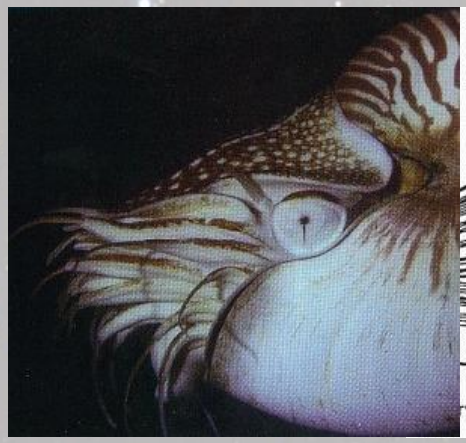
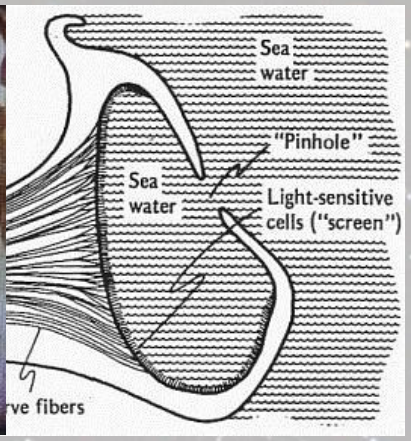
Jak zrobić zdjęcie nocnego nieba?

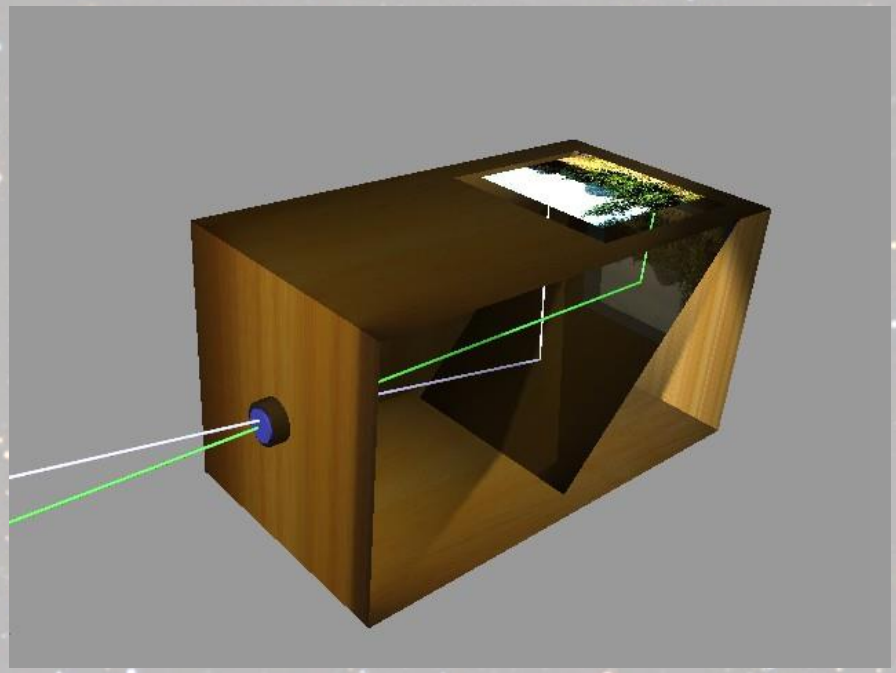
Część pierwsza: podstawy fotografii

Jak utworzyć obraz

Mozi (Mo-Ti) (470 to 390 p.n.e.) – pierwsze zachowane opisy („zamknięty pokój skarbów”)
Arystoteles – zrozumienie prostoliniowej propagacji światła



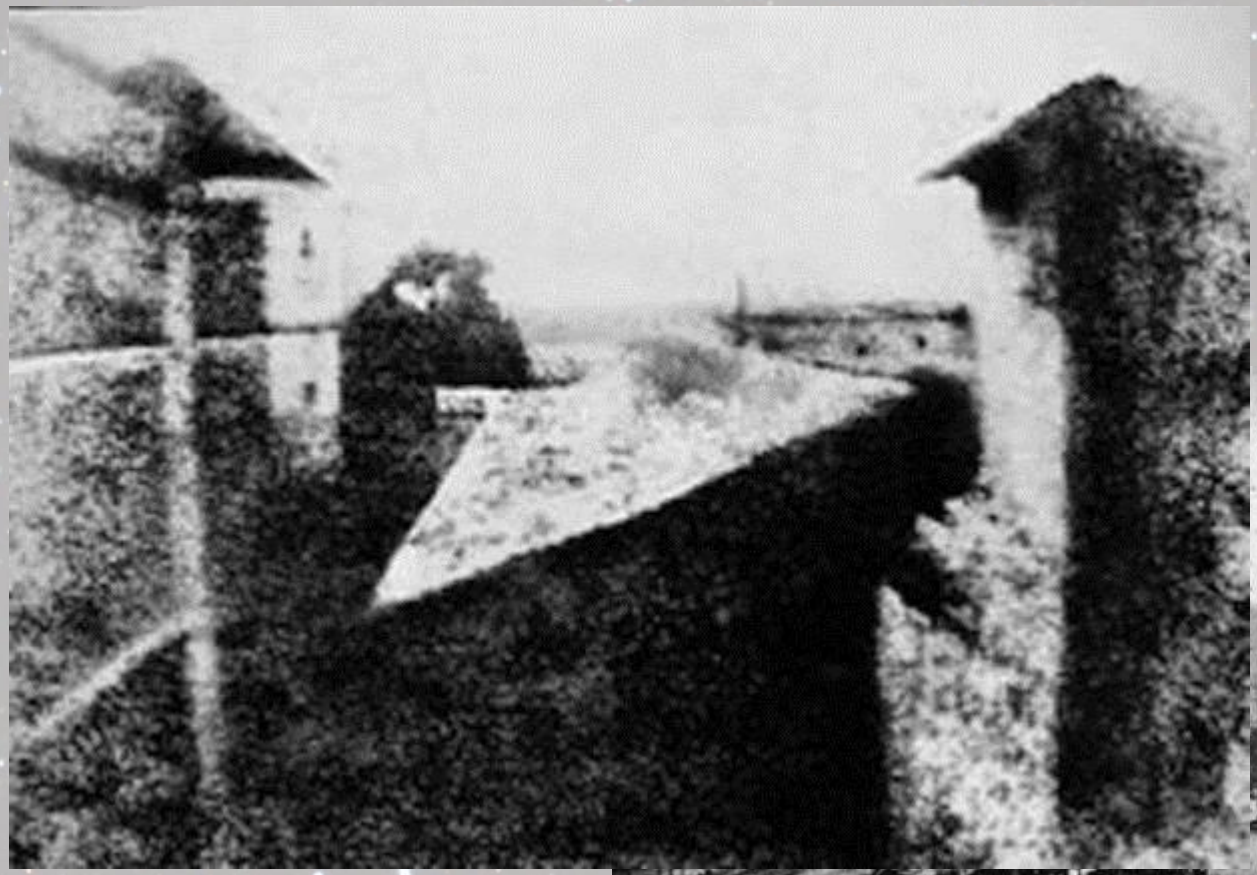


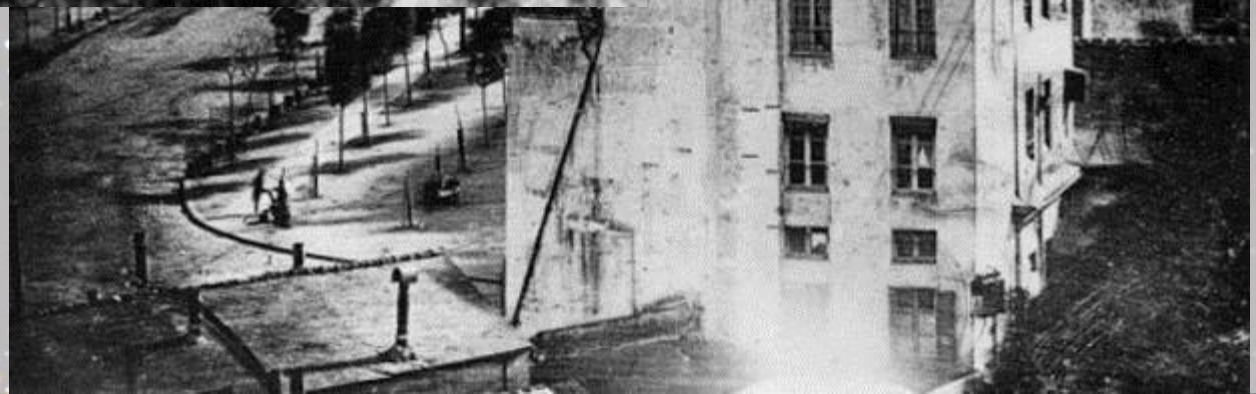


Łodzik (nautilus) - występujący w morzu mięczak, którego oko to przykład naturalnej camera obscura.

