A Fotografia com Lata como Instrumento Pedagógico para o Ensino Médio

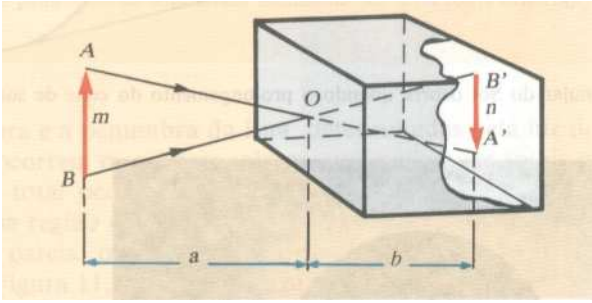
Relatório Final

Aluno: Bruno Agrofoglio Ferreira
Orientador: Professor Doutor Ernesto Kemp

Departamento de Raios Cósmicos e Cronologia
Instituto de Física Gleb Wataghin
Universidade Estadual de Campinas

Descrição

Este projeto foi elaborado para o ensino de óptica para o Ensino Médio pois além de muito ilustrativo é também interessante e necessita de poucos recursos para sua realização, o que possibilita o seu emprego no Ensino Médio Público. Através de uma câmara fotográfica produzida com uma lata, trabalhou-se a projeção de imagens, o conceito de câmara escura e propagação retilínea da luz bem como o espectro eletromagnético.

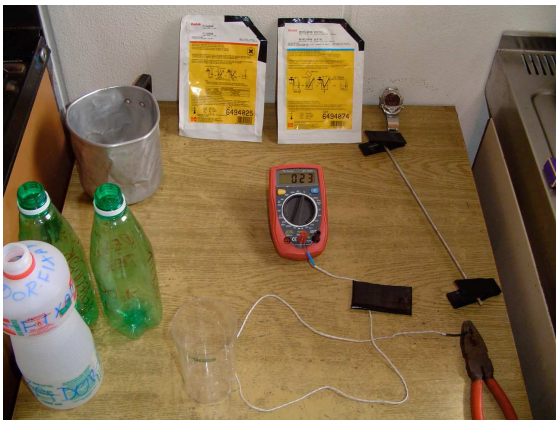


A câmara "pin-hole" como é conhecida no mundo, é uma câmara escura com um furo em sua lateral que projeta uma imagem invertida na parte interna da lata, onde foi inserido, como anteparo, papel fotográfico preto e branco de modo a registrar-se a imagem projetada pelo furo.

Foi desenvolvido todo o lado prático de um experimento e de pesquisa. Os estudantes buscaram informações sobre o projeto da câmara e também fizeram a caracterização da lata, onde foi calculado o tempo de exposição proporcional ao diâmetro do furo e caracterizado pela iluminação no ambiente escolar.

Ao lado, temos o registro da caracterização da câmara protótipo. Em baixo a fotografia obtida pela lata.

O material de revelação foi preparado com o auxílio do professor Antonio Carlos da Costa e levado a escola como produto final para uso imediato afim de evitar possíveis problemas com o manuseio de material quente e intoxicante, além



de otimizar o trabalho na escola, onde o objetivo era de ensino dos príncipios físicos.

Ao lado há a instrumentação utilizada para o preparo do material de revelação (revelador e fixador Kodak, termômetro digital, garrafas descartáveis para acondicionamento das substâncias líquidas, ferramentas e um fogão).

Desenvolvimento

Na primeira visita a escola, foi apresentado aos alunos o projeto de contrução de uma câmara fotográfica utilizando o princípio de câmara escura, o qual já haviam trabalhado nos meses anteriores com os professores de física da escola, Leandro e Danilo, no qual os alunos aprovaram.

Após a primeira visita, estudei como aplicar o projeto de modo que não fosse apenas demonstrado o príncipio da fotografia, mas sim, fosse interagido com os alunos as dificuldades de um projeto experimental.

Em sala foram discutidos tópicos de física relacionados a luz, óptica e ondas eletromagnéticas. Na sala escura que criamos dentro da escola, foi explicado como trabalhar com papel fotográfico e a reconhecer aspectos físicos de suas latas e do papel fotográfico, o qual utilizariam para a etapa de revelação.

Em campo realizou-se o trabalho de escolha de um local apropriado a foto e iniciou-se então o trabalho de caracterização da lata.

Alguns grupos obtiveram sucesso em seu primeiro trabalho. Os outros grupos que encontraram dificuldades foram encaminhados a outra tentativa, agora, solucionando possíveis erros que acarretaram na não-impressão da fotografia.

Após o trabalho de campo, todos os alunos retornaram a sala escura e iniciou-se o trabalho de revelação, na qual um aluno representando o grupo, os quais eram compostos de 2 a 4 integrantes, foi responsável pela revelação. Outro estudante ficou responsável para cronometrar os tempos de cada etapa da revelação.

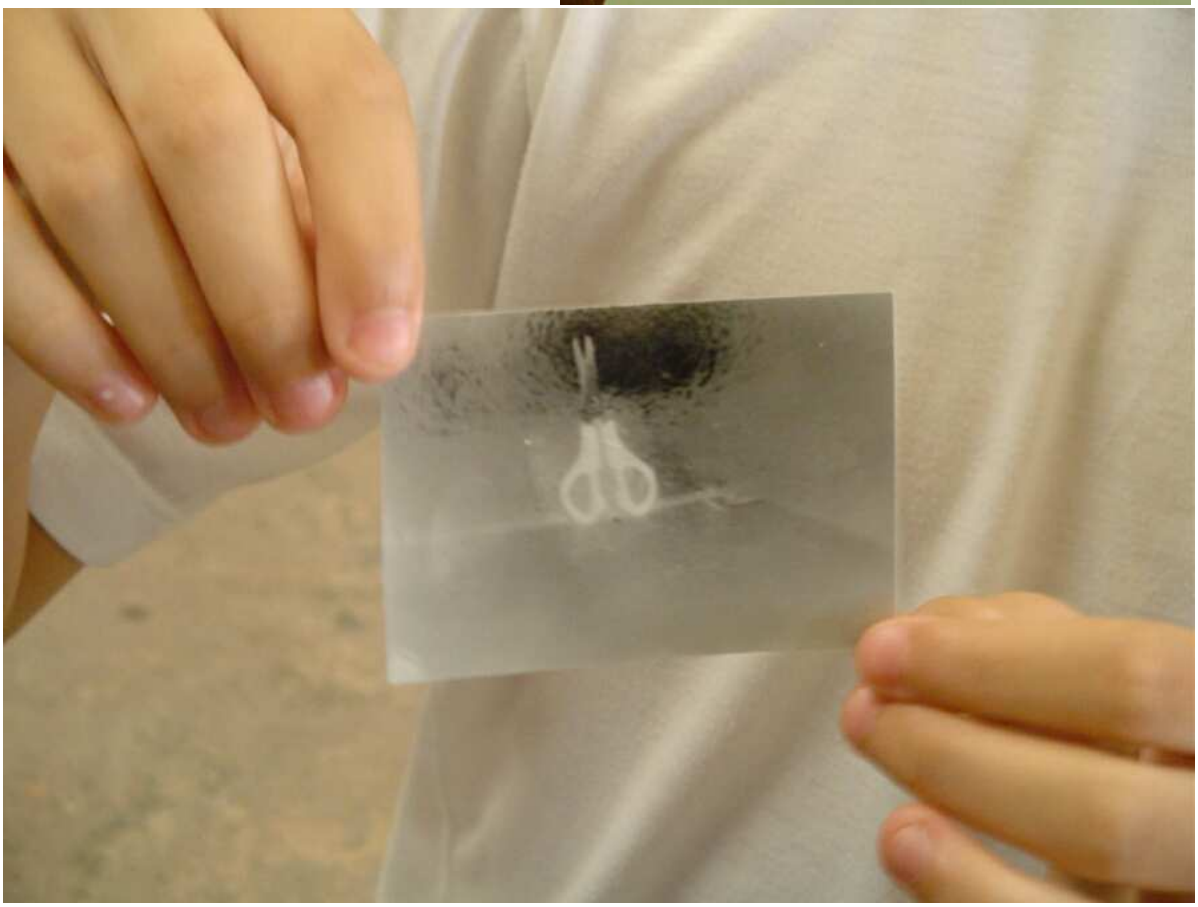
Ao sair da sala escura (foto ao lado) os estudantes estavam lisongeados com todo o processo, pois além de aprenderem sobre física, fôra a primeira vez que tiveram contato um "laboratório" de química e com o processo de trabalho em equipe de forma científica.

Foto da escola obtida por um dos grupos:
Vista da entrada do prédio anexo.

Resultados

Em seguida selecionei alguns trabalhos para publicação neste relatório.

Há também uma análise comparativa por meio destas imagens, onde primeiro exponho o trabalho dos alunos e, em seguida, o resultado obtido.



Referências

Textos:

-Educação Ambiental e Ensino de Ciências: Uma história de controvérsias, Ivan Amorosino do Amaral, Pro-Posições – vol. 12, N. 1 [34] – março/2001;

-Câmaras Fotográficas: Da Câmara de Furo as Câmaras Modernas, Fábio Cupri Rinaldi & José Joaquin Lunazzi, Relatório de Instrumentação Científica para o Ensino (F-809), pode ser encontrado em:
http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/

-Conhecimentos de Física, PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio), Ministério da Educação, Governo Federal;

Livros:

-Os Fundamentos da Física volume 2 (Termologia, Óptica e Ondas): Ramalho, Nicolau & Toledo, Editora Moderna;

-Óptica, Isaac Newton (tradução: André Koch Torres Assis, EDUSP), 1730;

Internet:

http://www.geocities.com/prof_lunazzi/hf.html

COMO COMEÇOU A FOTOGRAFIA? (Hércules Florence)

Não sería facil dizer como começou a fotografia, foi uma tarefa de muitos anos, de varios pioneiros que impressionavam pela luz diversos materiais. Mas no ano 1833 faltavam ainda duas descobertas que permitissem a fotografia.

1) A fixação das imagens. Elas eram mostradas brevemente, pois escureciam na luz.

2) Aumento da sensibilidade: necessitava-se longas exposições (horas) ao sol intenso para se gravar uma imagen na "câmara escura" (caixa com lente, hoje câmara fotográfica).

Possívelmente vocês não saibam, que quem primeiro encontrou uma solução para a primeira dificultade foi o francés Hércules Florence, habitante da cidade de Campinas-São Paulo-Brasil em 1833. Ele veio da França com 18 anos de idade e percorreu a selva como desenhista (documentando o que a fotografia ainda não conseguia fazer) na expedição do Barão ruso Langsdorff (minha universidade, a UNICAMP está a fazer um filme sobre esta expedição).

Passeando pela Rua Barão de Jaguara (centro de Campinas) observou em vitrines como, nos papeis onde houve roupas apoiadas, ficava a silueta das mesmas, pois o sol clareava a parte exposta a ele. Experimentou varias substancias sensiveis a luz e uma em particular que somente ele chegou a usar: cloreto de ouro. Por indicação de um amigo (Joaquim Correia de Melo) usou como fixador ureia (diga-se de passagem que os indios do Brasil ussam urina para fixar cores em tecidos).

Assim conseguiu copiar desenhos feitos em vidro, expostos ao sol contra papel sensibilizado, usando o processo negativo-positivo, que existem até hoje. Graças a isto muitos incrédulos podem acreditar na história.

A figura acima vem de um diploma da maçonaria que ele confecçionou. Ele ensinava a fazer isto, e é nos seus manuscritos onde aparece pela primeira vez a palavra "photographie". Se quiser saber mais sobre o assunto, o livro "Hércules Florence: 1833, a descoberta isolada da fotografia no Brasil" de Boris Kossoy, ed. Duas Cidades, São Paulo-1980, é referência obrigatória. A ilustração acima foi obtida dele. O Centro de Memória da UNICAMP seguramente possui mais informações sobre o tema.

Acrescento que não concordo com a idéia de que a fotografia tenha sido descoberta no Brasil, pois foi realmente após resolver a segunda questão (por Daguerre) que ela começou a ser usada, por meio de sais de prata. Ignoro como foi resolvida a primeira questão para o caso das sais de prata.

Mas isto não muda o mérito de Florence, quem trabalhou bem isolado do mundo tecnológico da época. Não se conhecem, p.ex., casos destacados de pesquisa científica que tenha sido feita numa colonia. Um brasileiro, Santos Dumont, obteve o avião (Sabia? é pura verdade documentada, porém ausente das enciclopedias) mais isto foi depois de proclamada a República e num pais mais avançado (França).

Vale muito a pena conhecer a biografia de Florence, suas ideias e múltiplas atividades. É também um exemplo de como um bom ensino básico pode permitir ao cidadão um alto grau de desenvolvimento.

Referência: "Hércules Florence: a descoberta isolada da fotografia no Brasil", B. Kossoy, também para a foto do documento acima.

Data deste artigo: 1997.05.05

Observação: Depois deste modesto trabalho meu de interpretação baseada no livro de Kossoy, e de um carta que ubliquei no jornal "Correio Popular" de Campinas afirmando não ter Florence inventado realmente a fotografia, foi feita uma tese de mestrado pelo Instituto de Geociências da UNICAMP, em 1998, por Rosana Monteiro, que descreve bem a situação.

Veja o temário da tese:

ROSANA HORIO MONTEIRO

TESE DE MESTRADO

BRASIL, 1833: A DESCOBERTA DA FOTOGRAFIA REVISITADA

UNICAMP-Instituto de Geociências (disponível na biblioteca) Março 1997

Orientadora Profa. Léa Ma. L. Strini Velho

INTRODUÇÃO 1

I OS MÚLTIPLOS EM CIÊNCIA E EM TECNOLOGIA 7

A- OS MÚLTIPLOS EM CIÊNCIA 8

1. A teoria heróica da descoberta 8
2. A teoria social da descoberta de Merton 9
3. As controvérsias 12
a) Elkana e a identificação dos problemas 13
b) Patinkin e a mensagem central 14
4. A comunicação entre os cientistas 15
5. Os terceiros 16
6. Os paradigmas em ciência..... 17
B. OS MÚLTIPLOS EM TECNOLOGIA 19
1. Tradições tecnológicas 20
2. Necessidades de mercado 22
3. Mudança técnica 22
a) Paradigmas tecnológicos 23
b) Novas perspectivas de análise 28
4. Ciência e tecnologia 30
C. CONCLUSÃO.
II O CONTEXTO EUROPEU DA DESCOBERTA 35
A- O PERÍOD0 DE EMERGÊNCIA DA FOTOGRAFIA
1. Um século em mutação 38
2. Um novo observador 42
3. Novas formas de representação .....
B. A BUSCA PELA FIXAÇÃO DA IMAGEM 48
1. As primeiras tentativas 48
2. O daguerrotipo 50
3. As disputas por prioridade 54
a) Bayard
b) Talbot.
C. CONCLUSÃO 63
III. O CONTEXTO BRASILEIRO DA DESCOBERTA
A. Um olhar europeu sobre o Brasil 72
B. A FIXAÇÃO PELA IMAGEM 80
1. O ambiente de trabalho 80
2. A definição do problema
a) O artista viajante.....84
b) Uma nova forma de representação.....88
c) Os terceiros 93
3. O processo
a) Impressão pela luz do sol 99
b) A luta pelo reconhecimento 103
C. CONCLUSÃO 105
IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS 110
V. BIBLIOGRAFIA 115
A Fontes 115
B Referências Bibliográficas 115
C Bibliografia Consultada 125

Esta página foi citada em 2.004 em página alemã (em inglês) sobre "fotogramas" (registro de objetos sobre papel sensível, sem usar lentes): http://www.photogram.org/frame.html Procurar por "Florence".

www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20031/Fred

1. HISTÓRICO DA FOTOGRAFIA

Entender como a fotografia pinhole é possível é também conhecer as suas origens. A câmera obscura (equivalente a espaço escuro, em latim, nome dado pelo astrônomo Johannes Kepler - 1571/1630 -), aparelho que permite uma projeção de imagens, em que a passagem de luz se dá apenas por uma pequena abertura, vem sendo utilizada até hoje, com os mais diferentes propósitos: filosóficos, artísticos, científicos, didáticos, etc.

