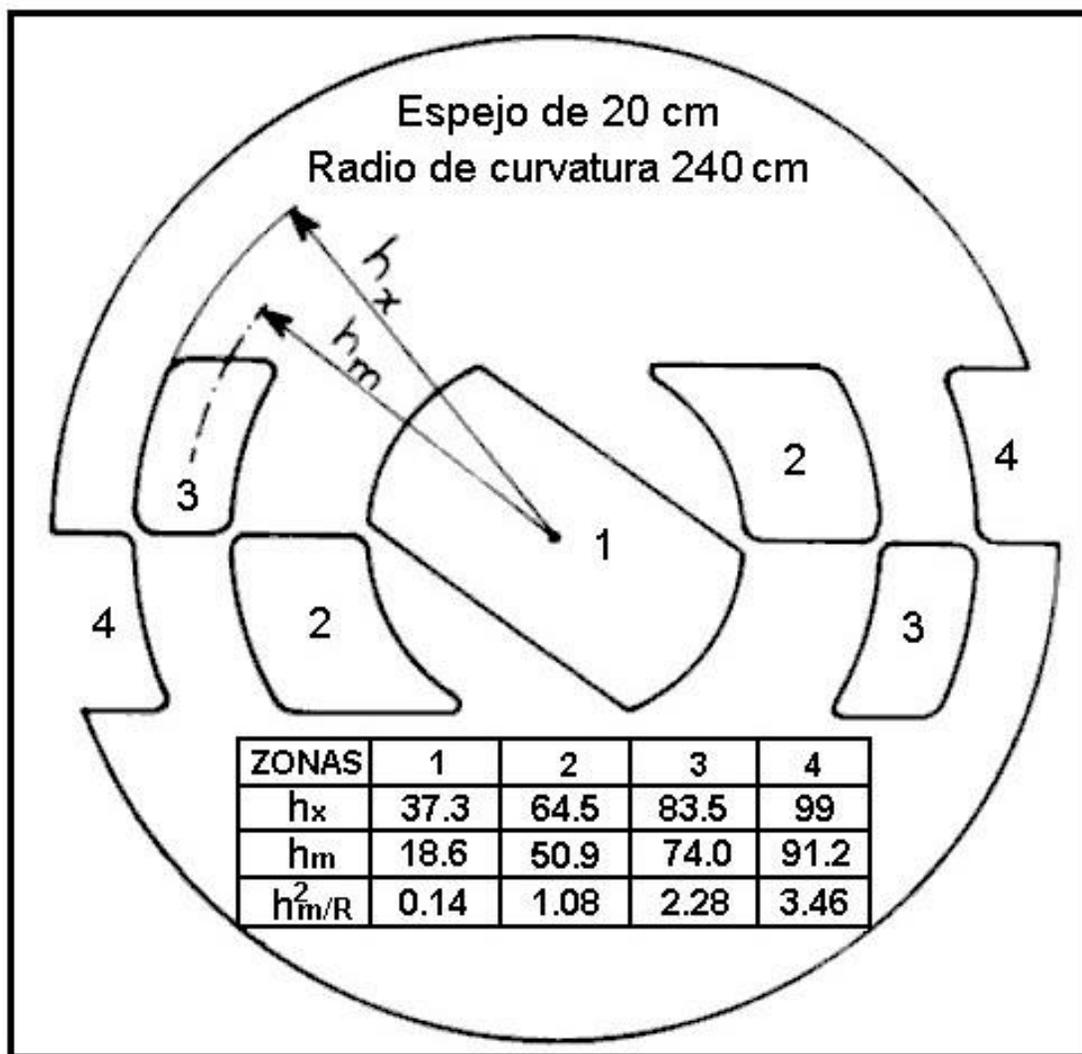


Fig 38. Diafragma de Couder

Após o diafragma ser cortado, os diâmetros internos e externos reais de cada zona são medidos (até 1/10 de mm). A altura média é calculada [6] h_m para cada um (dividindo pela soma dos dois diâmetros por 4) e a aberração longitudinal h_m^2 / R serão comparados com os números encontrados experimentalmente.

Procedimento e causas de erros nas medidas visuais com o diafragma

As precauções habituais para homogeneidade térmica no vidro e no ar na sala devem ser especialmente tomadas; o espelho será colocado corretamente em seu suporte a contatos geométricos, várias horas antes.

O aparelho Foucault será fornecido com sua abertura, fechada entre 10 e 20 μm , paralela à borda da faca (4 ou 5 faixas sombreadas são vistas a 20 mm da interseção). A

corrediça do carrinho do porta-faca será organizada paralelamente ao eixo óptico (a penetração da faca no feixe não muda quando o carrinho é movido longitudinalmente e a faca é perpendicular a esse eixo). Primeiro, a uniformidade da iluminação (rotação da lanterna sobre si mesma) e a sucessão dos aspectos da figura 37 que naturalmente devem ocorrer para abordagens de facas compreendidas na graduação são verificadas com o espelho descoberto. Você pode prender o cano que imobiliza o aparelho Foucault e colocar o diafragma das zonas concêntricas na frente do espelho, orientar horizontalmente o eixo das zonas e cuidar da centralização com referência ao chanfro de vidro; Uma pequena mola de fio de aço pode eventualmente garantir a posição (evite tocar no espelho). Uma verificação mais cuidadosa da uniformidade da iluminação das janelas externas é necessária especialmente (faca claramente fora da viga). Para comparações fotométricas, o olho funciona nas melhores condições se a sala não estiver completamente escura e é até vantajoso iluminar a tela e o dispositivo com uma luz difusa muito uniforme. Todas essas precauções não devem assustar os iniciantes; Deixe-os ensaiar! Após um pequeno número de experiências, você entenderá melhor essas precauções e colocará rapidamente seu dispositivo de controle na posição correta. fixe a posição (evite tocar no espelho). Uma verificação mais cuidadosa da uniformidade da iluminação das janelas externas é necessária especialmente (faca claramente fora da viga). Para comparações fotométricas, o olho funciona nas melhores condições se a sala não estiver completamente escura e é até vantajoso iluminar a tela e o dispositivo com uma luz difusa muito uniforme. Todas essas precauções não devem assustar os iniciantes; Deixe-os ensaiar! Após um pequeno número de experiências, você entenderá melhor essas precauções e colocará rapidamente seu dispositivo de controle na posição correta. fixe a posição (evite tocar no espelho). Uma verificação mais cuidadosa da uniformidade da iluminação das janelas externas é necessária especialmente (faca claramente fora da viga). Para comparações fotométricas, o olho funciona nas melhores condições se a sala não estiver completamente escura e é até vantajoso iluminar a tela e o dispositivo com uma luz difusa muito uniforme. Todas essas precauções não devem assustar os iniciantes; Deixe-os ensaiar! Após um pequeno número de experiências, você entenderá melhor essas precauções e colocará rapidamente seu dispositivo de controle na posição correta. Para comparações fotométricas, o olho funciona nas melhores condições se a sala não estiver completamente escura e é até vantajoso iluminar a tela e o dispositivo com uma luz difusa muito uniforme. Todas essas precauções não devem assustar os iniciantes; Deixe-os ensaiar! Após um pequeno número de experiências, você entenderá melhor essas precauções e colocará rapidamente seu dispositivo de controle na posição correta. Para comparações fotométricas, o olho funciona nas melhores condições se a sala não estiver completamente escura e é até vantajoso iluminar a tela e o dispositivo com uma luz difusa muito uniforme. Todas essas precauções não devem assustar os iniciantes; Deixe-os ensaiar! Após um pequeno número de experiências, você entenderá melhor essas precauções e colocará rapidamente seu dispositivo de controle na posição correta.

Tudo que você precisa fazer é medir; Vamos começar, por exemplo, com a zona central. Se esta área parecer mais escura no lado esquerdo, é necessário aproximar a faca do espelho (o parafuso para movimentos longitudinais é operado com a mão esquerda enquanto a direita manobra o parafuso de corte ao mesmo tempo para testar as diferentes abordagens); por outro lado, diminuirá o zoom se o lado direito for o mais escuro.

Quando o centro de curvatura da zona é atingido, a zona escurece uniformemente em sua superfície. A posição da faca é dada pela escala graduada com referência a uma origem arbitrária (estamos interessados apenas nas diferenças) e você pode ir para a zona 2, cujas janelas são fáceis de identificar com o arranjo do diafragma de Couder; naturalmente, a janela à direita é a mais escura, ou seja, é necessário afastar um pouco a faca para encontrar o centro de curvatura da área, e é o caso de todos os pares de janelas que apresentam as aproximações longitudinais correspondentes. Quando a última janela é alcançada, é conveniente iniciar imediatamente outra série de medidas voltando ao centro do espelho. Para comparar a iluminação de duas janelas suficientemente afastadas uma da outra, é necessário proceder como na comparação de duas estrelas separadas no céu, fixando alternadamente a atenção uma e outra sem tentar fundi-las. Essa fotometria é mais fácil e menos exposta a erros, principalmente devido à difusão lateral por difração, se as janelas forem examinadas no início da extinção, sem continuar a comparação além da metade do corte.

A Figura 39 dá uma idéia das causas dos erros, sobre as quais falaremos abaixo. Devemos insistir, no entanto, que esse método, apesar de suas deficiências, seja o mais útil.

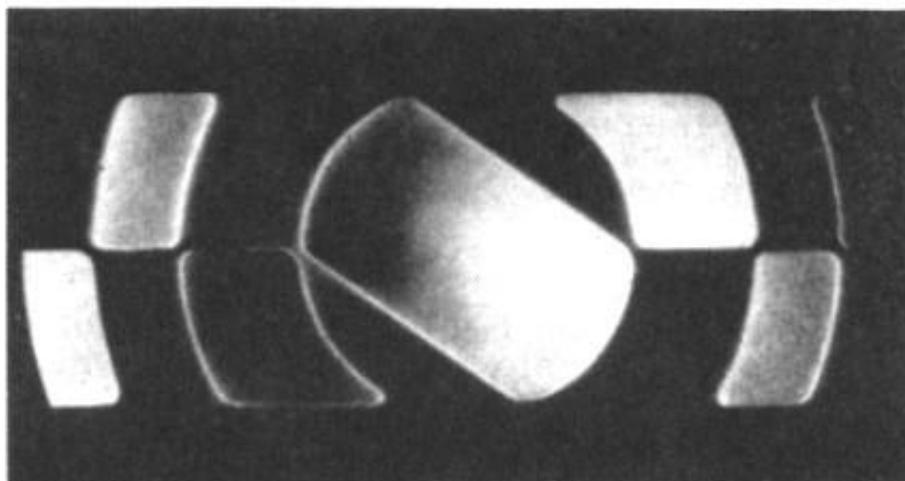


Fig 39. Prueba de Foucault de un espejo estándar; El cuchillo está en la intersección de los rayos de la zona 3. Observe las orlas de difracción y la fusión parásita (rendija de 20 μ)

Quando a superfície do espelho é muito lisa, o ar ambiente é calmo e a iluminação é conveniente, o operador, exercitado por dezenas de milhares de medições, encontra o centro de curvatura de uma zona intermediária de um feixe em $f/12$, com um erro Meio de $2/100$ milímetros. Obviamente, o iniciante não deve esperar tanta precisão; suas primeiras séries podem diferir de 3 ou 4/10 entre elas, mas um pouco de perseverança imediatamente dará diferenças de 1 a 2/10 no máximo e haverá uma aproximação suficiente, fazendo então a média de 4 medições em cada zona, o que dará valores de segurança para aproximadamente 1/10, permitindo conhecer a forma do espelho com uma precisão melhor que o décimo da tolerância Rayleigh para os espelhos em questão. Voltaremos a essa redução de medidas,

Defeitos que não são de revolução

Embora sejam sérios, diremos apenas algumas palavras, pois quem trabalha convenientemente em um espelho em uma mesa fixa não terá a oportunidade prática de notá-los.

Para descobrir esse tipo de anomalia, o método de sombra de Foucault não é recomendado para aqueles que não estão familiarizados com os aspectos difíceis de interpretação que as sombras podem apresentar para determinadas orientações da faca. Um teste com a ocular nos pontos levemente extrafocais pode ser suficiente para nos tranquilizar. Já explicamos que não é fácil obter uma estrela artificial suficientemente pequena e redonda, através de um orifício e com a montagem descrita acima. É melhor usar a lanterna de fenda (com a fenda substituída temporariamente por um orifício redondo de 3 ou 4 mm) para iluminar uma bola ou pellet de aço com aproximadamente 6 mm de diâmetro preso com um pouco de resina em um lado da ocular de observação (figura 40). Se a bola é nova e bem polida (é melhorada por meio de um bolo montado em um torno, com tom e vermelho), fornece uma imagem "estelar" do filamento da lâmpada que é coletada pelo espelho, que em vez disso, retorna uma imagem, que é observada com uma ocular bastante forte ($f \leq 10$ mm, por exemplo, para feixes em $f / 12$). Quando o espelho é praticamente esférico, podem ser utilizados pontos levemente extrafocais: apenas 2 a 3 mm, que permanecem bem arredondados se o espelho for exatamente de revolução, mas cuja ovalização já é visível para o astigmatismo de $1/10$ de onda. Com um astigmatismo mais notável, são encontradas posições longitudinais da ocular, a vários milímetros de distância, correspondendo a elipses cujos eixos são ortogonais (Figura 40). Quando também houver aberração esférica, devem ser observados pontos ligeiramente mais focais, mas o ensaio geralmente mantém caráter crítico suficiente. Excepcionalmente, no caso de tensões ou compressões extraordinárias (discos colados em um vidro "serrilhado" ou "reforçador"; ou têmpera muito forte), você pode ver figuras irregulares surpreendentes e desastrosas, do tipo indicado à direita da figura 40, que são predominantes em metas fornecidas pelo setor. Antes de decidir que os defeitos correspondem ao espelho, é aconselhável, por um lado, girar a bola sobre si mesma ou iluminá-la de uma direção ligeiramente diferente para eventualmente eliminar seus próprios defeitos e, por outro lado, o astigmatismo da montagem deve ser levado em consideração, nem sempre é insignificante quando a bola está a uma certa distância do eixo ou é iluminada de forma muito oblíqua. É melhor girar o espelho sobre si mesmo e ver se o ângulo de posição do eixo de uma elipse extrafocal gira ao mesmo tempo. Esta operação deve ser feita com cuidado para não aquecer um certo diâmetro do espelho com as mãos; para evitar um resfriamento trabalhoso posterior, não toque no vidro, mas com a interposição de flanela ou luvas grossas.

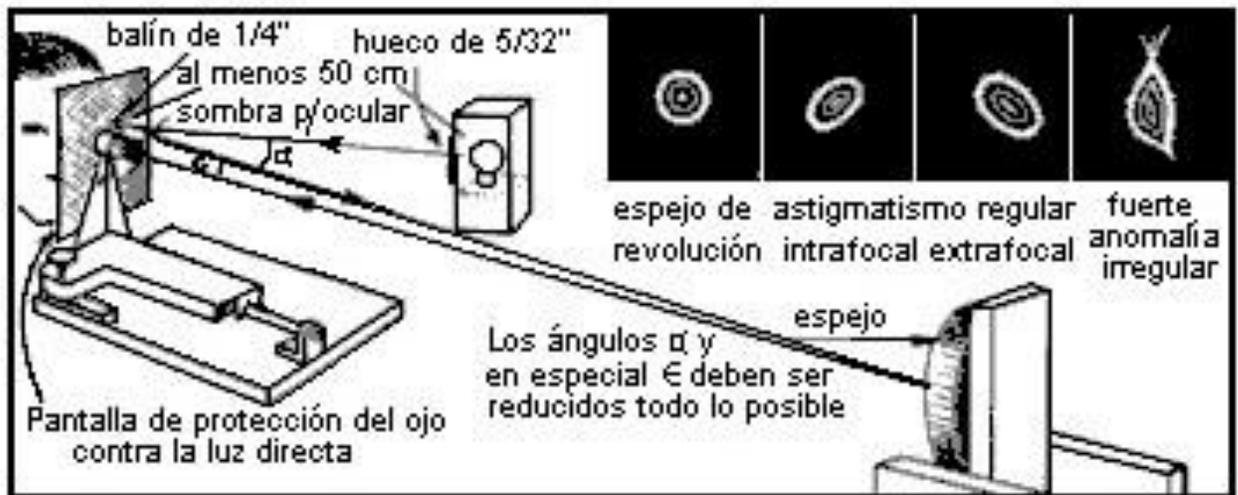


Fig 40. Estudio de los defectos no de revolución

Não trataremos o retoque de defeitos que não são de revolução; Eles são encontrados apenas no caso de manobras falsas sistemáticas imperdoáveis, como esquecer de virar o vidro inferior, bater em uma alça muito grande ou em um disco "de reforço", ou mesmo se o disco tiver uma heterogeneidade verdadeiramente excepcional. Em todos os casos, a melhor maneira, mesmo para um oculista treinado, é procurar a eliminação automática do defeito, simplesmente continuando o trabalho normal por pelo menos uma hora, favorecendo a eliminação de erros sistemáticos com a reversão dos discos, a mudança corridas, ou melhor ainda, operador. Somente após muitas tentativas desse tipo é que alguém se resigna a esculpir outro espelho; Nunca encontramos esse caso na Comissão dos Instrumentos.

As ondulações

É um sistema de acidentes, não de revolução, que afeta sob a forma de pequenas ondulações que geralmente não têm mais que 2 ou 3 centésimos de comprimento de onda em altura, mas que, dado o seu número e disposição quase periódica, pode fazer agir no espelho como uma rede de fases e causar uma difusão da luz nem sempre desprezível. As ondulações primárias cujo período é o da malha da ferramenta podem ser distinguidas, claramente visíveis com um aparelho Foucault com uma fonte intensa e uma fenda fina, capaz de aumentar o brilho dos anéis de difração do número 2 ou 3 e das micro-ondas, que são estritamente descobertas fotograficamente com um aparelho de Foucault bem ajustado, mas acima de tudo pelo método Lyot. Essas micro-ondas dependem principalmente da natureza do bolo, do agente de polimento e talvez também do estado estrutural do vidro; É capaz de espalhar a luz muito além da imagem central, em vários minutos de arco, sobrepondo a luz dispersa por todo o campo.

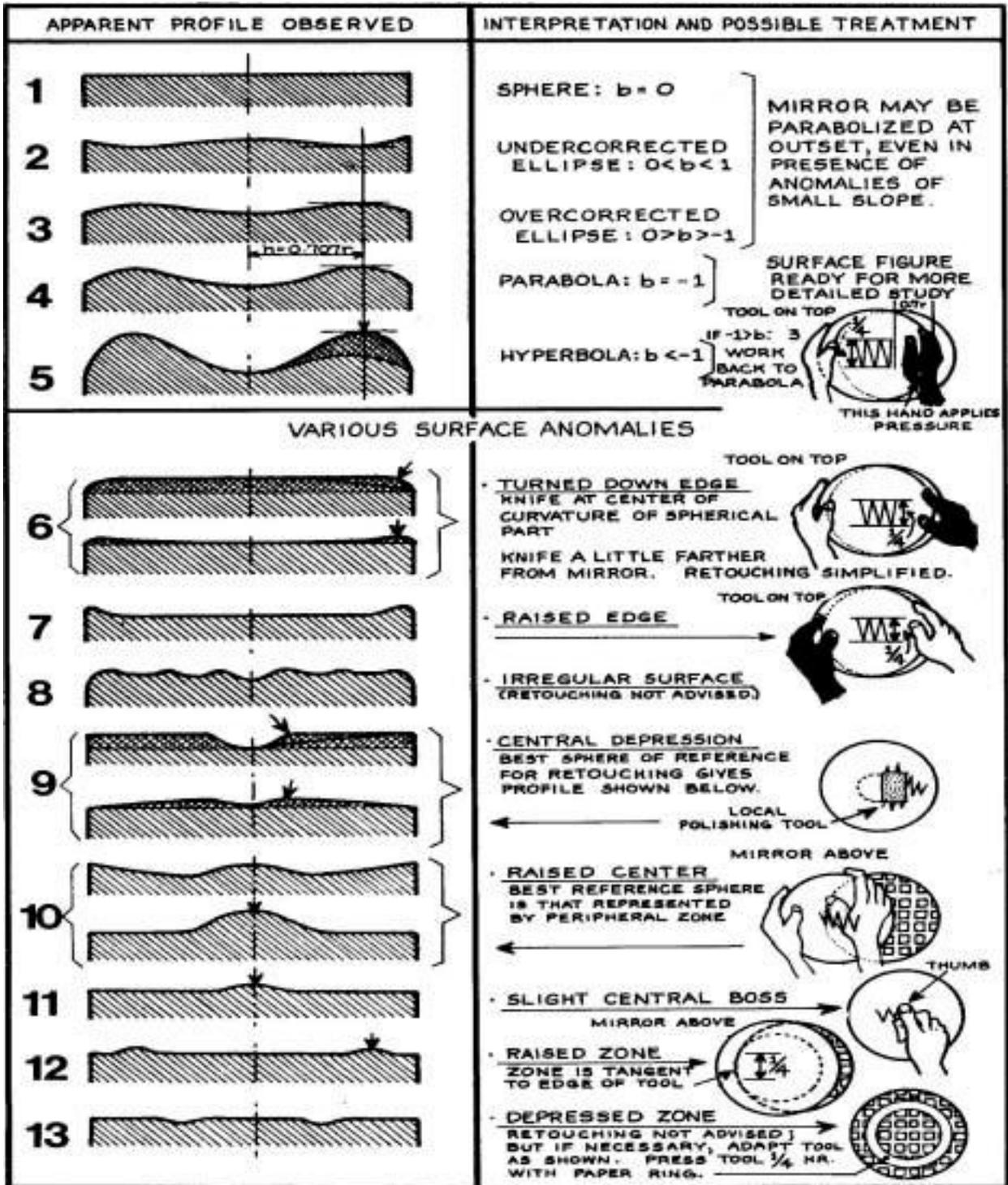
Almofadas de fundo plano separadas por partições de raio mais curto são criadas no vidro com um bolo quadrado de 20 mm que reproduz exatamente os canais da ferramenta. Um bolo de HCF com alvéolos hexagonais de cerca de 6 mm produz ondulações primárias

como um favo de mel, das quais fizemos uma fotografia na Figura 29A, tirada no aparelho Foucault e micro-ondas muito pronunciadas (Figura 29D). A identidade entre a estrutura da ferramenta e a das ondulações geradas é perfeita, mesmo para os menores acidentes que podem ser fotografados em contraste de fase. Um exemplo típico é fornecido por bolos de retoque parciais, cortados em tafetá de seda, cuja trama é impressa exatamente no vidro na forma de ranhuras com menos de 1 Å de profundidade e 2/10 mm de largura, mesmo após a menor intervenção realizada com corridas constantemente cruzadas sem marcar o menor tempo de parada em um só lugar. Acrescentamos que, neste último exemplo, a luz difratada produzida não é prejudicial, exceto no caso de uma lente coronagraph.

As ondulações primárias podem ser efetivamente compensadas alternando o polimento com duas ferramentas com quadrados de diferentes dimensões. Mas atualmente evita-se tal complicação. Uma primeira precaução básica é evitar o brutal regime de polimento "estridente" que sempre causa aquecimento desigual e aderências anormais da ferramenta local. A. Couder^[7] Ele ressaltou que, durante a usinagem de peças grandes, é conveniente evitar a troca espontânea de ferramentas nos quadrados anormais, causando anomalias periódicas e mantidas mecanicamente que ameaçam atingir uma amplitude catastrófica. Ao trabalhar manualmente, o perigo é menor, mas é necessário, em qualquer caso, controlar as voltas da ferramenta causadas pela falta de aderência e não introduzir mais do que as rotações necessárias, feitas voluntariamente durante o movimento alternativo e não depois a corrida. Conseguimos combater de maneira muito eficaz as ondulações primárias na Comissão dos Instrumentos, trabalhando 4 ou 5 pessoas no mesmo espelho por permutação circular a cada 10 minutos nas quatro mesas de nossa oficina. O operador isolado obterá bons resultados forçando-se a reagir de maneiras diferentes, por exemplo, alternando execuções normais em forma de W e de dupla curvatura (∞). Quanto às micro-ondas, é uma questão técnica pura. Ao recomendar o trabalho com pitch e red, damos o melhor procedimento possível para obter superfícies niveladas inferiores a 1 Å. Confiamos que o leitor não ouvirá aqueles que falarão com ele sobre bolos de cera ou papel! Não é incomum que leigos produzam superfícies polidas por um regime tão ineficaz que as ondulações primárias são nulas; infelizmente, ao mesmo tempo, a forma geral do vidro é absolutamente indeterminada, geralmente muito dividida e achatada.

Defeitos zonais

Eles são obviamente os mais importantes e os mais frequentes. Precisamos revisar os gerados com mais frequência (figura 41).



A esfera (Figura 41-1) é apenas o caso particular de partida nula que é capaz de produzir um sistema de trabalho imperturbável.[8]. Também é comum encontrar uma superfície deformada, em direção à correção subsférica (Figura 41-2) ou em direção à

correção exagerada (Figuras 41-3, 4 e 5). Uma medição rápida e sem diafragma da aberração longitudinal definirá imediatamente a atitude a ser tomada para melhorar o espelho. Se a deformação for oposta ou menor que a parábola, ela pode ser parabolizada na primeira intenção, como se você tivesse uma esfera. Este é o caso mais favorável e você pode aplicá-lo mesmo na presença de uma anomalia de declive razoavelmente suave. No caso de uma hipérbole que não exceda 2 ou 3 vezes a parábola, a parábola pode ser retornada diretamente, por exemplo, com um regime de sobrepressão na zona 0,7 que se enquadra na categoria de intervenções descritas abaixo.

Mas também muitas vezes permanece um defeito zonal anormal no final do polimento devido a uma ferramenta defeituosa ou a um hábito vicioso do operador. Como não é possível contar com alguns minutos de parabolização para eliminá-lo, é necessário fazê-lo desaparecer ou pelo menos amolecer o suficiente. Antes de tentar um retoque, é necessário testar a remoção automática, continuando o trabalho normal por uma boa hora após uma verificação cuidadosa da ferramenta e dos movimentos. Uma anormalidade na aresta (Figuras 41-6, 7) é frequentemente causada por pressão manual inadequada na aresta da ferramenta, movimentos muito longos ou passo muito suave. Uma superfície desigualmente dividida em zonas é inadmissível (Figura 41-8); é necessário continuar o trabalho por tempo suficiente, com um bolo bem formado. Outras irregularidades zonais (Figuras 41-9, 10, 11, 12 e 13) podem advir de deformações visíveis da ferramenta, como quadrados com arestas quebradas, ausentes ou mal cortadas. Acima de tudo, é necessário limpar o bolo e continuar o trabalho normal por um longo tempo. Em geral, uma anormalidade difícil de retocar (área deprimida, orifício central) pode ser removida ou pelo menos substituída por um defeito mais fácil de corrigir (por exemplo, um solavanco central).

Retoques parciais

É conveniente manter um caderno de anotações que indique, para cada intervenção, uma ou mais seções aparentes notáveis do sólido diferencial observado pelo método de Foucault (a figura 41 fornece exemplos de perfis para escolher), a indicação do tempo de trabalho, das carreiras, das pressões escolhidas na ferramenta etc. Esse registro deve constituir, para um determinado operador, o melhor documento de referência para trabalhos futuros; Infelizmente, o determinismo estrito não pode ser aplicado a um problema de retoque parcial. Não se trata de questionar o sagrado princípio da causalidade, mas é necessário confessar que o conjunto de causas que determinam a ação da ferramenta nunca é perfeitamente conhecido e reproduzível. Com uma ferramenta grande, você só sabe o que fazer ao trabalhar por alguns minutos sem nenhuma perturbação e com um bolo de retoque é muito difícil unir o desgaste produzido com o restante da superfície. Da mesma forma, existem alguns princípios que são razoavelmente gerais e seguros na medida em que são conhecidos por evitar sobreposição com outras causas de perturbação. Tais princípios são:

1. O desgaste é uma função crescente da pressão. Para nós, é o princípio mais importante e mais seguro. Os métodos de parabolização, como veremos, freqüentemente constituem seus corolários. Um operador prático pode, portanto, tentar qualquer retoque com uma ferramenta grande, o que é uma vantagem importante em relação ao uso de bolos de retoque. A sobrepressão pode ocorrer na posição de espelho para cima, colocando o vidro em uma posição excêntrica para fazer com que os traços com a área a ser pressionada sejam tangentes

à borda da ferramenta (Figuras 41-10 e 12) ou melhor ainda na posição de espelho, inclinando-se em uma extremidade da ferramenta (na figura 41, as mãos que exercem essa pressão estão sombreadas). A borda da ferramenta é certamente um lugar crítico, onde o desgaste anormal pode ser facilmente localizado; por exemplo, com os mesmos movimentos, eles podem ser corrigidos à vontade: uma aresta abaixada (figura 41-6) ou elevada (figura 41-7) simplesmente apoiada na aresta interna ou externa da ferramenta colocada na posição excêntrica conveniente[9]. Um peso móvel, movido à mão na parte traseira da ferramenta, permite obter pressão regular sem fadiga, mas a manobra não é confortável. Lembre-se da necessidade de sempre variar a largura do curso para evitar um grande desgaste localizado de perto.

2. O desgaste é uma função do tempo de ação do bolo. Proposição óbvia, mas cuja aplicação gera surpresas, pois a função não é simples ou mesmo reproduzível e, de qualquer forma, não tem possibilidade de ser linear até que seja alcançado um equilíbrio térmico permanente, o que não pode acontecer no curto espaço de tempo que um retoque dura. Com uma ferramenta de ação modificada, exceto no caso de um grande defeito (hipérbole profunda) ou mal localizado (borda rebaixada), geralmente é suficiente uma duração de trabalho de 5 ou 10 minutos. Quando o defeito é estreito e a perturbação é grande (python central corrigido com o espelho em uma posição muito excêntrica), um único minuto pode produzir um buraco muito irritante para retocar. Em caso de dúvida, é prudente adotar tempos de ação notavelmente curtos.

3. O desgaste é uma função da velocidade relativa do movimento com referência à ferramenta. Este princípio tem algumas aplicações para peças pequenas trabalhadas com uma máquina de alta velocidade, mas para nós seu interesse em menos. Só é necessário lembrar que, para a regularidade do trabalho e a suavidade da forma, corridas rápidas ou bruscas são desfavoráveis.

4. Use anormalidades de uma ferramenta modificada. Se uma parte da ferramenta é voluntariamente desativada, pressionando com interposição de papel na área, raspando levemente a superfície de alguns quadrados ou até mesmo com sua remoção total, o desgaste na área correspondente do vidro é perturbado. Essa maneira de trabalhar é frequentemente aplicada a bolos recheados usados para pequenos fins, mas fornece resultados muito incertos com um espelho um pouco grande. É muito difícil controlar a perturbação produzida e suspendê-la instantaneamente quando o defeito é suficientemente suavizado; portanto, a integridade de um bom bolo não deve ser sacrificada levemente. Entretanto, para tratar uma aresta recortada cortando os cantos dos quadrados marginais (GW

5. Desgaste através de retoques. Esse procedimento aplicado desde 1857 por Leon Foucault é obviamente o mais certo para o espírito determinista. Portanto, será útil alertar os iniciantes que desejam atribuir a priori todas as virtudes[10]. O bolo de retoque é geralmente construído por uma ferramenta de madeira com cerca de vinte milímetros de espessura, quadrada, retangular ou circular, dependendo do caso a ser tratado, com uma largura de 10 a 100 mm. Ele é fornecido com quadrados de arremesso como uma ferramenta grande, mas para evitar arranhões, é necessário encerar os quadrados ou melhor para interpor um tafetá de seda (A. Couder), fixado na parte traseira com percevejos e sem dobrar o lado útil, o que

também permite uma ação mais enérgica e mais segura, embora com aumento da luz difratada pelas micro-ondas.

Para obter bons resultados, é necessário não atacar um grande defeito com um bolo de retoque; isso deve ser menor que $\frac{1}{4}$ onda, estimado pela curvatura das faixas de sombra. Algumas marcas de tinta feitas no momento do controle indicarão o ponto mais alto da área, na borda da sombra (não é necessário cavar uma vala ao lado de uma colina). O vermelho deve ser colocado em uma camada mais espessa do que no trabalho normal. Quando o efeito não é extenso (Figura 41-11), o polegar ou até o dedo indicador (borda rebaixada fina) podem ser bons polimentos de retoque. A pressão para exercer pode ser bastante grande, facilmente da ordem de 500 gr em um bolo de dez centímetros quadrados e nos traços, embora estatisticamente distribuído no ponto saliente, suficientemente variada e larga para obter uma articulação suave. O tempo de trabalho será contado em voltas completas feitas ao redor do copo com o bolo de retoque manipulado com pequenos movimentos rápidos. Uma única volta de um minuto pode ser suficiente no caso de um defeito zonal fraco; Este é o caso mais apropriado para a aplicação desta maravilhosa técnica que deve ser usada da maneira mais moderada possível.

A habilidade neste procedimento só pode ser aprendida através da experiência; um volume de explicações apenas confundiria os medrosos aqui. É preferível não aconselhar o método para aqueles que não têm muita certeza de si mesmos. De fato, no caso de um grande defeito de declive suave, o trabalho desajeitado pode transformá-lo em um alívio muito mais robusto e prejudicial. Dada a pequena quantidade de defeitos de retoque em boas condições com bolos de retoque, o método só poderia interessar aos meticolosos que desejam exceder em muito a aproximação da vigésima onda e está disposto a correr riscos.

Parabolização

Essa famosa parabolização nada mais é do que um caso particularmente simples de regime alterado, que não oferece dificuldade no caso de um pequeno espelho não muito aberto.