mniejszy otwór – dłuższa ogniskowa – ostrzejszy obraz

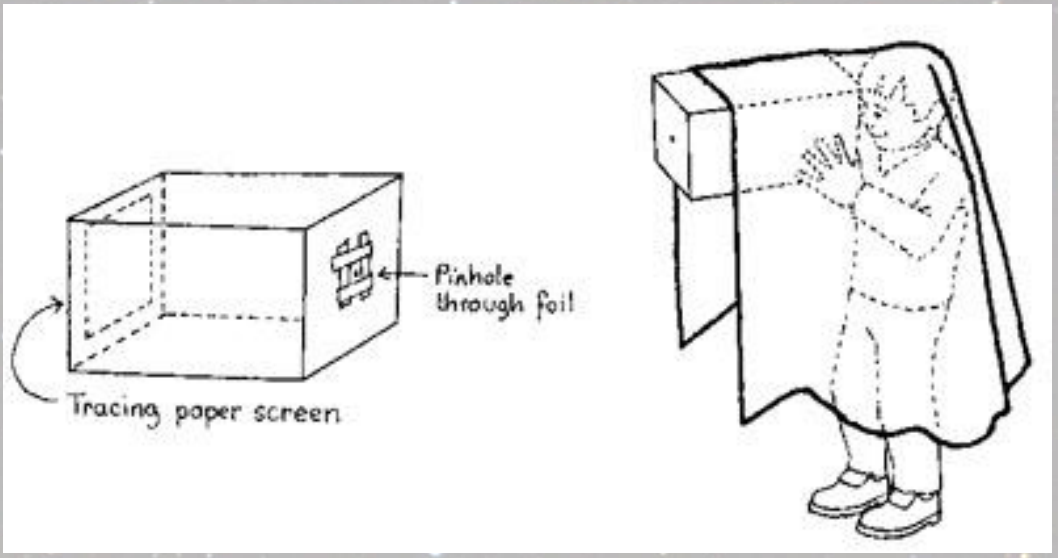
Jak utworzyć obraz

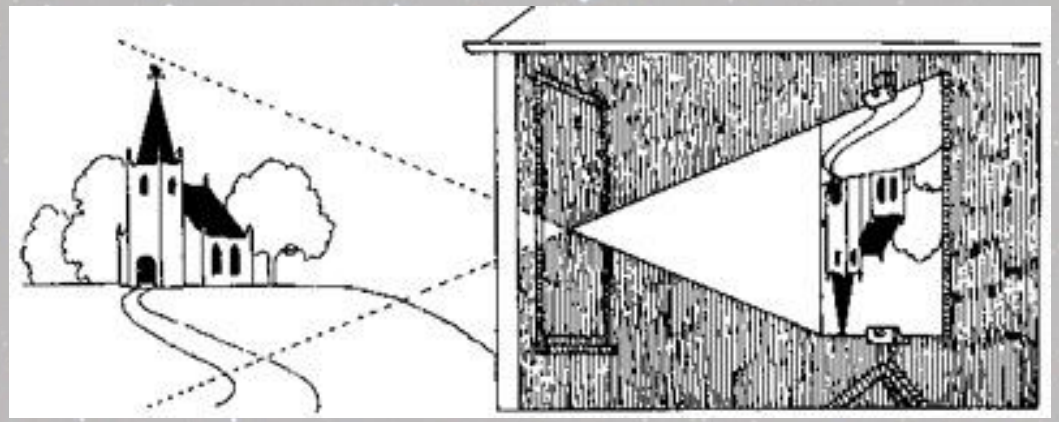




Jak utworzyć obraz

wersja przenośna

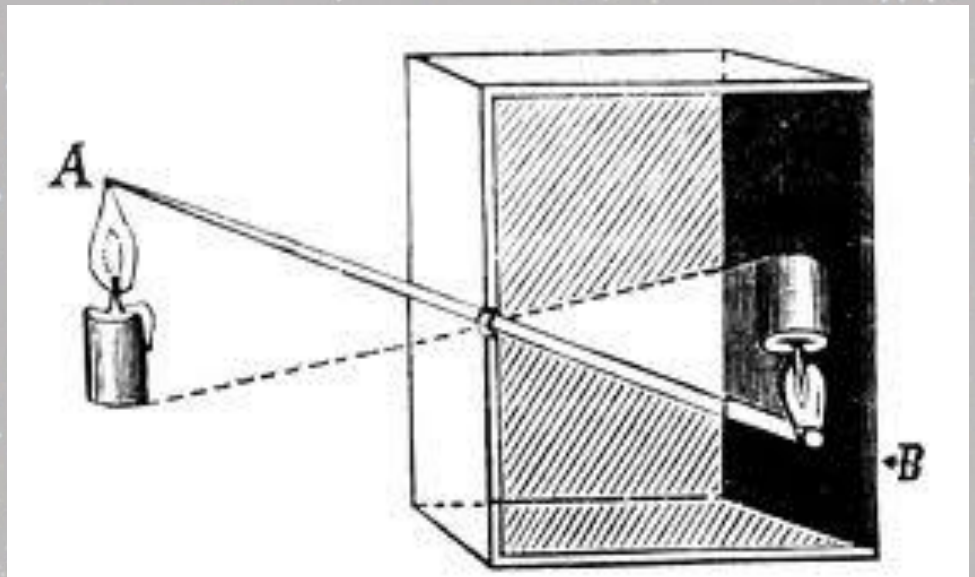




wersja stacjonarna

http://camera-obscura.co.uk/camera_obscura/camera_make.asp

Camera obscura - samodzielnie



Optymalną średnicę otworka możemy policzyć z formuły jaką podał József Petzval:

$$D = 1.9\sqrt{f\lambda}$$

Przykład:

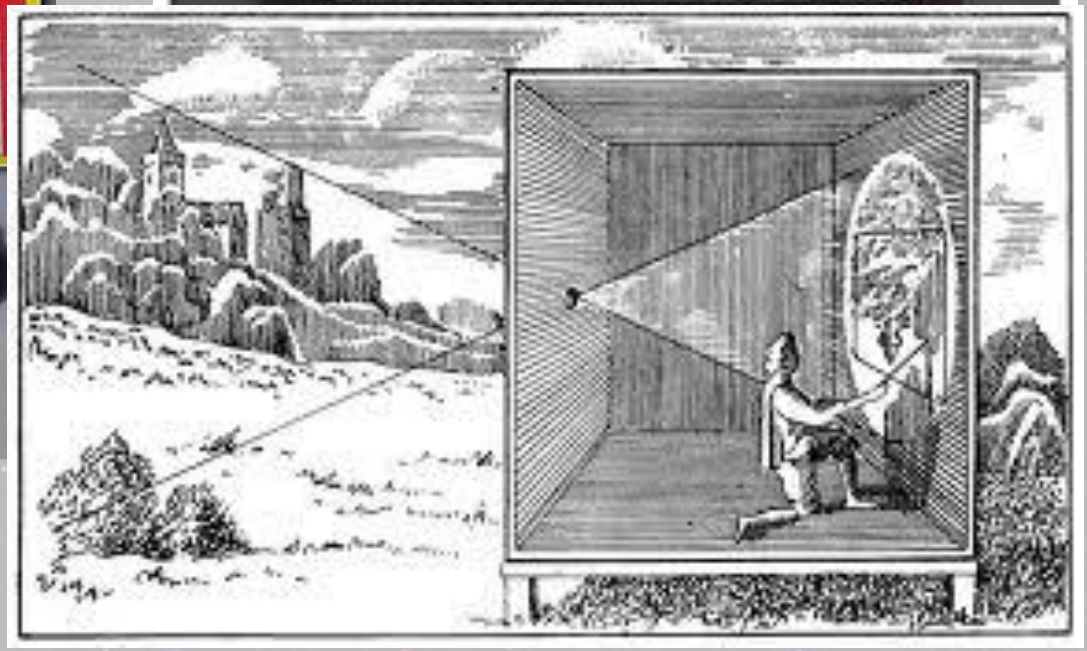
- pudełko po butach (f=150 mm)
- dł. fali światła = 550 nm = 550 x 10^{-9} m = 550 x 10^{-6} mm= 5.5 x 10^{-4} mm