A fotografia pinhole utiliza-se da câmera obscura para registrar em material fotossensível (pois é uma técnica fotográfica) das imagens por ela produzidas. A fotografia só surgiu em meados do século XIX, mas é resultado de um estudo de séculos, que tem início na Antigüidade.

China, século V a.C.

Os filósofos chineses, e especialmente o filósofo Mo Ti (470-391 a.C) são, juntamente com os gregos, a referência mais remota do estudo e de experimentos com a projeção de imagens.
Sabiam que os objetos refletiam a luz em todas as direções, e que a trajetória da luz era retilínea. Mo Ti escreveu: "os raios refletidos do topo de um objeto qualquer, quando atravessam um furo, produzem a base de uma imagem projetada no lado oposto" .

Grécia, século IV a.C.

Simultâneo ao estudo dos chineses, os gregos também escreveram sobre a projeção de imagens, e assim como eles, são as primeiras indagações e experimentos, sem chegar a uma resposta. O filósofo Aristóteles (384-322 a.C.) comenta sobre a projeção do Sol em seu livro Problemas (330 a.C.): "Por que quando o sol passa por fendas quadradas, ele não produz uma imagem de formato quadrado, mas sim circular?" (...) "Ao se observar um eclipse solar através de uma peneira, ou através da fenda produzida por folhas nas árvores, ou juntando os dedos de uma mão, há alguma relação com uma projeção a partir de um furo (fenda) quadrado, que produz uma imagem circular, em forma de cone?"

Oriente Médio, século XI

O matemático Abu Ali Al-hasen, ou Alhazen, (1000-1038 d.C.) estudou ciências como a geometria, a ótica e a perspectiva. Em seus estudos sobre a trajetória da luz, utilizava superfícies com aberturas para projetar imagens de diferentes velas em uma parede. Nesses estudos Alhazen também observou que além de invertida verticalmente, a imagem era invertida horizontalmente. Alhazen também é tido como o primeiro a explicar a visão humana a partir da analogia com uma câmera obscura.

Europa, séculos XV a XVIII

O Renascimento europeu se dá também aos estudos de ótica, e é nessa época que são encontradas primeiras referências concretas da câmera obscura: ilustrações, planos de construção, projetos, e este instrumento passa a ter um papel marcante em campos que ligavam artes às ciências. As projeções são utilizadas por astrônomos e cientistas em estudos do céu, da passagem de tempo e em estudos de ótica. Nas artes plásticas, a projeção e a construção de câmeras obscuras foi muito difundida entre os pintores, que passaram a produzir seus quadros a partir de imagens projetadas. O orifício característico foi também muitas vezes substituído pelas lentes convergentes, mais luminosas, principalmente nas grandes câmeras onde ocorriam apresentações, e nas câmeras construídas por alguns cientistas e

pintores.

Em 1475 Paolo Toscanelli, matemático e astrônomo, colocou uma placa em bronze com um furo em uma janela da Catedral de Florença. O objetivo era a contagem do tempo e a observação dos fenômenos celestes. A placa em bronze ainda está na Catedral.

"Quando a imagem de objetos iluminados penetram por um pequeno furo em uma sala bem escura você verá na parede oposta estes objetos, suas formas e suas cores, (...), e invertidos, devido à interseção dos raios..." Leonardo da Vinci. Codex Atlanticus (aprox. 1519).

Figura 1. Câmera escura construída pelo astrônomo Gemma Frisius.

A Figura 1 ilustra a primeira ilustração encontrada de uma projeção a partir de um furo. Esta câmera obscura foi construída pelo astrônomo Gemma Frisius para observar o eclipse solar de 1544, e está originalmente impressa no livro De Radio Astronomica et Geometrica (1545).

Em 1580 astrônomos papais da Igreja utilizaram um furo no Observatório do Vaticano e através de observações provaram ao Papa Gregório XIII uma falha de 10 dias no calendário Juliano. A partir do então criado calendário Gregoriano, o equinócio de primavera (no hemisfério norte) é em 21 de março, e não em 11 de março.

"Se você não consegue pintar, você pode, a partir desta maneira, desenhar (o contorno da imagem) com um lápis. Depois você terá apenas que colorir a mesma" comentário de Giovanni Battista della Porta em seu livro Magica Naturalis (1558), que buscava popularizar e criar publicidade em torno da câmera obscura através de apresentações públicas. Ele as construía em lugares amplos, onde os convidados podiam observar performances feitas do lado de fora.

As câmeras eram grandes o suficiente para que um homem ficasse em pé dentro delas, e assim desenhasse a imagem exterior que se projetava invertida no seu interior. Tinham como função "(...) permitir desenhar ou pintar por transposição direta do referente para a tela-suporte. Em sua caixa, o pintor só tinha de copiar, reproduzir ou fazer o decalque da imagem que nela se projetava '"naturalmente"'. Portanto, além de ser o princípio ótico fundamental para o registro fotográfico, a câmera obscura servia para auxiliar a pintura.

A relação com as artes plásticas é mais conturbada. Já está provado que muitos instrumentos foram construídos nesta época pelos mais diferentes artistas, dos amadores até nomes considerados como mestres da pintura. A projeção era muito útil para paisagistas e retratistas, pois dava a eles indicações de formas, volumes, perspectiva, etc., mas em poucos casos esta prática é assumida e registrada. Entre os pintores a quem é atribuído este uso (Figura 2) está Johannes Vermeer (1632-1675), que teria aprendido, assim como outros artistas holandeses, a técnica da câmera obscura com o físico Constantijn Huygens(1596-1678).

Figura 2. Vermeer. Mulher com brinco de pérola (1665).

* Recentemente o pintor e pesquisador David Hockney lançou um livro chamado O Conhecimento Secreto, onde aponta muitos nomes que, segundo ele, evidenciam pela própria pintura o uso ou não desse recurso.

Abaixo estão alguns modelos de câmeras obscuras confeccionadas neste período:

Camera Obscura (1646) / Athanasius Kircher

Portable 'Tent' Camera Obscura (1620)
Johannes Kepler

Camera Obscura Georg Friedrich Brander (1769)

Século XIX, o surgimento da fotografia

O desenvolvimento da câmera obscura no século XIX ficou marcado por apresentações e espetáculos públicos em diversas partes, reunindo de 10 a 15 pessoas por sessão. Esta é uma experiência que pode ser considerada a pré-história do cinema. É também no século XIX que acontece o surgimento da fotoquímica, com a descoberta da sensibilidade da prata e da fabricação de materiais sensíveis à luz. A união destes conhecimentos químicos com a noção física da projeção de imagens determinarão o surgimento da fotografia.

A fotografia (do grego escrita com a luz) é o que o resultado obtido a partir de uma combinação de experimentações físicas e químicas, ou seja, as origens da fotografia remetem a uma época anterior à sua invenção efetiva.

A câmera obscura foi o dispositivo ótico que permitiu o desenvolvimento da atual câmera fotográfica e, como pudemos ver no capítulo anterior, já era estudada pelo homem há séculos. Ou seja, o homem há um bom tempo já possuía o conhecimento sobre a projeção de imagens. A descoberta da sensibilidade da prata à luz (resultando em impressões com gradações de preto) irá acontecer muito tempo depois.

Em 1780, o físico francês Hippolyte Charles realizou a experiência de imprimir uma silhueta na tela onde ela foi projetada. Foi "a descoberta do princípio da exposição fotográfica: um papel, um suporte coberto de uma camada de nitrato de prata revela-se sensível à luz e às suas variações; registra-as ele próprio em sua própria matéria por gradações de preto e branco. A fotografia como impressão luminosa está fundada".

Mas ainda havia uma barreira técnica a ser transposta para a realização da primeira fotografia: fixar a imagem que surgia para que a mesma luz que a formava não a fizesse desaparecer. Somente em 1824, o litógrafo Nicéphore Nièpce, ao tentar reproduzir suas gravuras, conseguiu fazer com que a imagem se conservasse em uma placa de metal, interrompendo a ação da luz sobre um suporte fotossensível. Nièpce escreveu a Louis-Jacques Mandré Daguerre os princípios da sua nova descoberta: "A luz em seu estado de composição e decomposição, age quimicamente sobre os corpos. Ela é absorvida, com eles se combina e lhes comunica novas propriedades. Desta forma, ela aumenta a consistência natural de alguns destes corpos, ela os solidifica e lhes torna mais ou menos insolúveis de acordo com a duração ou intensidade de sua ação. Este é, em poucas palavras, o princípio da descoberta."

Nièpce morreu em 5 de julho de 1833, sem que seu invento alcançasse reconhecimento público e sucesso. Após sua morte, seu filho Isidore recebeu uma proposta do pintor Daguerre para que explorassem juntos a descoberta. E ainda levaria seis anos para que no dia 19 de agosto de 1839 em Paris, o procedimento fotográfico fosse apresentado em uma sessão da Academia de Ciências, sendo batizado com o nome de um dos inventores que, sozinho, ficou com a fama: assim surgiam os primeiros daguerreótipos. O daguerreótipo era uma imagem fotográfica positiva gravada em uma placa de metal que não permitia sua reprodução. Cada exemplar era único, guardado em estojos de couro, como jóias preciosas.

Em 1850, Sir David Brewster, um cientista escocês, foi um dos primeiros a fotografar com uma câmera pinhole. Inclusive foi também o criador do nome em inglês à técnica. Sir William Crookes, John Spiller e William de Wiveleslie Abney são também pioneiros em experimentar a técnica. As imagens mais antigas

preservadas provavelmente são as tiradas pelo arqueólogo Flinders Petrie (1853-1942) durante escavações no Egito em 1880, mas estas já tiradas com uma lente simples em frente à abertura. Estão reproduzidas no livro de RENNER.

No final do século XIX, com uma produção cada vez maior, surge uma corrente pictorialista na fotografia, que se utiliza muitas vezes da fotografia pinhole. Em 1890, George Davison recebeu o primeiro prêmio da Photographic Society de Londres com uma fotografia pinhole (The Onion Field), causando polêmica. Esta associação (mais tarde renomeada Royal Photographic Society) também é responsável pelo surgimento de um importante grupo de pictorialistas conhecidos como The Linked Ring.

Nesta época a pinhole também recebe grande popularidade, e uma produção de câmeras em grande escala, em cidades da Europa, EUA e Japão. Eram conhecidas pelo nome de Photomnibuses. Por sua simplicidade, eram um artigo de pouco valor, e não há nenhum exemplar preservado em museus. Dehors e Deslandres construíram em 1887, na França, o primeiro modelo desenvolvido comercialmente.

Até a década de 1850, os aparelhos fotográficos usados para retratos eram grandes e pesados, o que dificultava seu deslocamento e a agilidade do processo. Exigiam também enorme paciência do fotografado, que deveria permanecer imóvel durante longos minutos até que sua imagem fosse impressa na placa fotográfica. Essas características tornavam praticamente impossível o instantâneo fotográfico, o flagrante jornalístico a que estamos tão acostumados nos dias de hoje. Um dos motivos para a lenta penetração da fotografia nos jornais diários era a dificuldade em tornar ágil o processo de reprodução das imagens. As revistas mensais, por terem um tempo maior para a preparação de cada edição, passaram a publicar fotografias com freqüência a partir de 1885.

O final do século XIX foi marcado pela crescente automação do mundo, até que em 1880, a primeira fotografia reproduzida totalmente de forma mecânica é publicada na imprensa mundial, através de clichês que permitiam a reprodução de meios tons. Algumas evoluções do suporte fotográfico foram decisivas para que a fotografia começasse a aparecer nos jornais e revistas: a invenção da gelatina de bromuro, que permitia sensibilizar as placas fotográficas com um certo espaço de tempo antes de serem utilizadas; o aperfeiçoamento das objetivas; a criação dos filmes em rolo, que tornavam possível a obtenção de mais de uma fotografia sem que fosse necessário abrir a câmera; a criação de filmes mais sensíveis à luz, diminuindo o tempo de exposição. Torna-se possível o flagrante jornalístico: o retratado não precisa mais ficar estático em frente à câmera para aparecer na imagem.

Em 1888, a fotografia começou a ser praticada por amadores a partir do lançamento da Kodak: uma câmera utilizando filmes em rolo, que não exigia conhecimentos de química para a revelação do negativo. O slogan, "You press the button, we do the rest", marcou a nova fase da fotografia, que deixou de ser feita apenas por profissionais, com equipamentos complicados de se manipular.

É preciso compreender a revolução que a fotografia provocou na percepção de mundo que tinham as pessoas no século XIX. Aqueles que nunca haviam deixado suas cidades, agora poderiam viajar, através das imagens, para lugares distantes, ver outras culturas, conhecer outros povos. O mundo ampliou suas fronteiras. Ao mesmo tempo, criou uma nova relação para a pintura, que se desatrela da necessidade de "imitar" a realidade, e passa a explorar outras formas, fazendo surgir posteriormente escolas como o surrealismo, o cubismo, entre outras.

Brasil, o verdadeiro berço da fotografia

No interior de São Paulo, na antiga Vila de São Carlos (atual Campinas), um brasileiro de origem francesa, chamado Hercules Florence, foi o pioneiro na invenção da photographie. A data, meados de 1833 - portanto, seis anos antes do anúncio de Daguerre.

O método usado por Florence era inclusive mais próximo do processo atual do que o criado por Daguerre, pois o brasileiro utilizava como base fotossensível um papel emulsionado com nitrato de prata, ao contrário do iodeto empregado pelo francês. Com isso, Florence registrava o negativo da imagem - a

criação de Daguerre registrava o positivo, não permitia a reprodução. As cópias dos negativos de Florence eram feitas por contato, resultando em uma fotografia exata e com a possibilidade de ser reproduzida.

Seu invento era utilizado para reproduzir rótulos de remédios e diplomas, que eram feitos em série e sem câmara, por contato. Essas cópias hoje fazem parte do seu Acervo.

A palavra photographie (gravar, imprimir com a luz) também foi cunhada por Florence. Antes de se comprovar seu pioneirismo, descoberto através de anotações nos seus diários, atribuía-se a criação da palavra photography ao astrônomo e químico inglês John Herschel, no ano de 1839.

2. O QUE É FOTOGRAFIA PINHOLE?

A fotografia pinhole é uma técnica de obtenção de fotografias resultantes de projeções (imagens) produzidas por furos, ao invés de lentes, como ocorre na fotografia tradicional. Para tanto, deve ser utilizado um recipiente bem protegido da luz solar, onde é feito um furo. A tradução de pinhole significa "buraco de agulha", uma analogia ao pequeno furo que deve ser feito para a construção de uma câmera obscura - e muitas vezes utilizamos as próprias agulhas como instrumento perfurante, como no caso das latas de leite em pó.