A) Método clássico (figura 42A). É suficiente trabalhar com o espelho acima com movimentos de amplitude maior e pode atingir $4/5 D$. É aconselhável cortar os ângulos dos quadrados marginais, mas é necessário não confiar muito nele para evitar a borda abaixada, quando o tom é suave. Se a abertura do espelho atingir $f / D = 6$, a superfície dos quadrados cujas linhas serão em forma de eixo (Ellison) poderá diminuir progressivamente em direção à borda. A ferramenta deve ser pressionada cuidadosamente no espelho, não muito fria, pois, infelizmente, não é possível contar com a igualdade térmica de um trabalho prolongado. Uma primeira intervenção em um espelho de 20 cm af / $D = 8$ pode durar de 8 a 10 minutos; essa duração do trabalho também será adequada para um espelho em $f / D = 6$, pois é preferível não tentar parabolizá-lo de uma só vez. Você deve colocar uma camada de água vermelha e mais grossa do que no trabalho normal e evitar umectação irregular. Quando um bom operador médio puder ser alcançado, será possível obter, com a primeira intenção, parábolas não deformadas com alta precisão; neste caso, as corridas não devem ser muito longas; $2/3 D$ no máximo, mas o trabalho deve durar aproximadamente uma hora com a troca do operador a cada 10 minutos; Deste modo, conseguimos parabolizar espelhos automaticamente na oficina da Comissão, graças a 4 ou 5 operadores que se livraram de fazer as "mesmas" corridas. Quando um bom operador médio puder ser alcançado, será possível obter, com a primeira intenção, parábolas não deformadas com alta precisão; neste caso, as corridas não devem ser muito longas; $2/3 D$ no máximo, mas o trabalho deve durar aproximadamente uma hora com a troca do operador a cada 10 minutos; Deste modo, conseguimos parabolizar espelhos automaticamente na oficina da Comissão, graças a 4 ou 5 operadores que se livraram de fazer as "mesmas" corridas.

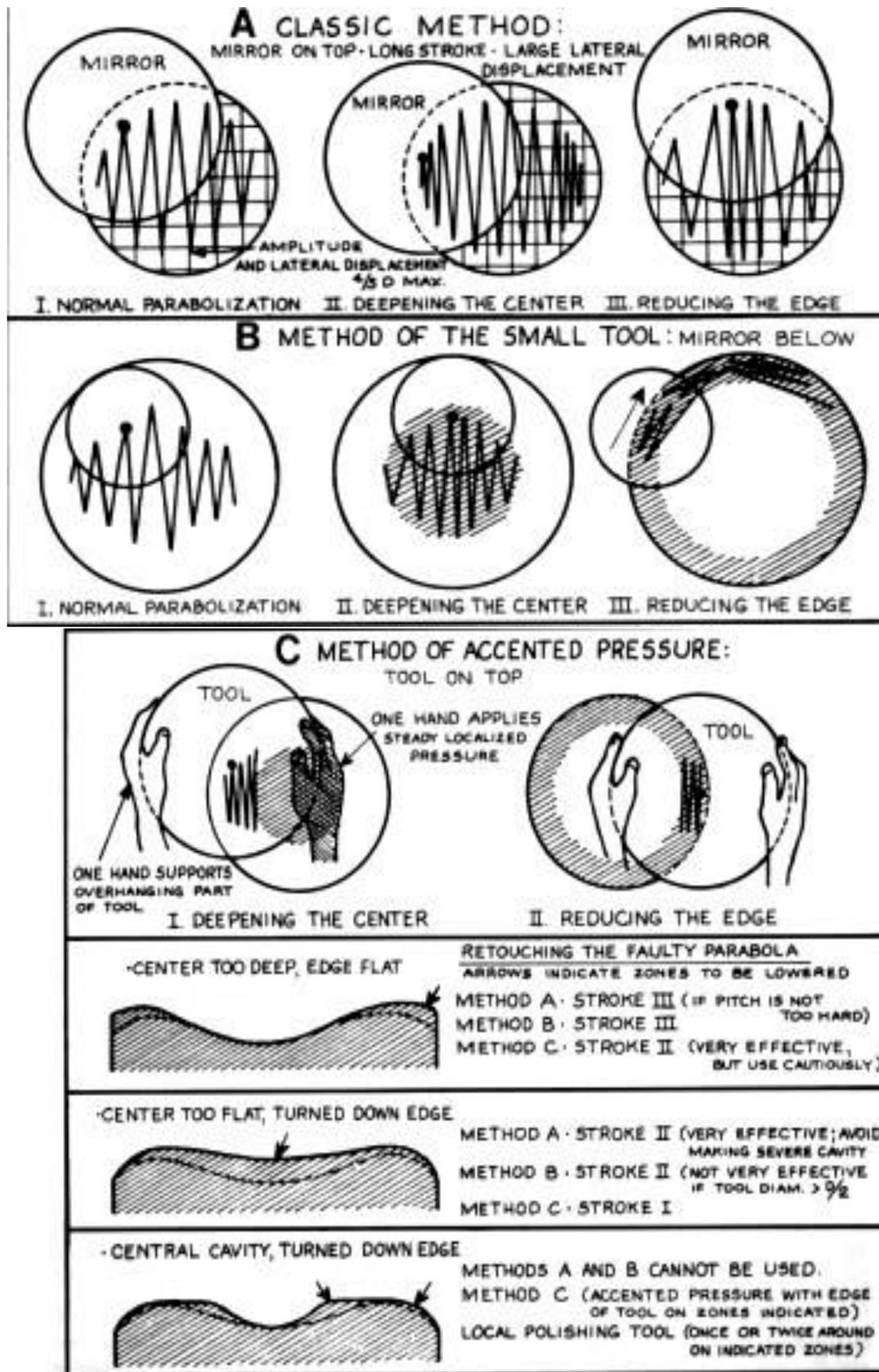


Fig 42. Métodos de parabolización

B) Método de ferramenta pequena (Figura 42B). Com um espelho ligeiramente grande e não muito aberto, o uso de um bolo com metade do diâmetro do espelho pode dar bons resultados. O método é especialmente interessante para aperfeiçoar uma forma obtida com uma ferramenta grande; Se o tempo de trabalho da ferramenta pequena for prolongado por muito tempo, existe o risco de ondulações e arranhões.

C) Método de sobrepressão (figura 42C). Utilizamos esse procedimento esculpindo um espelho de 26 cm em $f / D = 4$, para o qual o primeiro método não permitiu exceder com segurança uma elipse metade menos deformada que a parábola: a parte central é escavada com sobrepressões na borda interna da ferramenta, com o espelho para baixo. A borda do espelho é abaixada com a ferramenta em uma posição muito excêntrica. Da mesma forma, qualquer área saliente de uma parábola imperfeita pode ser tratada por sobrepressões na borda interna da ferramenta passando estatisticamente sobre essa área; Obviamente, as amplitudes devem ser variadas o suficiente para evitar danos locais e unir o ponto atacado. A pressão exercida deve ser regular em todo o contorno da área e funciona bem entendida, para curvas completas.

Retoque de parábolas imperfeitas

É necessária uma certa prática de sombras para interpretar as anomalias em relação aos sólidos diferenciais desenhados na figura 37. Se a forma geral parecer quase alcançada, o que é julgado principalmente pelo aspecto médio (figura 37B), Medição da aberração longitudinal sem diafragma para saber se deve continuar o trabalho da mesma maneira ou, inversamente, para retornar à esfera como visto anteriormente. Enquanto isso, independentemente da correção geral, a precisão da forma conta; Apresentamos na parte inferior da figura 42, três exemplos de retoques de formas defeituosas entre os mais frequentes.

Vamos tentar corrigir uma forma exata[onze]; é mais seguro, especialmente para o iniciante, fazer pelo menos sumariamente algumas medições em cada área com o diafragma de Couder. Para não fazer um cálculo completo para cada retoque, costumávamos operar da seguinte maneira rápida, o que é suficiente para terminar um espelho padrão:

Por exemplo, as seguintes medidas foram encontradas nas zonas 1, 2, 3, 4 respectivamente:

Valores encontrados 28,03 29,64 31,15 31,81 teórico 0,14 1,08 2,28

3,46

A segunda linha é copiada do diafragma da figura 38. Para fixar idéias, faremos uma aberração zero para a zona 3, na qual as melhores medições são obtidas; é então necessário subtrair a constante 28,87 obtida da subtração de 31,15 menos 2,28 de todas as quantidades; resultante: -0,84 0,77 2,28 2,94

Vamos subtrair os valores teóricos dessas quantidades: **-0,98 -0,31 0,00 -0,52**

Vemos que todas as nossas medições, exceto a realizada na zona 3 tomada como zero, mostram desvios negativos; portanto, a zona 3 é especialmente defeituosa; Para melhor distribuir os desvios, vamos adicionar outra constante e, assim, obteremos uma segunda aproximação. Vamos adicionar 0,4 à terceira linha; então será: -0.44 1.17 2.68 3.34

Vamos subtrair os valores teóricos dessas quantidades: **-0,58 0,09 0,40 -0,12**

Para retocar o espelho, basta um esboço semimeridiano qualitativo. Ele é desenhado à mão livre e sem escala no caderno de retoque (figura 43), fazendo o seguinte raciocínio simples: as abcissas (horizontais) representam as alturas das áreas; 4 paralelas à ordenada (vertical), representam esquematicamente os limites das quatro janelas; as ordenadas darão a importância do alívio. Vemos que nossa zona 1 tem um raio de curvatura menor de 0,58 em relação à superfície de referência escolhida. Isso significa que a zona 1 é muito escavada e que a semente certa que esboçamos aumenta; para a zona 2, o desvio positivo é de apenas 0,09 e nossa zona plotada é praticamente quase paralela ao eixo da abcissa, diminuindo um pouco; para a zona 3, o resíduo é fortemente positivo: 0, 40 e nossa superfície de onda cai visivelmente; finalmente, na zona 4, temos um resíduo de -0,12 e a curva sobe novamente um pouco.

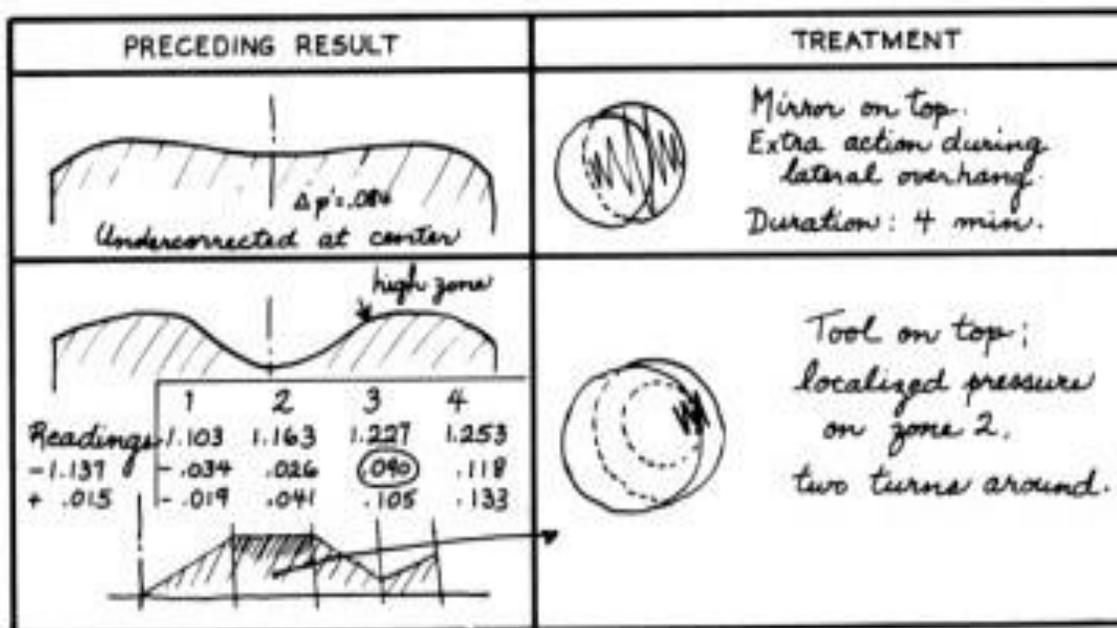


Fig 43. Fragmento de un cuaderno de retoques

A linha tracejada obtida descreve qualitativamente a forma do meio-diâmetro direito do espelho em relação a uma linha horizontal que representa a superfície parabólica de referência. Percebe-se imediatamente (figura 42) que há uma área alta que corrigiremos

agindo principalmente na área 2, com sobrepressão na borda da ferramenta, por exemplo. Quando os desvios longitudinais não ultrapassam 1 ou 2 décimos de milímetro, é chegado o momento de fazer medições cuidadosas e um cálculo completo.

Redução de aberrações no plano focal

Para saber se o espelho é bom, devemos avaliar suas aberrações no plano focal e determinar a onda emergente quando receber uma fonte de luz muito distante. Os resíduos que permanecem entre as abordagens longitudinais encontradas experimentalmente após abaixá-las em uma constante bem escolhida e a aberração teórica hm^2 / R de uma parábola perfeita são os defeitos do próprio espelho e medem sua aberração longitudinal no centro da curvatura: ΔC [12].

As aberrações longitudinais correspondentes Λ que o espelho apresentará no foco serão quatro vezes menores. A Figura 44 mostra o raio HMI real emergindo do ponto H e cortando o eixo a uma distância longitudinal do raio ideal H'P igual a PI, que é precisamente essa aberração longitudinal Λf .

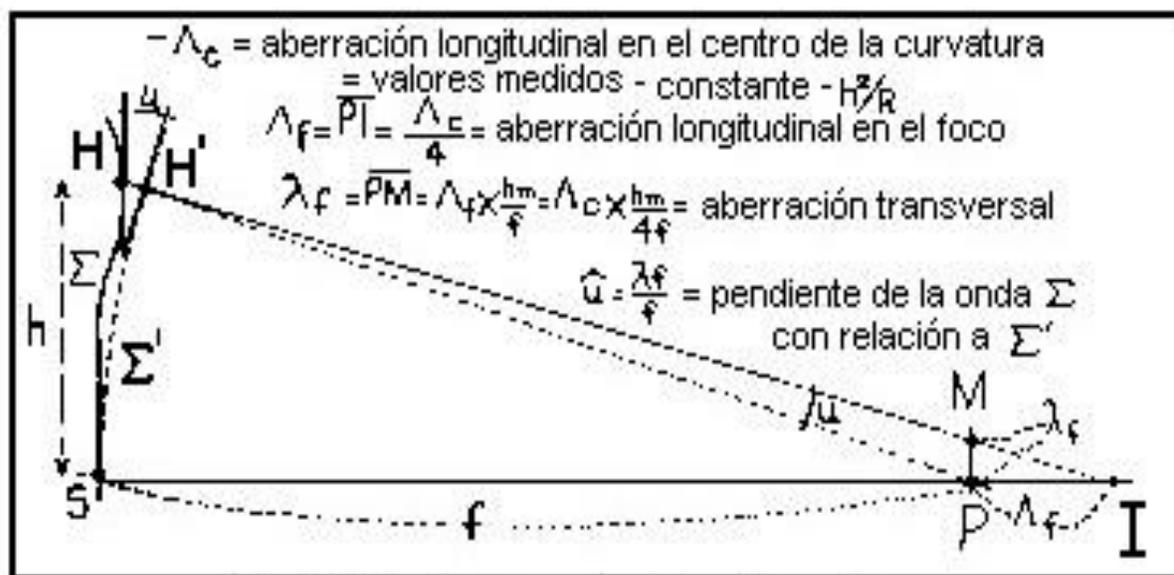


Fig 44. Relaciones entre las aberraciones

O segmento PM é a aberração transversal correspondente, chamada λf . Como, na realidade, PI e especialmente HH 'são insignificantes em comparação com a distância focal f , o λf será obtido com todo o rigor útil (aqui não fazemos matemática, mas um espelho) multiplicando os resíduos longitudinais no centro ΔC pelas alturas de incidência hm e dividindo os resultados por $4f$. Em resumo, $\Delta Chm / 4f$.

A tangente no ponto H da onda real Σ torna a tangente no ponto H 'da onda ideal Σ' o mesmo ângulo u que os correspondentes raios emergentes HM e H'P; Esse ângulo u , que mede a inclinação da onda Σ no ponto

H, é obviamente obtido (sempre com a aproximação necessária) dividindo a aberração transversal λf pela distância focal f . Juntando ponta a ponta, essas inclinações desenharam esquematicamente o perfil da superfície da onda e podemos avaliar seus defeitos. Para fazer tudo isso, basta conhecer as quatro operações elementares.

O boletim de controle

A Figura 45 é um exemplo do boletim de controle de um espelho construído no workshop da Comissão, cuja preparação iremos explicar abaixo:

Ignoraremos as diferentes constantes mecânicas e ópticas do espelho que são de interpretação imediata. As quatro primeiras linhas da tabela são calculadas de acordo com o diafragma da zona; nós sabemos o que eles significam. Eles são fáceis de calcular com antecedência (o espelho pode não ser bom na primeira tentativa): na linha 5, os fatores de altura da incidência: $hm / 4f$ que o λf fornecerá através de uma única multiplicação por ΔC .

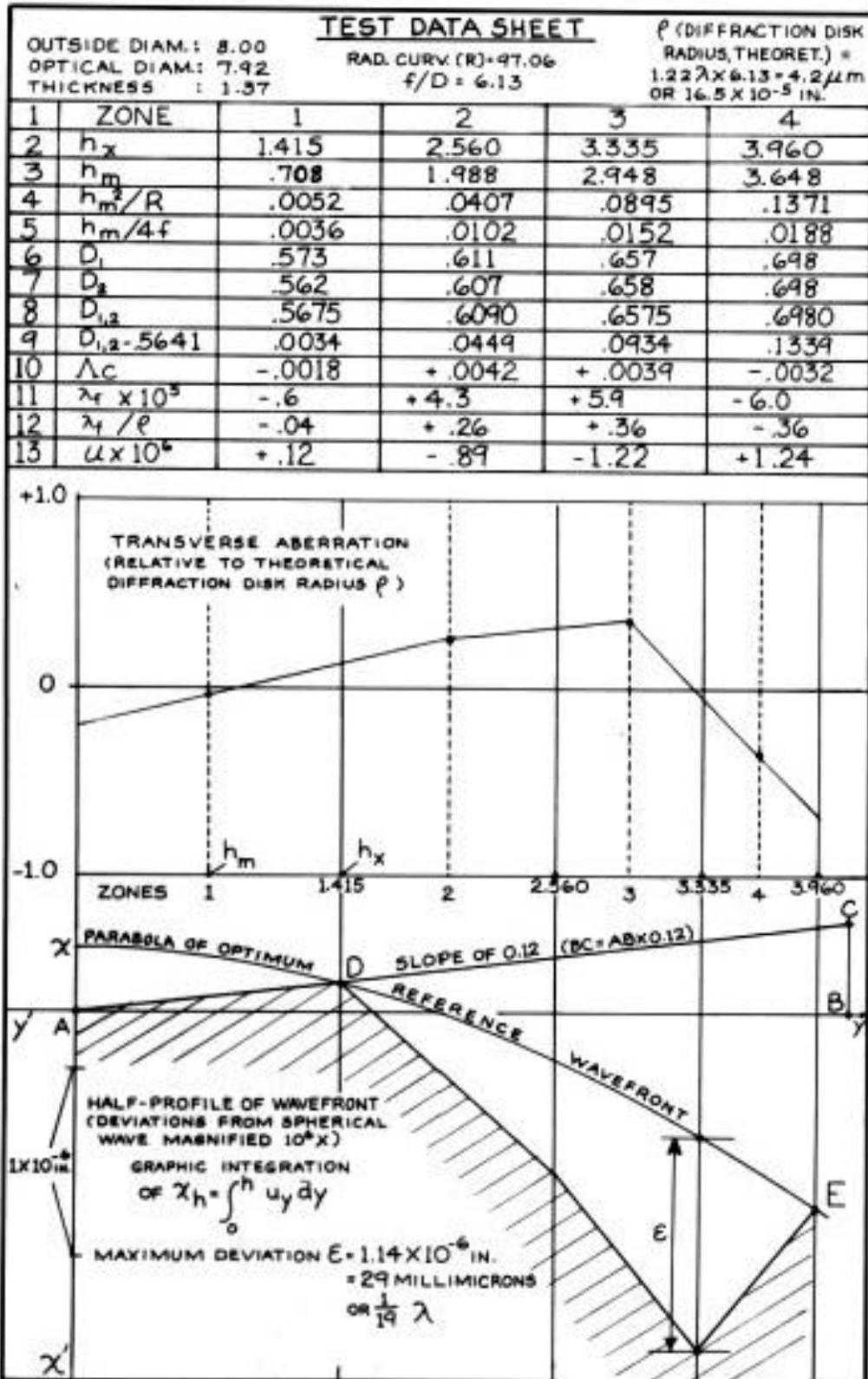


Fig 45. Facsímil del boletín de control de un espejo

A média de pelo menos quatro boas medições feitas no diâmetro ± 1 do espelho é registrada na linha 6; o mesmo para a linha 7 em relação a um diâmetro ± 2 , perpendicular a

± 1 (entre as duas séries, o espelho é girado um quarto de volta em seu plano, com precauções práticas). As diferenças sistemáticas entre as duas séries podem servir apenas para apreciar o astigmatismo do espelho como um todo, uma vez que a distância entre o espelho e a faca provavelmente mudou entre os dois ajustes, mas o astigmatismo zonal pode se tornar aparente. Se as anomalias longitudinais transformadas em λf não atingirem o raio do ponto de difração (veja abaixo), serão calculadas: linha 8, as médias das linhas 6 e 7 que serão consideradas representativas do espelho do meio. Para a linha 9, uma pequena dificuldade: é necessário encontrar, por meio de testes, a constante para abaixar os valores da linha 8 para enquadrar da melhor forma possível os desvios com referência à parábola teórica. Quando a abordagem é bem escolhida, os resíduos longitudinais devem ser obtidos na linha 10 (linha 9 menos linha 4) do que após uma multiplicação pelos fatores de altura da incidência (linha 5) fornecerá na linha 11 as aberrações transversais máximas λf iguais e de sinais opostos. Agora estamos exatamente no plano do círculo menos aberrado; Uma olhada na linha 5 mostra que desvios longitudinais aproximadamente 5 vezes menores devem ser permitidos na zona 4 do que na zona 1 para obter esse resultado.

A linha 12 é a das aberrações transversais reduzidas, ou seja, tomadas com o raio ρ do ponto de difração como a unidade que conta, como sabemos:

$$\rho = 1,22\lambda \times \frac{f}{D}$$

Finalmente, na linha 13 estão os ângulos u que serão tomados com o sinal de menos em um fator de multiplicação suficiente para desenhar o perfil; Aqui tomamos o fator de um milhão (106), cuidando dos erros de vírgula. O exemplo apresentado deve ser suficiente para fixar a ordem de magnitude dos vários valores.

Nos dois gráficos, carregamos as alturas de incidência na escala de tamanho na abcissa; num sentido mais geral, este eixo será (uma vez que não é habitual) o do y . Quatro paralelos à ordenada marcarão os limites externos (linha 2) das 4 zonas.

O primeiro gráfico nada mais é do que a tradução da linha 12; Nas ordenadas, $+\rho$ e $-\rho$ foram marcados, o que significa os limites do ponto de difração teórico.

As ordenadas do perfil inferior mostram o desvio HH' (figura 44) entre a superfície esférica ideal da onda do vértice S e c entre P e a superfície real da onda Σ com o mesmo vértice S . No ponto H , a distância $HH' = X_h$ É dado por:

$$X_h = \int_0^h u_y dy$$

Não há razão para ficar desconfortável; a operação é feita graficamente; Não é necessário nem um decímetro duplo se for utilizado papel milimetrado. Insistimos repetidamente, mesmo correndo o risco de fazer o sorriso "astuto".

Entre os limites da zona 1, temos que desenhar um declive $-ux$ 106 (linha 13) igual a $+ 0,25$ (a "curva" aumenta quando o coeficiente é positivo e cai quando é negativo); de uma origem arbitrária A do eixo das ordenadas $x'x$ (que ao mesmo tempo é o eixo do espelho), tomamos um comprimento AB na abscissa igual, por exemplo, a 100 mm, a partir de B subimos em uma quantidade BC equivalente a 25 mm e junte-se a CA; Esta é a nossa primeira inclinação que, é claro, deve ser parada no ponto D, onde cruza o limite das zonas 1 e 2, um ponto que serve como origem para rastrear a segunda inclinação $-0,49$ até o limite da zona 2 e, portanto, continue para a zona 4 na borda do espelho.

Essa linha quebrada tem, obviamente (como a pintura moderna), apenas uma relação distante com o ser físico infinitamente complexo que é a superfície da onda e que não podemos analisar com quatro inclinações, mas que a representa em seu aspecto geral. Lembre-se de que os continentes podem ser representados em um atlas escolar.

Por outro lado, esse perfil angular fornece os limites superiores dos desvios; o erro cometido é então no sentido de maior rigor. Resta comparar essa superfície convencional de ondas com a parábola que se afasta o menos possível; geralmente não é a esfera meridiana taken 'tomada como referência, que está em nosso esboço uma linha paralela ao eixo da abscissa $y'y$ (uma vez que o plano do círculo com a menor aberração não possui uma virtude particular). Temos o direito de buscar o centro de uma onda melhor; em outras palavras, para ajustá-lo; essa onda, de raio ligeiramente diferente, deve tocar nosso perfil quebrado nos dois pontos mais salientes que estão aqui D e E. No esboço, o perfil da esfera, cujos desvios de Σ 'são funções do quadrado da altura de incidência, será um arco de parábola do eixo $x'x$ forçado a passar pelos pontos conhecidos D e E. Com isso, o "astuto" será capaz de se iludir por ser sábio ao determinar o coeficiente a de sua equação ($x = a + cy^2$); os outros o rastrearão sem sérios inconvenientes. Tudo o que resta é medir o maior desvio de tautocronismo ϵ entre a linha tracejada e a parábola. Antes de compará-los ao comprimento de onda de $0,56 \mu\text{m}$ da luz mais sensível para os olhos, não devemos esquecer que isso é ampliado um milhão de vezes; em nossa escala de ordenadas, 1 cm representa $0,01 \mu\text{m}$ ou $1/56$ de onda. Tudo o que resta é medir o maior desvio de tautocronismo ϵ entre a linha tracejada e a parábola. Antes de compará-los ao comprimento de onda de $0,56 \mu\text{m}$ da luz mais sensível para os olhos, não devemos esquecer que isso é ampliado um milhão de vezes; em nossa escala de ordenadas, 1 cm representa $0,01 \mu\text{m}$ ou $1/56$ de onda.

Interpretação do boletim de controle

Isso interessa não apenas ao oculista amador, mas também ao responsável por uma meta, da qual ele sempre deve exigir e entender seu boletim.

Há um critério duplo ao qual um bom objetivo deve satisfazer, o que foi afirmado em Lunettes et télescopes por A. Danjon e A. Couder, página 522:

1. *"O raio do círculo com a menor aberração é comparável ao do ponto de difração teórico e, em média, as aberrações transversais reduzidas são menores que a unidade.*
2. *O maior desvio de tautocronismo é no máximo igual a um quarto de onda, e a maior parte da superfície do espelho apresenta defeitos marcadamente menores. "*

Os dois gráficos do boletim de controle nos permitem julgar se o espelho responde bem a esse duplo critério. Em geral, em um pequeno espelho, a primeira condição é a mais difícil de encontrar. Um boletim de resumo indicando apenas o λf do cálculo imediato pode fornecer serviços importantes aqui. Muitas vezes, coloca-se um limite mais severo no segundo critério; nós apontamos o porquê. Não sai espelho da oficina da Comissão se o seu boletim não determinar $\lambda f / \rho < 1$ e os desvios de tautocronismo forem inferiores a $\lambda / 10$; esse limite ainda está longe de ser atingido[13]. Com tolerâncias tão pequenas, é inútil procurar qualquer falha no céu olhando para as estrelas; O que pode ser descoberto é que o espelho está mal montado ou mal centrado. Acrescentamos, para aqueles que são apenas compradores, que você não deve confiar em uma simples fotografia tirada no aparato de Foucault, produzida pelo oculista e cujos contrastes podem ser levados ao infinito. Se existir um boletim de controle completo, a escala de ampliação de ordenadas, que geralmente é considerada igual a apenas 105, deve ser controlada para mostrar declives menos terríveis; muitas vezes também com o objetivo óbvio de escrever defeitos duas vezes menores, o oculista dá o perfil dos acidentes no vidro e não na onda; Você precisa saber como descobrir essas pequenas violações de confiança e exigir detalhes conforme necessário. Se o boletim estiver incompleto e não indicar, por exemplo, mais do que os desvios longitudinais eIC , será necessário calcular rapidamente com a regra o λf correspondente para compará-los com o raio do ponto de difração. O espelho principal simboliza nossa esperança astronômica; não aceite cegamente. Pelo contrário, a menos que sejam formidáveis, os defeitos visíveis da abrasão: cinza, impressões digitais, arranhões, escamas, não prejudicam mais do que a falta de beleza, geralmente benigna na imagem. A parte mais delicada da nossa empresa está finalizada; Ficaríamos desanimados se tivéssemos intimidado com descrições muito completas os iniciantes seduzidos pelo trabalho do vidro. Todos os detalhes dados não são essenciais para criar um espelho aceitável, mas são perfeitos; Não queríamos limitar o campo de ação do fã cuidadoso e perseverante que tem a possibilidade e, portanto, o dever, de realizar e garantir um trabalho impecável. Essa disciplina contribuirá para torná-lo digno de possuir um telescópio poderoso e o ajudará a dominar a situação infinitamente mais delicada de observar uma imagem do céu, perturbada pelos abomináveis redemoinhos atmosféricos.

- [1] Após certas "façanhas" de operadores capazes de esculpir um espelho de 160 mm em 6 horas, muitos fãs fazem questão de honra polir como loucos; Indicamos aos mais furiosos que as modernas máquinas americanas (usando a barnesita) podem um bloco de 180 mm de diâmetro entre 1 e 3 minutos; mas a ótica astronômica é outra coisa.
- [2] A. Couder, *Construction d'un miroir de 1,20 m (construção de um espelho de 1,20 m) e Lunettes et Tèlescopes (óculos e telescópios)*.
- [3] Um pedaço de vidro esfregou contra o outro com a interposição do Carborundum 280 ou 400.
- [4] A taxa de crescimento da área é $28p \text{ cm}^2 = 88 \text{ cm}^2$. Os raios hx são: ..., Dessa forma, as áreas das faixas circulares serão: $Z4 = Z3 = Z2 = 2Z1$.
- [5] O número de zonas é determinado pelo número inteiro fornecido pela seguinte fórmula: com r em mm.
- [6] Essa média aritmética hm não é idêntica à hm de A. Couder, *Lunettes et télescopes*, p. 533, definido como o raio cujo quadrado é igual à metade dos quadrados dos raios interno e externo da área e que permite uma redução teoricamente mais correta; não obstante o significado físico da abordagem fotométrica da área, ela parece corresponder a metade da janela (as franjas de difração afetam simetricamente as duas bordas e o observador é especialmente igual às partes centrais da porção). As diferenças resultantes dessa divergência de interpretação são pequenas; com o diafragma padrão, eles representam seções transversais menores que microns. Cada um escolherá de acordo com seus critérios.
- [7] *Défauts des instruments réels (Defeitos de instrumentos reais)*. *Physique Cahiers*.
- [8] A superfície plana é usada para representar a esfera, pois é assim que é observado no método de sombra.
- [9] Aqui está uma maneira divertida de confundir um "determinista" confiante, ou seja, o operador que pensa que sempre pode prever o efeito produzido por uma determinada ação.
- [10] Não se deve esquecer que Foucault polir com papel, uma técnica que não se presta à aplicação de outros procedimentos melhores.
- [11] Ellison lançou a moda de espelhos parcialmente parabólicos (por exemplo, 90% $H2/R$) para explicar um eventual efeito térmico que só poderia excepcionalmente compensar esse defeito voluntário permanente; de qualquer forma, é muito confortável justificar a falta de jeito, que depois parece ter sido intencional.
- [12] Lembramos que tomamos as principais notações de *Lunettes et télescopes* e convidamos os leitores que possuem um mínimo de conhecimento matemático a seguir no original (número 115), o princípio do método.
- [13] A média dos desvios de tautocronismo dos 18 primeiros espelhos da oficina é.

3. O espelho plano diagonal

Espelho ou prisma; qualidades requeridas

Para tornar o plano focal acessível, o feixe principal é desviado por meio de um prisma de reflexão total ou um espelho plano geralmente inclinado a 45° em relação ao eixo do espelho principal.

Os prismas não apresentam vantagens insignificantes: com vigas cuja abertura não excede $1/5$, eliminam a conservação de uma superfície metálica particularmente exposta ao tanque de pulverização. Eles também são relativamente fáceis de encontrar partes comuns. Infelizmente, a qualidade exigida na aplicação que enfrentamos dificilmente é alcançada por prismas comuns atualmente usados para inversores de imagem em dispositivos de baixa ampliação. Os requisitos para o plano da face hipotenusa de um prisma são quase os mesmos que para um espelho plano; O que complica ainda mais a questão no caso de um prisma é que os defeitos podem se acumular com os das faces de entrada e saída, com os erros de inclinação das faces entre si e com os defeitos internos do vidro. Portanto, um bom prisma com mais de 40 mm de borda no ângulo reto é um objeto muito raro. Em todos os casos, o prisma atua como uma folha de faces paralelas de espessura igual ao seu lado menor; Em seguida, introduz uma sobrecorreção esférica e cromática não desprezível para uma viagem de vidro de cerca de 40 mm com um feixe de abertura de $1/6$ ou mais. Por outro lado, um espelho plano não introduz nenhuma aberração. Devido à proximidade relativa da imagem, da ordem de um décimo da distância focal do espelho principal, em princípio erros de inclinação 10 vezes maiores do que o que pode ser tolerado, prestando atenção especial à condição relativa do tautocronismo. Para satisfazer a regra de Rayleigh, levando em consideração os defeitos do vidro e a incidência a 45° , Uma anomalia de aproximadamente $\lambda / 12$ é considerada tolerável. Porém, devido à incidência a 45° , não há possibilidade de escolha, como no caso do espelho principal, entre muitas superfícies de referência com curvaturas ligeiramente diferentes; é necessário que a curvatura seja nula porque, caso contrário, o feixe refletido é astigmático. Se admitirmos para este último defeito uma tolerância de $\lambda / 5,5$ em ondas [1], veremos que no vidro, não seremos capazes de tolerar uma curvatura côncava ou convexa regular se exceder $\lambda / 8$.

Muito poucos telescópios em serviço possuem um plano dessa qualidade. Os defeitos de uma faixa inteira são frequentes e tivemos a oportunidade de verificar uma convexidade de 9 faixas no plano de um bom telescópio de 30 cm. Não é duvidoso que parte da má reputação dos refletores newtonianos da indústria decorra de tal negligência.

Forma e dimensões do espelho plano

Se o feixe é projetado em ângulo reto, a superfície mínima de obstrução é obtida cortando uma folha de vidro com um cilindro cujos geratrizes formam um ângulo de 45° com o plano do vidro. O contorno dessa superfície é, portanto, uma elipse (figura 46A) cujos eixos são aya.