$$D = 1.9\sqrt{5.5*10^{-4} * 1.5*10^{2}\ mm^2} =$$

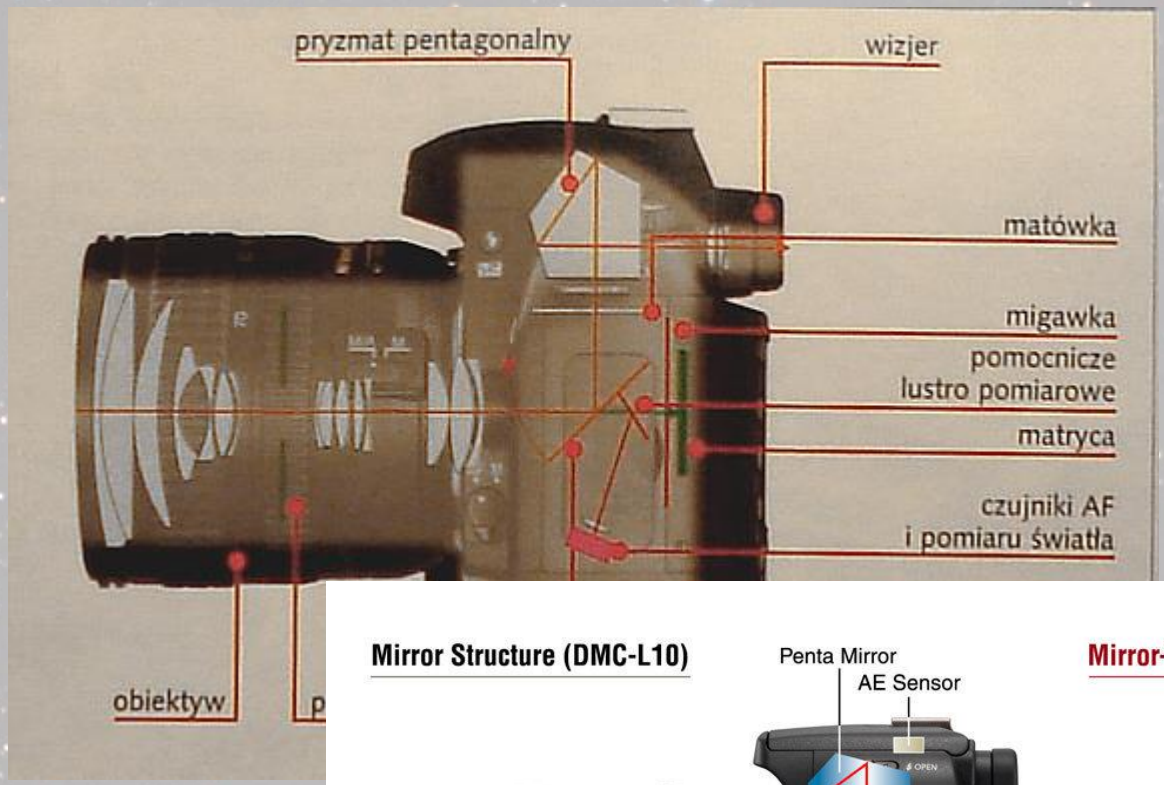
$$1.9\sqrt{8.25*10^{-2}\ mm^2} =$$

$$5.46*10^{-1}\ mm = 0.546mm$$

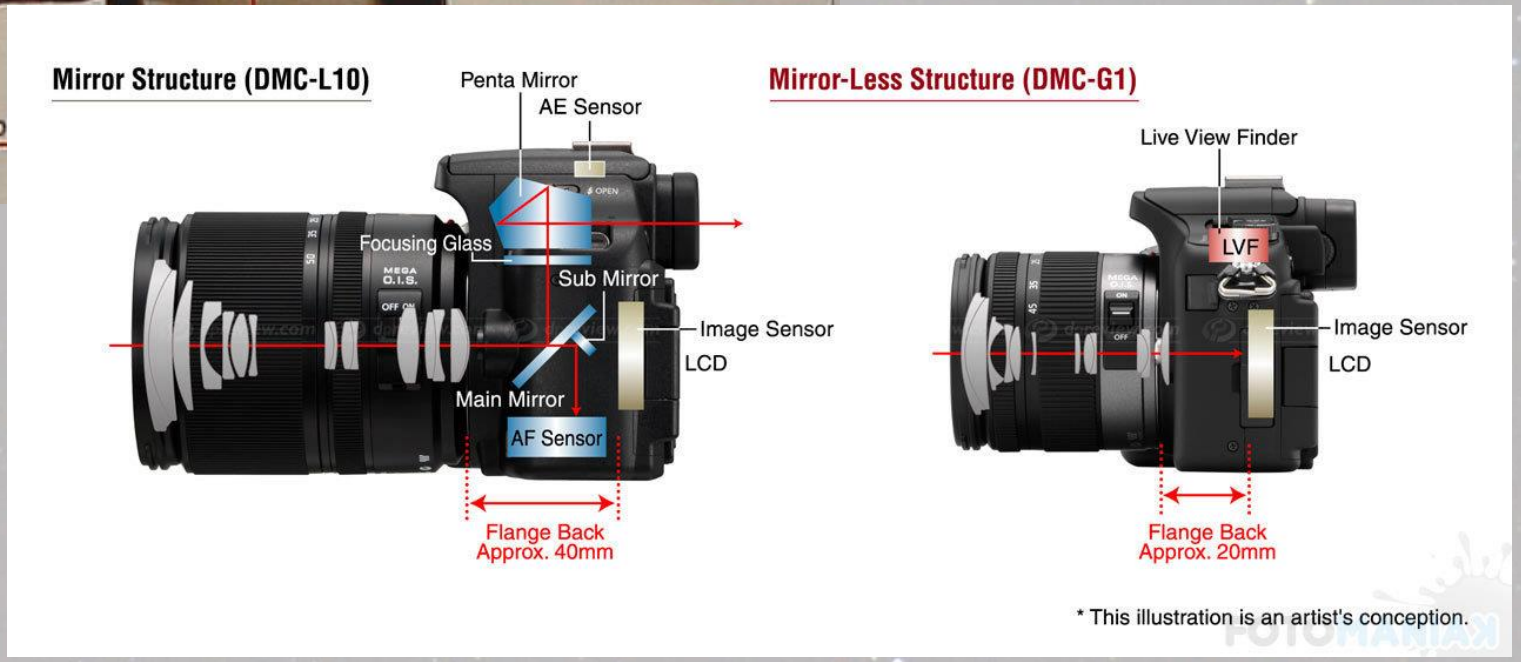
Jak uwiecznić obraz?