A fotografia pinhole é uma união de conhecimentos físicos (a câmara obscura) e químicos (materiais fotossensíveis): a câmera obscura possibilita a produção de uma imagem e os materiais fotossensíveis (filmes e papéis fotográficos) permitem registrar essa imagem.

A produção de uma imagem

Quando olhamos para uma cena qualquer, não estamos sentindo diretamente os objetos que a compõem, mas sim a luz refletida por eles. Esta cena também inclui as próprias fontes luminosas e - tão importante quanto estas duas - áreas menos iluminadas. A cena que vemos é composta por um infinito número de pontos com diferentes níveis de luminosidade.

Cada ponto nesta cena é muitas vezes iluminado por um bom número de fontes luminosas, cada uma contribuindo para a qualidade da iluminação. Em uma cena externa, a fonte principal é obviamente o sol, mas também todo o céu e a luz refletida pelos objetos também contribuirão para a qualidade da iluminação.

Os raios luminosos são refletidos por cada ponto em todas as direções. Isto é fácil de demonstrar: eu observo um objeto qualquer em uma determinada posição. Ao me deslocar, mudando o ponto de vista, eu continuo vendo este objeto; portanto, a luz é refletida por ele em todas as direções.

Quando produzimos uma imagem (seja com uma câmera, ou com nosso próprio olho) o que de fato vemos são estes pontos luminosos, raios que se deslocaram do objeto até nosso olho em linha reta. Isto também é simples de demonstrar: se entre o observador e o objeto é colocado uma superfície opaca, não se vê mais o objeto, pois os raios de luz não fazem curvas!

A fotografia e a projeção de imagens existem pelo mesmo motivo que nos leva a enxergar. A fim de produzir uma imagem, precisamos que para cada ponto da cena original exista um ponto luminoso correspondente, registrado em uma superfície bidimensional. A reunião de todos estes pontos formará a imagem. Mas se só estendermos um papel fotográfico, não teremos uma imagem, pois cada ponto da cena iluminará ou não (dependendo do ponto) todos os pontos do cartão da mesma forma, criando um cinza uniforme, e não uma imagem.

Para formar uma imagem (uma projeção visível), temos que restringir a luz deste ponto (fonte) para iluminar (formar) apenas um ponto luminoso na superfície dessa imagem. O comum em uma câmera

fotográfica é o trabalho da lente convergente e direcionar os raios dispersos em uma reflexão em um único ponto em nosso plano de projeção, onde está o filme.

Outra maneira é restringir a abertura por onde passa a luz, fazendo com que só um estreito feixe de luz refletida pela cena chegue ao plano de imagem. E por sua trajetória retilínea característica , estes poucos raios iluminarão apenas um ponto no plano da imagem, compondo com os demais pontos a imagem.

Quanto maior for a abertura feita, maior será a faixa de raios interceptada, e mais pontos serão formados, provocando maior interseção entre eles. Isto irá afetar diretamente na nitidez dessa imagem. Portanto, este furo deve ser o menor possível (Figura 3), e é por isso que, em inglês, recebe o nome de pinhole (buraco de agulha).

Existem diferenças ao utilizarmos lentes, um espelho curvado ou um furo para obter imagens. A lente convergente apanha a luz de uma grande área, concentrando - em um plano de projeção, criando uma imagem muito mais luminosa. Sendo esta sua principal vantagem, é a escolha na manufatura das câmeras fotográficas convencionais.

Mesmo assim, a pinhole apresenta suas vantagens. Lentes são, de longe, muito mais difíceis de serem manufaturadas e ajustadas, envolve um trabalho extremamente qualificado e preciso. Já a tolerância admitida pela abertura pinhole para a formação de uma imagem permite que qualquer pessoa possa construir uma câmera. E muito do conhecimento necessário para entender a fotografia está, em sua forma mais simples, na fotografia pinhole.

Figura 3. Furo pinhole e formação de imagem.

O registro fotográfico de uma imagem

Substâncias que reagem à presença da luz, modificando-se, possuem uma propriedade denominada fotossensibilidade. A fotossensibilidade é um fenômeno muito comum. Está presente no bronzeamento da pele, na fotossíntese das plantas, nas alterações de cor nos cabelos, e na fotografia.

Na maioria dos materiais fotográficos, essas substâncias são um dos Haletos de Prata (reação da prata com um elemento halogênio, formando sais : Fluoreto de Prata, Brometo de Prata, Iodeto de Prata, Cloreto de Prata).

Os materiais atuais utilizam o Brometo de Prata, que forma uma camada que é aplicada nos materiais fotográficos, que tem sua base em acetato (filmes) ou em papel. Todo material fotográfico utilizado na fotografia convencional pode ser utilizado para obter fotografias pinhole.

Características da fotografia pinhole

- Efeitos provocados pela distância focal: Na pinhole a distância focal é simplesmente a distância que há entre o plano de projeção e a abertura, pois não há como na lente convergente, curvatura nos raios, e portanto, todos os objetos, a qualquer distância, estão em foco. Mas a distância focal irá determinar variações que vão além do foco: o ângulo de visão, o aumento na imagem, e a representação da perspectiva estão determinadas pela geometria da distância entre a) o objeto e a lente ou abertura, b) a abertura e o plano da imagem, e também o tamanho/formato do material sensível para registrar esta imagem.

Se olharmos para dois pontos na cena e traçarmos suas trajetórias até o plano de projeção, vemos que eles convergem na abertura pinhole e voltam a se dispersar, para formar dois pontos na imagem. Se movermos este plano mais para longe (para trás), fazendo a distância focal aumentar, eles se projetarão

também mais distantes entre si, fazendo com que a imagem do objeto seja ampliada.

Assim funciona com o ângulo de visão de uma câmera pinhole. Está determinado pelos ângulos criados nas bordas parede de projeção que passaram pela abertura. Quanto mais próximo o furo é da parede, menor será esse ângulo.

- Longas exposições: a imagem produzida por furos é bem menos luminosa que a produzida por lentes. Os tempos de exposição podem durar segundos ou até muitas horas. Um efeito flu nas imagens é causado pelas longas exposições, que podem durar minutos, horas, registrando com nitidez elementos estáticos mas também o registro do movimento de forma mais ou menos marcante.

Recipientes

Uma câmera pode ser confeccionada a partir de qualquer recipiente que possa ser vedado da luz solar (firme e de material opaco), como por exemplo caixas e latas. No caso das latas metálicas, estas devem possuir também a tampa de metal, e devem ser forradas com cartolina preta na parte interna, para evitar reflexos.

Lista de material necessário para construir a câmera obscura

· Latas com tampa de metal (não valem as de achocolatado com tampa transparente);
· Cartolina ou tinta preta;
· Cola, durex e tesoura;
· Lâminas de alumínio cortadas em formato quadrado;
· Martelo, prego, agulha ou alfinete e fita isolante.

O furo pinhole: Tamanho ideal

A qualidade das imagens projetadas na câmera é determinada pelo furo que é feito no recipiente a ser utilizado. De um modo geral o que determina o tamanho de furo a ser feito em um recipiente qualquer é a distância que há entre o furo e a parede oposta, onde ocorre a projeção. Se este furo está correto para um determinado recipiente, a imagem que se projeta no interior da câmera é nítida e possui uma profundidade de campo (área de foco) quase infinita.

Assim como na fotografia tradicional, é o tamanho da abertura (da passagem de luz) que proporcionará mais ou menos área de foco em uma imagem: quanto menor a abertura, mais área de foco. E o diâmetro deste furo (além de fixo) é diretamente proporcional a distância focal do recipiente em si, isto é, quanto maior a distância focal maior o diâmetro do furo. O chamado furo ideal, aquele que está adequado ao recipiente, pode ter seu valor determinado pela relação abaixo, obtida experimentalmente:

$$Di = [(Df)1/2]/25$$

Onde: Di é o diâmetro ideal da abertura e Df é a distância focal.
A partir desta relação, desenvolvida para a prática, que relaciona o valor da distância entre o furo e a parede oposta da câmara obscura, foi estabelecida a Tabela I. A primeira coluna é a distância focal em milímetros, a segunda coluna é a medida, da mesma, em polegadas. Na terceira e quarta colunas estão os valores (em mm e polegadas, respectivamente) que resultam da aplicação desta equação, ou seja, o diâmetro ideal do furo a ser feito.

Em se tratando de recipientes relativamente pequenos, como é o caso das latas de leite em pó e demais latas pequenas, o furo possui décimos de milímetros de diâmetro. Mesmo sabendo seu tamanho, fica praticamente impossível produzir o mesmo de forma artesanal. Portanto, o trabalho com latas requer de quem as utiliza uma dose de paciência, furando e testando com as menores agulhas que encontrar, até

encontrar um instrumento que produza um furo de tamanho se não igual ao menos semelhante ao necessário.

Tabela I. Valor do diâmetro ideal (dado em mm e polegadas) para câmeras com distância focal entre 5 e 1000 mm e seus respectivos f-stop.

Como fazer o furo

Com um prego grande e martelo faça um furo na parede da lata, na altura do meio. Reserve. Corte um pedaço quadrado de mais ou menos 5 cm de uma lata de alumínio (refrigerante, cerveja...). Faça um furo no centro da lâmina com uma agulha bem pequena. Cole pedaços de fita isolante preta nas extremidades e posicione a lâmina sobre o furo grande na lata, pelo lado de fora. Faça também uma proteção para tapar o furo, com cartolina e fita isolante preta.

Como se obtém imagens com uma câmera pinhole e papel fortográfico preto-e-branco

Estamos acostumados a fotografar com câmeras que possuem lentes e um visor pelo qual enxergamos o que será registrado no filme, e nada disso está presente na hora de obter uma fotografia pinhole utilizando uma lata e papel fotográfico.

Material fotossensível necessário para fotografar

· Papel fotográfico, preferencialmente Ilford Multigrade Pérola ou Cetim. Esse papel tem o contraste variável, que pode ser alterado na hora de se fazer o positivo no laboratório através do uso de filtros. As texturas Pérola ou Cetim são foscas, impedindo os reflexos na imagem fotográfica;
· Papel Kodak N3: o papel fosco dessa marca, ao contrário do F3, que é brilhante. Geralmente, é difícil de encontrá-lo no mercado;
· Filme fotográfico 35 mm, preto e branco ou colorido. Para ser usado no caso de máquina fotográfica comum, sem lente, transformada em pinhole. Também pode-se colocar uma tira de negativo e fixá-la no interior da lata, com pedaços de durex nas pontas;
· Filme fotográfico em chapa, para câmeras de médio e grande formato (aquelas grandes, com um fole próximo à lente, que é usado para o foco). Vêm em uma caixinha em folhas, e é mais difícil de usar pela colocação delicada no interior da câmera e devido ao processo de revelação. Os tamanhos de filmes em chapa que podem ser aproveitados pela fotografia pinhole são 6 x 9 cm, 9 x 12 cm ou 13 x 18 cm.

Com o recipiente previamente "carregado" com papel fotográfico (em um laboratório que deve ser improvisado pelo fotógrafo) a câmera pinhole está preparada para fotografar. É só escolher o assunto desejado, apoiar a câmera em um suporte bem fixo, pois o tempo de exposição é longo, e retirar a fita isolante que protege o furo.

A imagem é formada por raios luminosos que passam pelo furo e são impressos no suporte sensível à luz. Não existe visor, ou seja, não é possível ver exatamente aquilo que está sendo fotografado. Sabemos apenas que há geralmente um grande ângulo de tomada, e que a nitidez é quase infinita, portanto apenas praticando conseguimos saber mais de nosso equipamento.

O tempo de exposição

O tempo de exposição à luz é fundamental em qualquer prática na fotografia, inclusive na pinhole. A luz é a matéria prima (a "tinta") da fotografia, e fatores como qualidade, intensidade, hora do dia, luz natural ou artificial, são determinantes. Toda fotografia para ser obtida possui um tempo de exposição, que determinamos através de um procedimento de medição da luz (fotometragem).

Nas câmeras convencionais, o fotômetro é o aparelho que faz estas medições, e a partir dele podemos chegar ao tempo de exposição de um determinado ambiente na pinhole. Pode ser calculado através de tabelas disponíveis em livros e na internet, mas depois de alguma experiência pode ser também previsto pelo fotógrafo, segundo a qualidade da luz: natural, artificial, do dia, da noite, dura, suave, etc.

Os fatores que variam e que compõem a fotometragem são a sensibilidade do material, medida em ISO, a abertura (f/stop) e o tempo de exposição (s). Sabendo o f/stop de uma câmera obscura qualquer podemos ir adicionando tempo à exposição que seria dada por uma câmera convencional, conforme as tabelas:

a.Sensibilidade do material fotográfico (ISO)

400 200 100 50 25 12 6

b. f-stop (abertura/diafragma)

8 11 16 22 32 45 64 90 125 180 250 360 500 720

c. tempo (seg)

1/30 1/15 1/8 1/4 1/2 1 2 4 8 16 32 64 128 256 512 1024 2048

* no caso da lata, o f/stop é aproximadamente 280, e no caso do papel fotográfico, a sensibilidade é de aproximadamente 7.

5. COMO MONTAR UM LABORATÓRIO PARA A FOTOGRAFIA PINHOLE

O laboratório para revelação de negativos obtidos através da técnica pinhole precisa ser montado (ou improvisado) em um local vedado contra toda entrada de luz e que tenha, preferencialmente, uma fonte de água corrente (por exemplo, uma pia de banheiro). As janelas podem ser forradas com papel celofane vermelho ou pintadas de preto - uma pesada cortina preta também ajuda. Para se ter certeza de que não está vazando luz, pode se fazer um teste com um papel fotográfico virgem: tira-se o papel do envelope preto dentro do laboratório e em seguida, coloca-se no revelador. Se o papel ficar preto é porque há alguma fonte de luz velando o papel. É fundamental manipular o papel fotográfico somente na luz vermelha do laboratório, e o filme fotográfico, no escuro completo. Por isso, o uso de filme para a fotografia pinhole torna-se mais complicado, já que deve ser manipulado na escuridão total.

Para revelar a imagem obtida com papel fotográfico são necessários três banhos químicos. O primeiro é de revelador, onde o papel é mergulhado até que a imagem apareça nitidamente. O revelador acelera o escurecimento natural, mas extremamente lento, da prata que foi sensibilizada pela luz. Ele age transformando os sais de prata sensibilizados em prata metálica. Essa reação aconteceria mesmo sem o uso do revelador, mas levaria um tempo demasiado e não seria possível um controle mais apurado do resultado final.

O segundo banho é de interruptor, onde o papel é limpo de restos de revelador (para não "cansar" rapidamente o fixador), serve para interromper a ação do revelador; caso contrário, a revelação continuaria escurecendo a imagem. Por último, o fixador vai fixar a imagem - com o perdão da

redundância -, de modo a permitir que o papel seja levado para a luz (já com a imagem impressa) sem que a fotografia seja velada. Pois, o fixador retira os sais de prata que não foram expostos e, assim, não se transformaram em prata metálica.