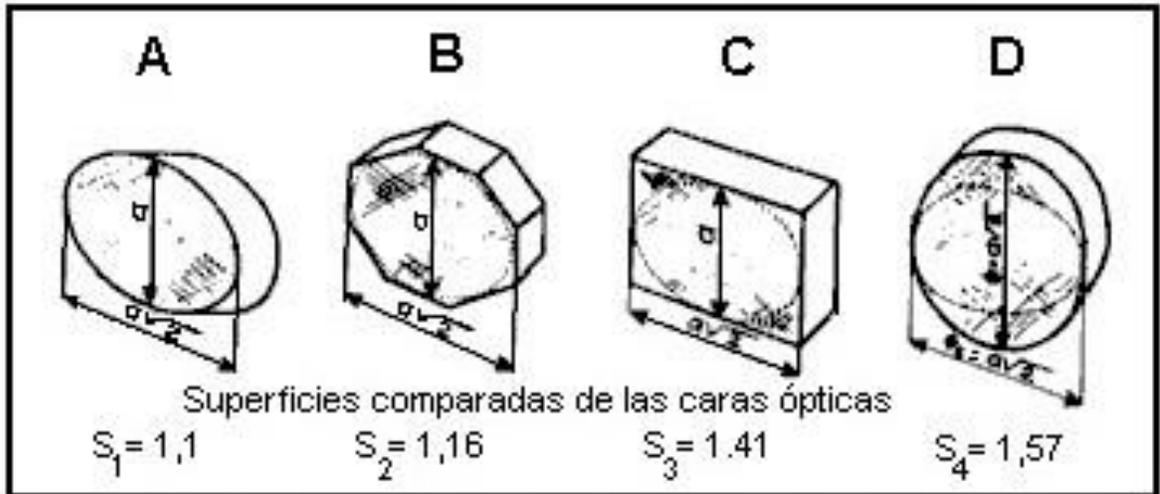


Fig 46. Diversas formas para el espejo secundario

Essa "fatia de linguiça" não é fácil de ser alcançada na prática, e a forma óptica de um espelho raramente será tão boa quanto a do vidro de espessura uniforme. Quase sempre, o ventilador fica contente com um espelho cujas bordas são quadradas em relação às faces.

De acordo com o modo de fabricação adotado, o corpo mais fácil ou mais vantajoso terá um contorno hexagonal (figura 46B), retangular (figura 46C) ou circular (figura 46D). Mesmo neste último caso, a obstrução adicional no feixe incidente é um leve argumento contra a possibilidade de obter uma superfície de melhor qualidade.

Para determinar o valor de a do eixo menor da elipse útil (figura 46), é necessário conhecer quatro dados (figura 47):

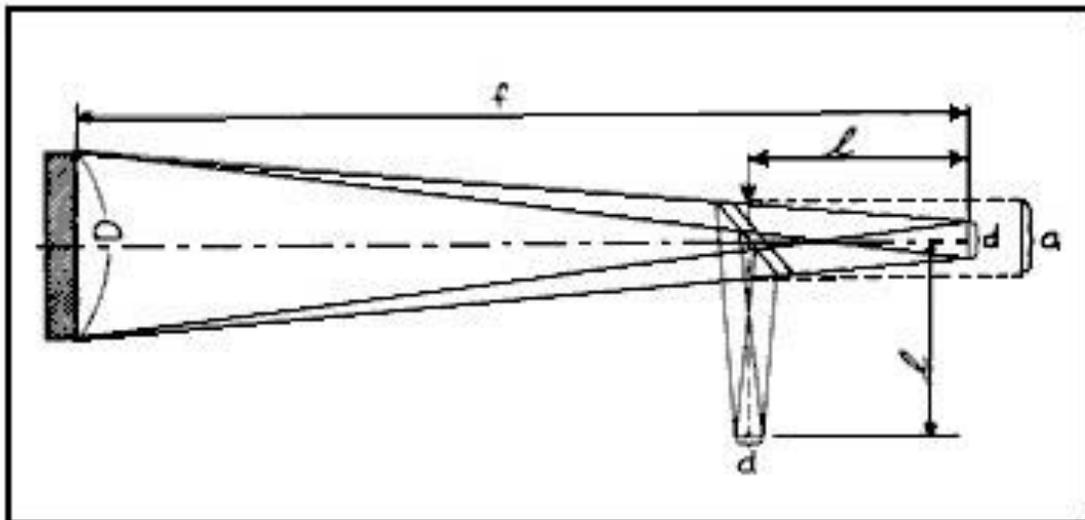


Fig 47. Dimensiones del espejo secundario

- O diâmetro óptico D do espelho principal
- A distância focal f do espelho principal
- A distância l entre a interseção do eixo com a superfície do espelho plano e o plano focal
- O diâmetro d do campo a ser coberto com luz total.

A distância l é igual ao raio externo do tubo destinado ao telescópio (ou metade do lado, se for um quadrado), mais o comprimento de todo o suporte da ocular quando totalmente afundado, além de alguma distância livre entre o plano focal e a base do suporte da ocular; hoje em dia o plano focal é quase sempre acessível externamente. Portanto, é necessário que este plano saia do instrumento quando o suporte da ocular estiver totalmente afundado. Se pensarmos apenas em observações visuais, basta permitir o foco com as oculares negativas mais fortes; Nos quadros atuais de dupla penetração, é suficiente uma folga da ordem de 1 cm. Mas se você planeja tirar fotografias em foco, a distância livre deve ser aumentada na espessura da câmera; em geral, a interposição de qualquer dispositivo ou acessório que tende a encurtar o tubo, impõe maiores distâncias livres e, como consequência, espelhos planos secundários maiores. É aconselhável não tentar interpor um helioscópico polarizador ou um inversor a prismas se esses acessórios não tiverem lentes divergentes, destinadas a afastar o foco na quantidade desejada.

Resta determinar o diâmetro d do campo a ser coberto com luz total. Para a maioria das observações visuais, pode-se contentar com o diâmetro da lua que vale angularmente 31', equivalente no plano focal a um diâmetro linear de 9 milésimos da distância focal x [2] (11 mm no foco de uma Telescópio de distância focal de 1,2 m). Se você quiser tirar fotos em foco com o campo mais amplo possível, o limite razoável será definido pela importância de aberrações extra-axiais do espelho parabólico, lembrando que as nebulosas grandes excedem o campo usual de um telescópio de média potência. O diâmetro das menores estrelas que podem ser fotografadas gravadas no foco de um telescópio de potência média é de aproximadamente 35 μ m. Devemos ser menos exigentes nos limites do campo; vamos definir o limite tolerável para o comprimento radial da pluma devido ao coma e astigmatismo, o valor de 10 μ m. A tabela a seguir, calculada com esses dados, indica o diâmetro d do campo em minutos de arco e em milímetros no plano focal, para diferentes espelhos amadores.

$D = f / D =$	5		6		7		8	
150 mm	103'	22,5 mm	116'	30,4 mm	130'	39,7 mm	138'	48,2 mm
200 mm	80'	23,3 mm	92'	32,1 mm	102'	41,5 mm	110'	51,1 mm
150 mm	66'	24,0 mm	76'	33,2 mm	86'	43,8 mm	92'	53,5 mm

300 mm	55 '	24,0 mm	64 '	33,5 mm	73 '	44,6 mm	80 '	55,9 mm
--------	------	---------	------	---------	------	---------	------	---------

No caso de um espelho pequeno e ligeiramente aberto, a adoção de tal campo pode levar a uma obstrução central proibitiva. Se quisermos fazer observações visuais, recomendamos um dispositivo que permita a substituição do espelho secundário usado na fotografia por um menor.

Conhecendo os quatro dados necessários, podemos desenhar o plano do telescópio em uma escala de $\frac{1}{2}$, por exemplo, traçando os raios emergentes que limitam o campo útil (figura 47); basta medir o diâmetro do feixe à distância l do plano focal para ter o eixo menor da elipse do espelho plano; o eixo principal lembre-se, vale 1.4142 vezes o menor.

O valor de a do eixo menor também pode ser obtido pela fórmula:

Exemplo. Queremos saber o valor do eixo menor do espelho plano do telescópio padrão $f/D = 6$ para o qual temos $D = 200$ mm, $f = 1200$ mm, $l = 160$ mm; de acordo com o tubo padrão e para observações visuais comuns, $d = 11$ mm, é equivalente ao diâmetro da Lua no plano focal e teremos:

Outro exemplo. A mesma pergunta com um telescópio de 300 mm af / $D = 7$ que você deseja usar para fotografias de longa exposição em foco, sabendo que o diâmetro externo do tubo do telescópio mede 350 mm, que a montagem do foco em profundidade mede 50 mm e que a câmara instalada tenha 40 mm de espessura. Se desejar uma folga adicional de 10 mm, você terá:

$$l = 175 + 50 + 40 + 10 = 275 \text{ mm.}$$

A tabela anterior nos fornece: $d = 45$ mm. Assim, temos:

Controle interferencial de espelhos planos

Deixe Uma folha de ar de espessura e (figura 48A) estar entre duas superfícies ópticas. Um raio de luz incidente I , como S , ao chegar na folha de ar sofre uma primeira reflexão

parcial em A na passagem do vidro para o ar, dando origem ao raio refletido R; então, um segundo reflexo em B na passagem do ar para o vidro, dando origem ao raio refletido R'. Esses dois raios R e R' podem interferir; Como as reflexões em A e B são de natureza diferente, ocorre uma diferença de fase de $\lambda / 2$, à qual o caminho suplementar deve ser adicionado: $2e \cos i$ viajado pelo raio R'. Para uma diferença de marcha de $\lambda / 2$ ou um número ímpar de $\lambda / 2$, a interferência é total; Se a folha de ar tiver uma espessura variável, os pontos de espessura apropriados aparecerão escuros e listras localizadas serão vistas na folha de ar.

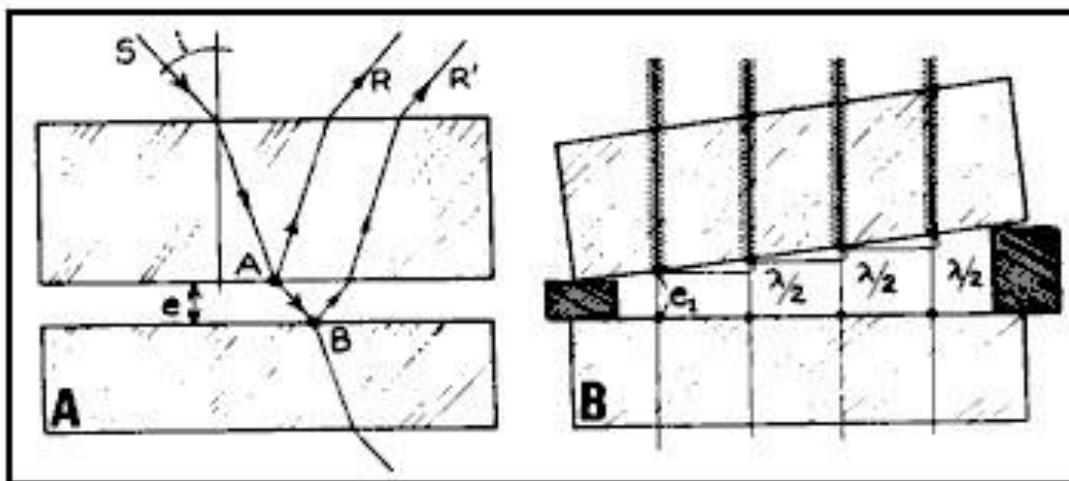


Fig 48. Interferencia producida en un espacio de aire

Um caso particularmente importante que nos interessa diretamente é aquele em que as faces da placa de ar são planas e formam um ângulo muito pequeno entre elas; existe então uma cunha de ar (figura 48B). Se a incidência for normal, cada vez que a espessura da cunha aumenta em $\lambda / 2$ a partir de uma certa espessura para a qual a interferência está completa, uma nova franja será vista, uma vez que o atraso foi aumentado em λ . Essa faixa é obviamente uma linha reta paralela à borda da cunha, pois esse é o local dos pontos de igual espessura. Entre dois pontos no vidro onde as listras K são contadas, pode-se dizer que a espessura variou em $k\lambda / 2$. Se tivermos certeza da planicidade de um lado da cunha (medidor padrão controlado por outro método), podemos interpretar diretamente as alterações das faixas de igual espessura em relação à linha reta, como defeitos de planicidade da segunda face da cunha; as faixas nos fornecerão um meio preciso de controlar o nivelamento de uma superfície óptica, com a única condição de que tenhamos um medidor de referência.

Prática de controle interferencial para espelhos planos

Nas oficinas industriais, o controle interferencial é praticado simplesmente à luz do dia; nessas condições, as faixas não são visíveis, exceto por uma espessura muito pequena da cunha e apresentam cores vivas do espectro de Newton.

As superfícies devem estar perfeitamente limpas e aplicadas com o máximo cuidado, uma sobre a outra, sem deslocamento lateral; Mesmo uma mão experiente nunca tem certeza de não ter escorregado quando o diâmetro do vidro atingir 5 cm. Além disso, geralmente, para espessuras de ar fracas, fenômenos de adesão muito prejudiciais devido às contrações mecânicas que elas causam nas peças. Se for acrescentado que é raro que a oficina seja operada com incidência normal e tempos de resfriamento suficientes após as manipulações do calibrador e do espelho ainda no bloco, entender-se-á que essa técnica só pode ser solicitada com uma precisão de $\lambda / 2$.

Um método mais correto é usar uma extensa fonte de luz monocromática, por exemplo, um tubo de descarga de vapor de mercúrio, para que a incidência seja normal. Mesmo sem isolar a faixa verde, é possível ver as faixas em cunha interpondo calços de papel entre as superfícies.

É melhor e ao mesmo tempo mais econômico usar uma luz de neon, fácil de encontrar em lojas de eletricidade, associada a um dispositivo imaginado por Fizeau. Realizou a maioria dos seguintes workshops de A. Couder. A lâmpada N é colocada no foco de uma lente plana convexa comum L (figura 49); a face plana está voltada para a fonte e a distância focal não deve ser muito pequena (40 ou 50 cm para um diâmetro de 10 cm).

Se a lâmpada for muito volumosa, você pode colocá-la de lado usando qualquer prisma; em qualquer caso, a escova incidente deve estar levemente fora do eixo para que o feixe de retorno, após reflexão no plano, seja diretamente acessível. É conveniente poder ajustar a orientação do dispositivo ou das superfícies examinadas por meio de parafusos ou buchas independentes, a fim de realizar a autocolimação no plano.

Os calços de separação são cortados da mesma folha de papel com 1 ou 2 décimos de mm de espessura e sua largura pode variar de 5 a 10 mm. O jornal, que é relativamente compressível, é prático. O paquímetro é primeiro apoiado em um calço, depois equilibrado nos outros dois sem tocar diretamente no espelho. Em geral, no início, você vê um grande número de faixas, o que indica que a inclinação da cunha é grande e, conseqüentemente, os calços são muito diferentes; puxando a espessura grossa ou comprimindo-a, as faixas se alargam; quando há apenas uma dúzia no vidro, não há vantagem em combinar a espessura dos calços; geralmente as faixas se espalham em uma "tonalidade uniforme", mesmo que permaneçam defeitos de 1/10 ou 2/10 da faixa, enquanto que com um interfranjaxi [3] de aproximadamente 10 mm, é visível uma curvatura ou um acidente de $\frac{1}{2}$ mm. Isso representa 1/20 de franja ou $\lambda / 40$ no vidro. Mais comumente, existem defeitos zonais ou uma curvatura geral; Para evitar interpretações errôneas, comece localizando o calço fino (que é aquele que, comprimido por uma leve pressão do dedo no vidro de chumbo, mostra as listras se aproximando, uma vez que a inclinação da cunha de ar aumenta) e é girado na frente do operador (Figuras 49 e 50); então, a franja central representa o corte da parte controlada, como pode ser observado se seus acidentes aumentaram a uma taxa de aproximadamente 0,3 μm (néon $\lambda / 2$ efetivo) para um interfluxo (33333 a 1). Mais comumente, existem defeitos zonais ou uma curvatura geral; Para evitar interpretações errôneas, comece localizando o calço fino (que é aquele que, comprimido por uma leve pressão do dedo no vidro de chumbo, mostra as listras se aproximando, uma vez que a inclinação da cunha de ar aumenta) e é girado

na frente do operador (Figuras 49 e 50); então, a franja central representa o corte da parte controlada, como pode ser observado se seus acidentes aumentaram a uma taxa de aproximadamente $0,3 \mu\text{m}$ (néon $\lambda / 2$ efetivo) para um interfluxo (33333 a 1). Mais comumente, existem defeitos zonais ou uma curvatura geral; Para evitar interpretações errôneas, comece localizando o calço fino (que é aquele que, comprimido por uma leve pressão do dedo no vidro de chumbo, mostra as listras se aproximando, uma vez que a inclinação da cunha de ar aumenta) e é girado na frente do operador (Figuras 49 e 50); então, a franja central representa o corte da parte controlada, como pode ser observado se seus acidentes aumentaram a uma taxa de aproximadamente $0,3 \mu\text{m}$ (néon $\lambda / 2$ efetivo) para um interfluxo (33333 a 1). comprimido por uma leve pressão do dedo no vidro de chumbo, mostra as listras se aproximando, uma vez que a inclinação da cunha de ar aumenta) e é girada na frente do operador (Figuras 49 e 50); então, a franja central representa o corte da parte controlada, como pode ser observado se seus acidentes aumentaram a uma taxa de aproximadamente $0,3 \mu\text{m}$ (néon $\lambda / 2$ efetivo) para um interfluxo (33333 a 1). comprimido por uma leve pressão do dedo no vidro de chumbo, mostra as listras se aproximando, uma vez que a inclinação da cunha de ar aumenta) e é girada na frente do operador (Figuras 49 e 50); então, a franja central representa o corte da parte controlada, como pode ser observado se seus acidentes aumentaram a uma taxa de aproximadamente $0,3 \mu\text{m}$ (néon $\lambda / 2$ efetivo) para um interfluxo (33333 a 1).

As figuras 49 e 50 apresentam exemplos de aplicação desta regra. Os acidentes são medidos comparando-se a curvatura das tiras com o valor da estrutura intermediária, graças a uma rosca que materializa uma linha reta, colocada em um arco de arame de ferro. Quando o defeito não é de revolução, a interpretação das listras nem sempre é fácil; é necessário mudar a direção da maior inclinação da cunha de ar, trocando, por exemplo, dois calços um com o outro para estudar outros diâmetros. Isso é particularmente útil com vidro que não é circular (Figura 49).

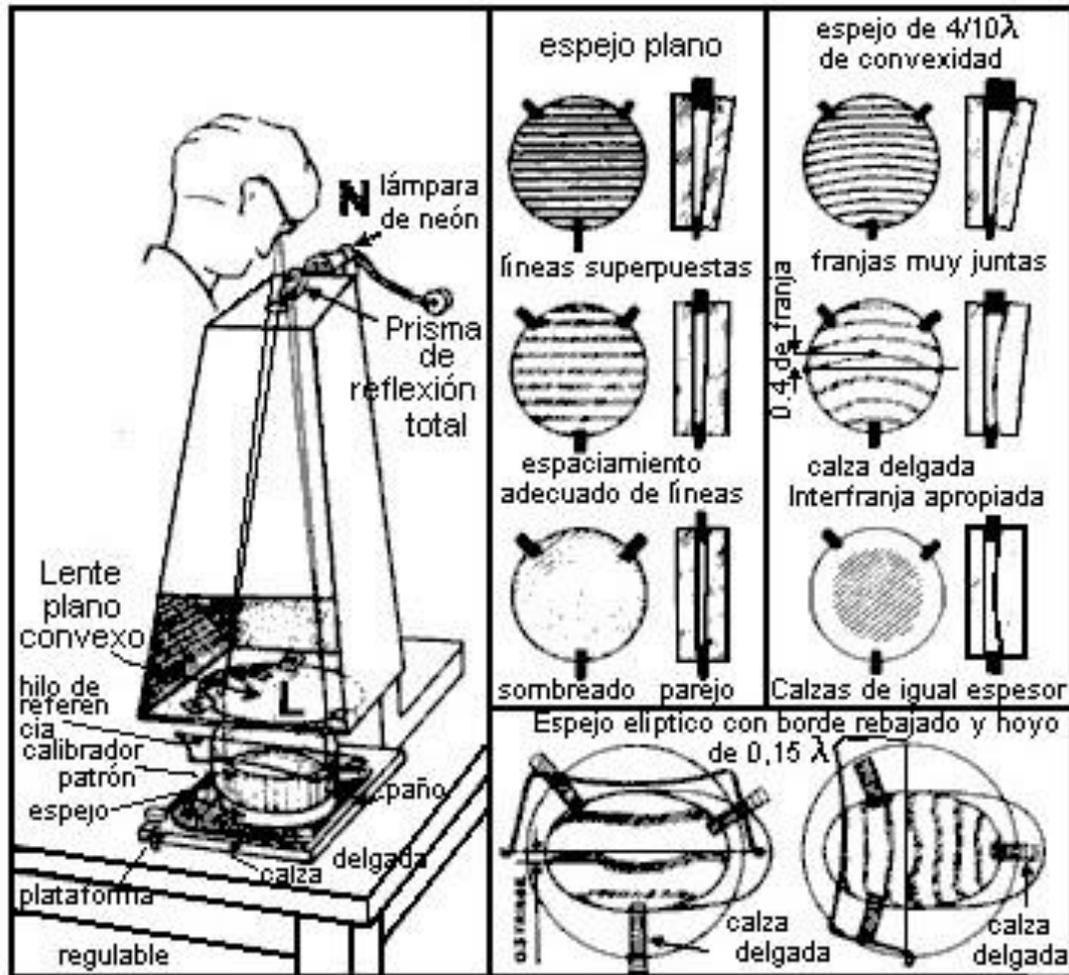


Fig 49. Control interferencial de planos con el montaje de Fizeau

Obviamente, são necessárias precauções para o equilíbrio térmico dos óculos e para evitar aquecê-los durante o próprio teste. Geralmente, é necessária uma espera de várias horas após o manuseio do calibre e do espelho; é melhor deixar o copo repousar durante a noite e não se inclinar na frente do aparelho por mais do que o tempo necessário; é até conveniente proteger os óculos do calor do corpo por meio de um papel ondulado que forma uma camisa até as lentes do aparelho Fizeau.

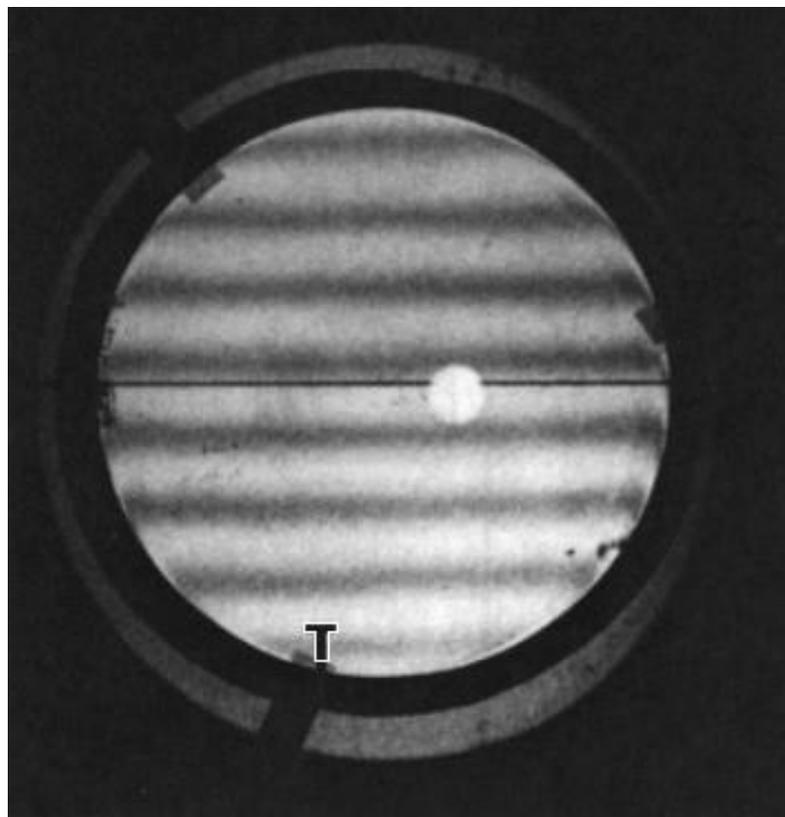


Fig 50. Control interferencial de un espejo plano. Observar el hilo rectilíneo de referencia cerca de la franja central. La mancha blanca es el reflejo de la lámpara d neón. La calza delgada está marcada T. El borde extremo está rebajado.

O método interferencial é fácil de aplicar e interpretação imediata, sem cálculos; Ele pressupõe apenas que você tenha um calibrador padrão pelo menos do tamanho da peça a ser controlada e cuja qualidade esteja além da dúvida. Um dos primeiros deveres de um grupo de amadores é possuir um plano diretor e também poder controlar as peças reunidas por seus membros. O amador isolado nas províncias pode, estritamente falando, evitar grandes defeitos controlando 3 espelhos, dois a dois, com as costas polidas; Você obterá um sistema de três equações com três incógnitas de resolução imediata que fornecerá as indicações sobre a curvatura em importância e sinal dos três óculosxii [4]. Infelizmente, se os defeitos forem complicados, esse método é insuficiente; dificilmente pode ser aplicado com sucesso no caso de curvaturas regulares.

Controle de espelhos planos em combinação com um esférico

Um espelho esférico côncavo auxiliar deve estar disponível, pelo menos tão grande quanto o eixo menor do plano a ser controlado; de fato, mesmo para um espelho muito pequeno, não há interesse em cair abaixo de 10 cm de diâmetro e 2 m de raio de curvatura. Para o fervoroso entalhador de espelhos, um esférico perfeito bastante grande é uma peça de referência preciosa; Quem constrói um telescópio apenas ocasionalmente não esculpirá especialmente um espelho esférico; Aconselhamos que você use seu espelho principal,

mesmo quando ele já é parabólico, desde que não tenha um defeito pequeno e claro bem no centro. Será verificado examinando no aparelho Foucault um espelho de 20 cm em $f / D = 8$ ou mesmo 6, provido de um diafragma de 50 mm, que em sua parte central pode ser assimilado a um espelho esférico.

Vamos voltar ao dispositivo descrito em “Defeitos que não são de revolução” (voltar), referente ao estudo do astigmatismo do espelho principal e aplicá-lo ao exame do espelho de diafragma para verificar se o astigmatismo da montagem é insensível a uma ocular forte.

Para a interposição do espelho plano dentro da viga, é necessário um suporte especial. A Figura 51 mostra um exemplo feito com três pranchas, das quais a primeira serve como rodapé e repousa sobre três cabeças de pregos e as outras duas formam uma diédrica, por exemplo em exemploxiii [5] de 45° , que tem seus planos materializados por cabeças pregos que sustentam a parte traseira dos espelhos cujo deslizamento vertical é impedido com pregos grandes que os seguram pela borda. O centro do espelho esférico deve obviamente se projetar no centro do vidro plano.

Para ter luz suficiente, apesar das três reflexões e, como o plano em exame está eventualmente em retoque e geralmente não é metalizado, o esférico deve ser.

A experiência de Foucault sob essas condições revela os defeitos zonais do plano, se houver, mas não pode nos dizer se o espelho tem uma curvatura esférica côncava ou convexa fraca. De fato, com nossa montagem, o plano de incidência é horizontal e o astigmatismo criado pela não planicidade do espelho diagonal se manifestará próximo à imagem na forma de linhas focais retangulares, uma delas, a focal sagital, está contida no plano de incidência e, portanto, horizontal com nossa montagem, mas o outro, o foco tangencial, ortogonal em relação ao anterior, é vertical como nossa faca e, se este fizer um corte em seu plano, observaremos o tom uniforme como um raio anastigmático. No entanto, o astigmatismo pode ser revelado e medido com grande precisão pelo método de Foucault, se o aparelho for equipado com uma faca e uma fonte que possa girar em seu plano; colocando a aresta na posição horizontal, outra posição longitudinal de extinção pode ser encontrada em tonalidade uniforme correspondente ao foco sagital, subtraindo desta segunda medição o astigmatismo do conjunto (posição axial extra da fonte); A diferença entre as duas abordagens mede o comprimento l do astigmatismo que permite que a curvatura do espelho seja calculada com a fórmula indicada abaixo. Mas podemos evitar a transformação de nosso aparelho Foucault simplesmente apontando os pontos focais com uma ocular forte; a precisão é um pouco menor, mas nos familiarizará com uma imagem afetada de puro astigmatismo. Como a bola é colada à ocular e nossa montagem tem pouca abertura angular, o astigmatismo da montagem pode ser negligenciado e o comprimento do astigmatismo pode ser obtido, subtraindo uma das outras as duas abordagens encontradas para os planos de foco correspondentes a cada ponto focal (figura 51) Se o foco sagital (horizontal) estiver mais próximo do espelho do que o tangencial (vertical), significa que o espelho é convexo; pelo contrário, se estiver mais longe, o espelho é côncavo. Se o foco sagital (horizontal) estiver mais próximo do espelho do que o tangencial (vertical), significa que o espelho é convexo; pelo contrário, se estiver mais longe, o espelho é côncavo. Se o foco sagital (horizontal) estiver mais próximo do espelho do que o tangencial (vertical), significa que o espelho é convexo; pelo contrário, se estiver mais longe, o espelho é côncavo.

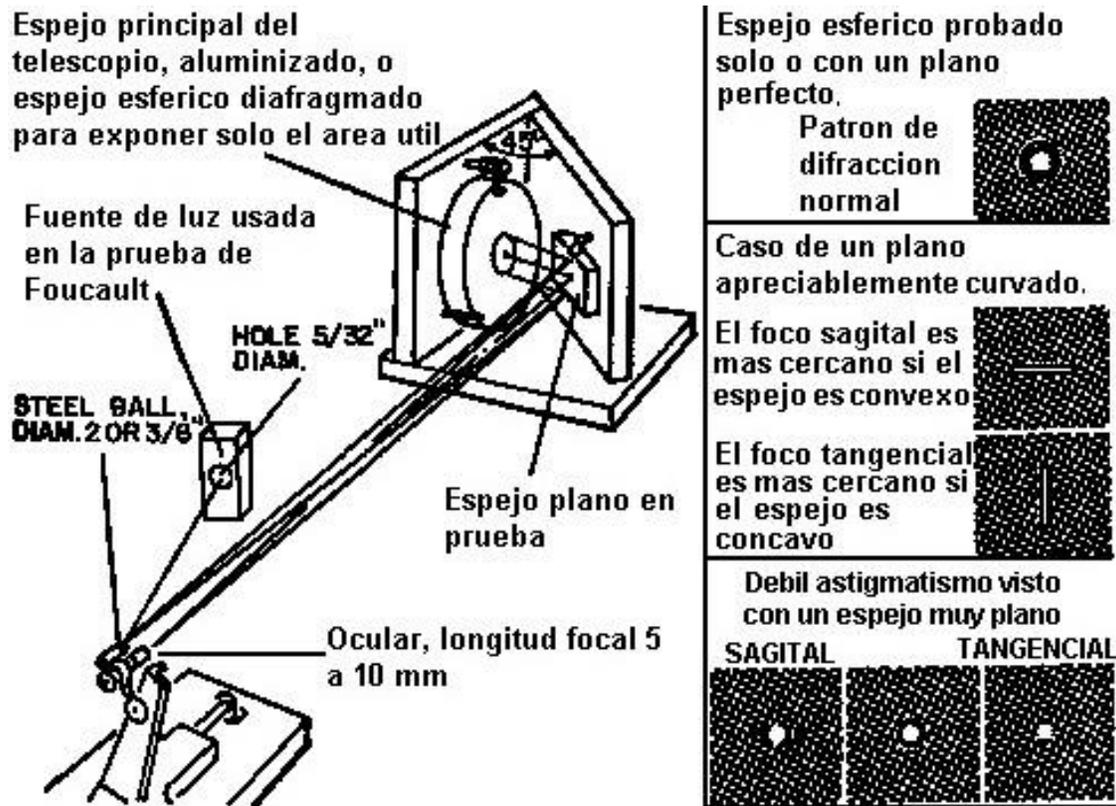


Fig 51. Prueba de una superficie plana con la ayuda de un espejo esférico

Tomamos de A. Couder as seguintes fórmulasxiv [6]: O raio de curvatura R do espelho quase plano examinado é igual a:

Estando a distância do espelho plano à imagem vista pela ocular, levando em consideração as duas reflexões e l o comprimento do astigmatismo.

Para a nossa assembléia, na qual tomamos $i = 45^\circ$, $\cos i =$ a fórmula passa a ser:

Sempre em caso de incidência a 45° , a seta ϵ de curvatura do espelho quase plano é dada por:

D sendo o diâmetro do feixe útil no plano do espelho examinado.

Exemplo: Foi encontrado um comprimento de astigmatismo l de 2 mm entre os dois pontos focais, sendo o focal sagital o mais distante; Sabendo também que $p = 3100$ mm (espelho de 20 cm $f / 8$ usado como esférico) e $D = 50$ mm, concluímos que o espelho testado é côncavo e que seu raio de curvatura é igual a:

A seta de curvatura do eixo menor é:

isto é $0,023 \mu\text{m}$ ou

O método é muito sensível, pois o espelho está longe da imagem (p é 20 vezes maior que no instrumento em serviço) e o feixe passa duas vezes sobre o plano.

Elemento principal

Vidro de Saint Gobainxv [7]

A planicidade do vidro é frequentemente elogiada nos tratados de física e naqueles dedicados aos telescópios amadores; certamente ela é notável por um produto industrial tão trivial. Se houver um número suficiente de peças de vidro e um aparelho de controle de interferência, não será difícil encontrar uma peça grande o suficiente e perfeita o suficiente para constituir um espelho menor com eixo diagonal de 20 a 30 mm. O que deve ser descartado é a prática muito frequente entre amadores, que é pegar o primeiro pedaço de vidro encontrado, sem controlá-lo; Você tem algo como 100 chances de conseguir uma boa chance dessa maneira! Quase sempre existem defeitos astigmáticos cuja interpretação é às vezes difícil e cuja amplitude atinge facilmente 5 ou 10 faixas acima de 50 mm;

Em casos extremos, o vidro comum de 8 mm de espessura pode ser suficiente para um espelho diagonal de eixo menor de 30 a 40 mm; no entanto, será preferida uma espessura de 10 a 15 mm, especialmente se o eixo menor atingir 50 ou 60 mm.