Budowa aparatu

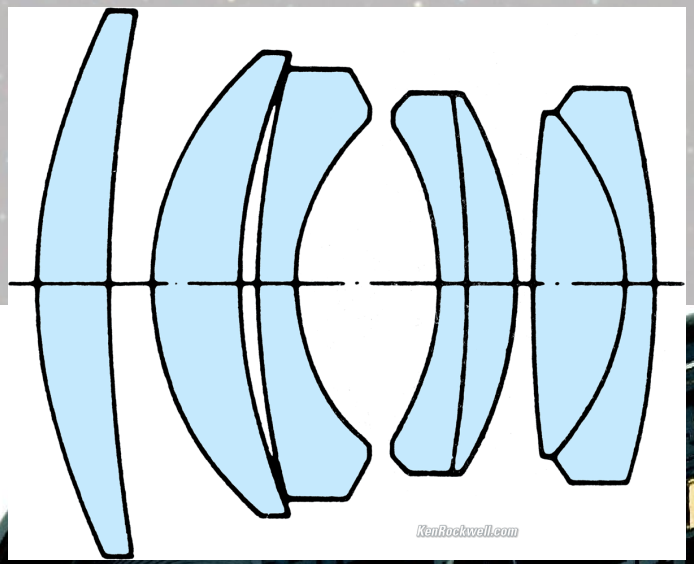


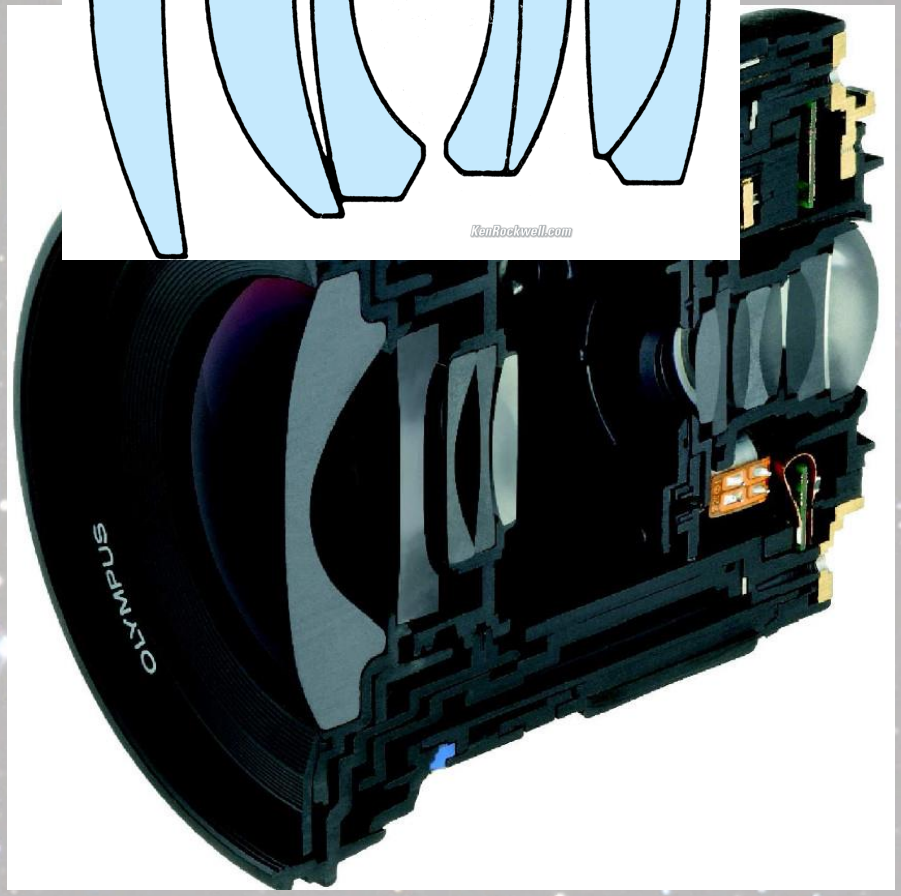
- **obiektyw**
- **korpus („body”)**
- **detektor**



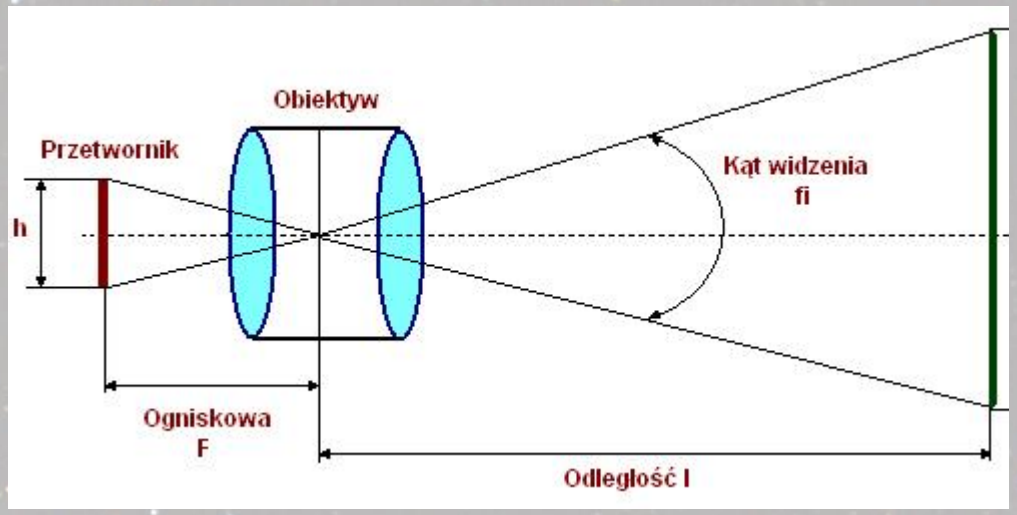
Obsługa aparatu

Obiektyw - budowa

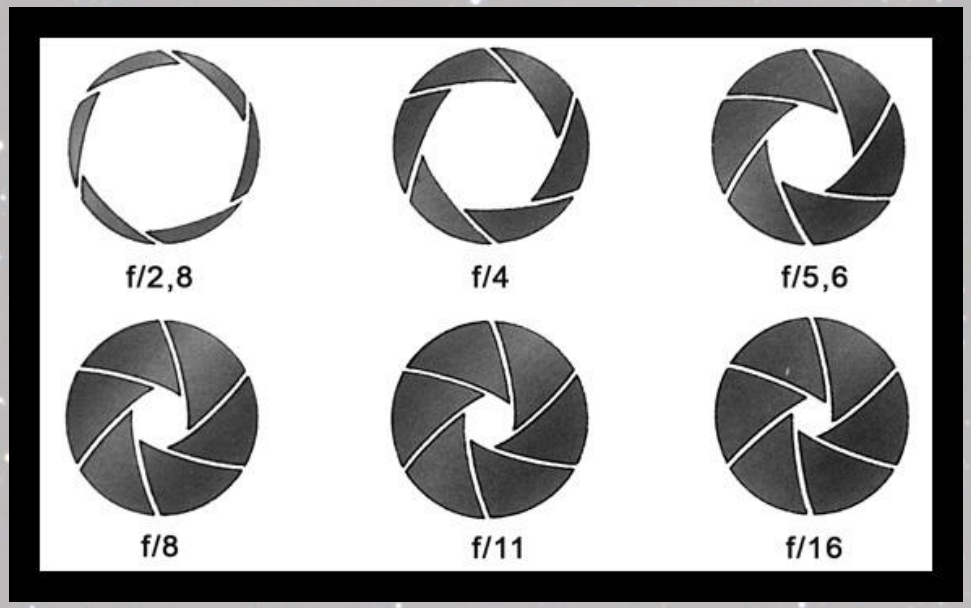




Obiektyw - jasność

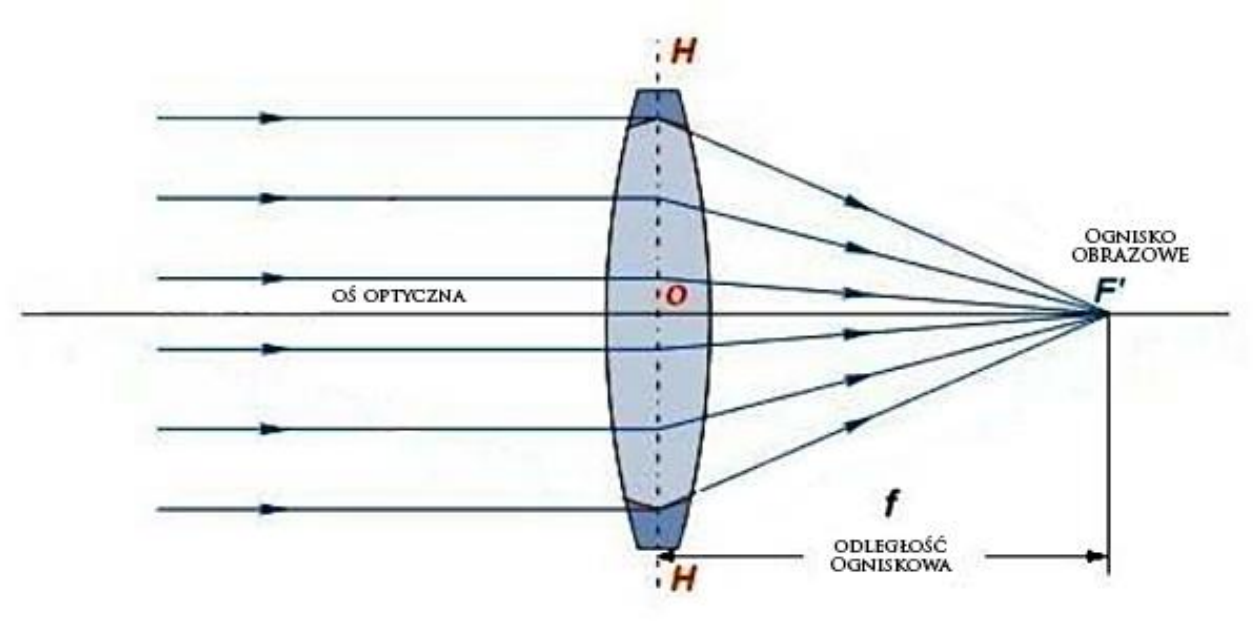


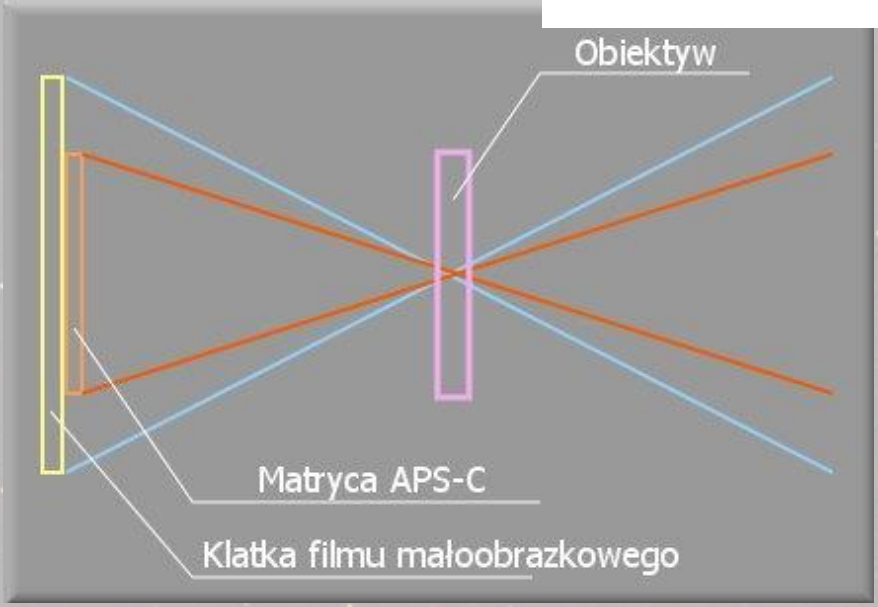
http://www.ctr.pl/pomoc/obiektywy-do-kamer.htm