Para revelar a fotografia pinhole feita com filme fotográfico, o processo é um pouco mais difícil. É preciso trabalhar no escuro completo e obedecer aos procedimentos acima, mas com o revelador próprio para filmes. É preciso manter a temperatura dos químicos em torno de 20° C. E obedecer a tabela de tempo de revelação do filme, que deve ser agitado constantemente, de acordo com o seu tipo e marca (Tri- X, Plus-X, Neopan, etc) e sua sensibilidade (ASA/ISO, 100, 200, 400, etc.).

Esses processos são válidos apenas para papeis e filmes P&B, pois o processo de revelação colorido é diferente. O papel colorido, inclusive, quase nunca é usado nesse tipo de fotografia, até porque sua compra é complicada: ele é basicamente vendido para profissionais que possuem laboratórios comerciais de revelação cor. E o filme colorido, pela praticidade, recomenda-se levar a um Mini-Lab.

Material necessário para a montagem do laboratório preto e branco

· Revelador Dektol / Kodak - para papéis. Pacotes de 1 ou 5 litros. É preciso diluir o pó em água quente, mexendo constantemente. Temperatura da água impressa no envelope da Kodak. Só pode ser usado depois de frio. Temperatura ideal de 18 a 20° C. É usado 1:1, revelador e água;

· Interruptor - para papeis ou filmes. É água misturada com ácido acético a 28%. Água também pode ser usada como interruptor;

· Fixador F5 / Kodak - para papéis ou filmes. O mesmo processo de diluição do revelador. Também em envelopes de 1 ou 5 litros. É usado puro;

· Revelador D - 76 - para filmes. O processo de diluição é o mesmo. Tempo de revelação e temperatura do químico se encontram na tabela que vem na embalagem do filme. É usado puro ou 1:1, quando estiver novo;

· O interruptor e o fixador são os mesmo do processo para revelação do papel fotográfico. Entretanto, aconselha-se que não se use o interruptor e o fixador do papel para o filme, e vice-versa;

· 3 bandejas grandes para os banhos de papéis;

· 3 bandejas pequenas para revelar tiras de filmes;

· 1 tanque para revelação de um rolo de filme fotográfico inteiro (no caso da câmera pinhole feita com uma máquina fotográfica comum);

· 3 pinças para manejar os químicos. É bom identificá-las e usar sempre a mesma para cada um dos químicos;

· Varal e prendedores de roupa, para pendurar as fotografias depois de lavadas;

· Termômetro: se a temperatura dos químicos estiver muito abaixo ou acima dos 20° C, é preciso esquentar o revelador em banho-maria ou resfriá-lo na geladeira;

· Baldes em separado para a diluição do revelador e do fixador;

· Bombonas plásticas para guardar os químicos em solução de estoque, em separado para revelador de papel e de filme, assim como para fixador de papel e de filme (interruptor pode ser

na mesma, pois depois de usado vai fora);

· Rabo quente para esquentar a água do banho-maria, quando necessário;

· Jarras para medir quantidades de químicos e esquentá-los ou esfriá-los;

· Recipiente para lavar as fotografias após o banho no fixador. O importante é água corrente, para que as fotografias fiquem bem lavadas;

· Lanternas de segurança com lâmpadas vermelhas. Precisam ficar distantes cerca de dois metros de onde estarão as bacias e fontes de luz para o positivo;

· Tesoura;

· Fonte de luz para fazer os positivos. Não precisa ser um ampliador, pode ser usado um abajur ou alguma lâmpada, no caso de cópias de negativos em papel. Filmes só podem ser copiados com o uso de um ampliador; · Vidros do tamanho de uma folha A4 para os positivos.

6. COMO FAZER OS POSITIVOS

A partir do negativo revelado e seco, podemos fazer o positivo - a fotografia como a conhecemos. O negativo é a matriz para se copiar a fotografia quantas vezes forem necessárias. Ao contrário do filme, que além de ser transformado em positivo ainda pode ser ampliado para um tamanho maior do que os pequenos retângulos do negativo (fotogramas), a cópia do negativo em papel é feita por contato - portanto, permanece do mesmo tamanho, não pode ser aumentada. Ele se transforma em positivo, mas suas cópias não serão maiores que o negativo.

É por isso que para o negativo em filme, é necessário o uso de um ampliador. A transparência (filme) é atravessada pela luz do ampliador e é projetada em maior tamanho no papel virgem, colocado na base.

No caso do papel (cópia por contato), coloca-se o papel/negativo sobre o papel virgem, emulsão (lado fotossensível) contra emulsão, embaixo da fonte de luz. Coloca-se o vidro por cima para que as duas partes fiquem retas, uma em cima da outra. A luz passará pelo negativo e imprimirá o positivo no papel virgem.

Para acertar o tempo de exposição à luz do negativo em papel ou em filme, deve-se fazer uma tira-teste. Corta-se um pedaço de papel virgem, que é colocado sobre o positivo. Tapa-se a tira com um papel comum e conta-se de 3 em 3, ou de 5 em 5 segundos, destapando a cada vez uma parte da tira. Revela-se como papel. Na tira-teste aparecem os intervalos de tempo em que ela foi destapada (3, 6, 9, 12 segundos e assim por diante). Por fim, escolhe-se o tempo ideal para fazer o positivo. Após expor o negativo à luz utilizando o tempo escolhido, parte-se para o processo normal de revelação de papel.

7. REFERÊNCIAS

Grupo Lata Mágica, www.latamagica.art.br

FALIERI, Cleber. **Manual Prático de Fotografia Pinhole.** www.eba.ufmg.br/~cfalieri

GREPSTAD, Jon. **Pinnhole photography - History, Images, Cameras, Formulas.** http://home.online.no/~gjon/pinhole.htm

NAUGHTON, Russel. **The Camera Obscura : Aristotle to Zahn** http://www.acmi.net.au/AIC/CAMERA_OBSCURA.html

DVORACEK, Nick. **Pinhole Photography: a guidebook for teachers**
http://idea.uwosh.edu/nick/Pinholephoto.pdf (arquivo .pdf)

BULLIS, Larry. **Making Pinholes** http://www.pinhole.com/resources/articles/makingholes.php

Pinhole Crafting http://www.pinhole.com/resources/articles/poke.php

PEÑATE, Guillermo. **Determining Pinhole Size and Exposure**
http://members.rogers.com/penate/pinsize.htm

MEZA, Marcelo Rodriguez. **La Cámara Obscura como medio auxiliar en la Pintura: un ejemplo de la relación arte-técnica** http://www.utem.cl/trilogia/Volumen_12_n/p_12_2.htm

Outros Sites

www.pinholevisions.org
www.pinholeresource.com
www.pinholeday.org

http://home.online.no/%7egjon/pinhole.htm

Pinhole Photography – History, Images, Cameras, Formulas

By Jon Grepstad

[This article is also available at photo.net in the USA.
An abridged Russian version: Камера-обскура.
The Russian version may also be downloaded in pdf format.
The history section has been translated into Spanish:
Fotografía estenopeica.]

Introduction

Pinhole photography is lensless photography. A tiny hole replaces the lens. Light passes through the hole; an image is formed in the camera.

Pinhole cameras are small or large, improvised or designed with great care. Cameras have been made of sea shells, many have been made of oatmeal boxes, coke cans or cookie containers, at least one has been made of a discarded refrigerator. Cameras have been cast in plaster like a face mask, constructed from beautiful hardwoods, built of metal with bellows and a range of multiple pinholes. Station wagons have been used as pinhole cameras – and rooms in large buildings. Basically a pinhole camera is a box, with a tiny hole at one end and film or photographic paper at the other.

Pinhole cameras are used for fun, for art and for science.

Designing and building the cameras are great fun. Making images with cameras you have made yourself is a great pleasure, too. But in serious photography the pinhole camera is just an imaging device with its advantages and limitations, special characteristics and potentials. By making the best of the camera's potential great images can be produced. Some of the images could not have been produced with a lens.

Characteristics

Pinhole images are softer – less sharp – than pictures made with a lens. The images have nearly infinite depth of field. Wide angle images remain absolutely rectilinear. On the other hand, pinhole images suffer from greater chromatic aberration than pictures made with a simple lens, and they tolerate little enlargement.

Exposures are long, ranging from half a second to several hours. Images are exposed on film or paper – negative or positive; black and white, or color.

Pinhole optics, by the way, are not only used in photography. There is one animal in nature which uses a pinhole for seeing – the mollusk Nautilus. Each eye has an accommodating aperture – the aperture can enlarge or shrink. In this drawing, originally taken from a book published by Arthur Willey in 1900, the eye is the oval opening to the upper right.

History

Early Observations and Experiments

The basic optical principles of the pinhole are commented on in Chinese texts from the fifth century BC. Chinese writers had discovered by experiments that light travels in straight lines. The philosopher Mo Ti (later Mo Tsu) was the first – to our knowledge – to record the formation of an inverted image with a pinhole or screen. Mo Ti was aware that objects reflect light in all directions, and that rays from the top of an object, when passing through a hole, will produce the lower part of an image (Hammond 1981:1). According to Hammond, there is no further reference to the camera obscura in Chinese texts until the ninth century AD, when Tuan Chheng Shih refers to an image in a pagoda. Shen Kua later corrected his explanation of the image. Yu Chao-Lung in the tenth century used model pagodas to make pinhole images on a screen. However, no geometric theory on image formation resulted from these experiments and observations (Hammond 1981:2).

In the western hemisphere Aristotle (fourth century BC) comments on pinhole image formation in his work *Problems*. In Book XV, 6, he asks: "Why is it that when the sun passes through quadri-laterals, as for instance in wickerwork, it does not produce a figure rectangular in shape but circular? [...]" In Book XV, 11, he asks further: "Why is it that an eclipse of the sun, if one looks at it through a sieve or through leaves, such as a plane-tree or other broadleaved tree, or if one joins the fingers of one hand over the fingers of the other, the rays are crescent-shaped where they reach the earth? Is it for the same reason as that when light shines through a rectangular peep-hole, it appears circular in the form of a cone? [...]" (Aristotle 1936:333,341). Aristotle found no satisfactory explanation to his observation; the problem remained unresolved until the 16th century (Hammond 1981:5).

The Arabian physicist and mathematician Ibn al-Haytham, also known as Alhazen, experimented with image formation in the tenth century AD. He arranged three candles in a row and put a screen with a small hole between the candles and the wall. He noted that images were formed only by means of small holes and that the candle to the right made an image to the left on the wall. From his observations he deduced the linearity of light. (Hammond 1981:5).

In the following centuries the pinhole technique was used by optical scientists in various experiments to study sunlight projected from a small aperture.

The Renaissance and Post-Renaissance

In the Renaissance and later centuries the pinhole was mainly used for scientific purposes in astronomy and, fitted with a lens, as a drawing aid for artists and amateur painters.

Leonardo da Vinci (1452–1519) describes pinhole image formation in his *Codex Atlanticus* (Vinci, Leonardo, Ambrosian Library, Milan, Italy, Recto A of Folio 337), and *Manuscript D* (Manuscript D, Vinci, Leonardo, Institut de France, Paris, Folio 8). These descriptions, however, would remain unknown until Venturi deciphered and published them in 1797.

The following translation from the Codex Atlanticus, in German, is by Eder (1905:27): "Wenn die Fassade eines Gebäudes, oder ein Platz, oder eine Landschaft von der Sonne beleuchtet wird and man bringt auf der gegenüberliegenden Seite in der Wand einer nicht von der Sonne gotroffenen Wohnung ein kleines Löchlein an, so werden alle erleuchteten Gegenstände ihr Bild durch diese Öffnung senden und werden umgekehrt erscheinen". [1]

In 1475 the Renaissance mathematician and astronomer Paolo Toscanelli placed a bronze ring with an aperture in a window in the Cathedral of Florence, still in use today. On sunny days a solar image is projected through the hole onto the cathedral's floor. At noon, the

solar image bisects a "noon-mark" on the floor. The image and noon-mark were used for telling time (Renner 1995:6).

In 1580 papal astronomers used a pinhole and a similar noon-mark in the Vatican Observatory in Rome to prove to Pope Gregory XIII that the spring equinox fell incorrectly on 11 March rather than on 21 March. Two years later, after careful consideration, Pope Gregory XIII corrected the Julian calendar by 10 days, thus creating the Gregorian calendar (Renner 1995:7).

Giovanni Battista della Porta (1538–1615), a scientist from Naples, was long regarded as the inventor of the camera obscura because of his description of the pinhole (lensless) camera obscura in the first edition of his *Magia naturalis* (1558). His description has received much publicity, as did his camera obscura shows, but he was by no means the inventor.

The first published picture of a pinhole camera obscura is apparently a drawing in Gemma Frisius' *De Radio Astronomica et Geometrica* (1545). Gemma Frisius, an astronomer, had used the pinhole in his darkened room to study the solar eclipse of 1544. The very term *camera obscura* ("dark room") was coined by Johannes Kepler (1571–1630). At his time, the term had come to mean a room, tent or box with a lens aperture used by artists to draw a landscape. The lens made the image brighter and focused at a certain distance. Thus this type of camera differed from the pinhole camera obscura used by Frisius in 1544. In the 1620s Johannes Kepler invented a portable camera obscura. Camera obscuras as drawing aids were soon found in many shapes and sizes. They were used by both artists and amateur painters.

During the 19th century several large scale camera obscuras were built as places of education and entertainment. The meniscus lens, superior to the bi-convex lens, improved the quality of the the projected images. Several buildings or towers with camera obscuras remain today: The Camera Obscura at Royal Mile, Edinburgh; the Great Union Camera at Douglas, Isle of Man; the Clifton Observatory at Bristol, England; the camera obscura at Portmeirion, North Wales; the Giant Camera at Cliff House, San Francisco; the camera obscura at Santa Monica, California, the camera on the Mount Oybin in Germany, and others. A few large scale camera obscuras have been built in the 20th century.

The First Pinhole Photographs

Sir David Brewster, a Scottish scientist, was one of the first to make pinhole photographs, in the 1850s. He also coined the very word "pinhole", or "pin-hole" with a hyphen, which he used in his book *The Stereoscope*, published in 1856. Joseph Petzval used the term "natural camera" in 1859, whereas Dehors and Deslandres, in the late 1880s, proposed the term "stenopaic photography". In French today "sténopé" is used for the English "pinhole". In Italian a pinhole camera is called "una fotocamera con foro stenopeico". In German "Lochkamera" and "Camera obscura" are used. The Scandinavian languages tend to use the English "pinhole" as a model – "hullkamera"/"holkamera"/"hålkamera", though "camera obscura" is also found, and is the term preferred by myself in Norwegian.

Sir William Crookes, John Spiller and William de Wiveleslie Abney, all in England, were other early photographers to try the pinhole technique. The oldest extant pinhole photographs were probably made by the English archeologist Flinders Petrie (1853–1942) during his excavations in Egypt in the 1880s. Two of his photographs are reproduced in Renner (1995:39,40). It should be noted that Petrie's camera had a simple lens in front of the pinhole.