Peças ópticas recuperadas

Como principal fonte de espelhos planos, mencionaremos: os filtros fotográficos feitos especialmente por Carl Zeiss Jenaxvi [8] e Goertz para as antigas câmeras de aviação de grande porte, que geralmente têm um preço muito bom no mercado de segunda mão. Estes filtros são constituídos por duas folhas de faces planas e paralelas de 150 mm de diâmetro e 11 mm de espessura ou superiores a 180 e 14 mm, respectivamente, coladas, com a interposição de uma gelatina colorida. Geralmente, é necessário serrar a moldura para recuperar as folhas, que podem ser descascadas em uma panela para aquecer. As faces internas geralmente apresentam defeitos de 2 ou 3 faixas em todo o diâmetro, mas geralmente as faces externas não apresentam defeitos em mais de uma faixa e se o plano de corte for cuidadosamente estudado, uma região grande o suficiente para um espelho exato em $\lambda / 10$ pode ser encontrada. Na oficina da Comissão, conseguimos obter 4 espelhos planos padrão perfeitos a partir de uma única placa de 150 mm. Aqueles que não têm coragem de fazer um teste óptico, desta vez terão uma chance muito maior de obter um espelho aceitável cortando-o do centro da face externa de uma folha de filtro, do que recorrer ao vidro da Saint Gobain. De qualquer forma, retocar é muito mais fácil do que se fosse um pedaço de vidro da Saint Gobain. Desta vez, será muito mais provável que obtenham um espelho aceitável cortando-o do centro da face externa de uma folha de filtro, do que recorrendo ao vidro Saint Gobain. De qualquer forma, retocar é muito mais fácil do que se fosse um pedaço de vidro da Saint Gobain. Desta vez, será muito mais provável que obtenham um espelho aceitável cortando-o do centro da face externa de uma folha de filtro, do que recorrendo ao vidro Saint Gobain. De qualquer forma, retocar é muito mais fácil do que se fosse um pedaço de vidro da Saint Gobain.

Vamos também mencionar certos espelhos de formato retangular de rangefinders, que são precisos em 1/10 de uma faixa em geral. Sempre tenha cuidado para não generalizar essas verificações sem verificar; Peças industriais acabadas com essa precisão são muito raras; Praticamente, essa precisão nunca é encontrada em prismas de reflexão total.

Retoque na superfície dos espelhos planos

Se for visto que a face de um pedaço de vidro ou filtro pode ser usada como ela é, ou pode ser retocada no polimento, deve-se tomar cuidado para remover a outra face, o que resultaria em uma concavidade de várias listras na face escolhida. devido às forças de compressão do abrasivo (efeito Twyman). Para o caso mais geral em que é necessário um retoque, você pode escolher entre duas técnicas:

- a) Primeiro corte o espelho em sua forma final e depois toque-o montado em um "bloco", isto é, fixado com inclinação em uma placa e cercado com outras peças laterais, para obter um contorno aproximadamente circular (figura 52A). Desvantagem: ao retirá-lo, as compressões são inevitavelmente liberadas, o que geralmente requer o retoque final do vidro sozinho, e esse retoque, realizado em uma peça que não é de revolução, é muito difícil.
- b) Resumo cortou um espelho circular muito maior que o eixo principal do plano desejado, por exemplo 100 mm para um plano de eixo menor de 40 a 50 mm. Se a peça a ser

retocada for uma folha de filtro de 150 mm, ela poderá ser retrabalhada como está (Figura 52B). Retoque a superfície desse vidro até que ele fique exatamente plano e, em seguida, corte definitivamente o espelho em sua forma final. Desvantagem: se o material tiver resíduos significativos de endurecimento (vidro), as tensões podem ser liberadas e causar um defeito inesperado no corte.

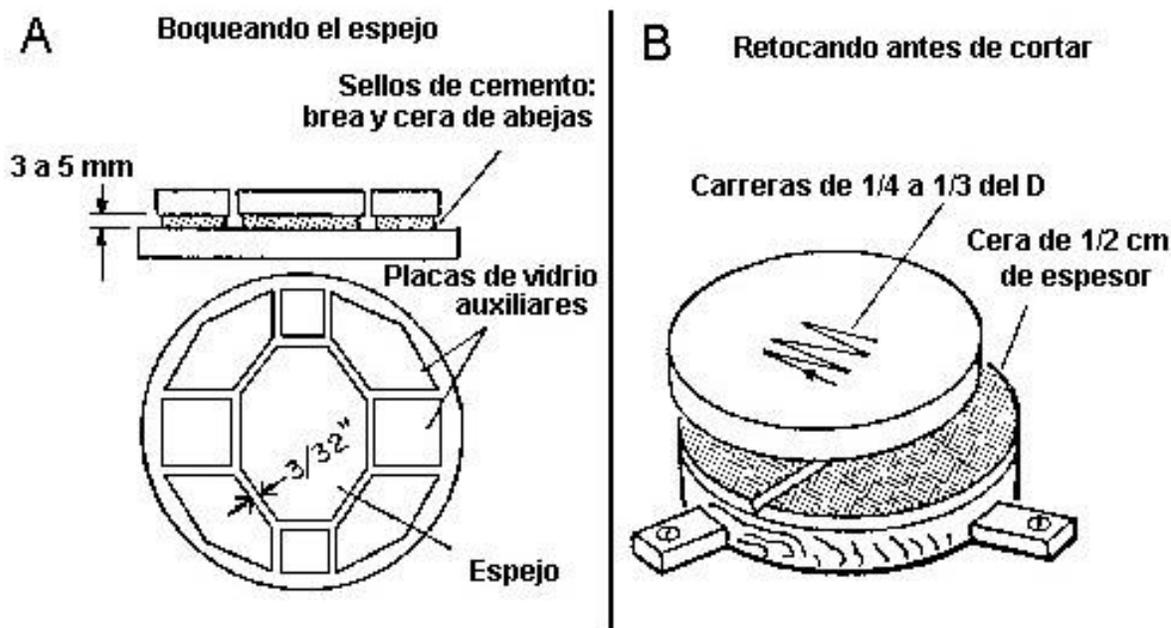


Fig. 52. Dos métodos para mejorar la figura superficial de un espejo plano.

No entanto, preferimos esse segundo método, uma vez que, com os óculos finos considerados aqui, o efeito devido a eventuais tensões é geralmente muito menor do que o devido às tensões de união; Além disso, com o corte, as bordas da peça inicial são eliminadas, quase sempre com defeito.

Para retomar o polimento de um plano de 10 a 15 cm de diâmetro, pode-se usar um bolo sem grade, mas com um diâmetro um pouco maior que o do vidro (1 a 10 cm). Um metal de face plana, vidro ou disco encerado pode ser usado como uma ferramenta, cercada por uma folha de papel forte que se projeta de seu contorno e bem nivelada para receber uma camada de passo com aproximadamente 5 mm de espessura. O tom deve ser bastante difícil; a unha não a marca, mas fracamente. Antes do resfriamento completo, a prensagem é realizada no papel contra uma superfície bastante grande; depois pressionando com vermelho. Durante o trabalho, a ferramenta será protegida por uma ranhura diametral e, se necessário, por pequenos golpes de raspador cruzados, para aumentar sua aderência.

A princípio, o vidro é trabalhado e movimentos variados, como em um espelho comum. A maioria das instruções fornecidas a esse respeito pode ser transferida aqui. A largura dos traços não deve exceder $1/3 D$. A tendência de produzir uma superfície côncava é neutralizada pelo excesso de diâmetro da ferramenta, mas se o vidro for côncavo desde o

início, ele funcionará momentaneamente com o bolo na parte superior, apoiando vidro sobre várias camadas de lã.

A eventual borda rebaixada, mesmo que muito pronunciada, não deve ser levada em consideração, pois desaparecerá com os fragmentos do recorte. Os graves defeitos astigmáticos irregulares do cristal Saint Gobain são automaticamente eliminados por um trabalho suficientemente longo; 3 ou 4 horas de trabalho são muitas vezes suficientes. Haverá apenas a curva geral e os defeitos zonais a serem reduzidos para menos de um décimo do interfluxo na porção central útil, que pode ser delimitada por um diafragma de papelão colocado no vidro durante o controle.

Cortar espelhos planos

É muito mais fácil e rápido fazer um corte reto. Um cortador de roda grande com rolamentos montados como uma escova de carpinteiro é usado de preferência para cortar vidro um tanto espesso. Na verdade, é necessário inclinar-se fortemente para fazer uma linha grossa. O vidro é colocado em um suporte de nivelamento verificado. Se você se orientar com uma régua, é prudente segurá-la com prensas e deve-se levar em conta, é claro, a meia-espessura do cortador de vidro. Para separar o vidro corretamente, proceda da seguinte forma (figura 53): coloque o espelho com o lado riscado voltado para baixo em um pano de bilhar grande como esse, colocando o aparelho em uma superfície plana bastante grande (o mármore de um mecânico é ideal); exatamente na frente da linha, o separador repousa, que é um tipo de ferramenta de aço terminada por uma superfície cilíndrica de raio curto (figura 53). Para produzir a quebra flexível, a cauda do separador é atingida com um golpe seco dado com um pequeno martelo. É preferível separar o vidro em fragmentos de comprimento aproximadamente igual. Quando vários espelhos são esculpido no mesmo disco, é necessário começar com um corte diametral. A maneira mais fácil de cortar é sem dúvida um retângulo (figura 53). Para eliminar pequenas arestas e arestas vivas, as arestas serão chanfradas esfregando a peça, apresentada a 45° com referência a uma peça de vidro, com interposição de carborundo 280. Para evitar arranhões na camada óptica, ela pode ser revestida com resina ou verniz de goma. Para produzir a quebra flexível, a cauda do separador é atingida com um golpe seco dado com um pequeno martelo. É preferível separar o vidro em fragmentos de comprimento aproximadamente igual. Quando vários espelhos são esculpido no mesmo disco, é necessário começar com um corte diametral. A maneira mais fácil de cortar é sem dúvida um retângulo (figura 53). Para eliminar pequenas arestas e arestas vivas, as arestas serão chanfradas esfregando a peça, apresentada a 45° com referência a uma peça de vidro, com interposição de carborundo 280. Para evitar arranhões na camada óptica,

ela pode ser revestida com resina ou verniz de goma. é necessário começar com um corte diametral. A maneira mais fácil de cortar é sem dúvida um retângulo (figura 53). Para eliminar pequenas arestas e arestas vivas, as arestas serão chanfradas esfregando a peça, apresentada a 45° com referência a uma peça de vidro, com interposição de carborundo 280. Para evitar arranhões na camada óptica, ela pode ser revestida com resina ou verniz de goma. é necessário começar com um corte diametral. A maneira mais fácil de cortar é sem dúvida um retângulo (figura 53). Para eliminar pequenas arestas e arestas vivas, as arestas serão chanfradas esfregando a peça, apresentada a 45° com referência a uma peça de vidro, com interposição de carborundo 280. Para evitar arranhões na camada óptica, ela pode ser revestida com resina ou verniz de goma.

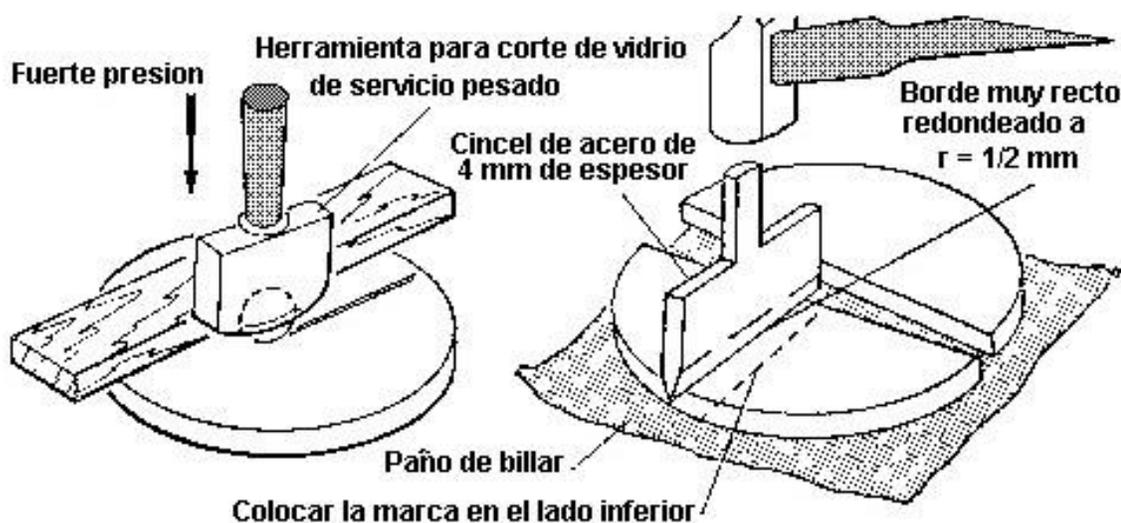


Fig. 53. Cortando vidro grueso para darle forma

Os espelhos octogonais podem exigir um trabalho de pérola um pouco mais trabalhoso, pois os ângulos nem sempre se separam tão perfeitamente. Se você possui um lapidário de eixo vertical ou qualquer elemento da máquina que permita improvisar um, esse trabalho não apresenta dificuldades.

Para obter a forma elíptica oblíqua, o vidro pode ser áspero, colado entre duas outras peças de proteção em uma esmeril rotativa (lapidária) ou em uma placa, por meio de uma peça cilíndrica cortada a 45° na qual deve ser fixada solidamente com cimento ou cola ótica. epóxi; a suavização é realizada em um torno com uma placa de ferro montada no porta-ferramenta (figura 54A). O corte com o cortador de biscoitos pode ser feito com uma broca simples. O cortador de biscoitos é um tubo de metal macio (latão, aço macio) que também é usado para perfurar ou fabricar espelhos Cassegrain; o seu diâmetro interno deve ser aproximadamente 2 mm superior ao eixo menor do espelho a cortar e a sua espessura é da ordem dos milímetros; a parte superior possui uma peça de suporte ou cone Morse que é montado no berbequim; a seção reta inferior é dotada de ranhuras que permitem a circulação

do abrasivo. Para evitar descamação, o vidro deve ser colado com resina (três quartos de resina e um quarto de cera de abelha) entre dois óculos de proteção.

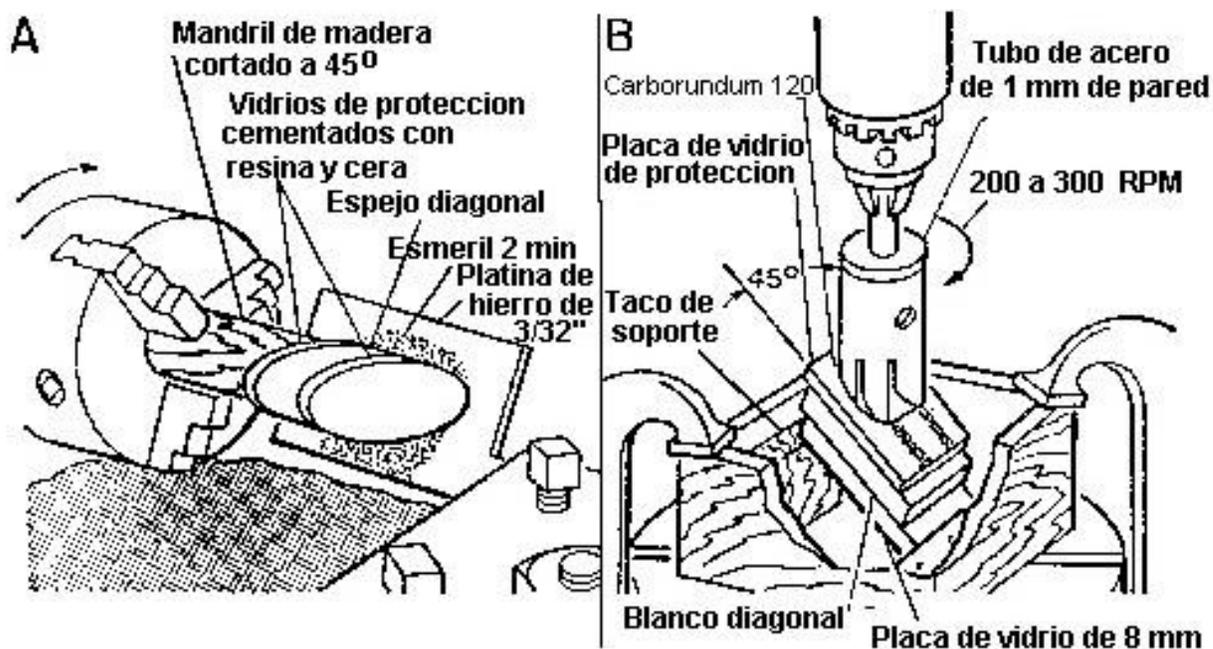


Fig. 54. Produciendo el contorno de un espejo eliptico

Para evitar o início oblíquo do cortador de biscoito, tudo pode ser colocado a 45° dentro de um balde cheio de gesso. Um procedimento simples é colocar o vidro a 45° dentro de uma caixa de madeira encerada, que também recebe a água e o abrasivo (figura 54B) e deve estar firmemente apoiada no plano da broca em pé. Você precisa fornecer bastante água e carborundum 120, por exemplo, e frequentemente remover o cortador de biscoitos do corte para garantir um bom trabalho de abrasão sem superaquecer. O carborundo é obviamente um vizinho perigoso para a máquina, que deve ser tocada apenas com a mão que não lida com o abrasivo e o protege tanto quanto possível com pedaços de pano encerado. Depois de cortar e retirar o espelho, é feito um pequeno chanfro, porque a borda afiada lasca-se facilmente.

Toques finais

O controle após o corte não é sem surpresas; No caso de um espelho elíptico, o mínimo que se pode esperar é uma ligeira elevação da aresta afiada devido ao efeito Twyman da aresta inclinada. Essa anomalia é pequena o suficiente e localizada e pode ser negligenciada. Se atingir 2/10 franjas, você poderá prosseguir com o retoque do dedo. A liberação da tensão, em certos casos, requer uma intervenção mais séria do que um simples retoque parcial. Se o defeito atingir ou exceder uma franja, o que felizmente é muito raro, é necessário recorrer a um bolo do tamanho do eixo principal da elipse; com este procedimento, será temer a redução da aresta. Se você deseja um espelho sem falhas, será mais econômico cortar um novo de um plano de vidro óptico especialmente recozido.

4. As oculares

Visão geral da ocular

Comparada ao objetivo, a ocular do instrumento tem uma função muito mais modesta e sua fabricação industrial não envolve dificuldades da mesma ordem, de modo que o principal motivo da autoconstrução desaparece. Para os entusiastas do construtor, não há nada mais desagradável do que verificar que a aquisição de uma série de boas oculares representa uma das despesas mais consideráveis. Esta questão, portanto, merece alguma atenção.

A ocular é um tipo de lente de aumento que o olho usa para aproveitar ao máximo a imagem primária fornecida pela lente. De qualquer forma, a idéia que se faz de uma lupa vulgar, destinada ao exame de objetos não luminosos por si mesma, precisa ser completada aqui por importantes indicações. Não devemos esquecer que o raio do ponto de difração de um alvo $f/6$ é superior a $4\ \mu\text{m}$ e que levamos em consideração os desvios transversais do boletim de controle da ordem do micron; logicamente, nossa "lupa" deve ser capaz de fornecer uma representação correta dos objetos dessa dimensão. Notemos também que a observação de um objeto muito brilhante em um fundo preto é particularmente reveladora (os microscopistas sabem muito bem disso) dos defeitos das ópticas utilizadas.

Para fazer um julgamento comparativo dos tipos de oculares, é necessário não apenas ter uma objetiva irrepreensível e um olho normal, mas também especificar o papel desempenhado pelas propriedades fora do eixo da objetiva e, especialmente, não esquecer de mencionar a abertura do feixe e o diâmetro pupilar instrumental. De acordo com os valores desses dois parâmetros, os defeitos dos três elementos presentes: objetiva, ocular e ocular terão um papel relativo mais ou menos importante. Por exemplo, se associarmos uma objetiva $f/15$ a uma ocular forte o suficiente para dar uma pupila de saída que não exceda $6/10$ mm, poderemos julgar o valor da objetiva sem nos preocupar com os defeitos da ocular ou do olho. Com uma objetiva $f/6$ e uma pupila menor que $6/10$ mm, os defeitos do olho nem sempre são irritantes, mas os da ocular podem ser;

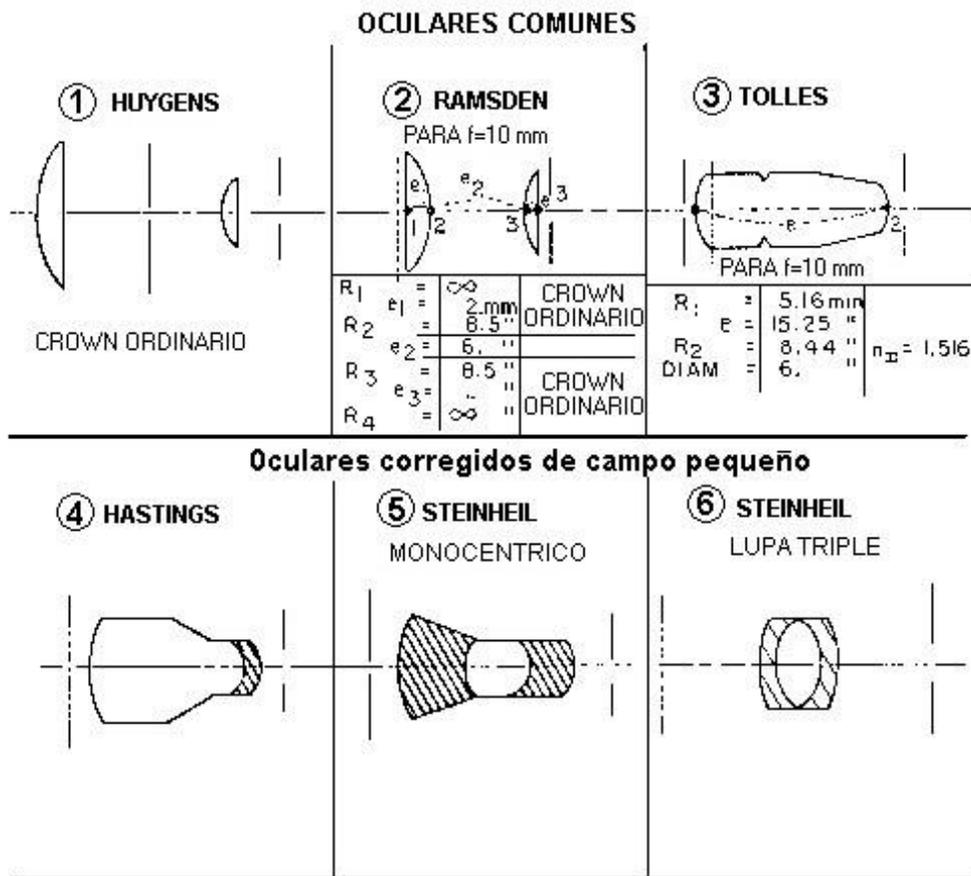
Sempre com nosso espelho $f/6$, para interpretar a qualidade da imagem obtida com pouca ampliação, proporcionando uma pupila de aproximadamente 6 mm, é necessário pensar não apenas nos defeitos da ocular, mas também nos olhos, que desta vez realizam uma função mais importante do que as pequenas aberrações residuais no eixo fornecidas pelo objetivo. Finalmente, no último caso ($f/6$ feixe e pupila de 6 mm), apreciar a qualidade das imagens na borda do campo é quase sem sentido, por assim dizer, uma vez que os defeitos oculares interferem de maneira variável, praticamente imprevisível. ; na melhor das hipóteses, o anel ocular coincide com a pupila do olho, e o olho, para observar um objeto na borda do campo, gira dentro de sua órbita em torno de um centro colocado visivelmente mais para trás.

Não insistiremos, mas basta compreender o valor relativo dos dados que forneceremos posteriormente, obtidos com um grande número de oculares de diferentes manufaturas, que nem sempre aproveitam as possibilidades da respectiva fórmula devido a imperfeições de execução.

A questão das oculares é importante, difícil e não encontrou uma resposta satisfatória para todos os casos.

Os principais tipos de oculares

A Figura 55 indica as proporções, com dimensões em escala, dos diferentes tipos de oculares de aproximadamente 17 mm de distância focal (exceto as oculares de campo amplo que não estão em escala). A direção do movimento da luz é da esquerda para a direita e os planos principais são marcados: no lado do foco, objeto pelo pontilhado espesso que indica o plano do diafragma de campo e no lado do foco, imagem da pupila de saída ou do anel ocular que se possível, deve coincidir com a pupila do olho; o diafragma externo da ocular deve então ficar 7 ou 8 mm mais próximo da lente ocular, o que não é possível, exceto em certos tipos de oculares não muito fortes.



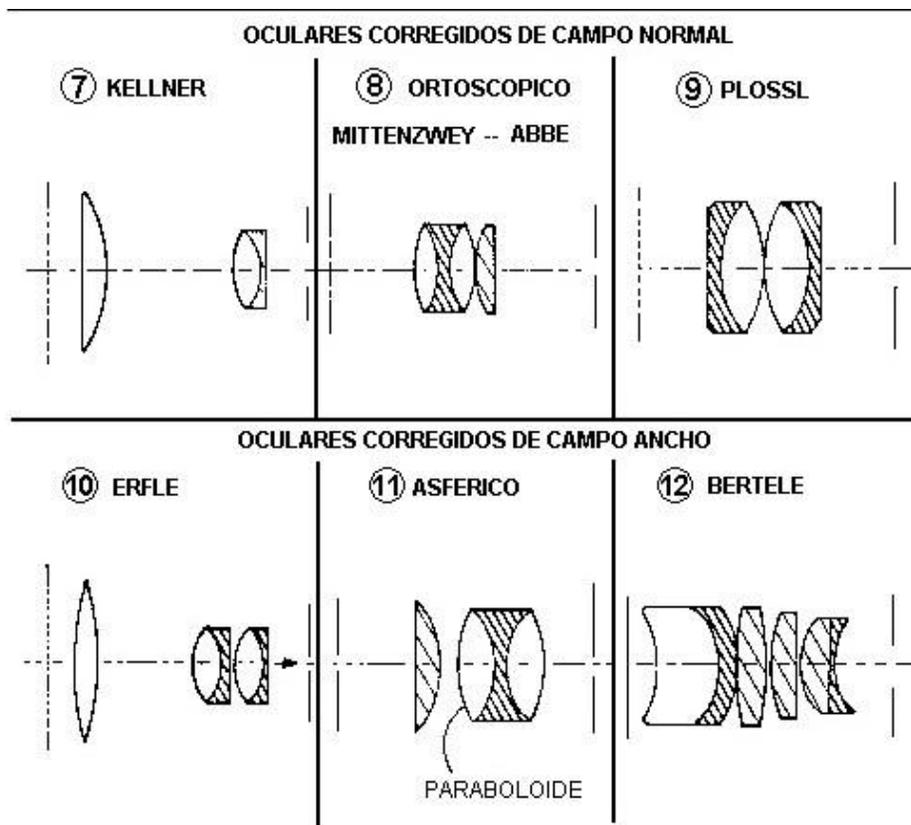


Fig. 55. Principales tipos de oculares

Ocular Huygens

A combinação está indicada: 4 - 3 - 2 (Huygens) ou 3 - 2 - 1 (Dollond). Esses números correspondem, respectivamente, à distância focal das lentes de campo, à separação das duas lentes e à distância focal das lentes oculares. A distância focal resultante é $8/3$ no primeiro caso e $3/2$ no segundo. Com estas proporções obtém-se o acromatismo de aumento. O diafragma de campo é normalmente aberto a 45° . As reflexões são extensas, mas pálidas e, portanto, não perturbam. A maior falha do sistema é uma forte aberração esférica que se torna desastrosa com a abertura $f/8$ ou $f/6$ de nossos telescópios. Em $f/6$, com uma pupila de saída de 3 mm, os resultados são francamente infelizes; o menor deslocamento do olho em relação ao eixo produz plumas intoleráveis. Infelizmente, essa ocular é a mais difundida.

Ocular de Ramsden

Símbolo: 1 - 1 - 1; a distância focal resultante também vale uma unidade, mas geralmente é preferível aproximar o vidro um pouco mais para evitar acomodação em defeitos e poeira da lente de campo. Nesse caso, o cromatismo lateral não é totalmente corrigido; há

uma faixa vermelha interna que limita as estrelas observadas na borda do campo, que por sua vez está atualmente limitada a 30°. Essa propriedade é usada algumas vezes para compensar a dispersão atmosférica, retirando a estrela observada do centro do campo. A aberração esférica é quase 1/8 da do Huygens e, sem ser perfeita, os resultados com vigas $f/6$ e especialmente $f/8$ são aceitáveis. A construção desta ocular é fácil e barata; as características da lente são mostradas na figura 55 - 2[1]. A Figura 56A representa uma versão de montagem simplificada que não requer um torno com um dispositivo de rosqueamento. Esta é a ocular por excelência do afortunado aficionado, mas não é recomendado para $f/6$ se o aluno exceder 2 mm.

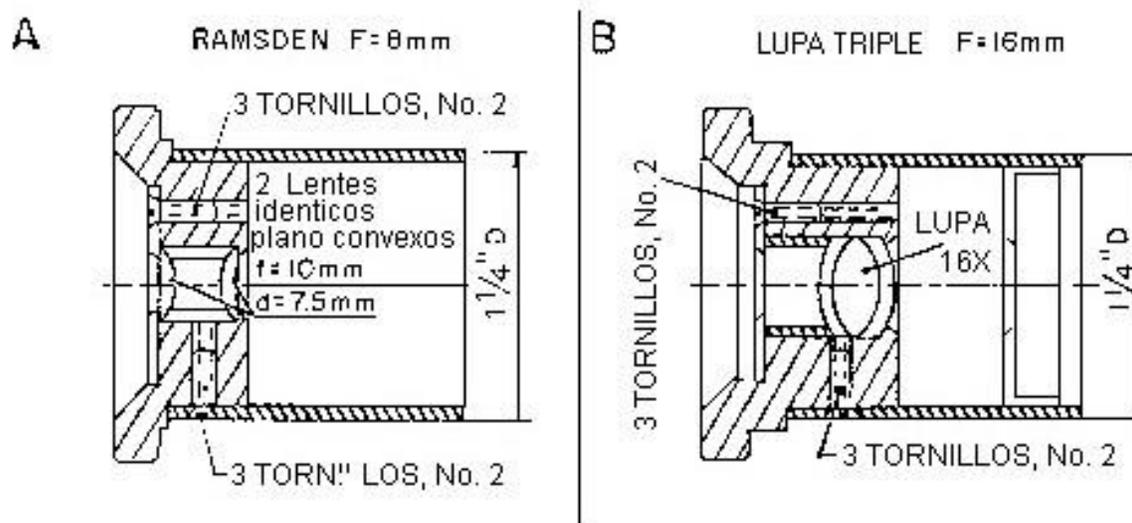


Fig. 56. Monturas para oculares económicos

Ocular de Tolles

Consiste apenas em uma lente espessa. Muito superior a Huygens, do ponto de vista da aberração esférica e da tolerância ao centrar os olhos. É fácil de montar. Não apresenta nenhum reflexo irritante. Sua curvatura do campo é enorme, o que o limita praticamente a 12°, o que não o torna aconselhável para dispositivos com suporte de azimute. Tem um raio de curvatura muito curto no lado do olho (um terço da distância focal) e, portanto, difícil de construir em distâncias focais curtas, necessárias para os telescópios $f/6$.

Ocular de Hastings

Derivado de Tolles; possui boa correção de cores e curvatura de campo notável; a distorção cresce rapidamente além de 25° do campo total.

Ocular monocêntrica

É devido a Steinheil, que deixou inúmeras fórmulas. Tem uma correção de cores muito boa. A curvatura do campo dificilmente permite exceder 25°. Excelente ocular para

observação planetária, mas não é prática, a menos que o instrumento seja montado equatorialmente.

Lupa tripla

Devido a Steinheil. Possui correção de cores muito boa e pouca aberração esférica; Com um feixe em $f/6$, as imagens no eixo são perfeitas mesmo com uma pupila que atinge 4 mm. O astigmatismo e a curvatura do campo são desconfortáveis apenas para um campo superior a 30° . Sem reflexo visível. Os principais aviões estão muito longe das lentes. É a melhor das oculares e possui apenas duas superfícies de vidro de ar. Observemos que esta fórmula é frequentemente usada para fazer lupas de boa qualidade, frequentemente classificadas como aplanéticas, ou seja, elas não produzem distorção e podem ser adquiridas a preços relativamente vantajosos. O foco de uma lente de aumento é igual, em princípio, à razão de 250 mm para a ampliação indicada na moldura. Sempre deve ser verificado antes da compra e a lente deve ser removida da armação para garantir a presença da lente presa no meio, característica da lupa Steinheil; muitos artigos, externamente similares, são constituídos por lentes únicas separadas. A Figura 56B indica um exemplo de montagem de uma lupa com aproximadamente 16 mm de distância focal.

Ocular de Kellner

Possui uma correção acromática muito boa, e as imagens são perfeitas no eixo com um feixe $af/6$ e pupila de 3 mm. Possui um notável astigmatismo e curvatura de campo. Não obstante, a abertura do campo geralmente é aumentada para mais de 40° . Eles são comumente usados em binóculos para prismas e binóculos e, no mercado de segunda mão, aqueles com foco de 16 a 24 mm podem ser encontrados a baixo custo. Existem muitas variações, mas todas são afetadas por um reflexo pequeno, muito brilhante e muitas vezes irritante.

Ocular ortoscópica

Um dos mais importantes em astronomia e um dos melhores corrigidos, pelo menos teoricamente. As que conseguimos testar, de quatro marcas diferentes, são bem corrigidas no eixo, mas mostram um notável astigmatismo e curvatura de campo na borda de um campo de 40 a 45° , ambos com feixe $af/20$ e com um $af/6$ e para alunos entre 1 e 4 mm. Os piores mostram uma vírgula e um cromático irregular sensível que não pode ser atribuído a nada além de um defeito de construção.

As numerosas reflexões desta ocular são grandes e pálidas e quase nunca são prejudiciais. Os principais aviões estão muito longe das lentes. Esse é o tipo de ocular a ser usada com nossos telescópios abertos $af/8$ e $f/6$, e alguns fabricantes as fabricam em séries muito grandes. Calculamos uma série especial para o telescópio padrão, muito bem corrigida pela irregularidade cromática mencionada acima.