$$\frac{\textit{średnica obiektywu}}{\textit{ogniskowa}}$$

Obiektyw



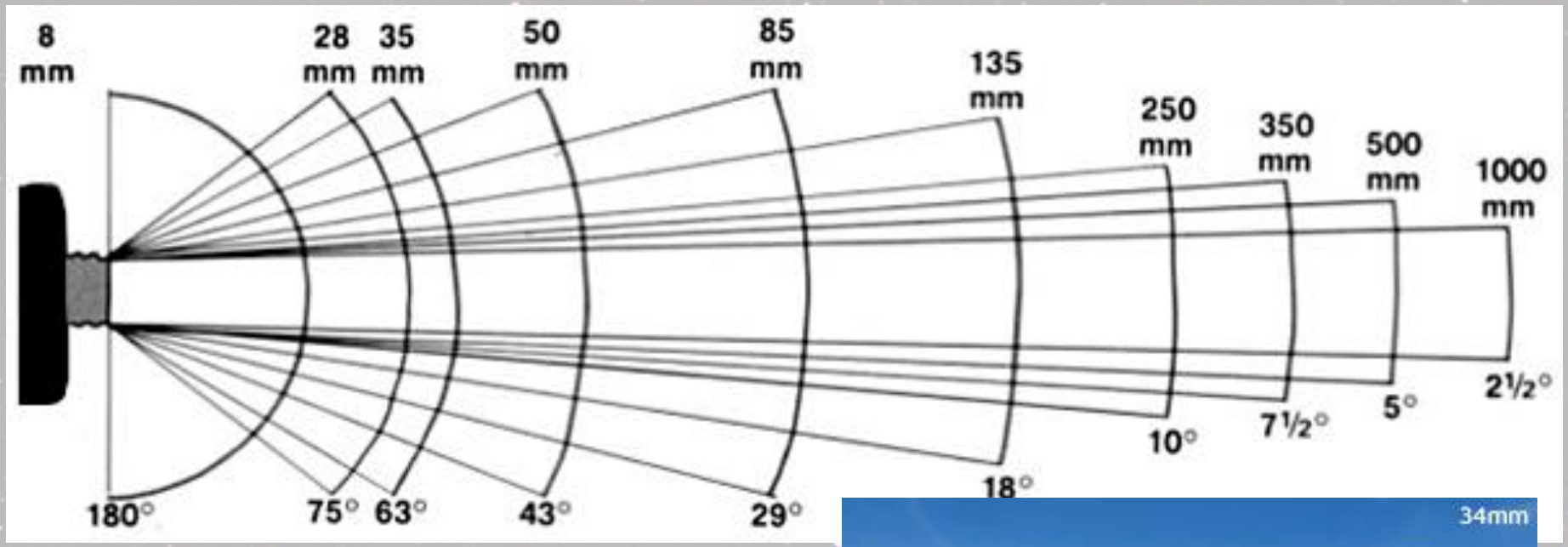


Kąt widzenia obiektywu

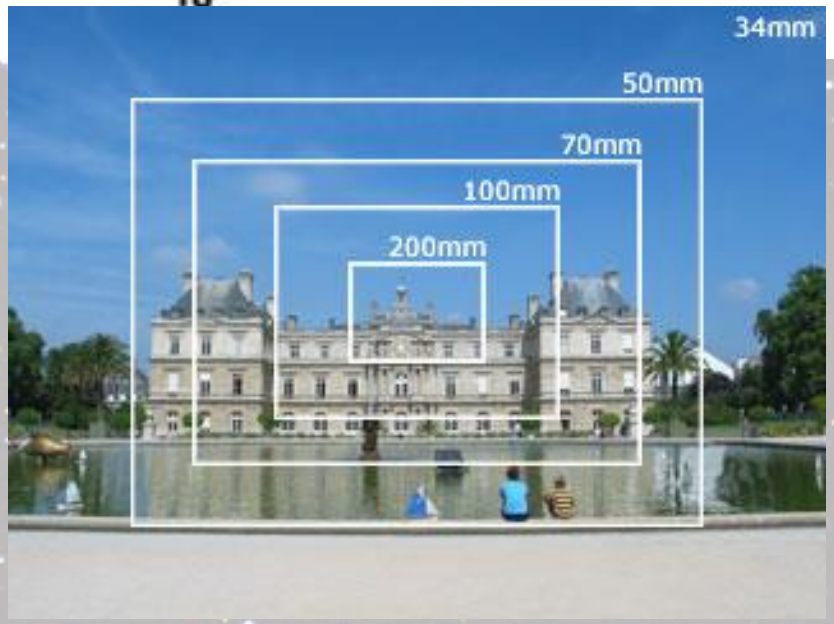
$$\alpha = 2\mathrm{arctg}\left(\frac{d}{2F}\right)$$