Pictorialism and Popular Pinhole Photography

By the late 1880s the Impressionist movement in painting exherted a certain influence on photography. Different schools or tendencies developed in photography. The "old school" believed in sharp focus and good lenses; the "new school", the "pictorialists", tried to achieve the atmospheric qualities of paintings. Some of the pictorialists experimented with pinhole photography. In 1890, George Davison's pinhole photograph *An Old Farmstead* (later called *The Onion Field*) won the first award at the Annual Exhibition of the Photographic Society of London. The award was controversial and led to a schism in the Photographic Society of London (soon to become the Royal Photographic Society) which resulted in the formation of the well-known pictorialist group, the "Linked Ring". George Davison's picture is reproduced in Renner (1995:42), and in some histories of photography, e.g. Michael Langford's *The Story of Photography* (Oxford: Focal Press 1992. p. 106), *The Magic Image. The Genius of Photography*, edited by Cecil Beaton and Gail Buckland (London: Pavilion Books Ltd. 1989. p. 79), and Naomi Rosenblum's *A World History of Photography* (New York: Abbeville Press, p. 310).

In 1892 the Swedish dramatist August Strindberg started experimenting with pinhole photography. About one hundred of Strindberg's photographs are preserved, of these three or four are pinhole images.

Pinhole photography became popular in the 1890s. Commercial pinhole cameras were sold in Europe, the United States and in Japan. 4000 pinhole cameras ("Photomnibuses") were sold in London alone in 1892. The cameras seem to have had the same status as disposable cameras today – none of the "Photomnibuses" have been preserved for posterity in camera collections. Some years earlier, an American company had actually invented a disposable pinhole camera, the "Ready Photographer", consisting of a dry glass plate, a pinhole in tinfoil and a folding bellows. Another American company sold "the Glen Pinhole Camera", which included six dry plates, chemicals, trays, a print frame and ruby paper for a safelight.

The very first commercial pinhole camera was designed by Dehors and Deslandres in France in 1887. Their camera had a rotating disc with six pinholes, three pairs of similar sizes. Pictures of these cameras are found in Renner (1995:43).

Mass production of cameras and "new realism" in the 20th century soon left little space for pinhole photography. By the 1930s the technique was hardly remembered, or only used in teaching. Frederick Brehm, at what was later to become the Rochester Institute of Technology, was possibly the first college professor to stress the educational value of the pinhole technique. He also designed the Kodak Pinhole Camera around 1940.

- Nick Dvoracek's collection of historical articles

The Revival of Pinhole Photography

In the mid-1960s several artists, unaware of each other, began experimenting with the pinhole technique – Paolo Gioli in Italy, Gottfried Jäger in Germany, David Lebe, Franco Salmoiraghi, Wiley Sanderson and Eric Renner in the USA. Coincidentally, many of these artists were working with multiple pinholes. Wiley Sanderson was a professor of photography at the University of Georgia and taught pinhole photography from 1953 to 1988. During that period his students built 4356 pinhole cameras (Renner 1995:53).

Two scientists were also working with pinhole photography, Kenneth A. Connors in the USA and Maurice Pirenne in Great Britain. Connors did research on pinhole definition and resolution. His findings were printed in his self-published periodical *Interest*. Pirenne used the pinhole to study perspective in his book *Optics, Paiting and Photography* (1970).

In 1971 The Time-Life Books published *The Art of Photography* in the well-known Life Library of Photography and included one of Eric Renner's panoramic pinhole images. The

June 1975 issue of *Popular Photography* published the article "Pinholes for the People", based on Phil Simkin's month-long project with 15,000 hand-assembled and preloaded pinhole cameras in the Philadelphia Museum of Art. (People came into the museum, picked up a camera, made an exposure. The images, developed in a public darkroom in the museum, were continually displayed in the museum.)

In the 1970s pinhole photography gained increasing popularity. Multiple pinholes became rare. Many pinhole photographers experimented with alternative processes. A number of articles and some books were published, among them Jim Shull's *The Hole Thing: A Manual of Pinhole Photography*. Stan Page of Utah, a leading historian of pinhole photography, collected 450 articles on pinhole photography published after 1850. In the USA, however, critics tended to ignore pinhole photography in art, whereas Paolo Gioli and Dominique Stroobant received more attention in Europe. In Japan Nobuo Yamanaki started making pinhole camera obscuras in the early 1970s. Although pinhole photography gained popularity, few of the artists were aware of the others' images. A diversity of approaches and cameras developed.

In 1985 Lauren Smith published *The Visionary Pinhole*, the first broad documentation of the diversity of pinhole photography. The first national exhibition of pinhole photography in the USA was organised by Willie Anne Wright, at the The Institute of Contemporary Art of the Virginia Museum in 1982. In 1988 the first international exhibition, "Through a Pinhole Darkly", was organised by the Fine Arts Museum of Long Island. Cameras and images from forty-five artists were exhibited. A second international exhibition was organised in Spain the same year, at The Museum of Contemporary Art of Seville, comprising the work of nine photographers. A third international exhibition followed at the Center for Contemporary Arts of Santa Fe in New Mexico, also in 1988. According to Renner (1995:94), James Hugunin's essay "Notes Toward a Stenopaesthetic", in the catalogue of the Santa Fe exhibition, represents the most thorough analysis of pinhole photography in the 1980s. Eric Renner's book *Pinhole Photography – Rediscovering a Historic Technique*, published in 1995 (second edition 1999), mentions a large number of pinhole artists active in the 1980s and has samples of their work. References to some contemporary German pinhole artists who are not included in Renner's book, are found in the list of literature below.

According to Renner (1995:90) at least six commercial pinhole cameras were manufactured in the 1980s. In December 2003 there were at least 48 cameras on the market, from 18 manufacturers in the US, Europe, Australia and Asia.

The Pinhole Resource, an international information center and archive for pinhole photography, was founded by Eric Renner in 1984. The first issue of the *Pinhole Journal* appeared in December 1975. The archives contain more than 3000 images. The journal has published work by over 200 pinhole artists from a number of countries.

With the advent of the World Wide Web pinhole photography went online. One of the first artists to publish his work on the Internet was Harlan Wallach. By January 1995 Richard Vallon of Louisiana had established the Pinhole Resource on the net. Today a search on the net will return a large number of URLs. In April 1997 the Pinhole Visions web site was launched to support pinhole photography as both an art form and a learning activity. For years it was the most important pinhole web site, with news and events sections, gallery, links to resources, directory of pinhole photographers, web based discussion forums and a discussion list. In January 2004 it was scaled down and changed its name to The Pinhole News. It is still the main web site for pinhole news and events.

The first Worldwide Pinhole Photography Day (WPPD) was held on 29 April 2001. 291 participants from 24 countries contributed images. On the second WPPD in April 2002 903 images from as many different pinhole photographers from 35 countries were uploaded to the online gallery. On the third WPPD in 2003 the corresponding figures were 1082 images from 43 countries.

Pinhole Photography in Science

In the late Middle Ages the pinhole was used to study the projection of light through a small aperture. In the 16th century and later it was used in astronomy to study solar eclipses. In the 1940s pinhole cameras found their way into nuclear physics. It was discovered that pinhole cameras could be used to photograph high-energy X-rays and gamma rays. Pinhole cameras were deployed in space craft by the end of the 1950s and beginning of the 60s to photograph X-rays and gamma rays from the sun. The first soft X-ray pinhole of the sun was made on 19 April 1960. The photograph is reproduced in Renner (1995:18). In the 1970s scatter-hole X-ray pinhole cameras were made. Today's pinhole cameras on space vehicles use multiple pinhole optics. The last 20 years the pinhole has also been used widely by nuclear physicists to photograph high energy in laser plasma (Renner 1995:21).

A few links to the use of pinhole cameras in science:

- Ariel V: October 1974 – March 1980
- The MOnitoring X-ray Experiment (MOXE)
- The Polar Ionospheric X-ray Imaging Experiment (PIXIE)
- Indiana University Astronomy Department: Solar eclipse 10 June 1994
- Astrophotography with a Pinhole

Other Uses of the Pinhole

Pinholes are also used in surveillance and spy cameras and are used in combination with a lens for photographing miniature models, e.g. model trains or architectural models. The pinhole increases the depth of field radically. Some photographers experiment with pinhole enlargers with one pinhole or multiple pinholes. And there are pinhole magnifiers and pinhole glasses.

Cameras

Basically a pinhole camera is a light-tight box with a tiny hole in one end and film or photographic paper in the other.

A few commercial cameras are available – e.g. the 4 x 5 Rigby camera, the 4 x 5 and 8 x 10 Leonardo Cameras, and the Zero2000 pinhole cameras (various formats). There are at least two cardboard kits on the market – The John Adams Pinhole kit in the UK and the kit made by Richard Merz and Dieter Findeisen in Germany. Most pinhole photographers, however, make their cameras themselves. The construction is simple. Commercial cameras in hardwood or metal tend to be expensive – some are *very* expensive – and they do not produce better images than a homebrew camera.

Pinhole cameras may differ with regard to (a) focal length, (b) pinhole diameter, (c) number of pinholes, (d) image format, (e) flat or curved film plane, (f) type of light-sensitive material, and (g) other characteristics.

(a) Strictly speaking pinhole cameras have no *focal length*. They have infinite depth of field. But for practical reasons the term "focal length" is used here to refer to the distance between the pinhole and the film or paper. Pinhole cameras may have short, normal or long

"focal lengths"; they may be anything from ultra wide-angle cameras to long telephoto cameras. It should be noted that as the focal length increases, the apertures decreases. In other words, exposure times get longer (see Formulas below). (The formula for calculating the f-stop is f = v/d, where f = aperture, v = distance from pinhole to film or paper, and d = pinhole diameter.) Pinhole cameras produce fascinating wide-angle and ultra-wide angle images. Unlike lens photographs, ultra wide-angle images remain rectilinear. Straight lines are not curved at the periphery of the image. Beginners should start by making a wide-angle camera.

(b) For any focal length there is an optimal *pinhole diameter* for image sharpness. A number of formulas and charts have been produced. Generally a smaller pinhole will produce a sharper image than a larger one. If the pinhole gets too small, the image becomes less sharp because of diffraction. See Formulas below.

(c) Pinhole cameras may have *one pinhole or several*. Multiple pinhole cameras produce overlapping images or, with certain designs, panoramic images. Beautiful images made with a multiple pinhole camera are found in Knuchel (1991: cover, p. 35). The beginner should start with a camera with a single pinhole. My own experience is from single pinhole photography exclusively. Some advanced pinhole photographers sometimes use a slit instead of a pinhole. For a beautiful picture made with a single slit camera, see Knuchel (1991:53).

(d) Pinhole cameras have widely differing *image formats*. Cameras are made from match boxes, 35 mm film canisters, baking soda containers, oatmeal boxes, cookie tins, bags or suitcases, big wooden cases etc. Vans or station wagons have been used as pinhole cameras, and rooms in large buildings.

Some cameras were made to take a 126 film cartridge, a format which was discontinued by Kodak in December 1999, but which is still available from Ferrania or Film for Classics. There are pinhole photographers who use 35 mm film (e.g. by removing the lens of a 35 mm SRL, taping or gluing a pinhole plate to a lenscap, and replacing the lens with the modified lenscap). A cheap 120 twin-lens reflex camera (e.g. a Russian-made Lubitel), an old 120 (non-collectible!) folding camera, a 120 box or a Polaroid camera may fairly easily be turned into a pinhole camera. Some pinhole photographers use a large format camera, 4 x 5 in., 5 x 7 in. or 8 x 10 in., and replace the ordinary lensboard with a lensboard with a pinhole plate. Some make a lensboard with a pinhole turret, i.e. a disc with a circular configuration of pinholes in various sizes.

Most pinhole cameras, however, are made from an ordinary box or container, with a pinhole plate in one end and a simple mechanism for holding the paper or film in the other. Often the film or paper is just taped to the inside of the box. Many pinhole photographers start out with an "oatmeal box camera", a camera made from a cylindrical container in cardboard or metal.

In my view, best results are achieved with medium or large format film or with photographic paper in similar sizes or larger. In many areas 120 roll film is more easily available than sheet film.

(e) A pinhole camera may have a *flat or curved film or image plane*. If the film plane is flat, there will be some light fall-off or vignetting at the corners in a wide-angle or ultra wide-angle pinhole camera. The image may be overexposed at the center and underexposed at the corners. This vignetting, however, may be exploited consciously as an esthetic effect. If one wants to avoid the light fall-off, the film plane should be curved so that the film at any point is roughly at the same distance from the pinhole. A pinhole camera may be made

from a round ("cookie") container cut in two to form a semi-circular box. Film or paper is taped to the circular wall of the box. Many pinhole photographers also make "oatmeal" box cameras with curved film planes. In my own pinhole photography I use flat film planes. With flat film planes a pinhole has a usable circular image of approx. 125 degrees. The image diameter is about 3 1/2 times of any focal length. The image will fade towards the edges because of the increasing focal distance. With curved film planes a pinhole camera may have a larger circle of coverage (approximately 160 degrees).

Some photographers experiment with complex film planes. Examples are found in Knuchel 1991, which is an interesting source for studying the relationship between image and camera, and also one of the most interesting European portfolios I am aware of. The book has parallel text in German and English.

(f) Pinhole cameras may take *film or photographic paper*. Black and white film and color film for prints have more exposure latitude than chrome film. XP-2 for black and white (available in 35 mm, 120 format and 4 x 5 in.) has extraordinarily wide exposure latitude and may be exposed as anything between ISO 50 and 800. The latitude makes it ideal for pinhole photography. Photographic paper for black and white has a low ISO rating. In my own pinhole photography I have used mainly Fujichrome 50 and Fujichrome Velvia, XP-2 and Ilford Multigrade RC. Some photographers recommend mat-surfaced RC paper for curved image planes (paper curved in an "oatmeal box camera") to avoid a reflected fogged strip. Glossy paper may be used in cameras with flat image planes, where light will not be reflected. Some photographers use Ilfochrome paper with great success. An 85B filter (sometimes in combination with an 81 or 82 series filter) may be used to change tungsten light to daylight. Because of long exposures reciprocity failure will often have to be taken into account when calculating exposure both for film and paper.

(g) Pinhole cameras may also differ with regard to *other characteristics*.

Cameras are made from different *types of material*: cardboard, wood, metal or other. For the beginner a camera made of cardboard may be the best choice. Cardboard is easy to work with.

Some photographers use a grey *neutral density filter* to increase exposure times when using film where exposure times are short. Filters may also be used to control contrast in multigrade papers, or to control color when using color film or Ilfochrome paper.

Many homebrew cameras have only a plastic flap or a piece of cardboard for *"shutter"*. This is my own choice for most of my cameras. Hardwood cameras may have a simple moveable shutter. With short exposure times it is important that the shutter opens easily without vibrations.

Some photographers make a *viewing frame*, e.g. by cutting a window the same size as the pinhole image in a piece of cardboard. A wire frame attached to the camera is another solution. The viewing frame is held at the same distance from the eye as the distance between the pinhole and the film in the camera. Pinhole photographers who use a large format camera sometimes use a larger *viewing pinhole* when composing the image. In my own pinhole photography I never use viewing frames. I tend to work for longer periods with the same camera and find I get a pretty good feeling of the image field.

Some pinhole cameras are *beautiful objects in themselves*. The Swiss pinhole photographers Peter Olpe has made cameras from cardboard in the shape if small castles and buildings (Olpe 1992). The cameras are themselves objects of art and have been exhibited as such.

I suggest the beginner starts by making an "oatmeal box camera" or a cardboard camera.

Making a Pinhole Camera

The Pinhole

The most important part of a pinhole camera is the pinhole itself. Precision made pinholes may be bought. You will find a list of sources for pinhole sheets here. For most purposes, however, there is no reason why you should not make the pinhole yourself.