Ocular de Plössl

É pouco conhecido pelos astrônomos; aquele que conseguimos testar, com foco de 30 mm[dois]Foi-nos emprestado por Paul McCartney e é a melhor ocular que conhecemos. A correção do feixe é perfeita com um feixe $f / 6$ e uma pupila de 4 mm. O astigmatismo e a curvatura do campo são praticamente nulos em um campo de 50° para vigas não superiores a $f / 6$; o cromatismo lateral também é muito melhor corrigido do que nas oculares ortomoscópicas atualmente no mercado. Tem um pequeno reflexo, muito mais pálido que o dos Kellners, mas mais visível do que o do ortomoscópio. Essa ocular é mais fácil de fabricar comercialmente do que o ortoscópio, uma vez que não possui lentes de dupla colagem, e os raios e espessuras são ligeiramente maiores, o que facilita muito a construção em focos muito curtos. Disponível na França[3], em séries particularmente adequadas ao nosso telescópio padrão, em distâncias focais de 75, 55, 40, 25, 12, 8, 6, 4 e 3 mm. O tratamento "anti-reflexo" das quatro superfícies de vidro de ar elimina substancialmente as reflexões acima mencionadas.

Oculares de campo amplo

Nós não os mencionaremos apenas para fins informativos e seu uso não está previsto no telescópio padrão. Somente para determinadas investigações com um telescópio de campo amplo (RFT Rich Field Telescope) equipado com ampliação equipupilar (pupila de 6 a 7 mm) e geralmente muito amplo ($f / 4$ ou $f / 5$), é necessária uma ocular de campo grande, muito boa fixo, que a inevitável complicação da combinação pode pagar. Para a dimensão do campo máximo interessante, as opiniões são divididas; um campo de mais de 60° impõe ao olho, que deve examinar um detalhe na borda, uma ginástica incomum, mas é o observador quem deve decidir. É suficiente para um caçador de pipas ver, mesmo imperfeitamente e sem nitidez, uma luz fraca, para que ela imediatamente a leve ao centro do campo.

Ocular Erfle

É derivado do Kellner e possui a lente ocular desdobrada; nas melhores variantes, o astigmatismo já é muito importante no limite de um campo de 65° .

Ocular com lente esférica

A deformação de uma superfície oferece possibilidades extraordinárias para a correção de distorção e astigmatismo, que não são mais pronunciados em um enorme campo aparente de 90° do que com uma ocular Erfle em um campo de 60° . A fabricação industrial é extremamente difícil e insatisfatória devido à grande deformação da superfície de correção.

Ocular Bertele

Um campo de 80° é alcançado apenas com faces esféricas, mas a espessura do vidro de campo é comparável à distância focal da montagem e as oito superfícies de vidro de ar requerem tratamento anti-reflexo eficaz para todas as aplicações astronômicas. Paul, referindo-se a essa ocular, menciona a possibilidade interessante de corrigir o coma, que é muito importante em espelhos muito abertos ($f / 4$) a partir do 1° do eixo.

Escolhendo uma série de oculares

A tabela abaixo indica as principais ampliações úteis para aplicação no telescópio padrão de 20 cm. Normalmente, uma série de aumentos regularmente escalonados entre os dois limites extremos é um luxo caro e inútil, exceto em torno do valor ideal aplicável com boas condições para a observação de superfícies planetárias, um valor que tem um pouco mais de uma vez por milímetro de diâmetro. objetivo (alunos de 0,8 a 0,9 mm). Quando o orçamento não permite obter uma série bem nutrida de uma só vez, é necessário adquirir primeiro a ocular fraca (pupila de 3 a 6 mm) e a ocular normal (pupila de 0,8 mm ou mais); imediatamente depois, a ocular muito forte (pupila com menos de 0,5 mm) será comprada e, dependendo da especialidade escolhida, as oculares complementares para aumentar o trabalho nos planetas (pupilas de 0,65 mm a 1 mm) ou em estrelas variáveis (pupilas de 1 a 2 mm). As oculares indicadas fazem parte de séries realmente fabricadas e existentes, especialmente a de Manent, para uma lâmina de 27 mm de diâmetro e de uma nova série de ortoscópios que recalculamos especialmente para usuários do telescópio padrão fabricado com as condições máximas de economia. O diâmetro adotado para o escorregador também é de 27 mm, como o do quadro padrão. e uma nova série de ortoscópios que recalculamos especialmente para os usuários do telescópio padrão fabricado com as mais altas condições econômicas. O diâmetro adotado para o escorregador também é de 27 mm, como o do quadro padrão.

Aumentar	Alunos em mm	Distâncias focais com espelho de 200mm		Observações e uso
		f / 6	f / 8	
48.	4.2	25 Kellner, Ortoscópico ou Plössl		Campo maior que a lua. Cinderela luz.
64	3.1.		25 Kellner, Ortoscópico ou Plössl	Eclipses Nebulosas.
100	dois	12 lupa tripla, Ortoscópico ou Plössl	16 Kellner, Lupa tripla, Ortoscópico ou Plössl	Comparações, Estrelas variáveis
150	1.3	8 Ortoscópico		
200	1	6 Ortoscópico ou Plössl	8 Ramsden, Ortoscópico ou Plössl	Oculares de trabalho, geralmente o suficiente para explorar o
240	0,83	5 igual a acima	6 igual a acima	
267	0,75			
300	0,67	4 igual a	5 igual a	

Aumentar	Alunos em mm	Distâncias focais com espelho de 200mm		Observações e uso
		f / 6	f / 8	
48.	4.2	25 Kellner, Ortoscópico ou Plössl		instrumento em superfícies planetárias
203	0,63	Acima	Acima	
400	0,5	3 igual a acima	4 igual a acima	Mancha difração bem visível. Estrelas duplas. Exatamente centrado.
533	0,38		3 igual a acima	

[1] A distância focal do exemplo fornecido é de 8,4 mm e não de 10 mm, conforme indicado na figura.

[2] A ocular do telescópio "Simplex" da marca Konus tem um Plössl de 17 mm.

[3] Casa Clavé, 9, rue Olivier Métra, Paris, XX.

5. Parte mecânica do telescópio

Geral

A escolha da montagem do telescópio padrão para alcançar a maior amplitude possível é ditada principalmente por considerações de economia, simplicidade e facilidade de construção. O modelo concebido e fabricado por André Couder, descrito em *Lunettes et télescopes*, p. 322, oferecendo todos esses benefícios sem sacrificar a precisão da montagem. Partindo da idéia de que um telescópio é usado, acima de tudo, para fazer observações astronômicas, qualquer complicação que surgir exclusivamente por razões estéticas, que não busca uma melhoria interessante para o observador, foi excluída.

Os planos apresentados nas Figuras 57, 58 e 59 (que não diferem do modelo original, mas em detalhes) são obviamente suscetíveis a uma ampla interpretação, exceto na medida em que estejam relacionados às características reais das partes ópticas que realmente são de propriedade. No modo especial, a localização do suporte da ocular está sujeita a revisão e é preciso escolher o lado da mesa a ser perfurada (direita ou esquerda), dependendo se você deseja ter um localizador reto para o olho esquerdo ou para o olho direito.

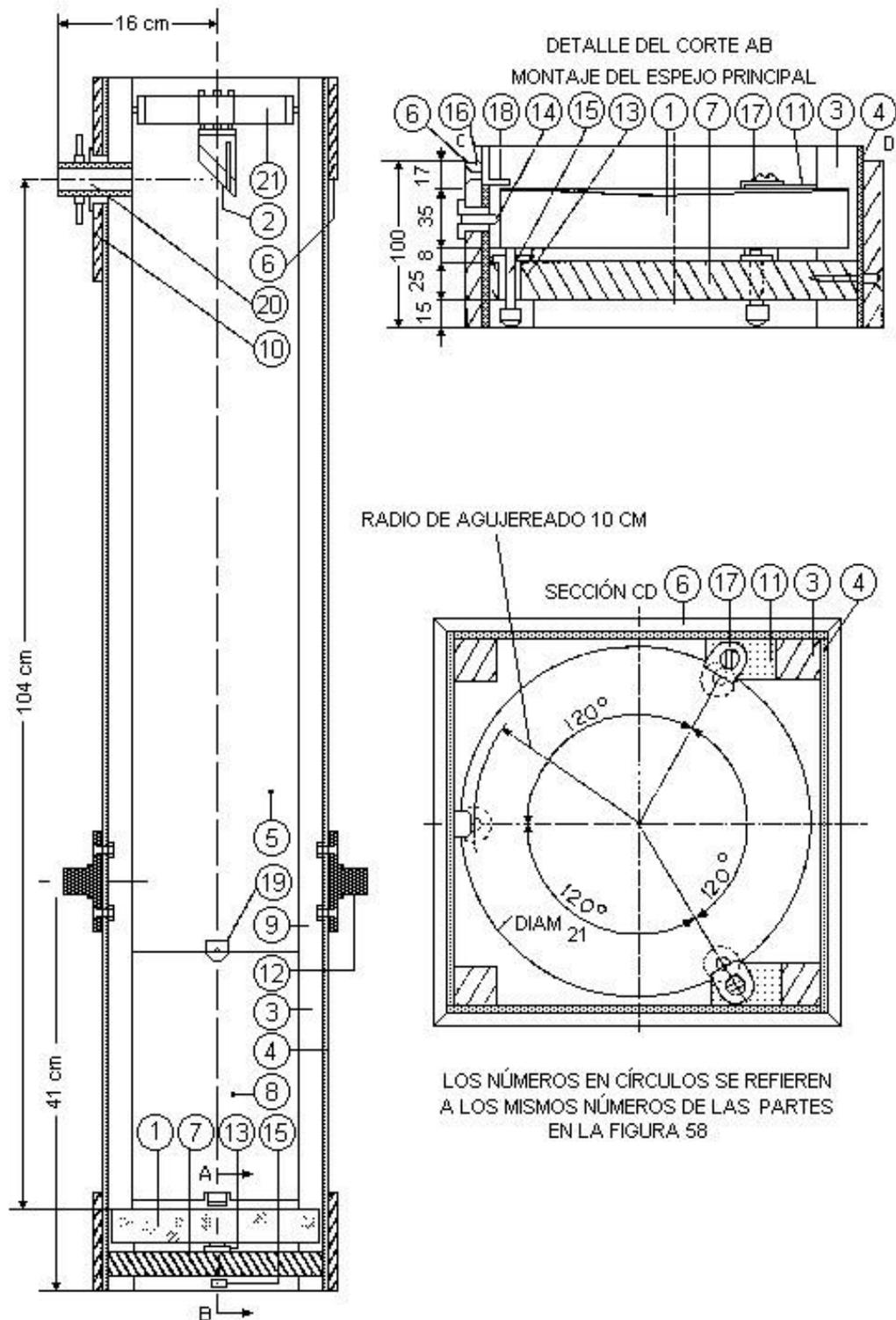
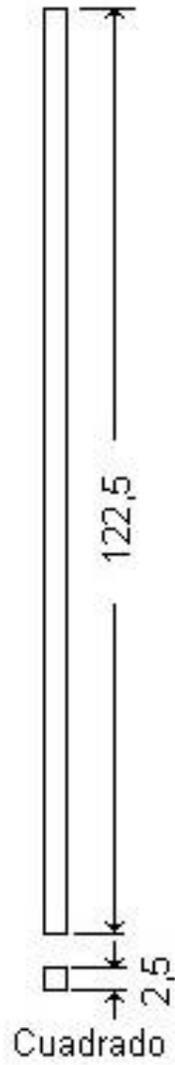
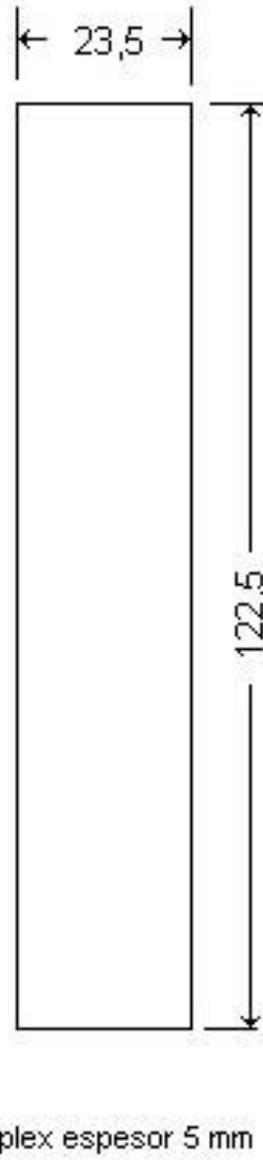


Fig 57. Conjunto del montaje del telescopio

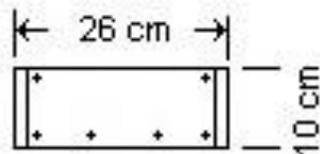
- ③ 4 Varillas de madera
Secas y fibra recta



- ④ 3 Tableros
A = 122,5 cm
⑤ 1 Tablero
A = 88,5 cm

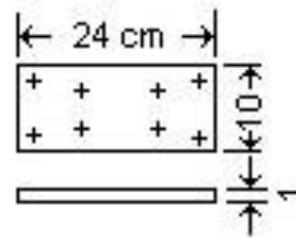


⑥ 8 Piezas en roble



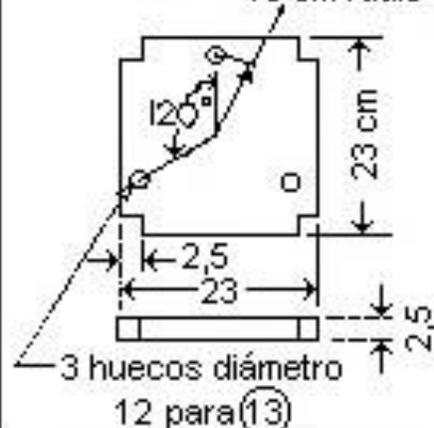
Cortes a 45° usar tornillos #6 de 1 1/4" para unir con ④ y ⑦

⑨ 2 piezas en roble

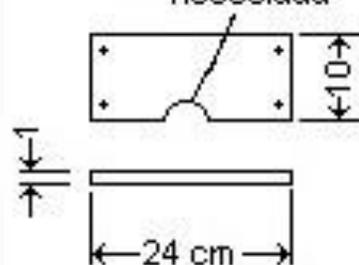


Ensamblar con ③ use tornillos #6 de 1 1/4"

⑦ Una pieza en roble bien seco 10 cm radio

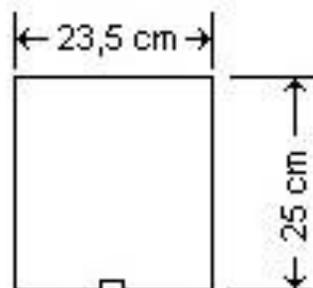


⑩ Una pieza en roble escotadura según necesidad



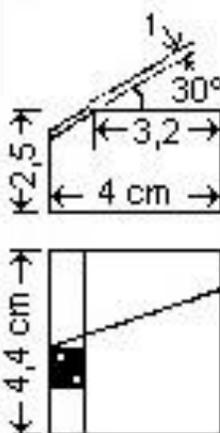
Ensamble con ③ con tornillos #5 de 1 1/4"

⑧ Una pieza en triplex 5 mm de espesor



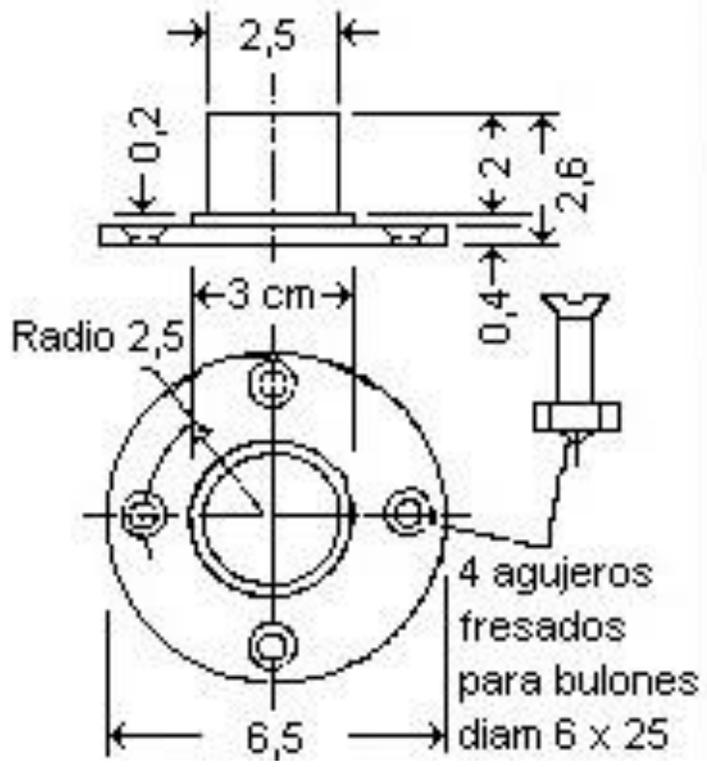
Escotadura para ⑱

⑪ 2 Tacos en roble



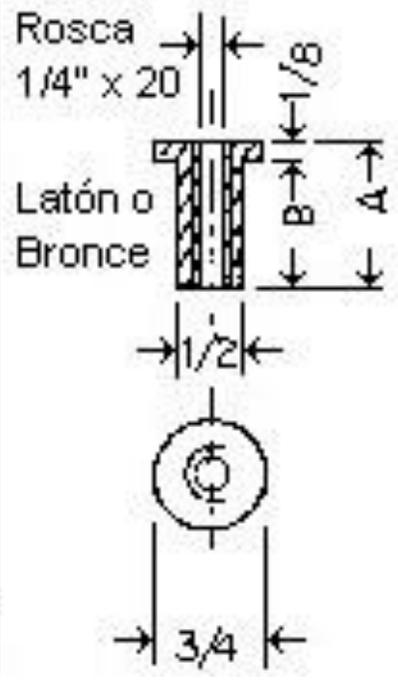
Pieza de plomo que apoya en la mitad del canto del espejo

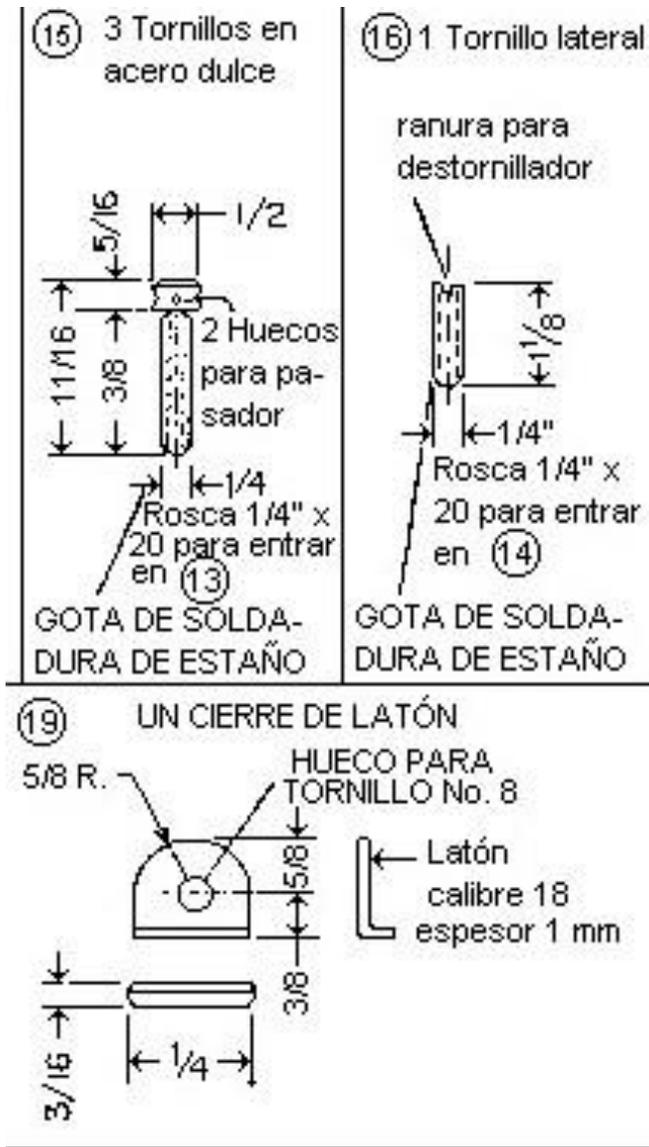
(12) 2 Muñones de acero dulce



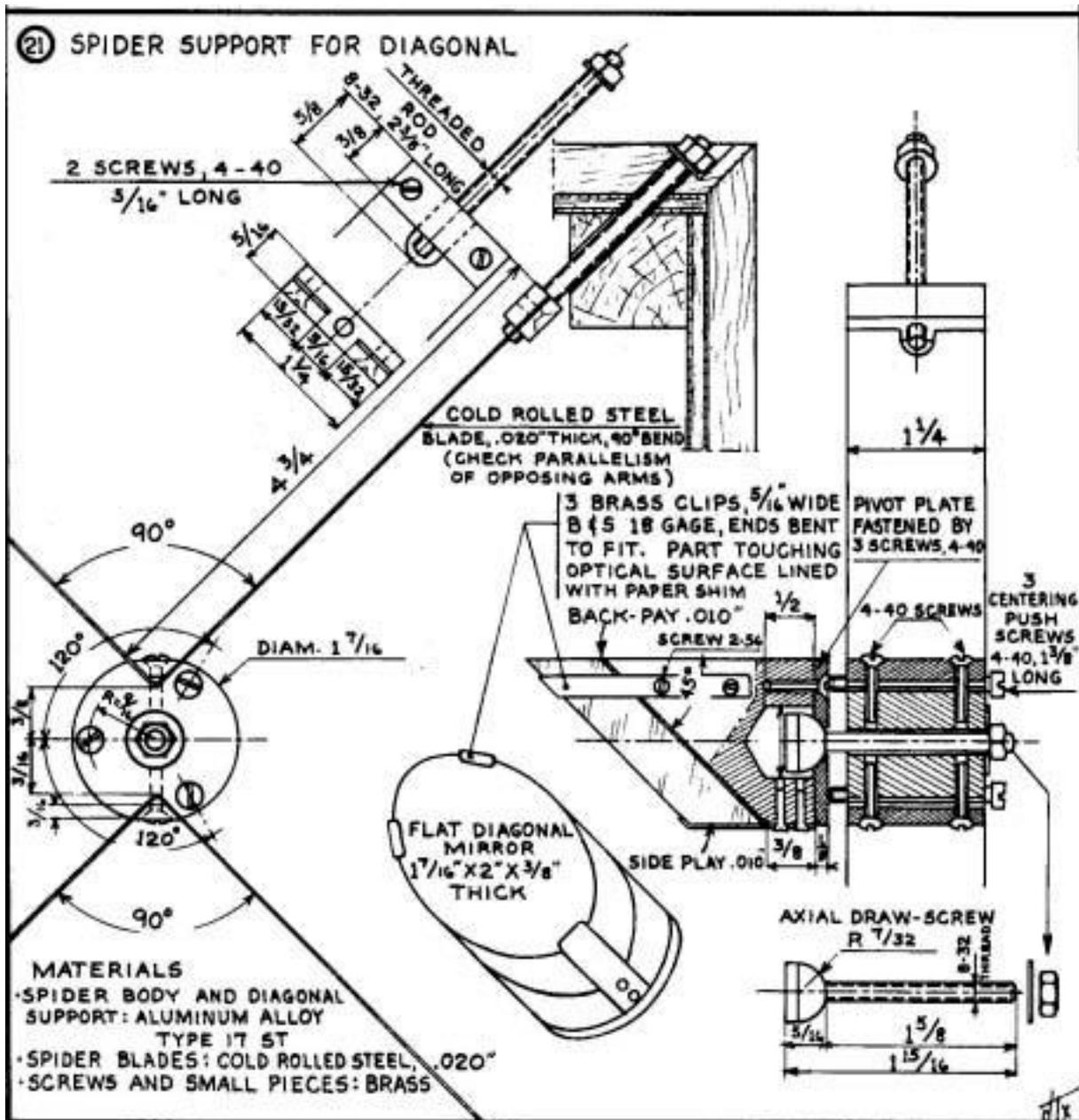
(13) 3 PIEZAS CON
A = 1 1/8", B = 1"

(14) 1 PIEZA CON
A = 3/4", B = 5/8"





Dependendo do material, ferramentas e experiência que já temos, é possível alcançar soluções mais ou menos felizes. Advertimos os inventores que também pretendem observar que mesmo os menores detalhes do quadro padrão foram projetados após experiência direta; Consideramos necessário insistir em alguns pontos importantes que seria perigoso abandonar a iniciativa "bom senso mecânico".



Detalhes importantes da construção

Montagem do espelho principal

É absolutamente necessário evitar qualquer pressão da armação no vidro, que, no entanto, deve ocupar em relação a ela uma posição bem definida e ajustável. No caso de um espelho de 20 cm, não há dificuldade; é precisamente por essa razão que temos as reações de espíritos inquietos e complicados. O espelho repousa permanentemente sobre cinco pontos escolhidos, a saber: (figura 57) na parte de trás, nas extremidades estanhadas dos três parafusos perfurantes (ref. 15) dispostos nos vértices de um triângulo equilátero inscrito exatamente no contorno do vidro. A borda repousa sobre blocos laterais (ref. 11) a 120°. O dispositivo de segurança compreende um parafuso lateral (ref. 16) e as pernas de segurança

(ref. 17 e 18) que não devem tocar no vidro quando o espelho estiver na posição de trabalho; uma folga lateral de 0,5 mm e uma folga axial de 2 mm devem ser consideradas normais. Antes de observar, devemos garantir que um choque ou uma inversão anormal do tubo não separe o espelho de um dos 5 contatos necessários para colocar o instrumento em ordem novamente.

Mencionemos especialmente os erros mais graves e frequentes que devem ser evitados a todo custo:

1. Cole o espelho em outro disco chamado "reforço", vidro ou metal. Resultado: destruição total da imagem de difração pelo efeito catastrófico de tensões mecânicas recíprocas.
2. Monte o espelho em uma célula metálica de "precisão" ajustada suavizando o torno; as contrações que essa moldura pode exercer sobre o vidro quando a temperatura é muito menor do que a que existe durante o ajuste, deforma o espelho por aquecimento e constitui um risco de fratura.
3. Apoie o espelho diretamente em um disco de metal preparado no torno; na escala de deformação que nos interessa (1/10 de μm), o contato dorsal, apesar das aparências, não tem contato, exceto no máximo em três pontos, que infelizmente são neste momento. Suponha, por exemplo, uma célula convexa 1/100 mm; se o espelho repousar nessa elevação, você pode ter certeza de ter uma elevação correspondente na superfície da onda; haverá uma correção excessiva esférica e o eixo óptico será instável. Se a célula é côncava, é bastante difícil que os três pontos da coroa sobre os quais o espelho repousa sejam igualmente espaçados e você terá astigmatismo.
4. A interposição de um anel ou disco de flanela entre a parte inferior girada da célula metálica e o espelho é uma solução mais correta, mas menor que a dos contatos geométricos devido à instabilidade do eixo óptico e ao obstáculo à troca de calor na face dorsal do espelho.

Para estar correta, uma célula mecânica deve ser relativamente leve (paredes e nervuras finas), completamente fechada ou provida de portas de ventilação estanques devido a correntes de convecção. O rebaixo deve ser pelo menos 1 cm maior que o diâmetro do vidro, os blocos central e lateral e dorsal manterão o espelho a pelo menos 5 mm do metal.

Ref.	Designação da peça	Qtde.
1	Espelho principal, Φ ext. 210, óptico 200, F 1200	1
dois	Espelho plano diagonal	1
3	Stringers	4
4	Great Tube Boards	3
5	Placa lateral da porta inspeção	1
6	Elementos do quadro de membro	8
7	Fundo da célula do tubo	1
8	Porta de inspeção	1

9	Reforço dos tocos	dois
10	Base do suporte da ocular	1
onze	Bloco de apoio lateral	dois
12	Toco	1
13	Porca para o parafuso de suporte	3
14	Porca de suporte do parafuso lateral	1
quinze	Parafuso calante	3
16	Parafuso lateral	1
17	Perna de segurança	dois
18	Perna de segurança na forma de um quadrado	1
19	Fechando a porta de inspeção	1
vinte	Suporte completo da ocular	1
vinte e um	Aranha completa, suporte diagonal	1

Montagem em espelho diagonal

Apesar de suas pequenas dimensões, o espelho secundário deve ser montado com as mesmas precauções que o grande. A solução na figura 59 possui três grampos que servem de suporte lateral e lateral ao mesmo tempo; Outra solução é usar um tubo de corte chanfrado equipado com três abas dobradas para definir o plano da face óptica e girar pelo menos 0,2 mm maior que a projeção no espelho. No caso de um espelho octogonal ou retangular, o sistema de três grampos é mais seguro. Se o instrumento for montado em azimutal, deve haver uma folga mínima de 0,2 mm; o jogo lateral igualmente necessário obviamente não é causa de incompatibilidade no caso de uma superfície plana. Devemos garantir que não haja pressão sensível, ouvindo o vidro bater contra os grampos quando o suporte diagonal é levemente abalado. Se o telescópio é um equatorial fotográfico, pode-se temer que em certas posições um dos três contatos da face óptica seja perdido; neste caso, é conveniente colar três calços, por exemplo papel absorvente, no suporte diagonal, dispostos exatamente na vertical dos três grampos que ficam na face óptica; Esses calços não serão comprimidos no momento da montagem, mas apenas pelo peso do espelho, tomando cuidado para não aplicar pressão adicional ao ajustar os parafusos laterais das peças. neste caso, é conveniente colar três calços, por exemplo papel absorvente, no suporte diagonal, dispostos exatamente na vertical dos três grampos que ficam na face óptica; Esses calços não serão comprimidos no momento da montagem, mas apenas pelo peso do espelho, tomando cuidado para não aplicar pressão adicional ao ajustar os parafusos laterais das peças. neste caso, é conveniente colar três calços, por exemplo papel absorvente, no suporte diagonal, dispostos exatamente na vertical dos três grampos que ficam na face óptica; Esses calços não serão comprimidos no momento da montagem, mas apenas pelo peso do espelho, tomando cuidado para não aplicar pressão adicional ao ajustar os parafusos laterais das peças.

Suporte de aranha para a diagonal

A solução adotada na figura 59 é a indicada por Morse e também utilizada pela Hargreaves. As chapas de aço, em vez de serem colocadas ao longo de um eixo do tubo, são

deslocadas. A vantagem do sistema é oferecer uma resistência à torção muito maior, com uma tensão das chapas menor que a do sistema clássico e foi usado aqui para substituir o aço macio pelo aço macio, o que permite dobrar a chapa. folhas a 90° e fixe-as com menos esforço. Naturalmente, é necessário cuidar do paralelismo das folhas opostas, para não provocar plumas de difração adicionais. Sabe-se que essas plumas são evitadas com o uso de diafragmas perfilados ou braços curvos[1]; a fraca resistência mecânica deste último não é uma dificuldade insuperável no caso de instrumentos com abertura de 20 ou 30 cm; Incentivamos aqueles que são bem providos de ferramentas a construir suportes curvos providos de anéis de reforço que não excedam 2 mm de diâmetro em cada borda. Suporte da ocular

É sempre necessário fornecer:

1. Um movimento rápido de amplitude suficiente para levar em conta as diferenças importantes de foco entre as oculares.
2. Um movimento de foco adequado, que deve ser extremamente suave.
3. Uma montagem de kit é preferível a uma montagem muito apertada, que não poderia ser usada sem vibrar o telescópio.

Para lentes $f / 15$ com tolerância de foco de um quarto de mm, o uso de um movimento de pinhão e cremalheira é vantajoso; pelo contrário, com nossos espelhos $af / 6$ ou $f / 8$, a tolerância de foco é da ordem de $1/20$ de mm apenas e o movimento do parafuso com um passo de 2 mm, liderado por um pequeno guincho de 4 braços Provou ser muito prático. A rotação da ocular em si mesma, obviamente, não importa com uma ocular adequadamente centralizada; Somente quando acessórios especiais, como uma câmera, são usados, deve ser fornecida uma montagem ocular removível.

[1] A. Couder, *L'Astronomie*.

6. A montagem do azimute

Começo

O suporte de azimute de A. Couder, adotado para o telescópio padrão da SAF (Société Astronomique de France), é de design cinemático, o que significa que as peças, em movimento relativo, têm o número exato de pontos de contato necessários para deixar o grau útil de liberdade. Vamos repetir aqui a idéia fundamental que direciona tal realização: todo corpo rígido tem seis graus de liberdade. Para alcançar o movimento do azimute, temos um garfo - carregado lateralmente pelo telescópio - que gira em torno de um eixo vertical (figura 60, referência 34) cuja extremidade cônica penetra em uma placa perfurada (ref. 32), eliminando assim 3 graus de liberdade; o buraco cônico é praticamente equivalente ao soquete triédrico ideal. Sob carga falsa, o garfo tende a balançar, que pressiona fortemente a placa (ref. 33) contra a parte cilíndrica inferior do eixo; Isso determina dois novos contatos que também perdem dois graus de liberdade e permitem apenas um possível deslocamento relativo: rotação em azimute. A vantagem deste sistema é que ele admite um movimento

totalmente livre de jogos sem nenhum ajuste; a construção mais desajeitada funciona bem como um mecânico habilidoso[1].