http://www.swiatobrazu.pl/fotografia-od-a-do-z-ogniskowa-22176.html

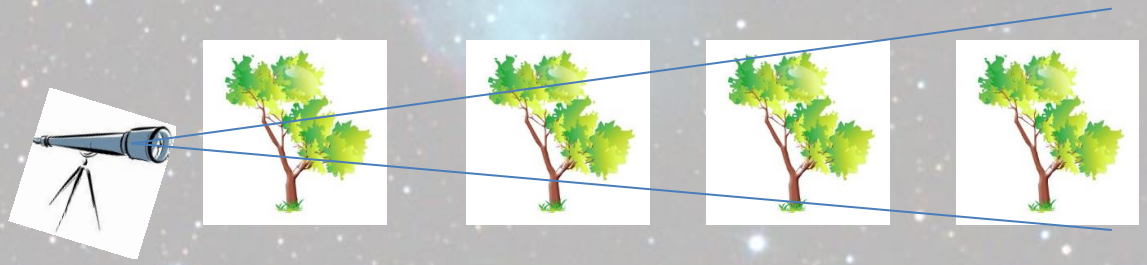
Obiektyw - zoom



zmiana ogniskowej – zmiana pola widzenia

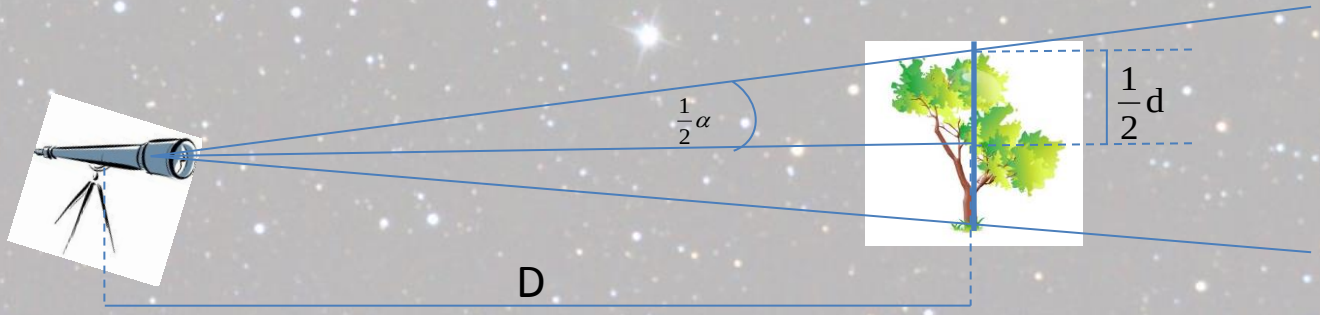


Kąt widzenia i wyznaczanie odległości

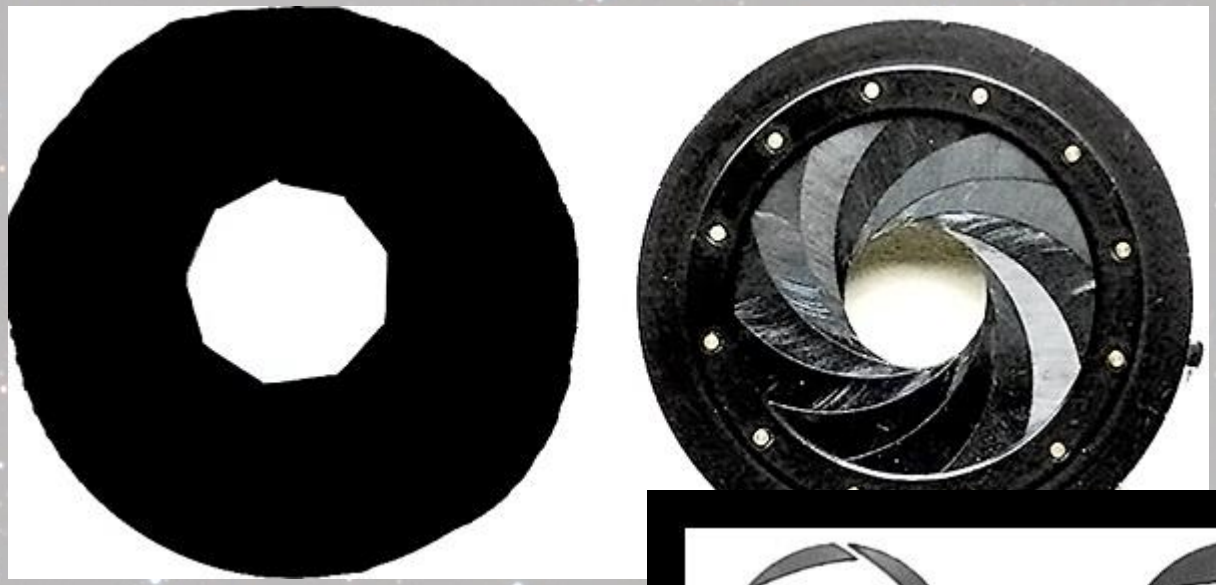


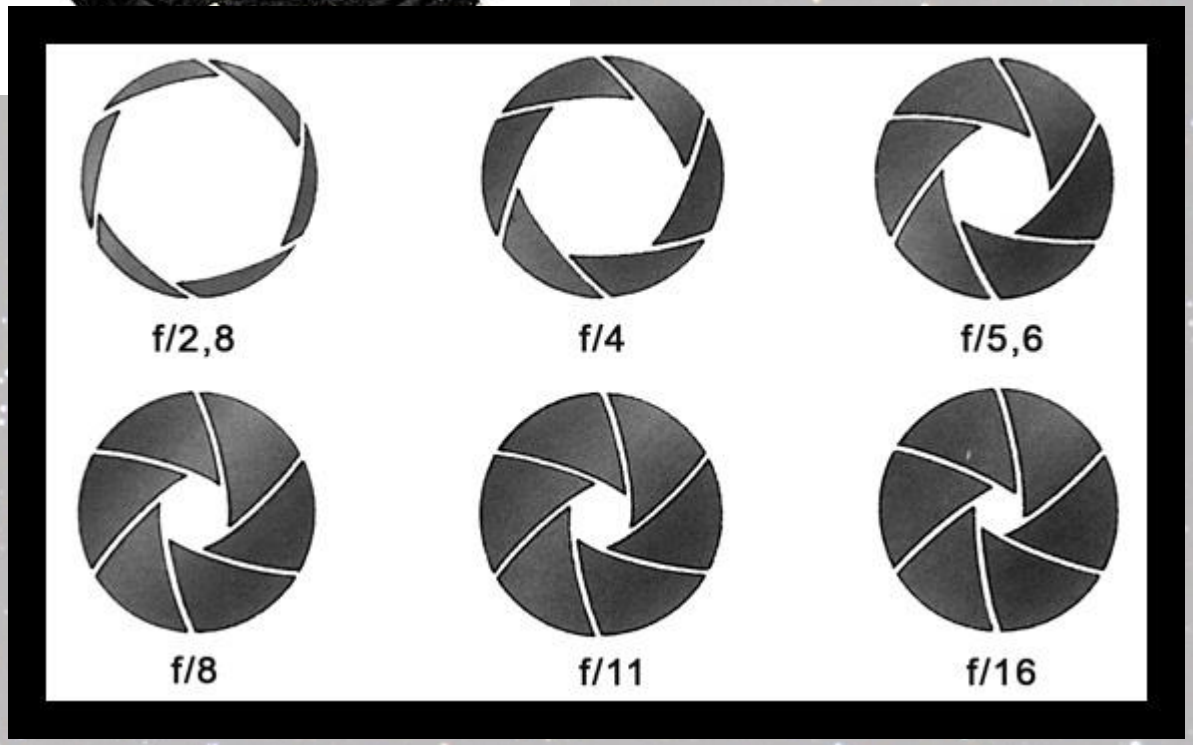
Znając kąt widzenia naszego zestawu fotograficznego możemy wyznaczyć odległość do wybranych obiektów

$$\operatorname{tg}\left(\frac{1}{2}\alpha\right) = \frac{\frac{1}{2}d}{D} \quad \Rightarrow \quad D = \frac{\frac{1}{2}d}{\operatorname{tg}\left(\frac{1}{2}\alpha\right)}$$