The hole is made in a thin piece of metal, brass shim (available in some car supply stores) or metal from the lid of small box or glass container (bought at a supermarket). Some use aluminium foil from a disposable baking pan. Ordinary aluminium foil is too thin. My own experience is with brass shim and thin metal from container lids.

If the metal is taken from a container lid, it should be sanded carefully with ultra-fine emery paper (e.g. # 600) to remove any paint or varnish and to make it thinner. The hole is made with a needle. The edge of the hole should be sharp. The optimal diameter depends on the focal length of the camera, i.e. the distance from the pinhole to the film or photographic paper. Some formulas and charts are reproduced below. In general: the smaller the hole, the sharper the image. If the hole is too small, however, the image gets less sharp because of diffraction effects (light is bent around the edge of the pinhole).

Place the piece of metal on top of some hard cardboard. Carefully poke a hole with a needle taking care that the hole is as round as possible. The needle may be put through a cork to make it easier to handle. Or you may put masking tape on the head of the needle. Hold the needle steadily in a 90 degree angle to the surface. Turn the piece of metal and sand the back side carefully with fine-grained emery paper to remove the burr or debris where the needle point has penetrated. (The edges of the pinhole should be sharp). Then place the metal on the cardboard back side up and cautiously spin the needle in the hole to make sure the hole is round. The hole can be checked with a magnifier or an enlarger. You can also use an enlarger or slide projector to check the diameter of the pinhole.

- Gord Holtslander's instructions in a file compiled by Bruce Barrett (#9)
- The Pinhole FAQ's description

Can Cameras

Pinhole cameras can be made of many kinds of light-tight containers. A cylindrical cardboard container, e.g. an oatmeal box or a herb tea container, is easily converted into a pinhole camera for pieces of 120 roll film or photographic paper.

1. Start by making a cardboard film holder. The film holder is made of two pieces of cardboard which fit the internal dimensions of the cylindrical box (Sketch). One piece (A) serves as the back of the film holder. The other piece is cut in two, one small piece (B) which is glued to A and a larger piece (C) with a cut-out window (D) for the film or paper. Use some good tape (electrical tape or other) to attach piece C to B. The film holder will be loaded in a darkroom by placing a piece of 120 roll film or photographic paper between A and C.
2. The film holder fits into a groove on either side of the box. The groove is made by gluing cardboard strips to the insides of the box (Sketch). You may make a supporting back (E) for the film holder by gluing a piece of cardboard in the groove. This will make it easier to slide the loaded filmholder into the groove.
3. Spray the insides of the box (including the lid), and the outsides of the cardboard film holder, with flat black spray paint. Make sure the lid is not translucent. If necessary glue some black plastic lining or cardboard to the lid to make it opaque.

4. Make a hole in the front of the box. The "optical axis" should extend to the center of the window in the film holder – provided you are not looking for special off-center effects.
5. Then make the pinhole plate. See above.
6. Tape the pinhole plate to the front of the cylindrical box.
7. Make a simple shutter by taping a flap of black plastic over the pinhole, e.g. plastic from a photographic paper package. The flap may be held in place by a rubber string. When you take a picture you remove the string, open the flap for the necessary exposure and close it.
8. If you want a tripod bush or socket for your camera, use some araldite to glue a 1/4" or 3/8" nut to the bottom of the box.
9. Since this camera has to be loaded in the darkroom, it will be practical to make several cameras. The cameras are easily carried in a bag.
10. If you want a curved film plane for your camera, the cardboard film holder is left out. Film or paper is taped to the inside of the camera.

A polaroid picture of some "oatmeal box" pinhole cameras which I made in 1990, my first pinhole cameras, and a portrait made with one of the cameras on Ilford Multigrade III RC paper. The negative was scanned and then inverted by a photo editing program on my computer.

Some descriptions or pictures of "oatmeal box" or "cookie tin" cameras on the net:

- Wendy Mukluk's description of an oatmeal camera
- Susan Addington's Venetian biscotti tin camera
- How to Make an Oat Meal Tin Camera (Zero Image)

4x5 in. Film Holder Cameras

Some commercial cameras are manufactured for 4 x 5 in. or 8 x 10 in. sheet film. In my view, these cameras tend to be somewhat overpriced.

Making a camera yourself is easy. The camera can be made of wood or cardboard. I build my own cameras from hardwood, mainly because I like woodworking and enjoy making beautiful objects in wood. Plywood or other materials may be used as well and require less effort. Cardboard is probably the easiest material to work with.

A *cardboard camera* may be made from scratch from sheets of cardboard cut to the right dimensions and assembled to form a box which will take a 4 x 5 in. film holder. It may also be made from an already existing cardboard box. The basic component – apart from the pinhole plate – is the film holder. The back of the camera is designed to accommodate a standard film holder. The inserted film holder may be held in place by a rubber string. Make sure the camera back is light-tight. Near the top the film holder has a locating ridge which is to fit in a groove in the camera back. The groove may be made by gluing strips of cardboard to the back. Some simple sketches of a 4 x 5 inch film holder camera made of cardboard:

- Sketch a – Side view
- Sketch b – End view
- Sketch c – Front view
- Sketch d – Top view of camera with back flap

I usually use 6 x 30 mm oak strip (1/4" x 1 1/4") as the basic material for *wooden cameras*for 4 x 5 in. film holders. The strips are glued together to form 6 mm sheets. The sheets are sanded carefully, cut to the right measurements and glued together to form a box

with a simple spring back for the film holder. The following is a general description of the construction of a wooden 4 x 5 in. camera.

1. Get a 4 x 5 in. film holder.
2. Make a box of wood (Sketch 1). The internal width should be about 20 mm wider than the film holder. The bottom piece (A) and the side pieces (B) should be about 40 mm longer than the top piece (C). Sand the wood carefully before assembling the pieces.
3. Square moulding is glued to the internal angles in the camera to make the construction stronger. Sketch x.
4. The back panel (D) is made of plywood. A window (E) is cut in the back panel, the same size as the film holder's window (dimensions ...).
5. A groove (F) is made in the back piece for the film holder's locating ridge.
6. Two strips of wood (G), approximately 6 mm thick, are glued to the back panel, one on the the left side, the other on the right side of the film holder.
7. Two leaf springs (H) are made of a flexible sink drain (available at a reasonable price in some hardware stores).
8. Each leaf spring is kept in place by a small piece of wood (I) screwed on to the side pieces.
9. A hole (J) is made for the pinhole in the front panel.
10. The pinhole plate (P) is attached to the inside of the front panel. A piece of wood (K) with a hole covers the pinhole plate; the piece of wood is screwed on to the front piece from the inside.
11. A pressure panel (L) for the film holder is made of wood.
12. Two strips of 1 1/2 or 2 mm brass strip (M), to go under the leaf springs, are screwed on to the pressure panel.
13. A handle (N) may be attached to the side panel of the camera.

A piece of cardboard is used for shutter, or a moveable shutter is added (O). For short exposures a cardboard is most practical as removing the cardboard creates no vibrations. The same design may be used for a 5 x 7 in. camera or an 8 x 10 in. camera. For an 8 x 10 in. camera 8–10 mm board or plywood may be used as the basic material.

Sketches:

- Sketch 1 – Three dimensional view
- Sketch 2 – Side view
- Sketch 3 – End view (pressure panel removed)
- Sketch 4 – Pressure panel
- Sketch 5 – Top view (with pressure panel)
- Sketch 6 – Top view (pressure panel removed)
- Sketch 7 – Moveable shutter

Polaroid pictures of some of my hardwood cameras for sheet film holders:

- A 4 x 5 in. pinhole camera
- A 5 x 7 in. pinhole camera
- An 8 x 10 in. pinhole camera
- A 4 x 5 in. camera in its case
- A 5 x 7 in. camera and its case

Box Cameras for Photographic Paper

A box camera for photographic paper can be made of a light-tight cardboard box, from sheets of cardboard or from wood. Peter Olpe (1993) has plans for a nicely constructed cardboard camera.

I usually use wood for box cameras for photographic paper. Most of my cameras are constructed for the format 18 x 24 cm (approx. 8 x 10 in.). The focal lengths differ but all are wide-angle cameras. My preferred 18 x 24 cm camera has a focal length of 87 mm. Some of my "Oslo pinhole photographs" were made with this camera.

Although it is easy to make a simple moveable shutter for these cameras most of the cameras have just piece of cardboard which is taped to the camera and opened or removed during exposure. For some of my box cameras I have made a reducing back for 4 x 5 in. sheet film.

A sketch of a wooden box camera for paper 18 x 24 cm. Polaroid pictures of some of my cameras:

- An 87 mm 8 x 10 in. camera
- 8 x 10 in. camera with 4 x 5 film holder
- Ultra wide-angle camera
- Ultra wide-angle camera with 4 x 5 film holder
- Collapsable 20 x 24 in. camera
- Folded up collapsable 20 x 24 in. camera

Camera for 120 Roll Film

Cameras for photographic paper have to be loaded in the dark or under a safelight. They usually take only one sheet of paper at a time. This somewhat laborious process makes photography slow. The slowness may be an advantage – the photographer tends to plan his images carefully. But if you want to take more than one picture you will have to bring several cameras. Sheet film cameras and cameras for 120 roll film are practical for photographic tours.

Some pinhole photographers modify an existing 120 roll film camera by removing the lens and replacing it with a pinhole plate. Others make their own cameras. Peter Olpe (1993) has plans for a cardboard camera for 120 roll film. The text is in German.

In 1991 I constructed a 120 roll film camera made of hardwood. I used oak bought at a local lumber yard. The camera has a flat film plane. The negative format is approximately 60 x 70 mm, and the focal length 45 mm. I usually use the camera for XP-2 black and white film or Fujichrome Velvia. Many of my "Oslo pinhole photographs" were made with this camera, as were my "Pinhole Photographs 1997–98".

A basic sketch of the camera. A polaroid photograph of my 120 roll film camera and of the camera opened.

A 126 Catridge Camera

A pinhole camera may be made of a 126 film cassette and some cardboard. Descriptions and plans are found in Olpe (1993:16, 28–29).

- The Exploratorium's description of a 126 cassette camera
- Frugal Photographer's instructions for making a 126 "Instamatic" camera

Other Cameras

A few links to descriptions and photographs of various types of cameras:

- Guillermo Penate's descriptions of various cameras
- Doug Bardell's pinhole cameras
- Caroline Knight's Polaroid zoom pinhole camera (#7)

- Robert Kosara's Loch-Lomo camera
- Making 35mm Film-Can Pinhole Cameras (Stewart Lewis Woodruff)
- Fabio Quadarella's pinhole cameras
- Dave Doler's panoramic camera
- A 6 x 17 pinhole camera
- Dieter Bublitz' pinhole cameras (in German)
- Lochkamera zum Selberbauen (in German)
- Omniscope and other unusual cameras
- Thomas Hudson Reeve's paper cameras
- Cecilie Haaland's "Phottery" (in Norwegian)
- Thorsten Berndt's wagon camera (in German)
- A van camera

Formulas

According to Eric Renner at least 50 charts suggesting optimal pinhole diameters have been devised in the last 125 years (Renner 1995:118). In my own reading the last six years I have come across about fifteen charts or formulas, a few of which may be derived from the same basic formulas. It should be noted that the diameter of the pinhole is not really critical. But for every focal length there is an "optimal" diameter, i.e. a diameter which produces the sharpest possible image. The word *optimal* actually is not a felicitous term, since the pinhole photographer or artist may not be striving for the greatest possible sharpness. There are beautiful pinhole images which are intentionally softer than what is technically possible. A good pinhole image is something else than a blurred, out of focus, lens image. Up to a certain point a small pinhole will produce a sharper image than a larger one. If the pinhole is too small, the image gets less sharp because of diffraction. The hole should be perfectly round, without ragged edges. It may be checked with a magnifier or an enlarger.

Joseph Petzval of Vienna apparently was the first, in 1857, to attempt to find a mathematical formula of the optimal pinhole diameter for the sharpest definition in a pinhole image. The British Nobel Prize winner Lord Rayleigh (John William Strutt, 1842–1919) worked on pinhole diameter formulas for ten years and published his work in Nature (1891). Lord Rayleigh's formula is still one of the formulas used to today. A number of others have been published since the 1880s.

Lord Rayleigh's formula for subject distances above 1 meter may be written as follows:

$$d = 1.9 * \text{sqrt}(l * f),$$

where d = pinhole diameter, l = wavelength of light and f = focal length or distance from pinhole to light-sensitive material.

For the wavelength of light different average values may be substituted. Often the value of the yellow-green spectrum is used, i.e. 0.00055 mm.

According to Renner (1995: 117) most formulas used today are of the following general form:

$$r = \text{sqrt}(l * c * f)$$

r = pinhole radius

l = wavelength of light

c = a constant, usually a decimal fraction between 0.5 and 1

f = focal length

Platt (1989:73) provides the following optimal pinhole formula:
d x d = f/k, where k is a constant of approx. 1300
Dobson (1991) provides this formula:
d = sqrt (f)/25
Lord Rayleigh's formula and those published by Platt and Dobson all give somewhat different results. Andrew Davidhazy of the Rochester Institute of Technology lists several other formulas in a posting on the net.
Four, slightly different, charts of optimal pinhole diameters are reproduced below. Some of the charts have been simplified by leaving out references to needle numbers. Holter's chart, published in Norwegian, has been translated by me. Platt's chart differs from the others by consistently giving smaller apertures.

Bogre (1988)

Focal length	Best aperture diameter	Equivalent f-stop	Exposure factor for f/22
50 mm	0.29 mm	f/174	63 x
75 mm	0.35 mm	f/213	94 x
100 mm	0.41 mm	f/246	125 x
125 mm	0.45 mm	f/275	157 x
150 mm	0.50 mm	f/203	188 x
200 mm	0.57 mm	f/348	250 x
250 mm	0.64 mm	f/389	313 x
300 mm	0.70 mm	f/426	376 x

Platt (1989)

Focal length (mm)	Pinhole diameter (mm)	f-stop
130	0.33	380
210	0.40	500
260	0.46	550
320	0.50	650
420	0.58	690
550	0.66	800
650	0.74	930
750	0.79	960
1000	0.91	1120

Holter (1990)

Focal length (mm)	Pinhole diameter (mm)	f-stop	Exposure factor for f/16
10	0.14	70	20
20	0.20	100	40
30	0.24	125	60
40	0.28	140	80
50	0.31	160	100
60	0.34	180	125
70	0.37	190	140
80	0.40	200	160
90	0.42	214	180
100	0.45	220	190

150	0.54	280	300
200	0.63	318	400
250	0.70	360	500
300	0.78	380	560
350	0.84	418	700
400	0.89	450	800

Fuller (1992)

Focal length (mm)	Pinhole diameter (mm)	Approx. f-stop
50	0.26	200
75	0.32	220
100	0.45	240
150	0.55	270
200	0.63	320
250	0.71	350
300	0.77	390
350	0.83	420
400	0.89	450
500	1.00	500

It should be borne in mind that for most purposes the diameter is not really critical, as the different values in the charts above may demonstrate.