CIRCLED DESIGNATIONS
SAME AS ON DETAIL DRAWINGS
ALL DIMENSIONS IN INCHES
UNLESS OTHERWISE INDICATED

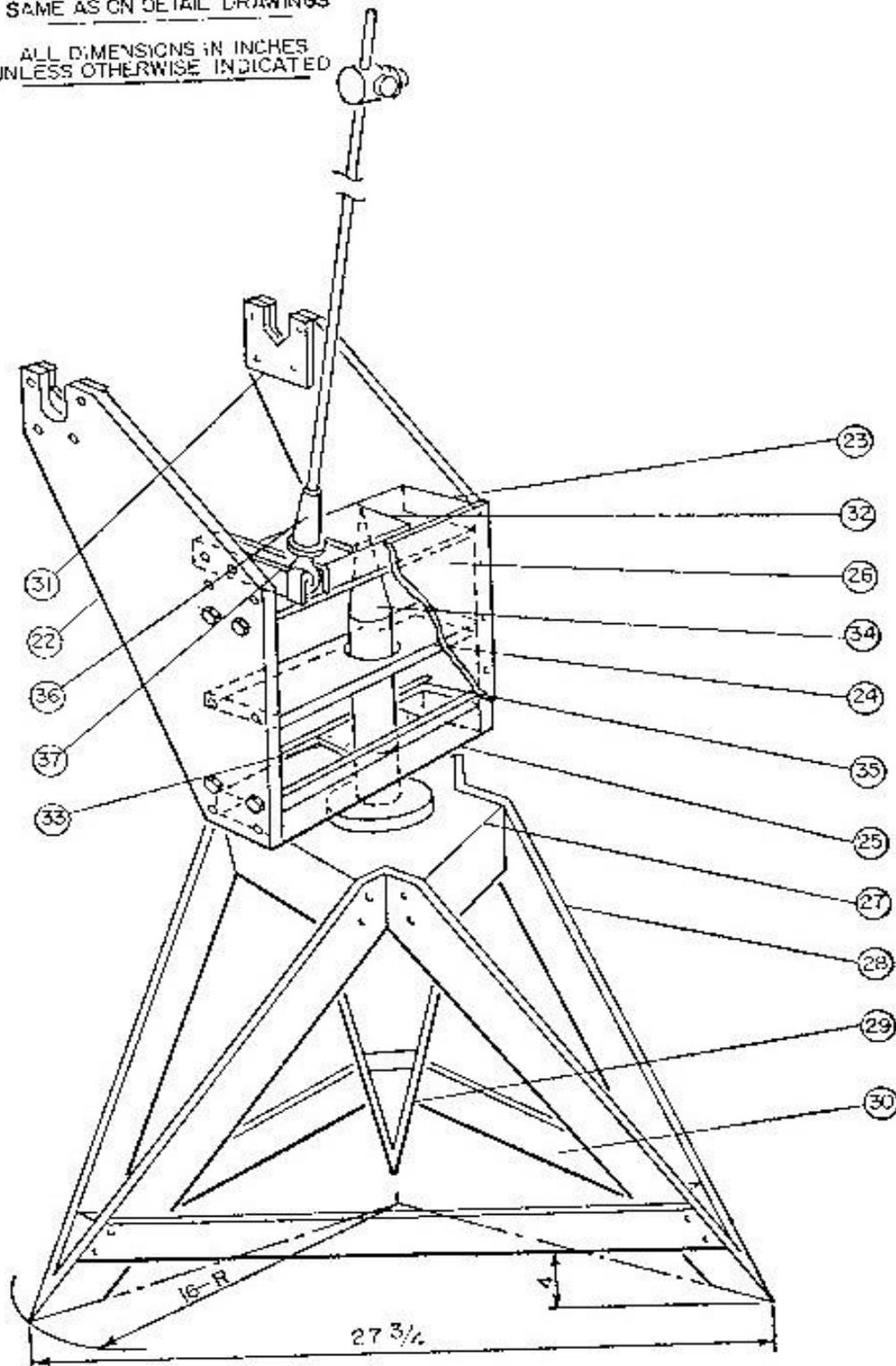
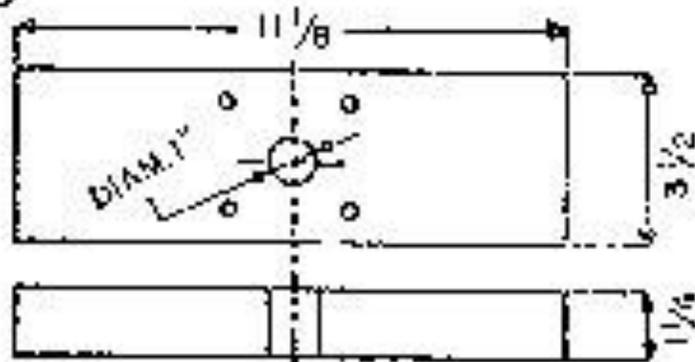


Fig 60. Conjunto del montaje del pie azimuthal

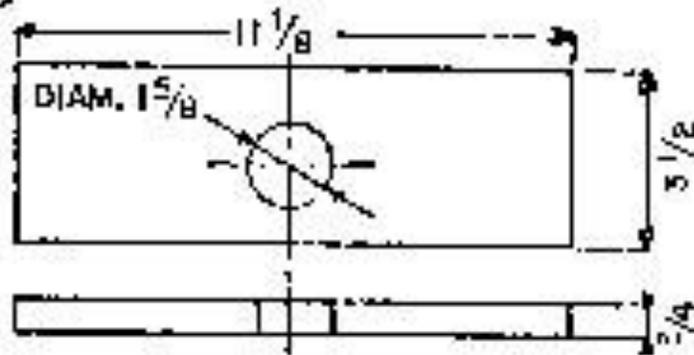
O movimento em altura também envolve uma rotação dos munhões do telescópio no V das placas (ref. 31). Desta vez, restam apenas quatro contatos sob um certo grau de liberdade:

23 1 PIECE, OAK

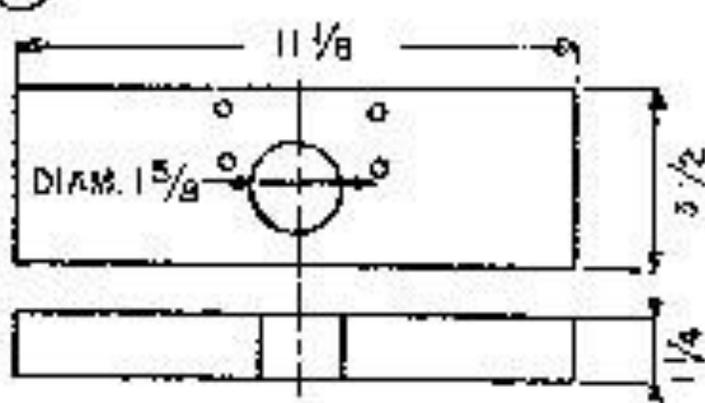


SIDES OF FORK AND CROSS-BRACES
ASSEMBLED WITH $\frac{1}{4}$ " DIAM. $2 \frac{1}{2}$ " LONG
SCREWS.

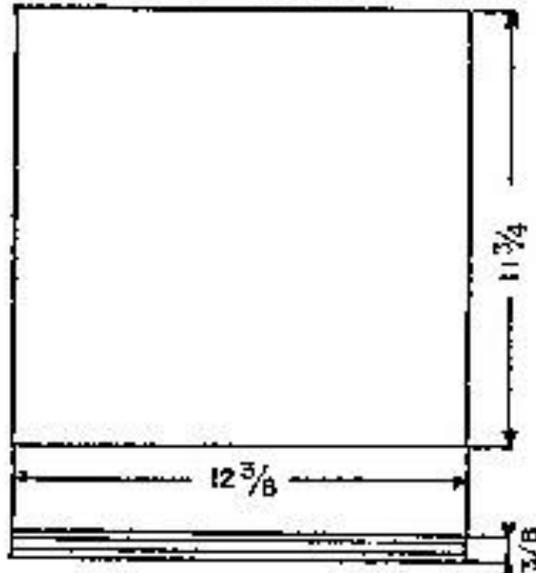
24 1 PIECE, OAK



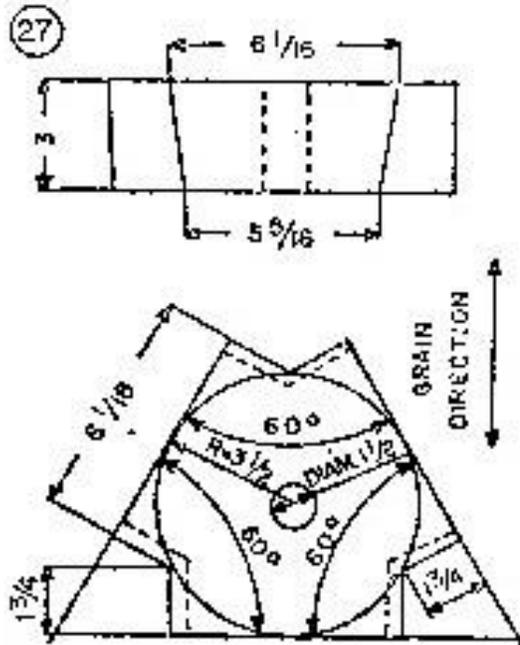
25 1 PIECE, OAK



26 1 PIECE MARINE OR EXTERIOR GRADE PLYWOOD, 3/8" THICK



1 PIECE TAKEN FROM SELECT FIR BEAM MAY ALSO BE MADE BY GLUEING 3 ONE INCH LAYERS. SIDE DIMENSION OF 6 1/16" MAY OPTIONALLY BE INCREASED



27 28 ASSEMBLED WITH 1/4" DIAM. 2-1/2" SCREWS OR BY THE RODS TRAVERSING EACH SIDE OF THE TRIANGLE

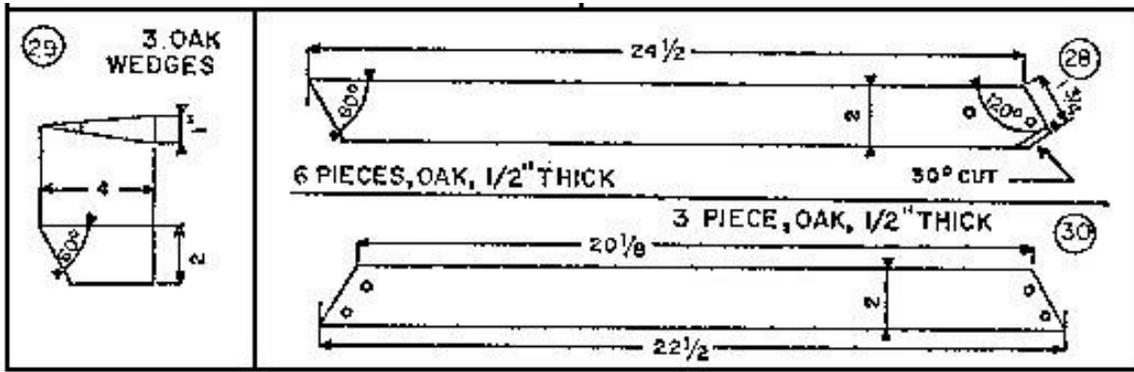
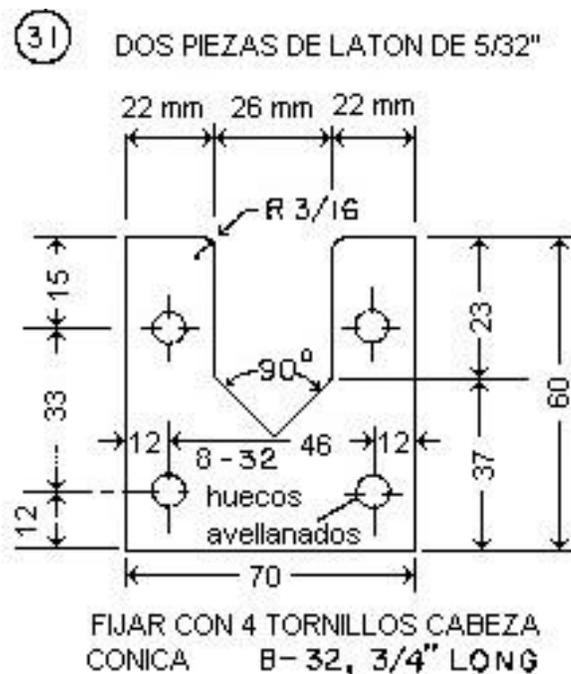


Fig 61. Piezas en madera del pie azimuthal

Detalhes importantes ou interessantes

Eixo azimutal

(Ref. 34). Este eixo, notavelmente carregado em sua extremidade livre, constitui o ponto fraco do sistema. A sobrecarga variável causada pelo vento causa vibrações imperceptíveis na ponta do eixo, mas consideráveis para o observador que observa com 300 ou 400 aumentos. As vibrações são amortecidas ainda mais difíceis, pois o telescópio é mais longo e mais pesado, e o eixo, mais longo e menos rígido. Aqueles que após um cálculo elementar de resistência foram tentados a reduzir a seção do eixo para 20 mm, por exemplo, deveriam pensar na verdadeira natureza do problema para um instrumento astronômico, cuja primeira qualidade é a estabilidade. O coeficiente de trabalho do metal, ridiculamente fraco como é, não é um argumento forte contra a amplitude das vibrações (um cálculo de seta pode dar alguma indicação,



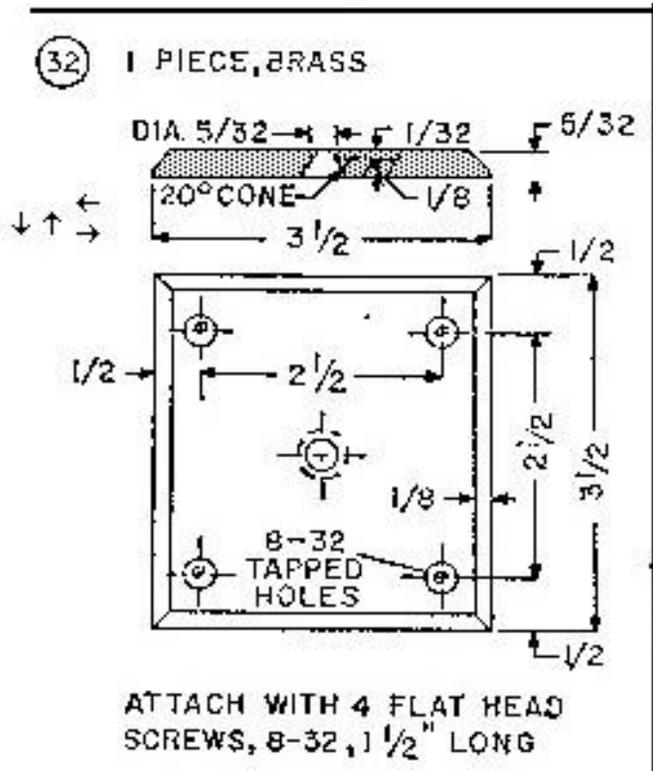


Fig. 62-A

35) 4 PIECES, COLD ROLLED STEEL

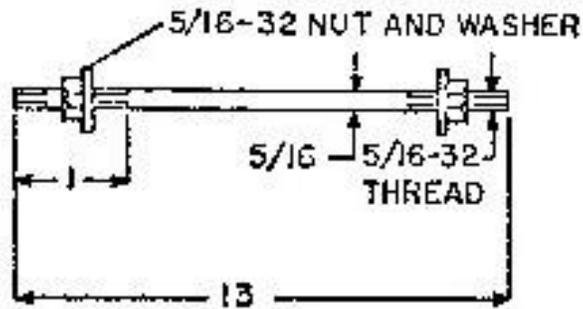


FIG.

Ref.	Designação	Qtde.
22	Lados do garfo	dois
2. 3	Dorminhoco superior	1
24	Meia impertinente	1
25	Dorminhoco inferior	1
26	Placa de fechamento	1
27	Cabeça de pé	1
28.	Elemento da perna do tripé	6
29	União	3
30	Trave transversal do laços de p tripé	3
31	Pratos mancais do a de jornal	dois
32.	Bloquear 3 pontos do eixo azimute	1
33	Bloquear dois pontos do eixo azimute	1
3. 4	eixo azimutal	1
35	Tensores do conjunto da forquilha	4
36.	Apoia do estabilidade parafuso	1
37.	Peça de conexão do suporte de estabilidade	1

É mais simples e mais seguro se ater às conclusões práticas de colegas que tentaram às suas próprias custas, às vezes deslocando três e quatro eixos antes de aceitar a despesa indispensável de um diâmetro suficiente. Aqui estão os diâmetros mínimos recomendados, com base nos resultados obtidos com 150 telescópios com características aproximadas ao instrumento padrão.

- 30mm para um telescópio leve de 150-180mm af / $D = 6$. Peso aproximado 8 Kg
- 35 mm para o telescópio padrão de 200 mm, de acordo com os desenhos, pesando aproximadamente 12 kg
- 40 mm para 200 mm, robusto com paredes espessas ou grandes dimensões, pesando menos de 20 kg
- 50 mm para 250 mm de peso não superior a 30 kg

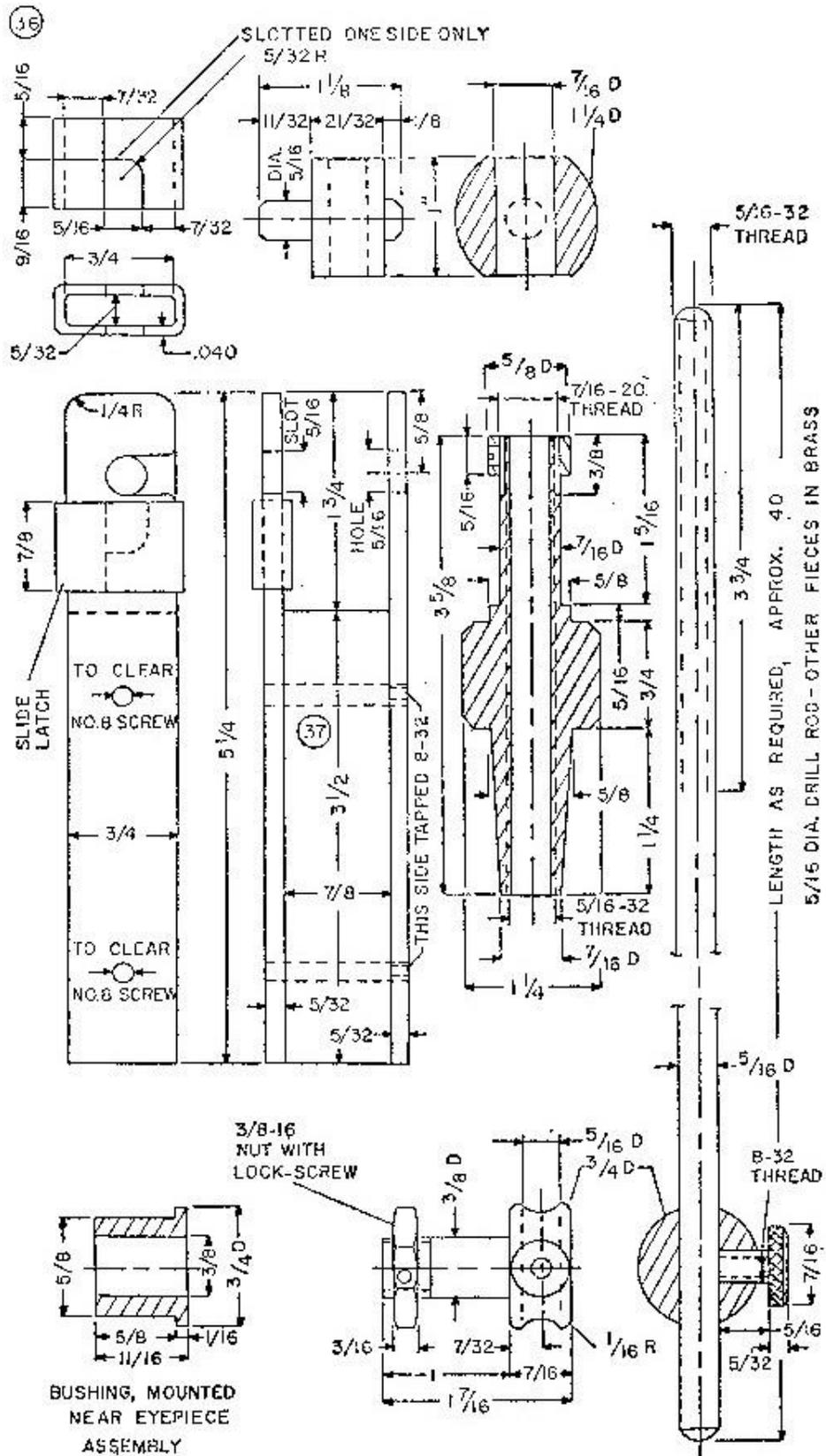


Fig 62B. (Continuación) Piezas metálicas del pie azimutal

Além dessa dimensão, o suporte de azimute do garfo lateral deve ser considerado como sem rigidez e não é recomendado; uma montagem equatorial bem estudada, cujo custo de fabricação é justificado pela natureza definitiva da instalação, é imposta para o uso racional de tais instrumentos; Não faz sentido empreender a fabricação de um espelho de 300 mm ou mais se não estiver determinado a fazer os custos necessariamente altos de uma montagem equatorial robusta.

Montagem do garfo

É necessário destacar a importância dos esticadores (ref. 35) que atravessam completamente o garfo. Tal junta é muito mais rígida do que a fixa apenas com parafusos no final da madeira; Além disso, se as madeiras tiverem um pouco de folga, basta dar uma chave nas porcas para restaurar o conjunto à sua rigidez original. A mesa de fechamento (ref. 26) também melhora a força do garfo.

Freio do eixo e câmara lenta em azimute

Quem usa o suporte padrão às vezes reclama da grande mobilidade do instrumento em azimute, o que os obriga a colocá-lo na estação com seu eixo muito vertical e a cuidar do vento. Para remediar parcialmente essa desvantagem, a fricção no ponto triplo foi aumentada adotando para o cone do eixo do azimute (ref. 34) um ângulo de apenas 20 °. Assim, na frente dos contatos V inferiores, pode ser montado um freio de eixo ajustável, o que é fácil de imaginar. Uma solução mais sofisticada é montar uma peça de pressão (pode ser feita de madeira) no eixo, com sua extremidade livre pressionada por uma mola forte contra um parafuso acionado por garfo, permitindo um movimento lento do azimute.

Cabeça de tripé

(Ref. 27). Uma grande espessura será adotada, o que garante um bom ajuste do eixo do azimute e um comprimento suficiente para a base de triangulação das pernas do tripé (em nosso projeto é de 156 mm). A vantagem de um tripé como este, cujas pernas são triangulares, é que os elementos (ref. 28) trabalham quase exclusivamente para tração e compressão; a rigidez é enorme mesmo com ripas muito flexíveis.

[1] A desvantagem deste suporte é quando o suporte é usado em um piso não horizontal. Você precisa de um grampo feito com um pino 1/4 " u " ao redor do cilindro e apoiado com porca e borboleta em uma placa em forma de " H " os dormentes médios e inferiores.

7. Acessórios de terminação centralizada

Motores de busca

Para atingir confortavelmente um instrumento cujo campo é inferior a meio grau, é necessário um mecanismo de pesquisa. Vamos descrever algumas disposições comuns fáceis de criar para telescópios do tipo Newton:

Freqüentemente, o conteúdo de um visor simples (Figura 64A) é desprovido de óptica, consistindo em um diafragma de campo e um orifício para visualização. No fundo do céu noturno, a silhueta da íris do campo não é visível se a coroa não for grande o suficiente; pode ser pintado de branco do lado voltado para o observador e pode ser muito pouco iluminado, se necessário com uma lâmpada para anotações. Tinta fosforescente é freqüentemente usada; Um hobby americano descreveu um anel de campo que consiste em um tubo de vidro com o material fosforescente protegido e colado nas paredes internas. No comércio, é obtido o "Telrad", que é um visor com vidro de 45° com círculos concêntricos iluminados por baterias.

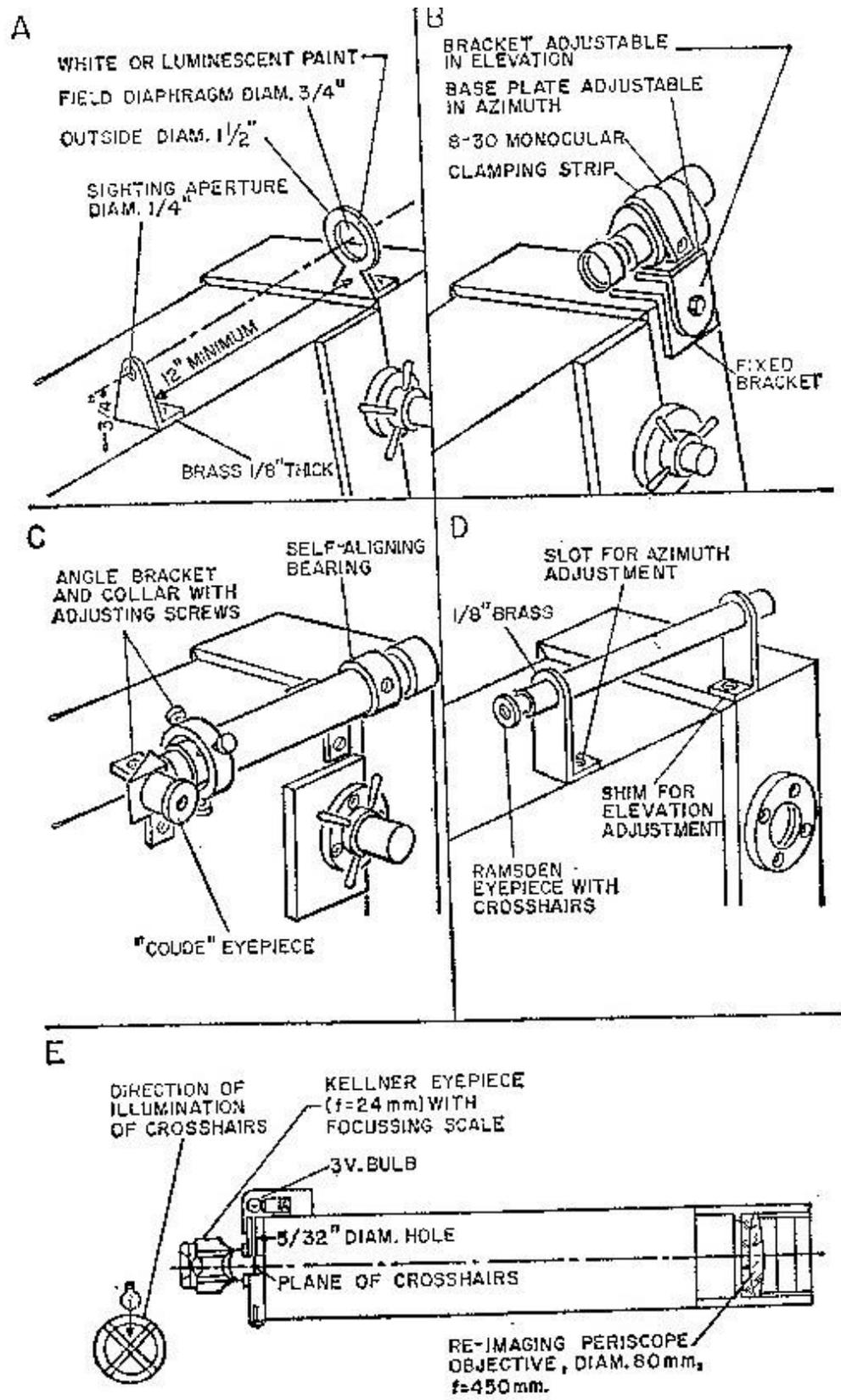


Fig 64. Algunos tipos de buscadores

Apesar de tudo, esses espectadores são impraticáveis quando a estrela a ser apontada desce até a magnitude. A acomodação do olho não pode ser feita simultaneamente na estrela e no diafragma e é bastante difícil centralizá-lo. Portanto, um verdadeiro buscador não é um luxo.

Muitas vezes você tem uma objetiva pequena de 20 a 40 mm; as miras longas de várias seções não são suficientemente rígidas e, para garantir a estabilidade do paralelismo dos eixos ópticos, você deve fornecer uma peça de reforço.

Por outro lado, um excelente candidato pode ser alcançado com um óculos de prisma monocular. O objetivo, por exemplo, pode ter um diâmetro de 30 mm; o aumento atual será 8 e o campo 6 ou 7° (figura 64B); a ocular é geralmente positiva (Kellner ou derivado). Portanto, é fácil interpor apenas na frente da lente de campo, uma coroa de papelão que carrega uma cruz em fios que devem estar focados ao mesmo tempo que a imagem. Para garantir uma posição imutável sem quebrar o monocular, um colar e uma plataforma com um V adequado podem ser usados. O uso de um telescópio de reversão de imagem mostra-se particularmente vantajoso, com pouca ampliação e um grande campo, para comparações com os mapas de atlas disponíveis. Existem monoculares com prismas muito mais poderosos,

A Figura 64C mostra a montagem clássica de um telescópio de aproximadamente 40 mm montado em uma base angular e colar com parafusos de centralização. O tubo do telescópio é frequentemente reforçado no nível da base mencionada e provido de um colar de reforço para apoio na outra base. Também é possível usar dois suportes iguais com colar e parafusos. Uma ocular giratória e um prisma de reflexão total permitem que o localizador seja usado confortavelmente sem ser perturbado pelo tubo do telescópio. Preferimos buscadores diretos para comparações diretas com os documentos de identificação que eventualmente devem ser invertidos (ou seja, girados em 180°), enquanto que com uma ocular angular o campo é simétrico e é necessário observar os gráficos (em estrela) para transparência ou através de de um espelho. Um motor de busca,

Uma montagem mais modesta é indicada na figura 64D. O telescópio pequeno pode ter uma abertura de 20 a 30 mm e uma lente de distância focal de 200 a 300 mm. Será, por exemplo, um gibão acromático do tipo Clairaut ou o elemento anterior de um antigo objetivo fotográfico aplânico. A ocular será uma Ramsden de cerca de 30 mm de distância focal, apontando para uma cruz de fios de 50 a 100 μm de diâmetro (fio de cobre de enrolamentos elétricos (# 40 ou mais), o que, em casos extremos, permite evitar sua iluminação. Os suportes soldados ao tubo serão bastante altos: de 80 a 100 mm para facilitar o direcionamento com pelo menos um olho; quando não for possível usar o olho esquerdo ou o olho direito, é necessário escolher o local do A Figura 64 do Finder refere-se a instrumentos montados para o olho esquerdo. O ajuste de azimute do localizador pode ser realizado por um orifício oval em um dos suportes, enquanto o ajuste de altura é feito por calços de espessura variável. Você pode se perguntar quais são as características ópticas de um bom mecanismo de pesquisa? Um campo de 3 a 6° parece indicado. Vejamos a primeira figura: com uma ocular de 50° de campo aparente, seremos obrigados a não exceder cerca de 17 aumentos ($50/3 = 16,7$); Para uma pupila de 5 mm, precisaremos de uma objetiva de abertura de 85 mm. Um poderoso mecanismo de pesquisa com características muito semelhantes pode ser construído de maneira barata e razoavelmente rápida por meio de peças ópticas de excedentes encontrados

ocasionalmente (mercado de "pulgas"). O que está montado no nosso telescópio tem 19 ampliações, um campo de $2^{\circ} 45'$, uma abertura de 80 mm e, conseqüentemente, uma pupila de aproximadamente 4 mm (Figura 64E). Não pesa mais de 1500 gr. e permite encontrar com o maior conforto objetos que aparecem no grande atlas de Argelander; a nebulosa Lyra já é reconhecível; É um verdadeiro pequeno RFT (Rich Field Telescope). A Figura 64E mostra o arranjo adotado para iluminar os fios em um fundo escuro: a luz enviada por uma pequena lâmpada de lanterna de 3,5V e chega quase tangencialmente nos fios e um pequeno quadrado de 1,3 mm no plano focal (aproximadamente $10'$) permite uma mira precisa, evitando completamente esconder a estrela pontiaguda. É um verdadeiro pequeno RFT (Rich Field Telescope). A Figura 64E mostra o arranjo adotado para iluminar os fios em um fundo escuro: a luz enviada por uma pequena lâmpada de lanterna de 3,5V e chega quase tangencialmente nos fios e um pequeno quadrado de 1,3 mm no plano focal (aproximadamente $10'$) permite uma mira precisa, evitando completamente esconder a estrela pontiaguda.

Pintura do telescópio

Para proteger a madeira de variações no estado higrométrico do ar, capazes de causar compensações muito frequentes, pode-se usar óleo de linhaça com um agente secante e verniz. O uso de uma tinta muito clara, de preferência um esmalte branco, também garante alguma proteção contra o aquecimento diurno, que deve sempre ser cuidadosamente controlado se você deseja obter boas imagens no início da noite. O interior do tubo e as partes metálicas próximas à viga (suporte da ocular, suporte diagonal) devem ser muito pretos. A maioria dos vernizes comerciais é muito brilhante para esse fim; é fácil preparar um verniz suficientemente aderente, mesmo em latão, incorporando um grande volume de negro de fumo a uma solução diluída de borracha lacada em álcool desnaturado;

Espelhos telescópicos de prata ou aluminizados

O revestimento químico e a aluminização por evaporação a vácuo são os dois procedimentos mais usados atualmente para metalizar um espelho de telescópio.

O procedimento antigo (Liebig - Drayton, 1843) de redução de um sal de prata por um açúcar, permite obter facilmente prata fina (aproximadamente $0,1 \mu\text{m}$) em espelhos de vidro para telescópios (Foucault 1857). Atualmente, o procedimento mantém todo o seu valor: o poder reflexivo da prata é muito alto no espectro visível (figura 9) e chega a 98% no infravermelho. A operação é de todos os pontos praticáveis e recomendados ao hobby isolado, que depende apenas de si mesmo e não pode arriscar o transporte de espelhos. As desvantagens do revestimento de prata são: desigualdades freqüentes na espessura do depósito, que dependem principalmente do estado da superfície do vidro e nunca são opticamente desprezíveis; sulfetação rápida na presença de hidrogênio sulfatado (fogões) que diminui o poder de reflexão muito rapidamente, especialmente em violeta e azul, e requer repolimento a cada 15 dias e redefinição duas vezes por ano, se você deseja espelhos realmente perfeitos; no entanto, quase sempre se contenta com observações visuais, com pratas velhas de vários anos dependendo dos fatores de alteração, geralmente muito pequenos no campo, longe das fábricas e quando o ar está muito seco; Outra desvantagem é a difusão devido aos milhões de faixas minúsculas inevitavelmente produzidas pelo polimento do revestimento. quase sempre se contenta com observações visuais, com pratas velhas de vários anos de acordo com fatores de alteração, geralmente muito pequenas no campo, longe das fábricas e quando o ar está muito seco; Outra desvantagem é a difusão devido aos milhões de faixas minúsculas inevitavelmente produzidas pelo polimento do revestimento. quase sempre se contenta com observações visuais, com pratas velhas de vários anos de acordo com fatores de alteração, geralmente muito pequenas no campo, longe das fábricas e quando o ar está muito seco; Outra desvantagem é a difusão devido aos milhões de faixas minúsculas inevitavelmente produzidas pelo polimento do revestimento.