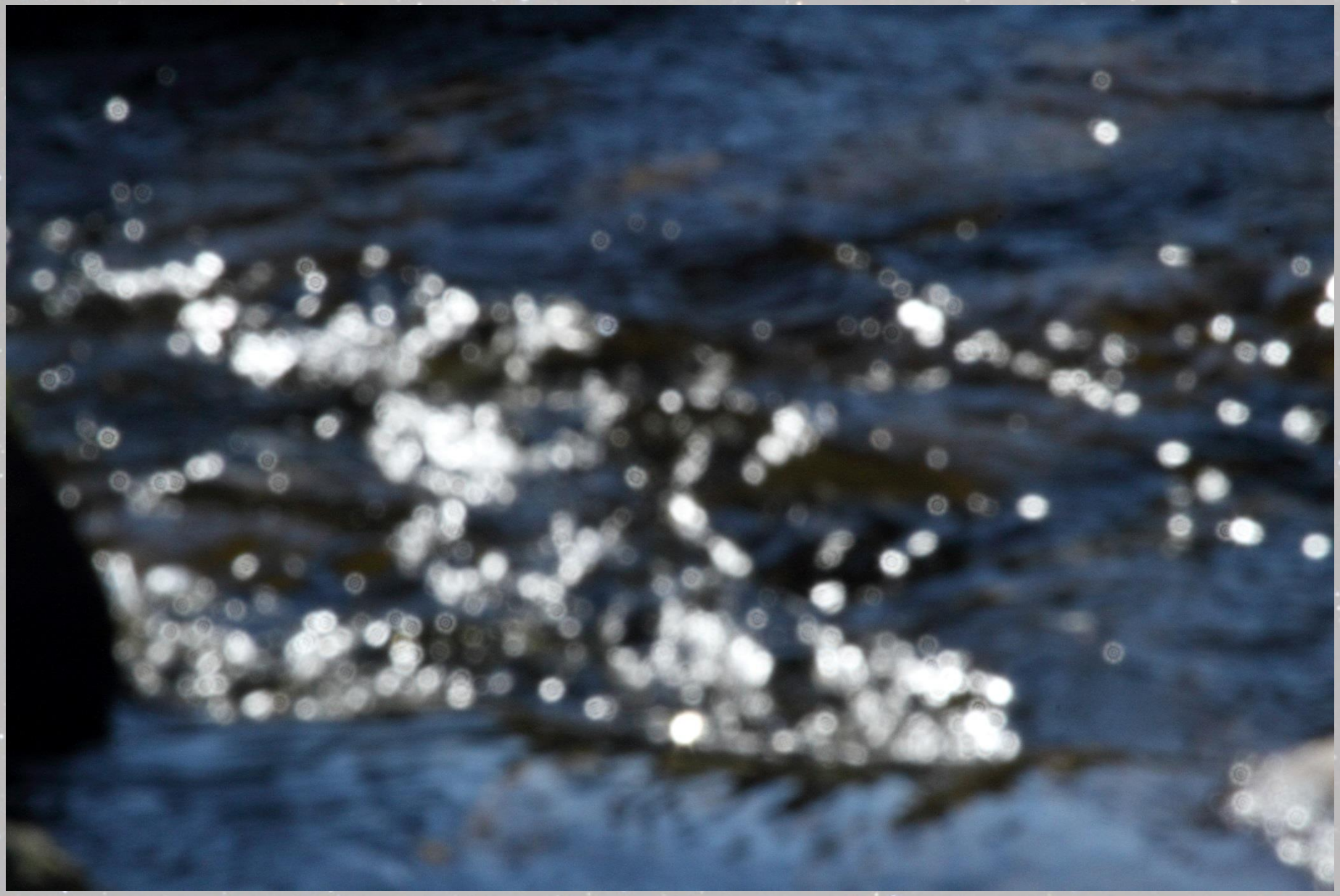


Przesłona

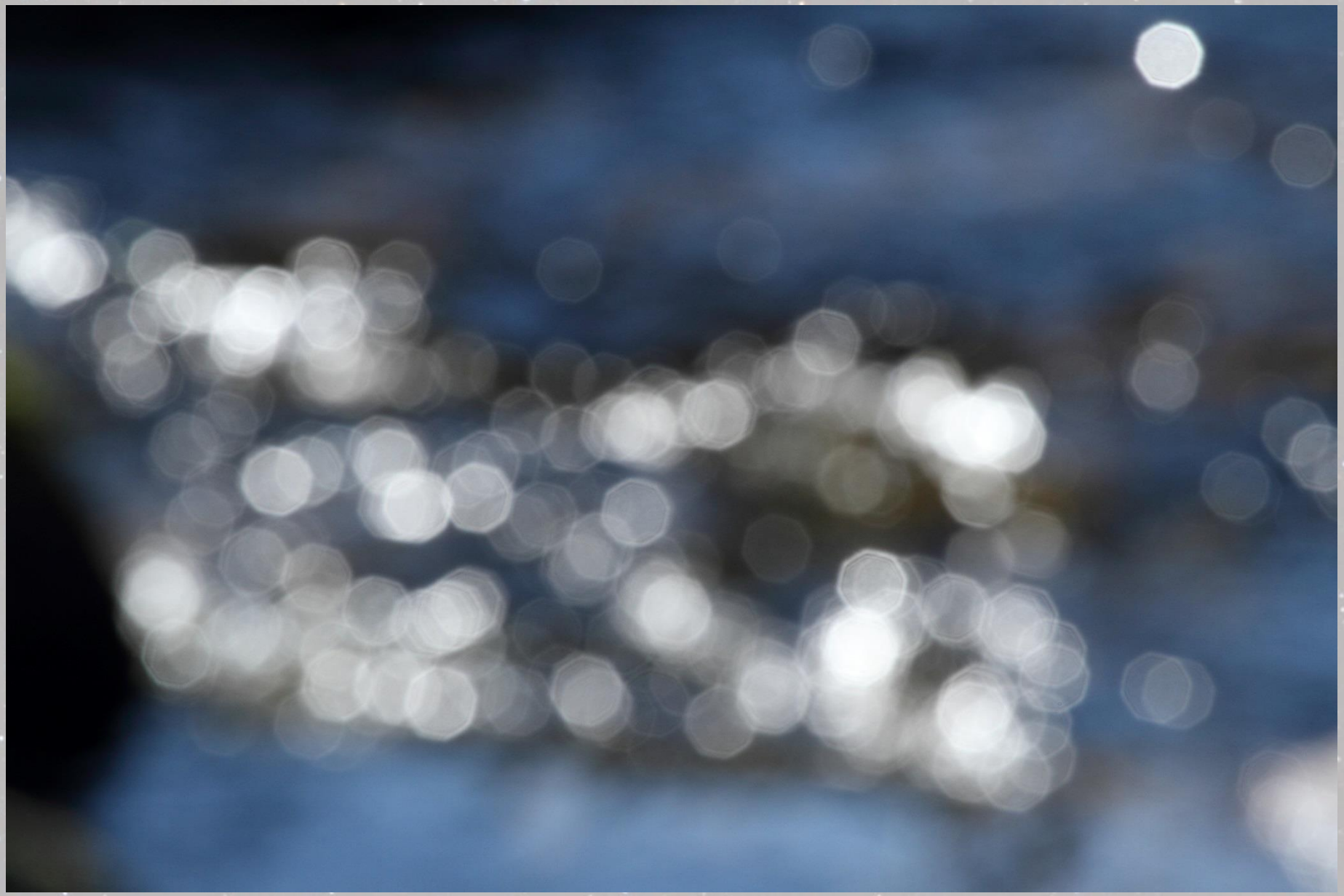




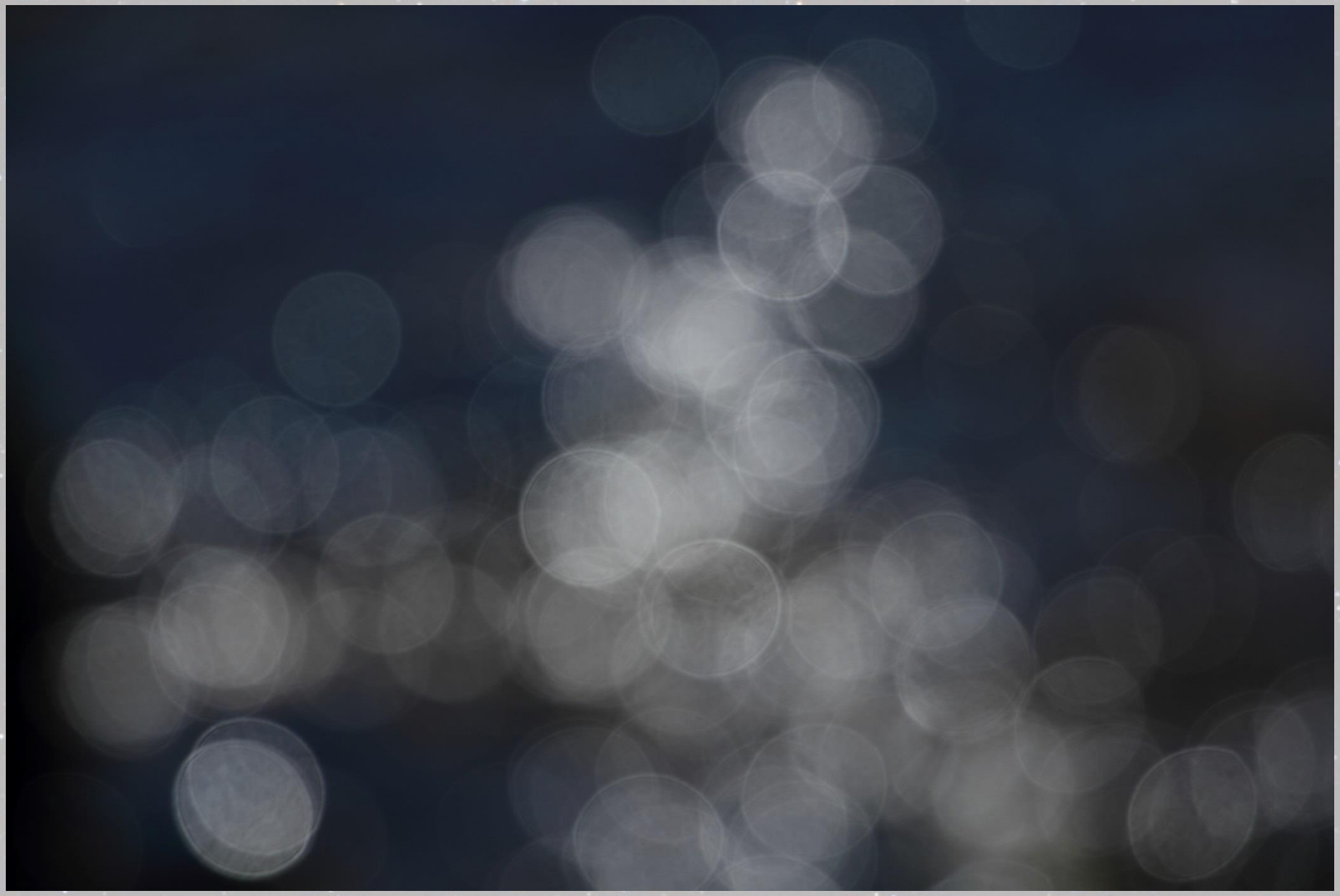
Bokeh



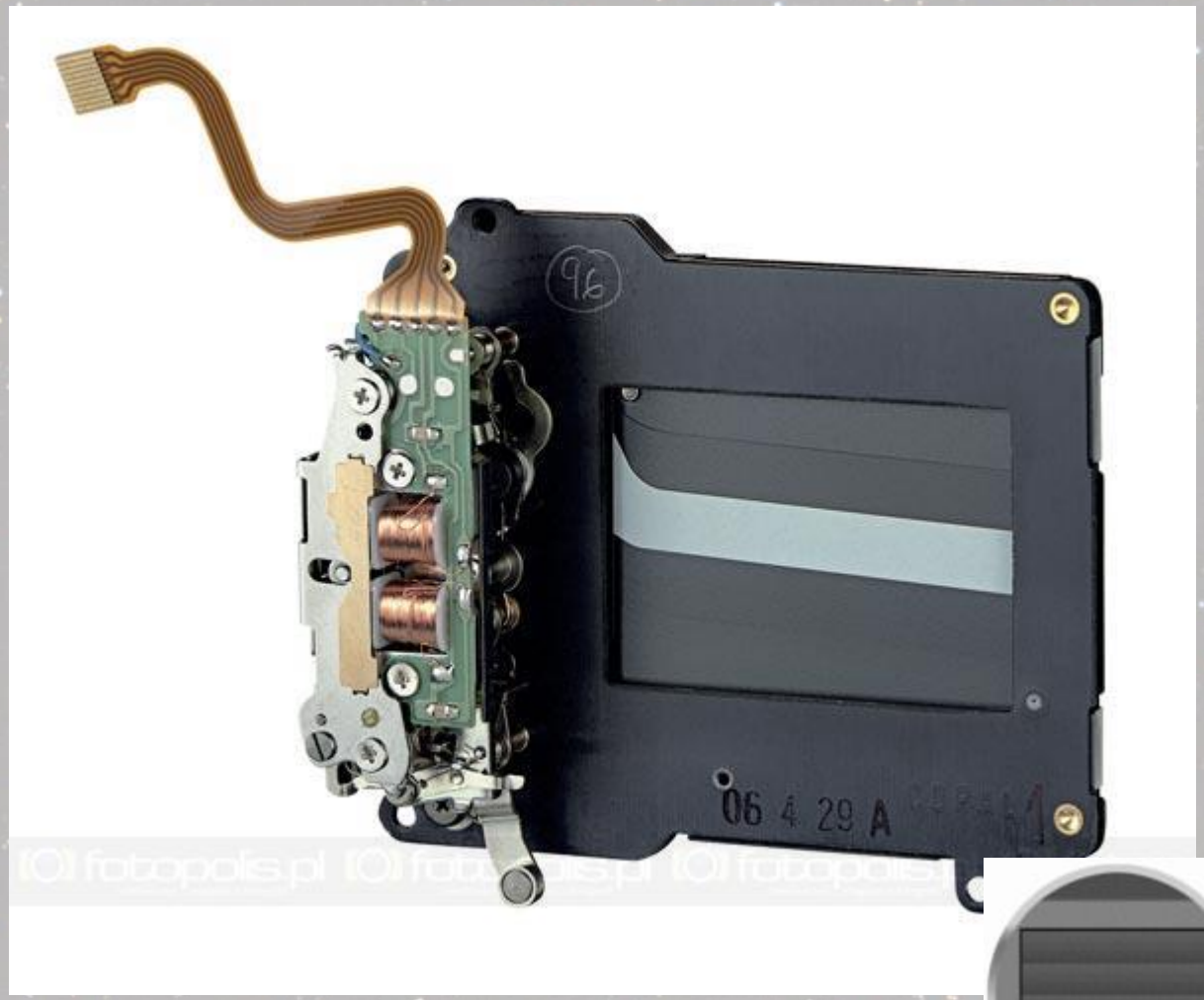
Bokeh



Bokeh



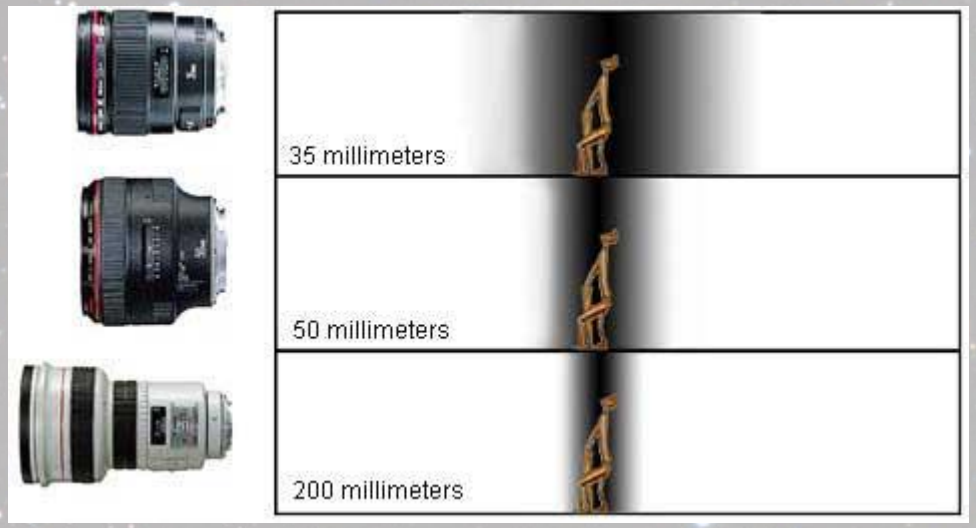
Migawka



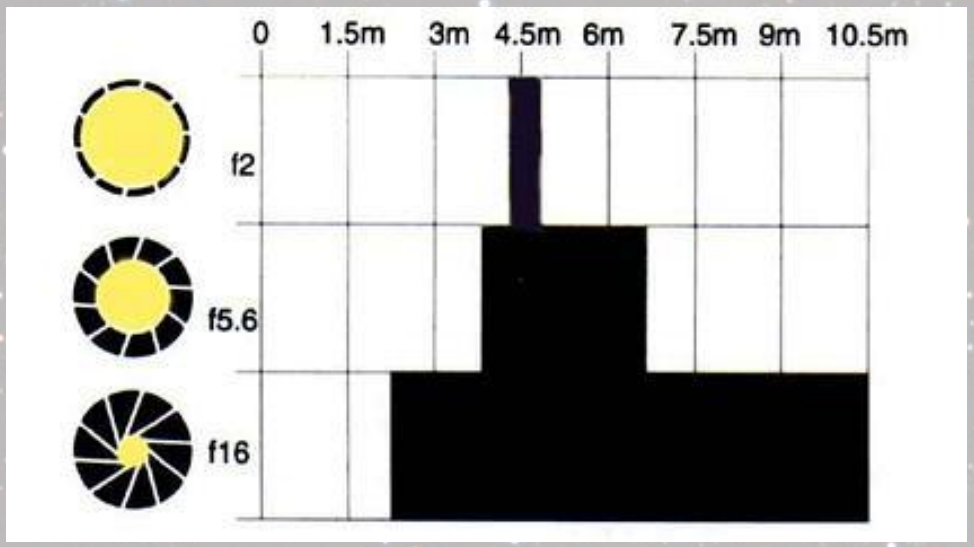
Pozwala naświetlić detektor przez założony czas

Fig 1.6.2 The appearance of the shutter at various speeds. /不同快门速度的表现

Głębia ostrości



zależy od ogniskowej obiektywu i otworu przesłony



Zdjęcie - głębia ostrości

Zdjęcie - głębia ostrości

Zdjęcie – czas ekspozycji

Zdjęcie – czas ekspozycji

Zdjęcie – czas ekspozycji

Odległość hiperfokalna

$$H = \frac{F^2}{f\,c}$$

po ustawieniu ostrości na odległość hiperfokalną obraz powinien być ostry od połowy odległości hiperfokalnej do nieskończoności.