Larry Fratkin's Online Pinhole Calculators
David Balihar's PinholeDesigner
The Pinhole FAQ (English)
FAQ du sténopé (French)
Lochcamera FAQ (German)

Postscript

Photographers photograph in varying degree for (a) the experience or for (b) the images. When you photograph for the experience, the emphasis is on the *process* itself – the pleasure of the making a pinhole camera, the pleasure of planning pictures, and the pleasure of making pictures with a simple device. When you photograph for the images, the emphasis is mainly on the *result*. The pinhole camera is basically an imaging device with potentials which other cameras or techniques do not possess, e.g. softness of definition, infinite depth of field, rectilinearity.

In photography certain subjects may be better suited for a particular technique than others. Photojournalists, for example, normally use 35 mm SLRs in their work. Portrait photographers often use medium format cameras. Architecture is best rendered by large format cameras. Also in pinhole photography some subjects are better suited than others. Long exposures exclude certain subjects, softness of definition exclude others. Infinite depth of field and rectilinear ultra wide-angle images represent a special potential. Beginners should start with subjects with clear graphic shapes or bright colors in sunlight. Cityscapes tend to make better pictures than rural landscapes with their soft lines and softer shades of color or grey tones – at least for the beginning pinhole photographer. Portraits

may prove slightly more difficult than still lifes, objects, structures, buildings and cityscapes.

Note:

[1] English translation: "If the facade of a building, or a place, or a landscape is illuminated by the sun and a small hole is drilled in the wall of a room in a building facing this, which is not directly lighted by the sun, then all objects illuminated by the sun will send their images through this aperture and will appear, upside down, on the wall facing the hole". (Eder, 1945:39).

Literature

1 History

Aristotle. *Problems*. I. Books I-XXI. With an English translation by W. S. Hett, M.A. London: William Heinemann Ltd., 1936.

Eder, Josef Maria. *Geschichte der Photographie*. Halle a. S: Verlag von Wilhelm Knapp, 1905. (Chapter Three: "Zur Geschichte der Camera obscura", pp. 26–38.

Eder, Josef Maria. *History of Photography.* Transl. Edward Epstean. New York: Columbia University Press, 1945.

Hammond, John H. *The Camera Obscura. A Chronicle*. Bristol: Adam Hilger Ltd., 1981. 182 pages. ISBN 0-85274-451-X.

Renner, Eric. *Pinhole Photography. Rediscovering a Historic Technique*. Boston and London: Focal Press 1995. 176 pages. ISBN 0-240-80231-4
Second edtion 1999. 228 pages. ISBN: 0-240-80350-7

2 General (including cameras and formulas)

Adams, Ansel. *The Camera*. Boston, Toronto, London: Little, Brown and Company 1991. pp. 3–6.

Bogre, Michelle. "Pinhole Revival". *Popular Photography*, January 1988, pp. 46–53.

Bogre, Michelle. "A Small Window of Opportunity. Pinhole Photography reappears after 50 years". *American Photographer*, December 1987, p. 18.

Brenner, Paul. "Making your own Pinhole Camera". *View Camera*, July–August 1996, pp. 58–59.

Brenner, Paul. "Pinhole Cameras". *View Camera*, September–October 1995, pp. 44–46.

Chernewski, Anita. *How-To Make Three corrugated 8x10 Pinhole Cameras: Wide-angle, Normal, Telephoto.* The Pinhole Format Co. 1999. 16 pages. # ISBN: 0967914701.

Clerc, L.P. *Photography. Theory and Practice*. London and New York: Focal Press 1972, pp. 61–62.

Die Lochkameras von Peter Olpe. Ausstellung in der Buchhandlung 'das Labyrinth', Basel/Nadelberg 17, 19. November 1992 bis 2. Januar 1993. Basel 1992. n.p.

Dobson, Michael. "Pinhole Power". *Amateur Photographer*, 23 March 1991, pp. 52–53.

Evans, John. "Custom Cameras. Spare Parts". *Amateur Photographer*, 9 December 1995, pp. 46–48.

Evans, John. *Adventures With Pinhole and Home-Made Cameras.* Rotovision 2003. 144 pages. # ISBN: 2880467144

Fuller, Tom. "The Pinhole Resource: At the Point of Lensless Photography". *Camera and Darkroom*, February 1992, pp. 44–49.

Holst, Trond Kjetil. "Hvem trenger elektronikken?" *Fotografi*, 5, 1990, pp. 48–49. Oslo 1990.

Holter, Tore. "Bygg ditt eget kamera av en kakeboks". *Fotografi*, 5, 1990, pp. 44–47. Oslo 1990.
Howard, Dave. "Painless Pinhole. Small Format Photography Gets Off The Sidelines." *Shutterbug*, June 1998, pp. 42–48.
Joseph, Cathy. "Through the Pinhole". *Amateur Photographer*, 8 January 1994, pp. 20–21.
Langford, Michael. *The Book of Special Effects Photography*. New York: Alfred A. Knopf 1981. pp. 32–33 and 146.
Laverrière, Sophie. *Chasseur d'images*. Paris: Editions Gallimard 1974. pp. 88–93.
Laverrière, Sophie. *Fotografering er gøy*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag 1975. pp. 88–93. (Norwegian translation of the preceding.)
Løberg, Morten M. "Polart Pinhole". *Fotografi*, 1, 2004, pp. 58–63. Oslo 2004.
"Make a Pinhole Camera". *Photography*, August 1954, pp. 46–49 and 90–91.
Martyn, Roger. "A Hole in One". *Practical Photography*, August 1992, pp. 58–61.
Merz, Reinhard / Findeisen, Dieter. *Fotografieren mit der selbstgebauten Lochkamera*. Augustus Verlag 1997. ISBN: 3-8043-5112-3
Olpe, Peter. *Die Lochkamera. Funktion und Selbstbau*. Lindemanns Verlag 1993. 48 pages. ISBN 3-928126-62-8
Platt, Richard. *The Professional Guide to Photo Data*. Manchester: Mitchell Beazley, 1989. p. 73.
Quinell, Justin. "Make your own 126 pinhole camera". *Amateur Photographer*, 8 january 1994, pp. 23.
Renner, Eric. *Pinhole Photography. Rediscovering a Historic Technique*. Boston and London: Focal Press 1995. 176 pages. ISBN 0-240-80231-4
Resnick, Mason and Wolff, Ilan. "Persistently Pinhole". *Modern Photography's Film Guide*, 1989, pp. 48–49 and 94.
Shull, Jim. *The Hole Thing. A manual of Pinhole Photography*. New York: Morgan & Morgan, 1974. 64 pages.
Shull, Jim.*The Beginner's Guide to Pinhole Photography*. Amherst Media. Inc., 1999. 80 pages. ISBN: 0-936-26270-2
Smith, Lauren. *The Visionary Pinhole*. Salt Lake City: Gibbs M. Smith, Inc., Peregrine Smith Books, 1985.
Talén, C.W. *Amatørfotografen*. Kristiania (Oslo): Steen'ske Bogtrykkeri og Forlag 1901. pp. 7–10.
The Focal Encyclopedia of Photography. Desk Edition. London and New York: Focal Press, 1969. pp. 1124–1125.
Voog, Geerlig. "Back to the basics. Drie Pinhole camera's van de Lensless Camera Manufacturing Company of Santa Barbara." *Camera*, 1, 1995, pp. 50–53.
Wernersson, Mats. "Ta bilder utan objektiv". *Aktuell fotografi*, 5, 1993, pp. 60–62. Stockholm 1993.
Wiklund, Peter. "Den hålögda kameran." *Fotografi*, 6, 1994, pp. 42–46. Helsingborg 1994.
Young, Matt. "The Pinhole Camera, Imaging without Lenses or Mirrors." *The Physics Teacher*, December, 1989.

3 Images and Portfolios

Bachler, Thomas. *Arbeiten mit der Camera Obscura*. Lindemanns Verlag 2001. 95 pages. ISBN 3-89506-222-7. Text in German and English.

Die Lochkameras von Peter Olpe. Ausstellung in der Buchhandlung 'das Labyrinth', Basel/Nadelberg 17, 19. November 1992 bis 2. Januar 1993. Basel 1992. n.p.
Fuss, Adam. *Pinhole Photographs*. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 1996. 64 pages. ISBN 1-56098-622-0.
Jasud, Lawrence. "Tom Harding - Through a Pinhole Brightly". *View Camera*, September–October 1995, pp. 4–8.
Johnson, Lizabeth A. "Rebecca Sexton Larson – Visual Diaries". *View Camera*, September–October 1995, pp. 22–28.
Knuchel, Hans. *Camera obscura*. Baden: Verlag Lars Müller 1992. 72 pages. ISBN 3-9067700-49-6
Renner, Eric. *Pinhole Photography. Rediscovering a Historic Technique*. Boston and London: Focal Press 1995. 176 pages. ISBN 0-240-80231-4
Schröder, Hartmuth. *Der Besucher. Magister Hölderlin baut sich eine Lochkamera und macht eine Spazierfahrt in die Zukunft oder Liebst Hölderlin, magst' weiterziehen?* Hannover: Hartmuth Schöder 1993. n.p.
Smith, Lauren. *The Visionary Pinhole*. Salt Lake City: Gibbs M. Smith, Inc., Peregrine Smith Books, 1985.
White, Garrett. "Yasu Suzuka. The Horizon of Time". *Camera and Darkroom*, June 1992, pp. 34–39.
Zwichenzeit. Camera obscura im Dialog. 20 Fotograf/innen und 7 Textautor/innen äussern sich zum Thema Lochkamera. ISBN 3-928126-60-1

Some Pinhole Photography Links

- The Pinhole News
- The Pinhole Resource
- The Pinhole Resource – Gallery
- Worldwide Pinhole Photography Day
- The Pinhole Photography Webring
- The Pinhole Gallery
- The Pinhole Format Gallery
- Linsenfrei (Lensless, in German)
- Nick Dvoracek Pinhole Photography
- Microtopographic web (Sato Jun Ichi, Gallery 3: Pinhole)
- Casado Pinhole Gallery
- Pinhole Photography Australia
- Dieter's Lochkamera Seite (in German)
- David Balihar's Pinhole Pages
- Pinhole & Beyond
- George L. Smyth: Handmade Photographic Images
- Edward Levinson's portfolios
- L'Invitation au voyage (Philippe Moroux)
- Martha Casanave's pinhole narratives
- Toshihiro Hayashi's Gallery

First published 1996. Last updated 29 June 2004.

© 1996 Jon Grepstad gjon@online.no

www.wesjones.com/pinhole.htm

The Pleasure of the Pin Hole Camera*

Jearl Walker**

The Pleasure of the Pin Hole Camera and Its Relative the Pinspeck Camera

THE STAGGERING VARIETY OF SOPHISTICATED cameras now on the market obscures the fact that quite acceptable photographs can be made with nothing more than a pinhole between the film and the object being photographed. The same is true with the optical complement of a pinhole: a "pinspeck," which is a small, circular spot placed between the film and the object. In discussing pinhole photography I shall be following the work of Kenneth A. Connors of the University of Wisconsin at Madison and Matt Young of the National Bureau of Standards. The novel idea of pinspeck photography comes from Adam Lloyd Cohen of Loyola University in Chicago.

Figure 1: A photograph made with pinhole optics by Kenneth A. Connors

Pinhole photography relies on the passage of light through a small hole in an opaque screen. The light falls on a piece of film to construct an image of the object being photographed. Images from pinholes were mentioned by Aristotle, explained in principle by Leonardo da Vinci and analyzed formally by Lord Rayleigh. Simplicity is only one of the advantages the pinhole camera offers over a camera with a lens.

When an object is photographed with a pinhole camera, each point of the object facing the camera casts a corresponding spot of light onto the film (or photographic paper). The composite of the spots is the image recorded by the film. If the image is to be clear, the adjacent spots should not overlap. Therefore they should be as small as possible.

Part of the design of a pinhole camera lies in choosing a size for the pinhole and a distance between the hole and the film that will make the individual spots of light cast on the film remain discrete and as bright as possible. In principle the pinhole can be of unlimited size. The larger it is, however, the farther it must be placed from the film and the larger the film must be, so that in practice the size of the hole is limited. There is also a theoretical limit on how small a pinhole can be.

Consider a camera in which the pinhole is a reasonable distance (several centimeters) from the film. Suppose the pinhole is relatively large (too large for the distance to the film) and the camera faces a distant point source of light. The rays of light from the source arrive at the pinhole essentially parallel to one another and to the central axis that passes through the hole and is perpendicular to the screen. The radius of the circular spot of light cast on the film is equal to the radius of the hole. Since the pinhole is large, the spot of light is large. If many point sources of light were being photographed, the spots on the film would overlap and the individual point

sources would not be recognizable.

The size of the spot of light from a single point source is reduced if the size of the pinhole is reduced. The scope of this improvement is- limited, however, because eventually the pinhole is so small that the light passing through it diffracts into an interference pattern. A point source of light creates not a single small spot of light on the film but a circular pattern consisting of one central bright spot surrounded by dimmer rings. If the size of the pinhole is reduced further, the diffraction pattern gets larger, with a resulting loss of resolution in the photograph.

Figure 2: A wide-angle view made by John M. Franke's camera with a glass hemisphere behind the pinhole

The optimum radius for the pinhole is related to the distance between the hole and the film. The relation can be shown by a theoretical argument that depicts light as being in wave form. Imagine that the pinhole and the screen have been removed. A light wave from a point source travels through the plane formerly occupied by the screen.

Consider a family of circular zones on that plane and concentric on the camera's central axis. The zones are distinguished by their path lengths to a point at the center of the film that is also on the central axis. The distance between the central zone and the center point on the film is the distance that was between the pinhole and the film. The second zone is farther from the center point by half a wavelength of light, the third by an additional half wavelength and so on.

All the zones send light waves to the center point, but because of the differences in the path lengths the waves interfere when they arrive. For example, the wave from the second zone arrives half a wavelength out of phase with the wave from the central zone. If the amplitudes of the two waves were equal, the waves would cancel each other. Indeed, if all the contributions were equal in amplitude, they would all cancel at the center point.

In reality, however, the amplitudes are not equal, as is shown in descriptions more precise than those I can supply here, so that the cancellation is only partial. The net amplitude of the light wave at the center point turns out to be half the amplitude the central zone would have contributed on its own. Because the brightness of the light is related to the square of the amplitude this result means that the brightness at the center point is a fourth of what it would be if only the central zone were contributing light.

One of the purposes of a pinhole is to block all the zones except the central one. (Some investigators say it blocks all but the first two zones.) A pinhole of optimum size allows only the central zone to send light to the center point on the film. With a pinhole of that size the spot of light at the center point will be bright and small with a good distribution of light. If the pinhole is smaller than this optimum size, only part of the central zone contributes light at the film. The spot of light is dimmer and the distribution of light is poorer. If the pinhole is too large, the additional zones in it decrease the brightness of the spot and increase its size.

What one seeks, then, is not a particular size of pinhole but rather a particular relation between the

size of the pinhole and the distance from the hole to the center point on the film. When an object to be photographed is relatively distant, the optimum radius of the pinhole is approximately equal to the square root of the product of the wavelength of the light and the distance between the pinhole and the film.

Figure 3: An arrangement for pinhole photography

From this relation a focal length for the pinhole can be defined. The pinhole acts as a lens in the sense that it concentrates an image of an object. The focal length is approximately the wavelength of the light divided into the square of the radius of the pinhole. The spot of light on the film is small and bright, with good distribution of light, when the film is distant from the pinhole by the focal length. Then only the central zone fill the pinhole and contributes light to the center point.