A aluminização por evaporação de vapor, introduzida por Strong em 1931, fornece camadas reflexivas verdadeiramente perfeitas sem polimento subsequente; o metal reproduz, sem difusão visível, o estado da superfície do próprio vidro. A uniformidade da espessura é obtida com a adoção de precauções elementares e com tanta precisão que os exames ópticos mais sensíveis não mostram alteração da forma. O poder reflexivo do alumínio no espectro visível não excede 88%, o que não representa uma séria desvantagem em relação à prata, exceto talvez em relação à radiação infravermelha, que não é tão bem refletida e que torna o espelho mais sensível a efeitos térmicos, por exemplo, no caso de observações solares. Pelo contrário, no ultravioleta, o poder reflexivo é muito maior do que o da prata e essa vantagem também se estende à radiação visível de comprimento de onda curto (violeta, azul) quando a prata começa a sulfurar. A resistência do aluminizado aos elementos é muito grande; É formada uma camada de alumina transparente muito dura (corindo), que atrasa consideravelmente as trocas químicas, mesmo no ar úmido. Estima-se que um aluminizado tenha bom desempenho por 5 anos. A principal causa de destruição, como no caso da prata, vem do pó graxo e dos inevitáveis depósitos em um espelho desprotegido que acabam causando luz difusa e sensível. A superioridade do aluminizado, nesse aspecto, é a que resiste muito bem a uma lavagem. É formada uma camada de alumina transparente muito dura (corindo), que atrasa consideravelmente as trocas químicas, mesmo no ar úmido. Estima-se

que um aluminizado tenha bom desempenho por 5 anos. A principal causa de destruição, como no caso da prata, vem do pó graxo e dos inevitáveis depósitos em um espelho desprotegido que acabam causando luz difusa e sensível. A superioridade do aluminizado, nesse aspecto, é a que resiste muito bem a uma lavagem. É formada uma camada de alumina transparente muito dura (corindo), que atrasa consideravelmente as trocas químicas, mesmo no ar úmido. Estima-se que um aluminizado tenha bom desempenho por 5 anos. A principal causa de destruição, como no caso da prata, vem do pó graxo e dos inevitáveis depósitos em um espelho desprotegido que acabam causando luz difusa e sensível. A superioridade do aluminizado, nesse aspecto, é a que resiste muito bem a uma lavagem. vem de poeira oleosa e dos inevitáveis depósitos em um espelho desprotegido que acabam causando luz sensível difusa. A superioridade do aluminizado, nesse aspecto, é a que resiste muito bem a uma lavagem. vem de poeira oleosa e dos inevitáveis depósitos em um espelho desprotegido que acabam causando luz sensível difusa. A superioridade do aluminizado, nesse aspecto, é a que resiste muito bem a uma lavagem.

Revestimento químico de espelhos

As quatro receitas mais utilizadas são Brashear, Martin, formaldeído e sal Rochelle.

Os procedimentos de formaldeído descritos por Lumière e o sal Rochelle, especialmente descritos por Draper, podem ser um pouco mais fáceis, embora o segundo dê resultados muito melhores; Além disso, devido à formação muito lenta no tanque, é especialmente recomendado para semi-pratas.

O excelente procedimento Brashear, usado quase exclusivamente entre nossos colegas americanos[1] foi objeto de uma descrição detalhada no boletim do nosso infeliz colega Ch. Boulet[dois]; no entanto, preferimos a receita chamada Martin[3] que importa manipulações menos delicadas; este procedimento também foi descrito no boletim por A. Danjon[4]. Tomamos aqui a última receita dada[5], o que é ainda mais prático, graças à substituição de amônia pura, cujo título de 22° Baumé é muito problemático, por nitrato de amônio, fácil de pesar com precisão.

O material necessário para pratear um espelho inclui: uma placa esmaltada um pouco maior que o espelho, um recipiente bastante grande e muito limpo para enxaguar, um copo grande de um litro para a preparação do banho, um cilindro graduado de 250 cm³, luvas hidrofílicas de algodão e borracha. São necessários pelo menos 5 litros de água destilada que ofereçam todas as garantias (tenha cuidado com a água vendida a baixo preço por farmacêuticos e lojas de ferragens!) Para a preparação das soluções e lavagens, o ácido nítrico fumegante para limpeza e todos os Os produtos químicos que entram nas soluções devem ser muito puros e de entrega recente, se possível. Todos os recipientes serão bem limpos, a ponto de o menor vestígio de sal de cozinha, por exemplo, ser suficiente para falhar na reação[6]; Luvas de borracha bem limpas protegerão totalmente suas mãos do ácido nítrico e da potassa cáustica e evitarão traços de transpiração que podem contaminar o revestimento de prata ou o espelho.

As quatro soluções a serem preparadas são as seguintes:

**A. Nitrato de prata cristalizado 60 gr Água
destilada até completar 1000 cm³**

Mantém-se bem em uma garrafa cor de caramelo com uma tampa fosca. Mancha fortemente nos dedos em preto, assim como o revestimento prateado.

**B. Nitrato de amônio cristalizado 90 gr Água
destilada até completar 1000 cm³**

Frasco de rolha fosco.

**C. Potassa cáustica pura (hidróxido de potássio) 150 gr
Ou, soda cáustica pura (hidróxido de sódio) 105 gr**

Água destilada até completar 1000 cm³

Frasco com uma rolha de borracha. Devem ser tomadas precauções ao esmagar cilindros ou comprimidos de potassa ou refrigerante, produtos muito cáusticos, protegendo os olhos com óculos adequados.

D. Açúcar de mesa branco (sacarose) 100 gr

Ácido tartárico 5 gr Álcool

de 90° 150 gr

Água destilada até completar 1000 cm³

Em uma panela pequena, esmaltada e muito limpa, dissolva o açúcar e o ácido tartárico com um pouco de água destilada; tudo é levado a ferver; Deixe ferver por 10 a 15 minutos para inverter o açúcar; é resfriado com um pouco de água destilada antes de adicionar o álcool, que tem o papel de conservante, e o litro é finalmente completado com água destilada. Esta solução redutora deve ser estacionada por pelo menos uma semana e melhora significativamente com o envelhecimento. Por outro lado, as soluções B e C, se um pouco antigas, fornecem resultados incertos; Eles devem ser preparados logo antes do uso com produtos recém-removidos da garrafa (derreta a parafina das tampas das garrafas de refrigerante e nitrato de amônio).

Limpendo o espelho

A adesão e a resistência do revestimento dependem amplamente da qualidade da lavagem. É muito difícil limpar o vidro perfeitamente; Dependendo do estado da superfície, da aplicação e da alteração do vidro, os resultados obtidos serão muito diferentes. Felizmente para uma prata, a experiência mostra que a limpeza relativamente sumária é suficiente. É confortável ter um balde com paredes de borracha; caso contrário, será feita uma pequena cesta de madeira com tampões laterais para poder esfregar vigorosamente o espelho dentro de uma pia. Se o espelho estiver muito sujo, os resíduos de alcatrão aderidos na parte traseira ou na borda serão removidos primeiro com um pano embebido em benzina ou nafta (gasolina); o polimento do vermelho resiste a agentes químicos surpreendentemente comuns, exigindo ação mecânica; Um bom método é ensaboar a borda e as costas e depois esfregar com uma borracha abrasiva úmida (borracha da máquina de escrever). Termina com o chanfro, tomando muito cuidado para não alcançar a superfície óptica; É necessário lavar cuidadosamente as partículas de borracha, é claro, sem esfregar.

A face óptica é limpa com ácido nítrico fumegante usando um cotonete de algodão grande e com a mão enluvada. A prata velha que pode eventualmente permanecer é instantaneamente destruída e, nesse caso, é lavada com água destilada e a limpeza é retomada com novo cotonete e ácido.

O ácido nítrico concentrado é um poderoso agente oxidante; destrói os materiais gordurosos e, renovando o cotonete e o ácido 2 ou 3 vezes, você acaba ouvindo o ruído característico do cotonete no copo limpo. Se o espelho foi previamente aluminizado, antes de usar o ácido nítrico, é necessário remover completamente o aluminizado com ácido clorídrico ou uma pequena solução de C (potassa ou refrigerante).

Normalmente, contenta-se com apenas uma limpeza ácida, seguida por lavagens longas e um molho em água destilada. Digamos algumas palavras sobre limpezas mais completas que podem ser feitas em casos mais difíceis. Um agente químico mais vigoroso ou ação mecânica pode levar ao resultado desejado. A mistura sulfocrômica é extremamente eficaz, especialmente quando quente, mas o perigo e também as dificuldades de seu uso não incentivarão os fãs a usá-la. Um bom procedimento, já usado por León Foucault, consiste no uso de mingau de carbonato de cálcio amoniacal: faça uma pasta líquida com um pouco de água destilada, amônia e carbonato de cálcio precipitado; espalha-se por toda a superfície do espelho e deixa-se secar completamente; Com vários cotonetes (evite-se a contaminação por suor ou graxa das mãos), o giz é esfregado levemente e depois insistido em remover o véu azul residual por atrito prolongado. Quando a operação é bem feita, o “embaciamento” obtido com a respiração consiste em um véu cinza uniforme de microcotas, sem estrutura ou vestígios de secagem. A operação é repetida 2 ou 3 vezes, se necessário, e é concluída com uma limpeza com ácido nítrico concentrado. O espelho é muito limpo, não deve secar; é mantido sob uma camada de água destilada. o "embaçamento" obtido com a respiração é constituído por um véu cinza uniforme de micro-gotículas sem estrutura ou vestígios de secagem. A operação é repetida 2 ou 3 vezes, se necessário, e é concluída com uma limpeza com ácido nítrico concentrado. O espelho é muito limpo, não deve secar; é mantido sob uma camada de água destilada. o "embaçamento" obtido com a respiração é constituído por um véu cinza uniforme de micro-gotículas sem estrutura ou vestígios de secagem. A operação é

repetida 2 ou 3 vezes, se necessário, e é concluída com uma limpeza com ácido nítrico concentrado. O espelho é muito limpo, não deve secar; é mantido sob uma camada de água destilada.

De acordo com a opinião geral, a aplicação de um mordente é conveniente, mas não essencial, pois melhora a aderência e a qualidade do depósito: após a limpeza, o espelho é imerso por 5 minutos em uma solução amoniacal de cloreto de estanho; é necessário enxaguar com água destilada imediatamente antes de transferir o espelho para o banho prateado.

Modos de revestimento

- A. (figura 65). Face para cima. É o arranjo mais econômico, especialmente para um espelho grande, embora pequenos furos na camada não possam ser completamente evitados. A superfície do espelho serve de pano de fundo para uma bandeja improvisada cujas bordas são formadas por meio de uma longa tira de papel de embrulho embebida em cera e pressionada contra a borda do espelho levemente vaselinada para garantir um recipiente estanque, por várias voltas de cordão elástico.

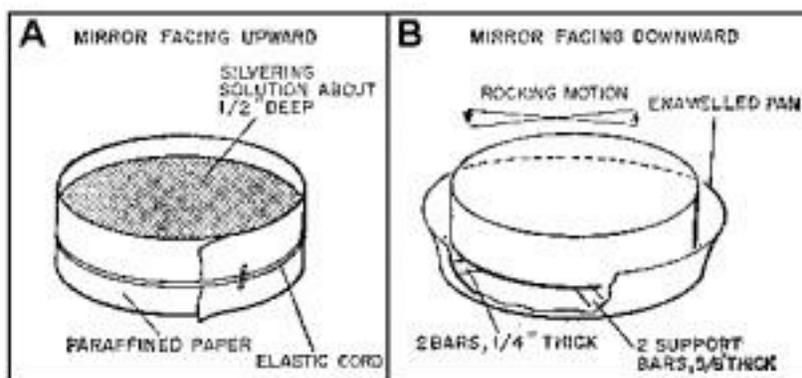


Fig 65. Modos de platear

- B. (figura 65). Face para baixo. É necessário um contêiner de fundo plano um pouco maior que o espelho; existem pratos brancos esmaltados relativamente baratos. Para evitar o contato do espelho com o fundo e ser capaz de produzir uma certa quantidade de agitação, quatro blocos de madeira encerados com um pouco de resina são colados ao fundo de acordo com dois diâmetros retangulares, um deles aproximadamente um centímetro mais alto. Cavilhas de metal não devem ser usadas, muito menos chumbo, o que poderia causar grandes anomalias locais na espessura do tanque por eletrólise.

Conduzindo a operação

A temperatura é um fator essencial para o sucesso. Para trabalhar em condições adequadas, deve ser operado entre 18 e 24°C; no entanto, Ellison obteve bons resultados pelo procedimento de Martin no clima tropical de Ceylan a mais de 30° C. É necessário verificar

a temperatura ambiente, a temperatura das soluções e a temperatura do espelho em sua água de imersão. É aconselhável determinar antecipadamente o volume de banho necessário, testando com água corrente. Para o arranjo do espelho voltado para baixo, principalmente se a parte traseira do espelho for polida, o líquido não deve exceder metade da espessura do espelho; o progresso do prateamento pode ser seguido diretamente. Para evitar desperdício inútil de prata, serão necessários 50 cm³ da solução A para cada decímetro quadrado da superfície do espelho a ser revestido (aproximadamente 150 cm³ para um de 20 cm). Este volume de A é vertido para um copo grande, o cilindro graduado é lavado e um volume igual de solução B é medido e progressivamente incorporado em A por agitação vigorosa com uma haste de vidro; lave novamente o cilindro e meça um volume igual de solução C, que será adicionado com as mesmas precauções a A - B. Em princípio, as últimas gotas da solução C devem nublar levemente a mistura; o aspecto em plena luz é um pouco como uma infusão de chá leve; se a mistura permanecer límpida, poderão ser adicionadas imediatamente algumas gotas adicionais de C. Se, por outro lado, a mistura escurecer fortemente, a capotagem deve ser interrompida, pois nesse caso o depósito será rápido, brilhante, mas fino. Não exageremos na dificuldade de alcançar o ponto de estabilidade da solução; com o procedimento de Martin, a tolerância é bastante grande. A mistura que acabamos de obter deve ser usada imediatamente. É necessário não deixar nenhuma parte não reduzida dessa solução exposta ao sol, por exemplo, uma vez que sua concentração causa a formação de fulminato de prata, um explosivo muito instável de deflagração espontânea. Se o volume do banho obtido for inferior ao volume determinado acima, necessário para atingir o nível útil, será adicionada água destilada em conformidade.

Vamos tirar o espelho do banheiro em que ele é depositado e colocá-lo em contato com a mistura preparada; vamos adicionar um volume de solução redutora D igual a um terço do volume usado de A. A reação começa imediatamente; o líquido fica turvo e completamente preto; O espelho deve estar desequilibrado para melhor corresponder ao depósito.

Após 2 ou 3 minutos e a 20 ° C, um belo reflexo metálico aparece no vidro; você não precisa tirar o espelho para examiná-lo. Uma estadia 5 vezes maior é necessária para obter um depósito opaco. O precipitado pode ser considerado acabado, quando o banho é lavado e as partículas lamacentas transbordam. Se o espelho estiver voltado para cima, é aconselhável evitar depósitos lamacentos ou removê-los esfregando levemente uma bola de algodão na superfície sem remover o espelho do banheiro. O espelho é removido do banheiro e imerso novamente em água destilada para lavá-lo; então você tem que ter certeza da opacidade da camada; uma prata grossa mal permite que o sol ou o filamento de uma lâmpada poderosa seja visto de forma transparente. Mesmo que os contornos de um objeto bem cortado em plena luz do dia no fundo do céu sejam perceptíveis, a prata ainda pode servir bem. Se a prata é muito fraca, é necessário preparar imediatamente um segundo banho para reforçar o depósito. A secagem espelhada deve ser feita rapidamente; após um curto dreno, é mantido quase verticalmente e polvilhado com álcool puro. Recomenda-se o uso de um ventilador ou secador de cabelo e é necessário coletar as gotas que podem escorrer pelo fundo por um longo tempo, usando papel absorvente. após um curto dreno, é mantido quase verticalmente e polvilhado com álcool

puro. Recomenda-se o uso de um ventilador ou secador de cabelo e é necessário coletar as gotas que podem escorrer pelo fundo por um longo tempo, usando papel absorvente.

Polimento de pelagem

A capa é quase sempre levemente velada; uma vez seco, é enxaguado com polimento com uma boneca de camurça. Certos depósitos espessos e foscos não são suscetíveis a polimento e devem ser removidos e iniciados novamente. Para um espelho pequeno, uma boneca é feita preenchendo com algodão um pedaço de couro chamado camurça nova, bem desengordurado, com o lado dos cabelos voltado para fora e cuidadosamente escovado e marcado[7]. A boneca pode ter 4 ou 5 cm de diâmetro. Comece esfregando um copo de teste, de preferência prata, para verificar se não restam impressões digitais. Você precisa esfregar toda a superfície do espelho com pinceladas, enquanto uma escova de dentes serve para remover partículas de prata que podem aderir ao pulso. Esta primeira operação produz um tipo de corte da camada que favorece o polimento em si. A escova de dentes é então usada para espalhar uma quantidade muito pequena de vermelho de polimento óptico no pulso, que terminará de distribuir no vidro de teste antes de ir para o espelho. Quase sempre quando tudo está seco, o espelho faz um reflexo preto uniforme em alguns minutos. Eventualmente, as manchas recalitrantes desaparecerão expirando um pouco antes de esfregar.

Espelhos aluminizados

Nos limitaremos a uma descrição superficial dessa técnica, apenas para satisfazer a curiosidade do leitor construtor e evitar alguns erros, embora insuficientemente detalhados para permitir que ele realize a operação que requer um material caro[8].

A técnica em grande parte devido a John Strong[9]Consiste em evaporar no vácuo pequenos condutores de fio de alumínio muito puro, colocados em hélices de tungstênio e aquecidos pela passagem de uma corrente elétrica. O alumínio derrete a 660° C; forma-se uma gota que "molha" o tungstênio sem perigo de cair; o alumínio evapora imediatamente nas partes mais quentes do filamento (1200 ° C). Se o caminho livre molecular médio é da ordem de magnitude do diâmetro da câmara de vácuo (que ocorre para um alto vácuo, da ordem de 10-4 ou 10-5 mm de mercúrio), a névoa invisível de átomos O alumínio atinge diretamente a superfície a ser tratada e condensa na forma de uma fina camada metálica que reproduz fielmente o estado da superfície do vidro polido opticamente, diferente de qualquer metal de alumínio sólido polido mecanicamente. Para consertar idéias, Digamos que, no caso de pequenos espelhos, seja obtida uma camada de espessura muito uniforme, colocando os evaporadores em uma coroa com diâmetro igual ao do espelho e distante por uma quantidade igual ao raio; as hélices de fio de tungstênio de 0,7 mm são aquecidas por uma corrente de 10 a 20 V e algumas dezenas de amperes. Um tempo de evaporação de 10 a 20 segundos é suficiente para obter uma camada opaca (0,1 µm).

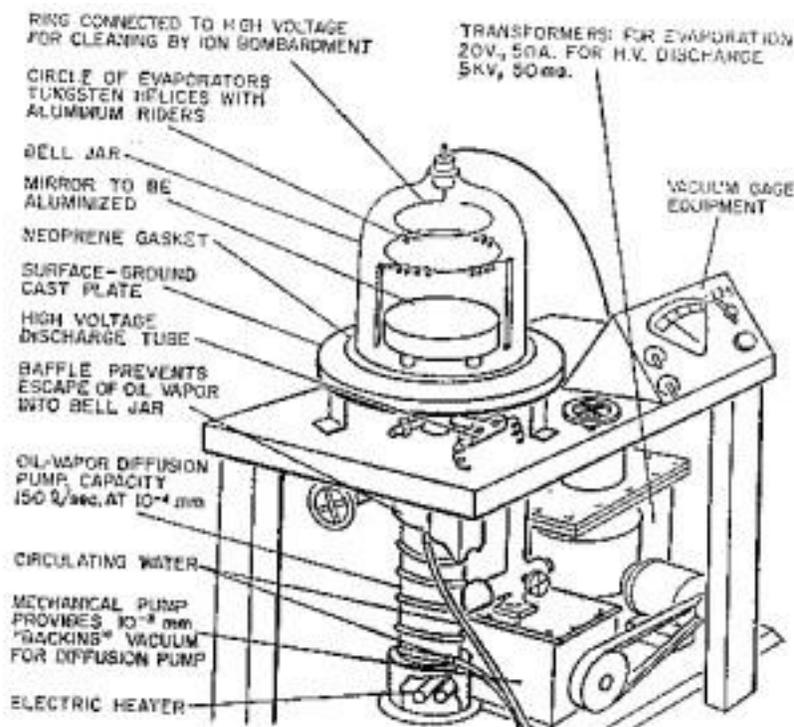


Fig 66. Esquema de una pequeña instalación de aluminizado

A primeira dificuldade reside na limpeza perfeita da superfície do espelho, absolutamente necessária se for desejado um revestimento durável. A operação é consideravelmente mais delicada do que a de prata, pois é necessário obter simultaneamente uma superfície limpa e seca. Os véus cinzentos e uniformes das figuras feitas com a respiração, das quais falamos antes, mostram que ela permanece uniformemente espalhada, uma camada extremamente fina de ácidos graxos que mais tarde pode causar defeitos notáveis. Devido à afinidade dos íons alcalinos da superfície, a limpeza perfeita de certos vidros é quase impossível. Um tratamento químico energético, que inclui a imersão do vidro por 2 horas na mistura sulfocrômica fervente a 400°C [10] é eficaz, mas obviamente impossível para o vidro óptico de precisão; A ação dos íons no exaustor é usada durante o bombeamento, produzindo uma descarga de alta tensão (5.000 a 10.000 volts). Os técnicos sabem que esse procedimento não deixa de ter surpresas desagradáveis.

Las dificultades que entrañan los vacíos muy pronunciados son mejor conocidas y relativamente más fáciles de combatir. Es preciso descubrir y obstruir continuamente las pérdidas imperceptibles, pero que son siempre muy perjudiciales si no se dispone de potentes medios de bombeo. El escape de un solo milímetro cúbico de aire a la presión normal en un tiempo dado, requiere para ser compensado, una bomba que extraiga varias decenas de litros entre 10^{-3} y 10^{-5} mm de presión residual. Deben usarse deshidratantes, zulaques (mástico) y grasa para robinetes de muy débil tensión de vapor; las superficies que hayan absorbido gases necesitarán calentamientos previos, etcétera. Para una pequeña instalación de laboratorio uno puede contentarse con una bomba chica de paletas, como cebadora y de una bomba molecular Howleck o bien de una bomba de condensación a vapor de mercurio, de la cual existen modelos poderosos, pero que necesitan un artificio de aire líquido a causa de la tensión del vapor de mercurio (10^{-3} mm). El considerable desarrollo industrial de los procedimientos por

evaporación, fue el que dio la solución práctica del problema, perfeccionando las bombas a difusión de vapor de aceite especial (Amoil, Octoil, Silicone) de muy débil tensión de vapor, gran resistencia a la oxidación y al sobrecalentamiento. En los Estados Unidos se utilizan corrientemente bombas a difusión, metálicas, a vapor de aceite, capaces de absorber muchos metros cúbicos por segundo a 10⁻⁴ mm de mercurio, ¡haciendo posible el aluminizado continuo de hojas en rollos! Por otra parte, sabemos construir bombas a difusión de aceite enteramente en vidrio, de tres etapas y cuatro calderas ¡magníficos exponentes del arte del soplador de vidrio, capaces de bajar la presión residual a 10⁻⁸ mm de mercurio!

Para apreciar o valor do vácuo até 10⁻³ mm, um simples tubo de descarga alimentado por uma pequena bobina de indução pode ser suficiente. Para medir um vácuo mais alto, é necessário usar um medidor geralmente delicado e caro (Mac Léod, Pirani ou medidor de ionização). Se a superfície do vidro estiver perfeitamente polida e o aluminizado bem feito, o resultado será impecável sem qualquer polimento subsequente da camada e nenhuma difusão sensível poderá ser detectada, qualquer que seja o ângulo do exame. Por outro lado, pequenas manchas cinzas, negligenciadas ou despercebidas no final do polimento, são implacavelmente reveladas. Oculistas negligentes costumam ter surpresas a esse respeito: É necessário dizer a eles que o aluminizado não deve ser responsabilizado e que qualquer tentativa de entupir os buracos com um boneco de camurça no aluminizado recente teria consequências desastrosas? A princípio, a camada é muito fraca; o menor atrito causa incontáveis estrias; Você deve evitar espanar com uma escova. Em contato com o ar, forma-se lentamente uma fina película de óxido de alumínio transparente: alumina que, graças à sua grande dureza, fornece boa proteção após 6 semanas. Existem muitos procedimentos para acelerar a formação de um filme de alumina ou aumentar consideravelmente sua espessura, a ponto de oferecer grande resistência não apenas à abrasão, mas também a alterações químicas normais, incluindo as causadas pelo ar salino. O mais perfeito parece ser a oxidação anódica. Você deve evitar espanar com uma escova. Em contato com o ar, forma-se lentamente uma fina película de óxido de alumínio transparente: alumina que, graças à sua grande dureza, fornece boa proteção após 6 semanas. Existem muitos procedimentos para acelerar a formação de um filme de alumina ou aumentar consideravelmente sua espessura, a ponto de oferecer grande resistência não apenas à abrasão, mas também a alterações químicas normais, incluindo as causadas pelo ar salino. O mais perfeito parece ser a oxidação anódica. Existem muitos procedimentos para acelerar a formação de um filme de alumina ou aumentar consideravelmente sua espessura, a ponto de oferecer grande resistência não apenas à abrasão, mas também a alterações químicas normais, incluindo as causadas pelo ar salino. O mais perfeito parece ser a oxidação anódica. Existem muitos procedimentos para acelerar a formação de um filme de alumina ou aumentar consideravelmente sua espessura, a ponto de oferecer grande resistência não apenas à abrasão, mas também a alterações químicas normais, incluindo as causadas pelo ar salino. O mais perfeito parece ser a oxidação anódica [\[onze\]](#), o que exige em todos os casos camadas muito aderentes e de espessura dupla.

Os defeitos mais freqüentes no aluminizado são às vezes devidos à evaporação em vácuo insuficiente (escape, vazamento inesperado de gás), resultando em um revestimento amarelado e até enegrecido. Mesmo que o defeito seja muito pouco pronunciado, o reflexo da radiação de comprimentos de onda curtos será perdido. Para descobrir esse defeito, você pode simplesmente comparar uma folha de papel muito branca com sua imagem vista obliquamente através do espelho, que também deve aparecer em branco. Às vezes, as impurezas no interior do alumínio ou a contaminação gordurosa acionada pela descarga de limpeza causam grandes manchas pretas na camada. Mas a falha mais frequente é devido a imperfeições na limpeza; quando o espelho sai do exaustor, quase sempre é impecável, mas o defeito de limpeza geralmente causa Dentro de 48 horas, e geralmente apenas depois de uma semana, várias micro intumescências na forma de conchas convexas de alguns microns de diâmetro, que são suficientemente densas em certas regiões para difundir muito mais luz que as mordidas cinzentas. Nesse caso, é necessário re-aluminizar.

Transporte de espelhos aluminizados

Para não complicar desnecessariamente o trabalho dos aluminizados, um espelho limpo e bem polido deve ser enviado o mais longe possível. A limpeza da face óptica é uma questão da pessoa que fará o aluminizado, mas a pessoa cuidará de eliminar todos os vestígios de pitch com benzina; o vermelho na parte de trás do espelho e as bordas serão limpas com sabão e borracha. A rugosidade dessas superfícies, geralmente o desbaste muito rudimentar, pode reter muita substância capaz de liberar gases e impedir a obtenção de um bom vácuo. Como o tratamento para endurecer o alumínio em geral é evitado e a formação natural de uma espessura suficiente de alumina nunca é esperada, a embalagem de transporte do espelho deve fornecer, além da proteção do espelho, a proteção da frágil camada de alumínio no viagem de volta. A Figura 67 dá um exemplo de uma caixa conveniente. O espelho, colocado em uma caixa interna muito limpa e pintado com chiclete, tem sua face óptica separada do fundo por vários milímetros, graças a quatro cavilhas nos cantos que o sustentam pela borda; o alumínio não deve tocar em nada. É desejável que esta caixa interna seja à prova de poeira, o que pode ser conseguido com uma faixa de tira emplástica sobre a junção da tampa. Qualquer embalagem que envolva o contato direto do alumínio com papel de seda ou algodão não é recomendada devido aos possíveis vestígios de cloro nessas substâncias. Para remessas de trilhos, também é necessária uma caixa externa adicional aproximadamente 5 cm maior em todas as direções para uma centralização cuidadosa com pacotes de aparas de madeira. O espelho, colocado em uma caixa interna muito limpa e pintado com chiclete, tem sua face óptica separada do fundo por vários milímetros, graças a quatro cavilhas nos cantos que o sustentam pela borda; o alumínio não deve tocar em nada. É desejável que esta caixa interna seja à prova de poeira, o que pode ser conseguido com uma faixa de tira emplástica sobre a junção da tampa. Qualquer embalagem que envolva o contato

direto do alumínio com papel de seda ou algodão não é recomendada devido aos possíveis vestígios de cloro nessas substâncias. Para remessas de trilhos, também é necessária uma caixa externa adicional aproximadamente 5 cm maior em todas as direções para uma centralização cuidadosa com pacotes de aparas de madeira. tem sua face óptica separada da parte inferior por vários milímetros, graças a quatro cavilhas nos cantos que a sustentam pela borda; o alumínio não deve tocar em nada. É desejável que esta caixa interna seja à prova de poeira, o que pode ser conseguido com uma faixa de tira emplástica sobre a junção da tampa. Qualquer embalagem que envolva o contato direto do alumínio com papel de seda ou algodão não é recomendada devido aos possíveis vestígios de cloro nessas substâncias. Para remessas de trilhos, também é necessária uma caixa externa adicional aproximadamente 5 cm maior em todas as direções para uma centralização cuidadosa com pacotes de aparas de madeira. tem sua face óptica separada da parte inferior por vários milímetros, graças a quatro cavilhas nos cantos que a sustentam pela borda; o alumínio não deve tocar em nada. É desejável que esta caixa interna seja à prova de poeira, o que pode ser conseguido com uma faixa de tira emplástica sobre a junção da tampa. Qualquer embalagem que envolva o contato direto do alumínio com papel de seda ou algodão não é recomendada devido aos possíveis vestígios de cloro nessas substâncias. Para remessas de trilhos, também é necessária uma caixa externa adicional aproximadamente 5 cm maior em todas as direções para uma centralização cuidadosa com pacotes de aparas de madeira. Isso pode ser conseguido com um elástico na junta da tampa. Qualquer embalagem que envolva o contato direto do alumínio com papel de seda ou algodão não é recomendada devido aos possíveis vestígios de cloro nessas substâncias. Para remessas de trilhos, também é necessária uma caixa externa adicional aproximadamente 5 cm maior em todas as direções para uma centralização cuidadosa com pacotes de aparas de madeira. Isso pode ser conseguido com um elástico na junta da tampa. Qualquer embalagem que envolva o contato direto do alumínio com papel de seda ou algodão não é recomendada devido aos possíveis vestígios de cloro nessas substâncias. Para remessas de trilhos, também é necessária uma caixa externa adicional aproximadamente 5 cm maior em todas as direções para uma centralização cuidadosa com pacotes de aparas de madeira.

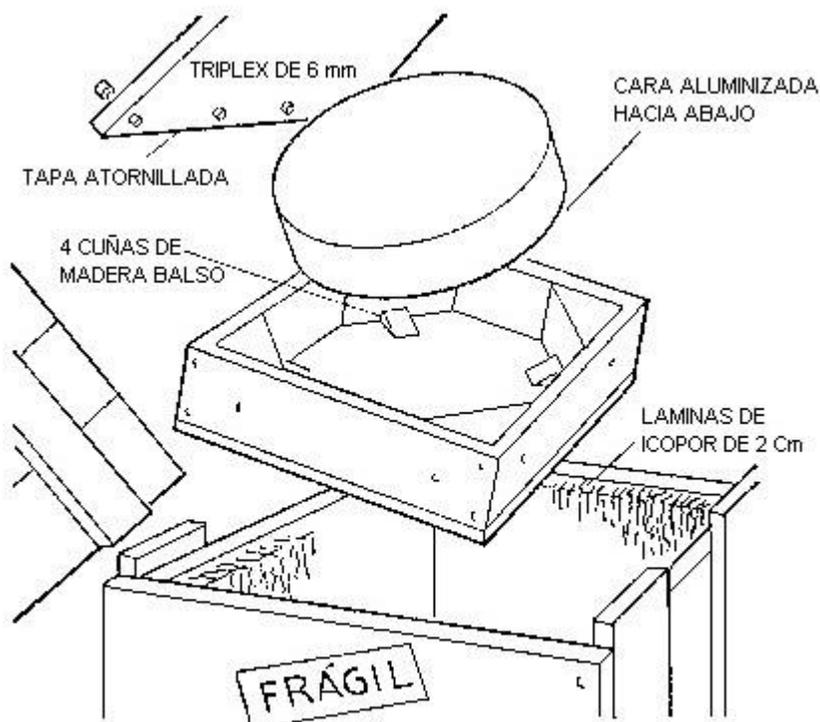


Fig 67. Doble embalaje para el transporte de espejos aluminizados

Cuidado aluminizado

Mesmo após as primeiras seis semanas, você deve se contentar com uma limpeza leve com pincel e evitar esfregar com um pano ou camurça. Particularmente no caso de um depósito de orvalho ou vapor, é necessário aguardar a evaporação após a climatização do espelho sem tentar esfregar. O aluminizado resiste muito bem à umidade, mas a repetição muito frequente de um ciclo de condensação e evaporação deve ser evitada, principalmente perto do mar. O pó é outra causa de destruição; Quando o telescópio não está em uso, uma cobertura de vidro que circunda a borda do espelho é uma boa proteção; Este meio é clássico para proteger os prateados; no caso de um aluminizado, geralmente está contente, se o tubo do telescópio estiver completo,[\[12\]](#). É conveniente deixar o instrumento com o tubo horizontal para evitar poeira gordurosa mais pesada, que a escova só espalharia. Após um ou dois anos de serviço, a superfície geralmente fica visivelmente manchada e difunde bastante luz. No entanto, o alumínio retém seu poder reflexivo e permanece utilizável após lavar o espelho com água e sabão;[\[13\]](#) o copo está completamente imerso na água; é passada levemente e sem insistir em um pedaço de algodão impregnado com sabonete (sem refrigerante gratuito que atacaria imediatamente o alumínio); todos os vestígios de sabão são cuidadosamente lavados com uma nova bola de algodão em água pura; é necessário secar rapidamente. Ao preço de certos cuidados, um aluminizado pode prestar um bom serviço por cinco anos. O poder de reflexão permanecerá alto se a espessura original do alumínio for suficiente para preservar a opacidade, apesar da formação de um filme de alumina cada vez mais espesso; no entanto, os depósitos do difusor acabarão sendo irritantes, se você quiser um instrumento verdadeiramente de primeira classe.

Centrar

Centralizar os espelhos de um telescópio é uma operação fácil que deve ser familiar para o usuário. O proprietário de um instrumento com um tubo de madeira exposto a variações notáveis no grau higrométrico, não deve hesitar em verificar periodicamente sua centralização.