Suppose the object is close. If you photographed it through a lens, you could calculate the proper distance between the lens and the film by applying what is called the thin-lens equation which states that the inverse of the distance between the lens and the film should be equal to the inverse of the lens's focal length minus the inverse of the distance to the object. The same relation holds for a pinhole if the focal length is defined in the way I have described. Thus a pinhole camera can be focused in order to make a photograph with the best resolution.

For example, if the object is far away, the best position for the film is at the focal length of the pinhole. If you walk toward the object and thereby decrease the distance between it and the pinhole, you must increase the distance between the film and the pinhole in order to maintain the optimum resolution. Such an adjustment may not be very practical, since in a pinhole camera the distance between the pinhole and the film is usually fixed. Instead you could replace the pinhole with a smaller one so that the focal length is smaller.

In practice neither adjustment is made because the resolution in the photograph is usually acceptable even if the size of the pinhole and the distance between the pinhole and the film are suboptimal. If you photograph a scene in which objects are at a large range of distances from the camera, most of them will be acceptably in focus in the photograph. This large depth of field is a characteristic of the pinhole camera.

From what I have said you could calculate either the appropriate size for the pinhole or the distance between the pinhole and the film once one of them has been picked. How do you make the first choice? Practicality bears on the answer: you do not want a pinhole camera that is several meters long. You also want to turn out a finished photograph that has as much detail as you would see looking directly at the scene. The desire for resolution is the starting point in the initial choice of conditions for the camera.

The limit of resolution of your eye is measured in terms of angle. Suppose your field of view encompasses two points. You can distinguish them as long as the angle between them is larger than a certain minimum value, approximately .001 radian. If the angle is smaller, you see only a single, blurred object. For example, if two adjacent points are separated by one millimeter and are one meter away from you, they would be just at the limit of your ability to resolve them. A camera with that degree of resolution would be sufficient; improving its resolution would add nothing.

Figure 4: The zones contributing light to the center of a film

Assume for the sake of demonstration that the final photograph is the same size as the film and that it will be viewed at a distance equal to the distance between the pinhole and the film. You are to photograph two adjacent point sources of light whose angular separation is at the limit of resolution (.001 radian) of your eye. The camera should cast two spots of light on the film that barely touch or overlap slightly. When the photograph is viewed, you will just be able to resolve the spots. The angle. between the spots in your field of view can be calculated by dividing the diameter of the pinhole into the wavelength of the light. Suppose the wavelength is 500 nanometers (about in the middle of the visible range). If the angle for the limit of resolution is .001 radian, the pinhole's radius should be .25 millimeter.

Once this choice has been made the optimum distance between the pinhole and the film can be calculated (by the relation I have already set out) to be 12.5 centimeters. If you made the pinhole twice as large and adjusted the distance of the film from the hole accordingly, the resolution of a photograph from the camera would be twice as good. If the size of the photograph and the distance at which you view it are unchanged, however, you would not be able to see the improvement. Moreover, the camera would now be 50 centimeters long (in order to have the proper distance between the pinhole and the film) and larger film would be needed to capture all the light from the pinhole. Clearly the improvement is not worthwhile.

When the pinhole is larger than it should be, the poorer resolution can actually add erroneous detail to the photograph. This effect, called spurious resolution, results from the overlap of the images from several adjacent objects. Young's demonstration of the spurious resolution of three vertical bars appears in the illustration below.

Figure 5: Three types of resolution

Most lens systems cause a linear distortion in an image recorded on film. For example, a square object might appear to have slightly curved sides. Most modern cameras incorporate corrections for the problem. One of the advantages of a pinhole camera is that it is virtually free of linear distortion.

The pinhole camera does have several types of aberration, including chromatic aberration. Since the optimum radius of the pinhole (and thus its focal length) depends on the wavelength of light, the camera cannot be optimized for more than one wavelength. The resolution for that wavelength can be optimized but the resolution for the other wavelengths in white light will be poorer.

The result with color film is a blurring of the edges of an image and perhaps some noticeable color along the edges. With black-and-white film only the blurring of the edges is visible. One way to eliminate the chromatic aberration is to use black-and-white film with a color filter placed in front of the pinhole. Optimize the size of the pinhole and the distance of the film from the pinhole for the wavelength passed by the filter.

All other colors are eliminated and the edges of the image are blurred less by chromatic aberration.

Another aberration with the pinhole camera is astigmatism. It arises when an object being photographed lies off the central axis of the pinhole. The shape of the pinhole perpendicular to the object is elliptical rather than circular. If the object is a point source of light, an elliptical spot is cast on the film. In addition, the place on the film where the spot falls will not be at the proper distance from the pinhole. If the center of the film is put at the proper distance from the pinhole,

any other point on the film is too far from the hole, which means that the resolution is not optimum anywhere but at the center.

A severer problem with the pinhole camera is its low light-gathering ability. Since the aperture is usually tiny, relatively long exposures are required. For example, if the film is at the pinhole's focal length and if that distance is a few centimeters, the f number of the camera is approximately 200. Although the small aperture makes the system slow, it is responsible for the camera's large depth of field.

Figure 6: Franke's setup for wide-angle pictures

For several reasons the intensity of the light cast on the film is nonuniform. Suppose two point sources of light are being photographed, one on the central axis and one off it. The light from the off-axis point source encounters a pinhole that is effectively elliptical. Therefore less light travels through the hole from the off-axis source than from the point source on the axis. In addition the light forming the off-axis spot must travel farther to reach the film and so spreads more, thereby arriving at the a film with less intensity. Moreover, this light reaches the film at an angle that further spreads the exposure over more of the film, reducing the intensity even more. These losses over the width of the film establish a practical limit to the field of view.

Another limit to the field of view is that an object sufficiently off the central axis may not reflect light to the film unless the film is quite wide or fairly close to the pinhole. The usual solution to the problem has been to move the film closer to the pinhole so that a wide-angle ,a photograph can be made. The trouble is that this stratagem reduces the resolution of the photograph because the film is no longer at the right distance from the pinhole for optimum resolution.

Another way to increase the field of view is to design a film holder that is hemispherical with respect to the pinhole. Then any light entering the pinhole, even light from an object that is almost 90 degrees off the central axis, will reach the film. Another result would be less of a decline in the exposure far from the center of the film because the light would always strike the film perpendicularly. The resolution of the objects off the central axis would also be improved, since all sections of the film would be at the same distance from the pinhole. Unfortunately a hemispherical film holder is not very practical. A cylindrical one might be an adequate compromise.

Another solution to the problem was invented by John M. Franke of the National Aeronautics and Space Administration's Langely Research Center. Franke positions a glass hemisphere just behind the pinhole of a camera in which the film is held in a normal flat plate. As the light passes through the pinhole and into the glass it is refracted. The full field of view, which occupies an angle of 180 degrees, is reduced to a cone of light occupying an angle of 84 degrees. When the light emerges from the glass, it is perpendicular to the surface of the glass. Hence the angle of the cone of light is unaltered. The reduction in the angle from 180 to 84 degrees enables Franke to position the film at an appropriate distance from the pinhole and still make a wide-angle photograph with a field of view of approximately 180 degrees.

Franke's glass hemisphere is made from BK-7 glass and is 25.4 millimeters in diameter. Its index

of refraction is about 1.5. The diameter is not critical, but different results are obtained with glass that has a different index of refraction. You might like to experiment with other glasses or even with plastic of good quality. If you want a field of view of 180 degrees, you will encounter some distortion of the image toward the edges of the photograph.

Figure 7: Adam Lloyd Cohen's setup for pinspeck photography

You can form a pinhole in several ways. Take care to make a circular hole with smooth edges. Young has made clean pinholes in brass shim stock 50 micrometers thick. He mounts a sewing needle in a milling machine and then with the machine's vertical feed forces the needle through the thin brass sheet. He puts a freshly smoothed lead block under the brass to prevent distortion of the sheet. After removing the burrs on the edge of the hole he reams it with a needle point and cleans it again.

Connors uses brass shims .001 or.002 inch thick. Thicker plates are undesirable because the hole is then more of a cylinder and generates more internal reflection of the light rays. A square piece of the shim is placed on firm cardboard or smooth soft wood. With a needle point Connors gently pushes a dimple into the center of the shim piece, being careful not to push the point entirely through. He turns the piece over and rubs the small mound on the back of the dimple with a fine emery cloth until it is removed. He repeats the procedure, perhaps as many as 15 times, until a hole appears and gets large enough for the shaft of the needle to go through it. He has previously measured the diameter of the needle shaft with a microscope that has a graduated reticle, and so he now knows how large the pinhole is. If he wants a pinhole that is smaller than his smallest needle, he stops the enlargement process before the needle fully enters the hole.

Once the pinhole is complete Connors cements the shim to a thicker brass sheet (.005 inch thick) for support. The pinhole lies over a 1/4-inch hole drilled in the thicker piece. The side of the assembly that is to face the film is painted with a flat black to diminish any reflections of light inside the camera. Some people think the interior of the pinhole should also be blackened, but Connors does not want to degrade the symmetry of the hole he made, and so he paints only to within a millimeter or two of it.

Connors notes that a pinhole should be kept free of dust. He stores his pinhole assembly in a plastic bag until the assembly is needed. Periodically he examines the pinhole with a microscope to check for any degradation of the symmetry resulting from dust.

Figure 8: Cohen's photographs by pinhole (left) and pinspeck (right) of a P cut in paper

The assembly of the brass sheet and the shim can be mounted on virtually any type of light-tight box. I have seen pinhole cameras made with cereal boxes. Working in a darkroom, the photographer mounts a piece of photographic paper at the back of the box and slides on the lid. A piece of black tape is put over the pinhole to prevent light from entering the box prematurely. When everything is ready, the tape is pulled back from the hole for the exposure and then put back over the hole. Although such a camera functions as a pinhole camera, it has two

disadvantages: only one photograph can be made before the camera is returned to the darkroom, and the removal and repositioning of the tape might shake the box too much, blurring the photograph.

I chose to follow a procedure outlined by Young. On the base of his 35-millimeter camera he mounted an extension tube, which is available for most cameras with removable lenses. At the outer end of the tube he attached his pinhole assembly. Lacking an extension tube, I used a cardboard mailing tube that I attached to my camera base with several layers of black tape. The advantage of this type of pinhole camera is that an entire roll of film can be exposed. Since my camera is a single-lens reflex model, I could actually see a dim image of the scene I was to photograph before I made a picture.

Whereas in pinhole photography light passes through a hole to create an image, in Cohen's pinspeck photography a pinspeck casts a negative image of an object. His setup is the optical complement of the pinhole. The screen and hole are replaced with a small obstacle of circular cross section. Now all the light that would travel through a pinhole is blocked. All the light that would have been blocked by the screen reaches the film, forming a negative image. The final pinspeck photograph is similar to the pinhole photograph except that bright and dark areas are exchanged.

Figure 9: A single bright ring photographed by Cohen through a series of pinspecks

The image cast by Cohen's pinspeck does not depend on the diffraction of light because the pinspeck is too large to give rise to a significant diffraction pattern. The image is created by the simple blocking of light rays from the object. Any particular spot on the film records the shadow of a section of the object lying on a straight line extending from the spot through the pinspeck and to the object.

A photograph made with a pinspeck displays poorer contrast than a pinhole photograph because the pinspeck arrangement allows nearly all the light from a scene to reach the film. Most of it is a uniform illumination that is of no value and merely reduces the contrast of the image. It is the remainder of the light, the nonuniform portion, that carries the information about the object. Contrast would be improved if somehow the uniform illumination were diminished or the proportion of the nonuniform light carrying the information about the object were increased. The variation of light can be increased u if the pinspeck is positioned closer to the film, but just as with pinhole photography this arrangement decreases the resolution of the photograph. Cohen says he does sacrifice some of the resolution to achieve enough contrast in the photograph to create a recognizable image.

Some of the uniform illumination results from parts of the scene that are not important to the photograph. To decrease this unimportant illumination Cohen places a field stop (a screen with a hole larger than the pinspeck) in front of the pinspeck. The hole is large enough for the extreme parts of the object to illuminate the edges of the film but small enough to prevent the rest of the scene from reaching the film.

The coloring of pinspeck images can be strange. If a small collection of colored objects is photographed, the image of each object will probably be of a different color from that of the object. The change depends on the combined colors of the objects in the collection. If the combination is white, each color in the collection is switched to its complement in the photograph. For example, a red object will form an image in a color that is the subtraction of red from white (be cause the pinspeck blocked the red from the object). Therefore the color of the shadow is cyan, the complement of red. Correspondingly, a green object creates a magenta shadow.

Some of the properties of a pinhole camera are displayed equally well by a pinspeck camera. The field of view is large, the adjustment to the magnification of the camera is made by changing the distance between the pinspeck and the film, and there is no linear distortion Astigmatism can be avoided with a pinspeck camera if the pinspeck is spherical. Then any light traveling from the object to the film intercepts an obstacle with a circular cross section even if the object is well off the central axis of the camera.

One other difference in the two types of photography is that a series of pinholes aligned between the object and the film will not produce a photograph but a series of pinspecks will. The screens perforated with the pinholes keep the light from falling on the succession of pin- holes closer to the film. In contrast the pinspecks barely interfere with one another's ability to form an image of the object. The illustration at the bottom left is a photograph Cohen made from a series of pinspecks that he positioned between a single bright ring and the film. Each pinspeck produces its own negative image of the ring.
If you would like to make pinspeck photographs, Cohen offers the following suggestions. For a pinspeck place a dot of black paint on a piece of clear glass or acetate. The shape of the dot is not critical. Instead of paint you could paste on a small circular dot. (I find such dots in office-supply stores. They are for labeling purposes.) Cohen recommends that the dot not be too small or the contrast in the photograph will be too low. The scene photographed should have high contrast so that the photograph will also. You could begin your experiments with pinspeck photography by cutting figures in a black, opaque sheet of paper and then illuminating the sheet from behind with a diffuse source of light.

Much more can be learned about pinhole and pinspeck photography than I have set out here. A description of Cohen's work will appear soon in Optica Acta under the title of "Anti-pinhole Imaging." Some of the most thorough work on pinhole photography, both experimental and theoretical, can be found in a series of papers by Connors in Interest, a journal he edits. It is available from him at the School of Pharmacy, University of Wisconsin, Madison, Wis. 53706. His recent papers have dealt with the conditions for optimum resolution and definition, the calibration of a camera for contrast control and the relation between a pinhole camera and the optics of a zone plate.

Bibliography

PINHOLE IMAGERY. M. Young in American Journal of Physics, Vol.40, No.5, pages 715-720; May, 1972.
FIELD-WIDENED PINHOLE CAMERA. John M. Franke in Applied Optics, Vol. 18, No. 17,

pages 2913-2914; September, 1979.

Suppliers and Organizations

The Society for Amateur Scientists (SAS) is a nonprofit research and educational organization dedicated to helping people enrich their lives by following their passion to take part in scientific adventures of all kinds.

The Society for Amateur Scientists
5600 Post Road, #114-341
East Greenwich, RI 02818
Phone: 1-401-823-7800
Internet: http://www.sas.org/

Jearl Walker was the editor of The Amateur Scientist.
*Copyright © 1986 by Scientific American. All rights reserved.