Geralmente, a operação é realizada em duas etapas:

1. **Uma centralização preparatória** isso pode ser feito em plena luz do dia e em alguns minutos; é uma simples centralização geométrica.
2. **Centralização exata** que consiste em procurar empiricamente a melhor imagem possível, observando uma estrela com uma ocular de foco muito curta.

Centralização preparatória

A centralização preparatória é extremamente fácil; O telescópio é direcionado com seus dois espelhos nus, metálicos, sobre um fundo claro amplo e uniforme. Você olha através do tubo da ocular depois de remover a ocular; você pode ver (figura 68, descrita do maior ao menor) diretamente o contorno externo do espelho diagonal secundário que se projeta sob o aspecto de um círculo, um octógono ou um quadrado, pouco importa; O contorno do espelho principal também é visto graças à reflexão no secundário, que, vista do plano focal, parece um pouco menor que o espelho diagonal se o último for de uma dimensão bem calculada; finalmente, graças às duas reflexões, você vê um terceiro contorno muito menor, que é a imagem do espelho plano secundário que contém a imagem da ocular e a do nosso olho. Normalmente, no início, os dois espelhos são muito descentralizados. Um aspecto semelhante ao da figura 68A é observado no qual os três contornos são claramente excêntricos. Você começa centrando o espelho secundário na diagonal agindo sobre os parafusos de centragem acima dele e girando o corpo que o apoia, de modo a tornar concêntrica a imagem do espelho principal e o contorno da diagonal. O resultado obtido é o representado na figura 68B; Para ter certeza de olhar através do eixo do suporte da ocular, um corpo da ocular com foco muito curto pode ser montado provisoriamente sem lentes. Os dois contornos observados são de diâmetros ligeiramente diferentes e terão precisão suficiente sem acessórios, tanto mais que neste momento um pequeno defeito no centro do secundário não teria gravidade (o campo de iluminação total não seria exatamente distribuído no campo da ocular). Observe também que, se o eixo da ocular, perpendicular ao tubo por construção, não estiver exatamente voltado para o centro da diagonal como consequência de um erro de instalação, o telescópio poderá estar centrado, mas as oculares farão um pequeno ângulo em relação ao eixo da viga. Às vezes, os suportes da ocular são fornecidos com parafusos e molas independentes para compensar essa inclinação, mas esse dispositivo é um luxo que pode ser suprimido. As oculares ortoscópicas toleram um erro de inclinação de vários graus sem inconvenientes, o que representa uma margem amplamente suficiente para a colocação do suporte da ocular. Ele não atinge exatamente o centro da diagonal como resultado de um erro de instalação; o telescópio pode estar centrado, mas as oculares farão um pequeno ângulo em relação ao eixo do feixe. Às vezes, os suportes da ocular são fornecidos com parafusos e molas independentes para compensar essa inclinação, mas esse dispositivo é um luxo que pode ser suprimido. As

oculares ortoscópicas toleram um erro de inclinação de vários graus sem inconvenientes, o que representa uma margem amplamente suficiente para a colocação do suporte da ocular. Ele não atinge exatamente o centro da diagonal como resultado de um erro de instalação; o telescópio pode estar centrado, mas as oculares farão um pequeno ângulo em relação ao eixo do feixe. Às vezes, os suportes da ocular são fornecidos com parafusos e molas independentes para compensar essa inclinação, mas esse dispositivo é um luxo que pode ser suprimido. As oculares ortoscópicas toleram um erro de inclinação de vários graus sem inconvenientes, o que representa uma margem amplamente suficiente para a colocação do suporte da ocular. Mas este dispositivo é um luxo que pode ser suprimido. As oculares ortoscópicas toleram um erro de inclinação de vários graus sem inconvenientes, o que representa uma margem amplamente suficiente para a colocação do suporte da ocular. Mas este dispositivo é um luxo que pode ser suprimido. As oculares ortoscópicas toleram um erro de inclinação de vários graus sem inconvenientes, o que representa uma margem amplamente suficiente para a colocação do suporte da ocular.

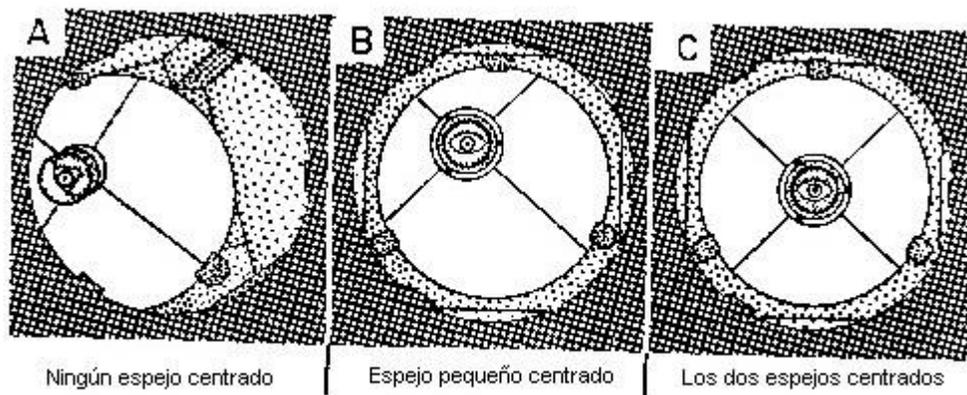


Fig 68. Centrado preparatorio en pleno día

Para a centralização preparatória do espelho principal, consideremos agora a pequena imagem da sombra do secundário, que precisa ser centralizada no contorno da imagem do espelho principal, atuando nos parafusos de montagem (ref. 15, [figura 57](#)) do espelho. Embora os diâmetros desses contornos sejam muito diferentes, temos o hábito de evitar completamente todo o arsenal de diafragmas, telas e pequenos orifícios descritos de várias maneiras por vários autores, aos quais referimos o leitor amador à centralização geométrica.[14]. Para nós, esses procedimentos são de pouco interesse, pois postulamos implicitamente que o espelho principal é exatamente o da revolução. É preferível não fazer suposições e basear-se apenas na centragem em uma estrela, o que pode eventualmente levar à adoção expressa de uma posição fora do eixo se o espelho principal for levemente astigmático, por exemplo.

Exatamente centrado

A centralização exata com uma estrela requer mais atenção; Mas as dificuldades não devem ser exageradas. Para fixar idéias, observe que o defeito de centralização que mostra uma vírgula bem perceptível com um espelho em $f / D = 6$ corresponde a uma separação de 2,3 mm no plano focal, o que representa, com nossos parafusos de broca de 100 passos, cerca de um terço de um turno; Nas melhores condições de rotação, um décimo de volta produz um resultado perceptível. Uma estrela de 3ª ou 4ª magnitude (para 200 mm) muito alta no céu é escolhida para aumentar a possibilidade de obter boas imagens e evitar a perda do contato dorsal do espelho com um parafuso calanterador que, em seguida, deve ser desaparafusado (é preferível fazer o últimos ajustes apertando os pernos). Como a inclinação do espelho principal ainda não é final, o mecanismo de busca ainda não pode se concentrar e, portanto, não é utilizável; portanto, é necessário primeiro usar a ocular de foco mais longa para encontrar a estrela e colocá-la no centro do campo. A Figura 69A apresenta um exemplo de uma imagem complexa (combinação de vírgula, astigmatismo e difração) que é observada longe do eixo de um espelho em $f / D = 6$, mas mesmo a centralização preparatória mais embaraçosa não deixa um deslocamento tão considerável; mas, em qualquer caso, a vírgula domina e indica claramente em qual direção o eixo está, o que está marcado na figura. A parte superior da figura 69 refere-se a pontos extrafocais observados alguns milímetros atrás do melhor foco com uma ocular do meio, o suficiente para notar a excentricidade dos anéis e iniciar a correção. A orientação da pluma indica se é necessário atuar no parafuso do calibre superior ou em um dos laterais. Se você trabalha sozinho, em vez de fazer um raciocínio que provavelmente nos enganará, é melhor e mais rápido fazer qualquer tentativa (parafusar ou desaparafusar), mas pense cuidadosamente no que é feito e observe se a vírgula diminui ou aumenta. Quando é possível obter a ajuda de uma pessoa para manusear os parafusos dos parafusos centralizadores, a operação é rápida; a manobra é direcionada para que a imagem se mova pelo campo na direção da vírgula (figura 69 abaixo) e ainda podemos controlar, pelo menos com uma ocular não muito forte, para não perder a estrela do campo. Com um telescópio Cassegrain não muito grande, a operação é particularmente fácil, já que o mesmo observador pode girar os parafusos de montagem sem deixar de observar. Aproximando-se do eixo (Figura 69B), o uso de pontos extrafocais com uma ocular do meio não é um procedimento muito sensível e é necessário usar a ocular mais forte disponível (3 mm) e apontar a imagem focal exatamente em foco a cada Tempo. A Figura 69B abaixo mostra a distribuição desigual da luz dos anéis de difração na presença de um coma fraco (toque com aproximadamente meia volta do parafuso) e na presença de um coma combinado com uma simetria ternária espelhada flexionada em seus três parafusos perfurantes. Os últimos retoques serão feitos durante um quarto ou oitavo de volta. Se você tiver sorte o suficiente para ver imagens calmas o suficiente para ver a imagem de difração e os anéis permanentemente, a operação é concluída rapidamente; caso contrário, o pequeno defeito que possa permanecer não será, apesar de tudo, prejudicial para imagens medíocres.

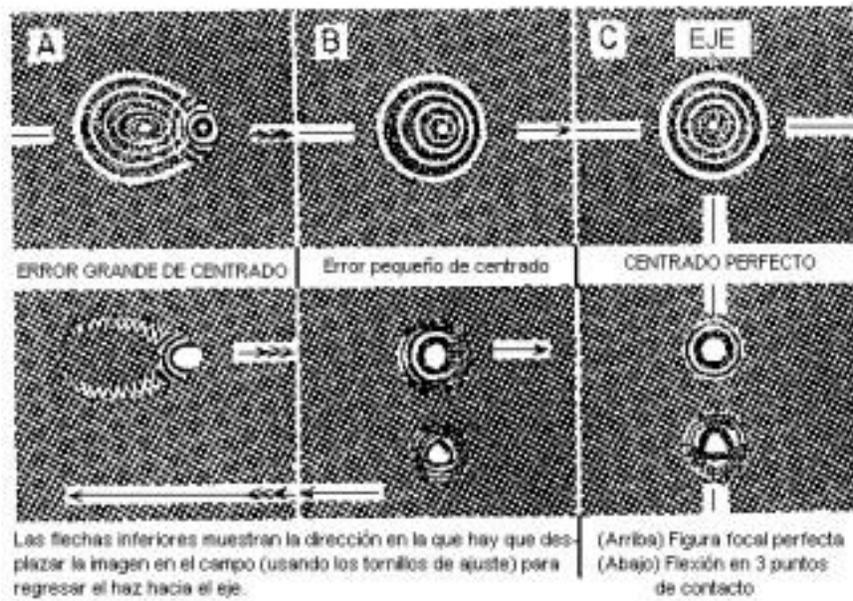


Fig 69. Centrado del espejo principal sobre una estrella

A Figura 69C mostra uma centralização perfeita; a figura inferior vista na presença de flexão nos três parafusos perfurantes mostra os anéis entrelaçados que se igualam melhor em intensidade, sendo cautelosos com a turbulência, que produz aspectos semelhantes, porém móveis.

Não achamos necessário insistir; Basicamente, a operação é instintiva, assim como o foco, e é mais fácil de fazer do que ler e entender com base na melhor descrição.

- [1] Amateur telescope making, 4th edition, pp. 397 - 428. Exposição muito detalhada.
- [2] L'Astronomie, t. 49, p. 188
- [3] Provavelmente devido a L. Foucault.
- [4] L'Astronomie, t. 38, p. 255
- [5] A. Danjon e A. Couder, Lunettes et télescopes (Óculos e telescópios), § 118, p. 551
- [6] Consequentemente, é necessário lavar todos os recipientes com água destilada antes do uso.
- [7] As peles de ovelha à venda são afinadas com rebolos de carborundo!

- [8] Nos Estados Unidos, muitos fãs de alumínio seus próprios espelhos. Na França, além dos laboratórios do Institut d'Optique e do Institut d'Astrophysique, a maioria das grandes casas ópticas possui equipamentos para metalização e fluoretação e existem várias casas especializadas que possuem uma técnica atualizada. Citamos: a Societé d'Optique for transit, Claude - Vellefaux, 50, Paris (Xe), que aluminizou a maioria dos espelhos da Comissão.
- [9] J. Strong, (limitando a solubilidade do tungstênio em metais evaporados) e também (aluminizado a partir dos primeiros grandes espelhos astronômicos) vol. 46, p. 18 - 26.
- [10] Merigoux, Recupera a poluição do ar pelos corpos.
- [11] Hass, Jornal, Sociedade Óptica da América, volume 39, nº 7, pp. 532 - 540.
- [12] Para o tubo de madeira do telescópio padrão, você pode construir uma tampa de madeira com bordas que podem ser facilmente removidas e colocadas.
- [13] Obviamente, o uso de um detergente totalmente neutro é preferível como um dos diferentes compostos sulfonados para uso doméstico.
- [14] Atualmente, existem colimadores de feixe de laser disponíveis comercialmente que são inseridos no suporte da ocular.

8. O instrumento em condições reais de emprego

Dificuldades em usar um telescópio de potência média

Já somos donos de um telescópio opticamente irrepreensível e bem focado. Vamos obter automaticamente as satisfações prometidas pelo diâmetro alvo? Certamente não; A parte do trabalho que falta fazer é a mais difícil de aceitar e quanto maior o diâmetro do instrumento.

A técnica de observação com um instrumento médio mereceria uma longa exposição que não podemos pensar em incorporar nessas notas construtoras. Deve-se supor que alguém usando um telescópio de 200 mm já tenha alguma experiência de observador, mais facilmente adquirida com um pequeno telescópio. Visar o instrumento, colocá-lo em foco, seguir a estrela, evitar as vibrações da montaria, escolher a ocular, fazer um esboço, adquirir uma educação ocular, são pequenos problemas simples que um pouco de prática permite que você domine facilmente. Enquanto o instrumento for considerado um coletor de luz, não haverá grande dificuldade em alcançar o resultado esperado; por exemplo, observar estrelas variáveis em ampliações relativamente fracas e tirar fotografias no foco newtoniano, eles são facilmente alcançáveis, mesmo pelas magnitudes limitantes que o espelho pode revelar. Surpresas surgem no momento que você deseja, além de aproveitar todo o poder teórico de separação do espelho; A observação de estrelas duplas muito próximas e, mais ainda, os fracos pontos planetários, apresentam dificuldades que crescem rapidamente com a abertura. A grande fonte de descontentamento a esse respeito é o que é chamado coletivamente de

turbulência atmosférica e, como essa questão diz respeito à responsabilidade do construtor, não podemos ignorá-la.

Até agora, assumimos que as superfícies de ondas incidentes atingem o alvo plano; de fato, antes de chegar até nós, os raios de luz emitidos por uma estrela devem passar pela atmosfera, longe de ser um meio opticamente homogêneo; o ar quente não possui o mesmo índice de refração que o ar frio; as correntes de ar a diferentes temperaturas deformam de forma variável e complexa as superfícies das ondas transmitidas. Se assumirmos que o telescópio cobre um feixe de uma certa largura, a onda será muito perturbada. Lord Rayleigh expressou com uma fórmula confortável^[1] a mudança de fase δ produzida no ar por um comprimento de l centímetros por uma diferença de t° C:

Assim, para $0,56 \mu\text{m}$, uma diferença de $\lambda / 4$ pode resultar em uma diferença térmica de apenas $0,13^\circ \text{C}$ ao longo de um metro no nível do mar. O incrível é que ainda é possível obter uma imagem útil ao nível do solo com um feixe de vários decímetros de diâmetro. Normalmente, em grandes altitudes, as anomalias são bastante grandes e sobrepostas em espessura em número suficiente para fornecer, em média, uma superfície de onda não muito deformada; pelo contrário, os redemoinhos localizados perto do instrumento que se elevam de todos os radiadores de calor que começam com o mesmo espelho no início da noite são estreitos, mas íngremes; a superfície da onda é desfeita e a imagem destruída.

Não é possível tratar esse assunto com o mesmo rigor que uma pergunta confortável, como a forma de um espelho; o erro será acreditar que é menos importante porque é matematicamente intrincado e sem "interesse pedagógico". Para o observador, não é apenas a questão "sobre o programa", mas domina todas as suas possibilidades. Insistiremos nessa questão, já que ouvimos frequentemente iniciantes, que aparentemente são psicologicamente incapazes de localizar a dificuldade real, atribuem seus desgostos a causas secundárias irrisórias, como um pequeno defeito parabólico ou uma deformação térmica de seu espelho.

Classes de turbulência

Somente por razões de facilidade de análise, distinguimos três classes de turbulência, embora na realidade não haja transições abruptas entre elas:

1. Turbulência dentro do instrumento. Vamos apontar o telescópio para uma estrela brilhante ou melhor para um planeta cujo diâmetro aparente é de preferência de 10 a 20 ". Vamos remover a ocular e realizar a experiência de Foucault usando a borda de um cartão de visita apoiado no suporte da ocular como uma lâmina de faca. Mesmo com uma montagem de azimute, um pouco de prática é suficiente para dividir a imagem por um ou dois segundos e retificar a configuração de nossa faca de acordo com a direção do deslocamento da sombra. Em vez da extinção uniforme do espelho, que deve ser vista no centro da curvatura de uma esfera esférica, sombras contrastadas são vistas passando na frente do espelho, produzidas por veias opticamente heterogêneas de ar.

A fórmula de Rayleigh mostra claramente que não há necessidade de esperar imagens completamente livres de perturbações. A Figura 70A ilustra os redemoinhos fracos (aproximadamente $\lambda / 10$), grandes e muito lentos que existem em um porão; Seria necessário um tempo de exposição de vários minutos para integrá-los e revelar os defeitos reais da forma do espelho.

Anomalias de este género apenas alteran la mancha de difracción de una estrella; únicamente se observan pequeños cambios de brillo sobre el primer anillo de difracción y deformaciones pasajeras del falso disco. Supongamos también que se espera conseguir una mayor homogeneidad, removiendo el aire cerca del espejo por medio de un ventilador. La figura 70B (ventilador de 20 cm de diámetro colocado a 60 cm a la izquierda del espejo) muestra el lamentable resultado obtenido: los rápidos remolinos rompen la onda en fragmentos de 5 a 6 cm, fuertemente inclinados; los desfasados son del orden de $\lambda/2$. La imagen de una estrella se altera considerablemente y la energía se distribuye en los primeros anillos de difracción, que se rompen en arcos móviles muy brillantes; no obstante, el falso disco permanece visible, pero la detección de un compañero débil resultaría muy difícil. Solamente para turbulencias dentro del tubo, que son todavía más graves, el ventilador podría mejorar las superficies de onda.

As paredes do tubo do telescópio, muito longas na direção dos raios incidentes, são o local de trocas térmicas que podem ser irritantes. O aspecto fotográfico da Figura 70C corresponde a um tubo curto (10 cm) que era apenas 1 cm a mais que o diâmetro do espelho e a uma temperatura 5 ° maior que a do ar ambiente. Verifica-se a formação de redemoinhos grandes de deslocamento lento que afetam grandes frações da superfície da onda; além disso, um envelope de 3 cm de espessura circunda as paredes do tubo e produz uma mudança de fase significativamente mais alta do que uma faixa na borda direita do espelho. A imagem é ondulada, mas continua sendo utilizável, embora, é claro, seja afetada pela notável aberração zonal produzida pelo envelope.

Efeitos muito mais terríveis são vistos dentro de um tubo de metal muito estreito; os turbilhões são então rápidos e numerosos; a perturbação existe permanentemente na borda de uma parede de metal e, para evitá-la, é necessário dar ao tubo um diâmetro 10 cm maior que

o do espelho. O tubo telescópico padrão, apesar de sua seção um tanto justa, apresenta bons resultados, em parte devido à sua forma quadrada, mas principalmente por causa de seus painéis de madeira triplex que irradiam muito pouca energia. Efeitos térmicos menos graves são vistos na borda de peças metálicas inevitavelmente interpostas no feixe: a montagem do espelho secundário e as folhas de suporte. O leitor encontrará em L'Astronomie[[dois](#)] um artigo especial de A. Couder a esse respeito.

A Figura 70D mostra um exemplo de grandes distúrbios, extremamente rápidos, muito estreitos e muito íngremes, que existem 50 cm acima da chama da vela. Quase não há necessidade de dizer que a imagem de difração se desvanece em um ponto 50 vezes maior, composto por um enxame de vermes luminosos. Essa destruição completa da imagem não é necessária para impedir qualquer observação útil; Estrias turbulentas, praticamente prejudiciais, surgem das partes metálicas de uma montagem equatorial, do solo e do notável radiador que constitui o observador. Todos os entalhadores de espelhos se divertiram examinando os redemoinhos que se erguem da mão de uma pessoa em pé na trave perto do espelho no Foucault. Entende-se que um "tubo" de armação de metal será praticamente sempre atravessado por esses turbilhões quase inevitáveis. Para obter bons resultados, a estrutura deve ter uma seção muito maior que a viga e deve ser provida de um tubo interno completo, muito leve e com material pouco condutivo (madeira porosa como triplex, aglomerado, isopor, papelão ondulado, fibra de vidro), remover da viga todos os remoinhos externos e os emitidos pelas longarinas de metal; Também deve ser hermético para rascunhos, o que deve ser especialmente cuidadoso no lado do espelho. O ideal seria fechar o orifício superior deste tubo com um vidro estanque, feito de vidro óptico plano e de face paralela. a estrutura deve ter uma seção muito maior que a viga e deve ser provida de um tubo interno completo, muito leve e com um material pouco condutor (madeira porosa, como triplex, aglomerado, isopor, papelão ondulado, fibra de vidro), para separá-la da viga todos os turbilhões externos e os emitidos pelas longarinas de metal; Também deve ser hermético para rascunhos, o que deve ser especialmente cuidadoso no lado do espelho. O ideal seria fechar o orifício superior deste tubo com um vidro estanque, feito de vidro óptico plano e de face paralela. a estrutura deve ter uma seção muito maior que a viga e ser provida de um tubo interno completo, muito leve e com um material pouco condutivo (madeira porosa, como triplex, aglomerado, isopor, papelão ondulado, fibra de vidro), para separá-la da viga todos os turbilhões externos e os emitidos pelas longarinas de metal; Também deve ser hermético para rascunhos, o que deve ser especialmente cuidadoso no lado do espelho. O ideal seria fechar o orifício superior deste tubo com um vidro estanque, feito de vidro óptico plano e de face paralela. Também deve ser hermético para rascunhos, o que deve ser especialmente cuidadoso no lado do espelho. O ideal seria fechar o orifício superior deste tubo com um vidro estanque, feito de vidro óptico plano e de face paralela. Também deve ser hermético para rascunhos, o que deve ser especialmente cuidadoso no lado do espelho. O ideal seria fechar o orifício superior deste tubo com um vidro estanque, feito de vidro óptico plano e de face paralela.[3]; A construção desta folha, muito mais trabalhosa que o espelho principal, não seria impossível para um especialista em hobby, mas a simples despesa no vidro óptico de primeira classe já seria considerável para um instrumento com menos de 30 cm, para o instrumento. qual um tubo bem estudado produz resultados satisfatórios.

2. Turbulência local. Naturalmente, nas proximidades do instrumento e até várias centenas de metros, existem fontes de distúrbios que não podemos manter afastados do feixe.

No entanto, a respiração do observador também pode ser removida por um defletor de luz prolongado a aproximadamente 40 cm do próprio tubo. Se o instrumento apontar para uma estrela ligeiramente elevada, a influência do solo é reduzida rapidamente. O vento lateral, que ataca obliquamente a abertura do telescópio, produz, pelo contrário, sérios redemoinhos espirais particularmente marcados se o ar tocar um teto quente. As piores condições locais são encontradas dentro de uma sala de apartamento, apontando o instrumento através de uma janela; mesmo após um equilíbrio térmico aproximado da peça, Um regime de turbilhão irregular, mas permanente, persiste e deixa poucas esperanças de usar lucrativamente ampliações maiores que 100 ou 150. No entanto, aqueles que não podem observar de outra forma não devem se desanimar; com um pouco de perseverança, encontrarão circunstâncias favoráveis em determinadas épocas do ano (geralmente na primavera em países com estações do ano) ou no final da noite. Quando o regime térmico é revertido e o ar externo é mais quente que o interior[4], é possível obter boas fotos. Se não fosse esse o caso, quase todos os instrumentos astronômicos colocados sob uma cúpula seriam inutilizáveis para trabalhos que exigem alto poder de resolução. As condições ao ar livre são geralmente melhores; Evite grandes terraços de concreto armado expostos ao sol durante o dia, às paredes e, em geral, a todos os radiadores próximos com alta capacidade térmica. A configuração do terreno também é importante; o ar sobe ao longo das linhas de convecção; as posições em locais cortados até o pico e com o visual parcialmente obstruído por uma colina são a priori desfavoráveis; no entanto, não há regras absolutas; experiência é o que decide em todos os casos. O ar quente ou resfriado que circula perto de uma fonte remota, produz aspectos fáceis de confundir com turbulência em grandes altitudes; O teste de Foucault não mostra redemoinhos líquidos relativamente lentos, mas grandes flutuações locais que são rápidas demais para serem interpretadas por observação direta. Não é possível focar a ocular nesses redemoinhos, como pode ser feito no caso de turbulência em altitude. Para nós, as melhores condições locais (a escolha da localização geográfica é outra coisa) serão alcançadas em terreno plano com solo coberto de grama, o instrumento montado em um pilar com vários metros de altura, a plataforma de observação suportada por uma moldura de madeira clara , o abrigo suportado pela mesma estrutura muito maior e mais alta que o instrumento, divisória e teto de parede dupla e teto solar ao norte O teste de Foucault não mostra redemoinhos líquidos relativamente lentos, mas grandes flutuações locais que são rápidas demais para serem interpretadas por observação direta. Não é possível focar a ocular nesses redemoinhos, como pode ser feito no caso de turbulência em altitude. Para nós, as melhores condições locais (a escolha da localização geográfica é outra coisa) serão alcançadas em terreno plano com solo coberto de grama, o instrumento montado em um pilar com vários metros de altura, a plataforma de observação suportada por uma moldura de madeira clara , o abrigo suportado pela mesma estrutura muito maior e mais alta que o instrumento, divisória e teto de parede dupla e teto solar ao norte O teste de Foucault não mostra redemoinhos líquidos relativamente lentos, mas grandes flutuações locais que são rápidas demais para serem interpretadas por observação direta. Não é possível focar a ocular nesses redemoinhos, como pode ser feito no

caso de turbulência em altitude. Para nós, as melhores condições locais (a escolha da localização geográfica é outra coisa) serão alcançadas em terreno plano com solo coberto de grama, o instrumento montado em um pilar com vários metros de altura, a plataforma de observação suportada por uma moldura de madeira clara, o abrigo suportado pela mesma estrutura muito maior e mais alta que o instrumento, divisória e teto de parede dupla e teto solar ao norte mas grandes e muito rápidas flutuações locais a serem interpretadas por observação direta. Não é possível focar a ocular nesses redemoinhos, como pode ser feito no caso de turbulência em altitude. Para nós, as melhores condições locais (a escolha da localização geográfica é outra coisa) serão alcançadas em terreno plano com solo coberto de grama, o instrumento montado em um pilar com vários metros de altura, a plataforma de observação suportada por uma moldura de madeira clara, o abrigo suportado pela mesma estrutura muito maior e mais alta que o instrumento, divisória e teto de parede dupla e teto solar ao norte[5]. As melhores cúpulas também possuem partições com isolamento térmico, um diâmetro muito grande em relação ao volume do instrumento e uma grande janela que pode ser esperada como desprovida de grandes redemoinhos na metade central.

3. *Turbulência em alta altitude.* O assunto é importante, mas está além do nosso domínio. Em particular, tentaremos distinguir essa fonte de perturbação das anteriores. Quando o nível da camada turbulenta está a vários quilômetros de distância, mudanças na inclinação da ordem do segundo arco podem ser traduzidas para o observador por desvios laterais da ordem do decímetro. A olho nu, o observador nem sempre recebe a mesma energia, ele vê a estrela cintilante e esse tremor é uma indicação de turbulência em grandes altitudes, quando nenhuma fonte terrestre distante pode intervir, como no caso de uma estrela levemente alta. Usando um feixe um pouco mais largo que o olho, as flutuações da energia total admitida são muito atenuadas, mas variações de brilho local são observadas na superfície da onda; estas são as sombras voadoras. Basta direcionar o telescópio para uma estrela brilhante (não um planeta), remover a ocular e colocar o olho perto do foco, acomodando-o na superfície do espelho para fazer o teste de Foucault, mas sem usar a lâmina da faca. Estrias mais ou menos amplas, quase periódicas (5 a 10 cm em geral) são vistas desfilando rapidamente, contrastando fracamente se as circunstâncias não forem excepcionalmente ruins; Geralmente, dois sistemas que se sobrepõem à espessura têm direções diferentes. O leitor interessado fará referência útil a um estudo recente de Gaviola, que inclui fotografias desses aspectos mas sem usar a lâmina da faca. Estrias mais ou menos amplas, quase periódicas (5 a 10 cm em geral) são vistas desfilando rapidamente, contrastando fracamente se as circunstâncias não forem excepcionalmente ruins; Geralmente, dois sistemas que se sobrepõem à espessura têm direções diferentes. O leitor interessado fará referência útil a um estudo recente de Gaviola, que inclui fotografias desses aspectos mas sem usar a lâmina da faca. Estrias mais ou menos amplas, quase periódicas (5 a 10 cm em geral) são vistas desfilando rapidamente, contrastando fracamente se as circunstâncias não forem excepcionalmente ruins; Geralmente, dois sistemas que se sobrepõem à espessura têm direções diferentes. O leitor interessado fará referência útil a um estudo recente de Gaviola, que inclui fotografias desses aspectos[6]; Essa análise fornece uma nova e engenhosa explicação das alterações no ponto de difração com grande parte da energia projetada nas peças dos primeiros anéis; explicação que leva em consideração as propriedades da rede de fases que constituem uma superfície de onda perturbada por estrias.

Vamos pegar uma ocular média e olhar o limbo lunar. Vamos focalizar cuidadosamente nos detalhes topográficos da Lua: a borda do limbo parecerá ondulada para nós; Vamos puxar a ocular: as ondulações parecerão mais nítidas e contrastadas; Em poucas palavras, eles podem se concentrar (na medida em que isso faça sentido) na camada turbulenta. Conhecendo as diferenças na distância focal da lente, é fácil calcular a distância da camada turbulenta; geralmente é encontrada a 3 ou 4 km de distância. O único remédio contra a turbulência atmosférica, geralmente impraticável para os entusiastas, é migrar para um local privilegiado; as planícies semi-desérticas (Flagstaff) ou, às vezes, um pico isolado (Pic du Midi, Mount Hamilton) são os lugares mais reputados.

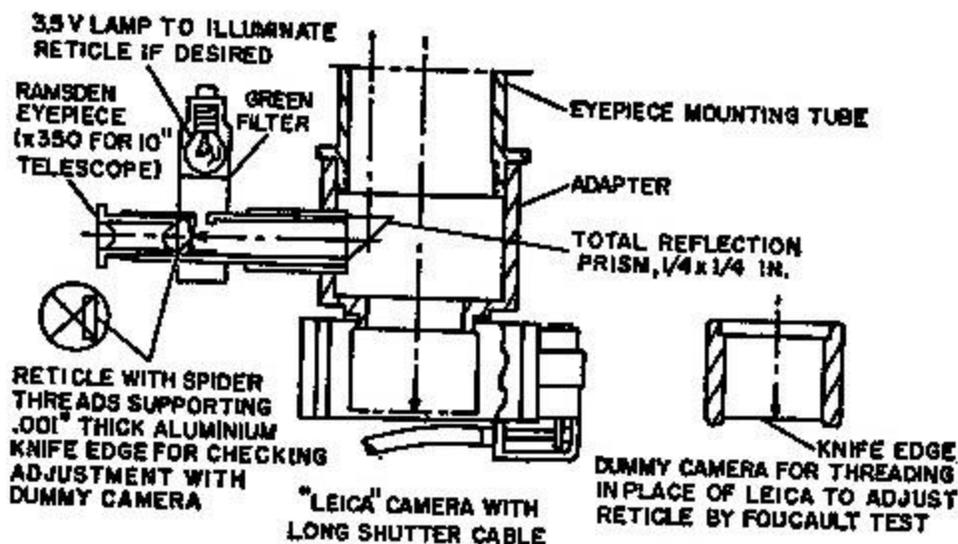


Fig. 71. Montaje para camara Leica para foco Cassegrain

conclusão

Não queremos terminar essas considerações com uma nota pessimista injustificada. Por enquanto, os resultados obtidos por mais de 150 colegas com seus telescópios padrão mostram que 20 cm é relativamente fácil de levar a sério nas mais diversas condições.

Acima de tudo, queríamos evitar decepções para quem constrói telescópios com mais de 30 cm de abertura por primeira intenção e tenta ajudá-los a alcançar pelo menos uma fração respeitável da força de separação; por esse motivo, não limitamos o papel do construtor a resolver questões fáceis, como a escultura de um espelho parabólico. É necessário entender que uma única execução de um instrumento bonito é desprovida de significado se não for possível extrair resultados em relação ao quadrado do diâmetro do espelho. O observador que apenas verificar se a imagem está agitada será derrotado antecipadamente. Por outro lado, se a experiência adquirida durante a construção do seu telescópio, adiciona um estudo sistemático dos fatores que governam seu uso,

[1] Artigos Científicos, vol. III, p. 102

[2] L'Astronomie, tomo 63, p. 253

[3] De fato, os telescópios comerciais do tipo Smith Cassegrain e Maksutov Cassegrain fazem isso, mas são muito mais caros que os newtonianos.

[4] Quando o instrumento é removido de uma sala com ar-condicionado para o exterior mais frio e úmido, uma camada de orvalho se forma nas superfícies ópticas, o que pode levar até meia hora para desaparecer. Para remediar isso, o telescópio deve ser mantido em uma sala na mesma temperatura externa ou removido do ar condicionado por tempo suficiente antes da observação. Os fornecedores de peças de telescópio oferecem dispositivos para aquecer eletricamente a parte úmida, denominada "removedores de orvalho".

[5] Refere-se às horas de insolação; no hemisfério norte ao norte, no sul ao sul e em nossa zona tórrida, ao lado oposto de onde o sol está ao meio-dia durante o ano.

[6] E. Gaviola, Ao ver uma estrutura fina de imagens estelares e espectros estelares de inversão, *Astronomical Journal*, tomo 54, n.

1.178.