F – ogniskowa obiektywu
f – wartość przesłony
c – wielkość krążka rozmycia (0.02 mm)

*H = (50*50)/(1.8*0.02) = 2500/0.036 = 69444.4 mm = 69.4 metra*

*H = (50*50)/(22*0.02) = 5682 mm = 5.7 metra*

Odległość hiperfokalna

Ustawienie ostrości na odległość hiperfokalną przydaje się przy zdjęciach pokazujących obrót sfery niebieskiej

Filtry (nie photoshop!)

polaryzacyjny

www.cyberfoto.pl

Filtry (nie photoshop!)

połówkowy

Jak zrobić zdjęcie?

ustawienie czułości (najlepsza jak najmniejsza – małe szumy)
dobranie czasu i przesłony (głębia ostrości, efekt ruchu)
ustawienie ostrości (automatyczne, ręczne)
nacisnąć wyzwalacz

Statyw

Wężyk spustowy

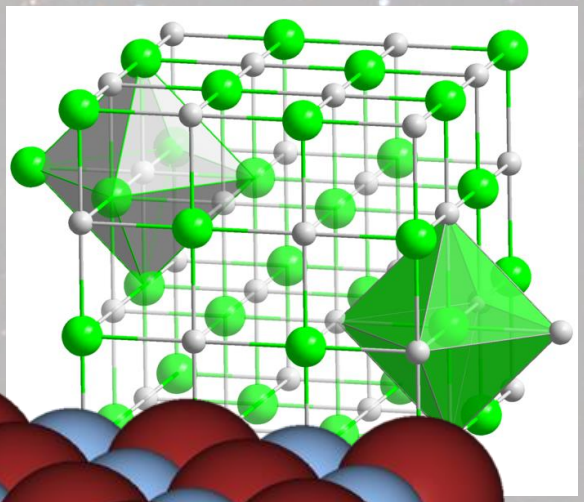
Część druga: detektory światła

Uwiecznić obraz

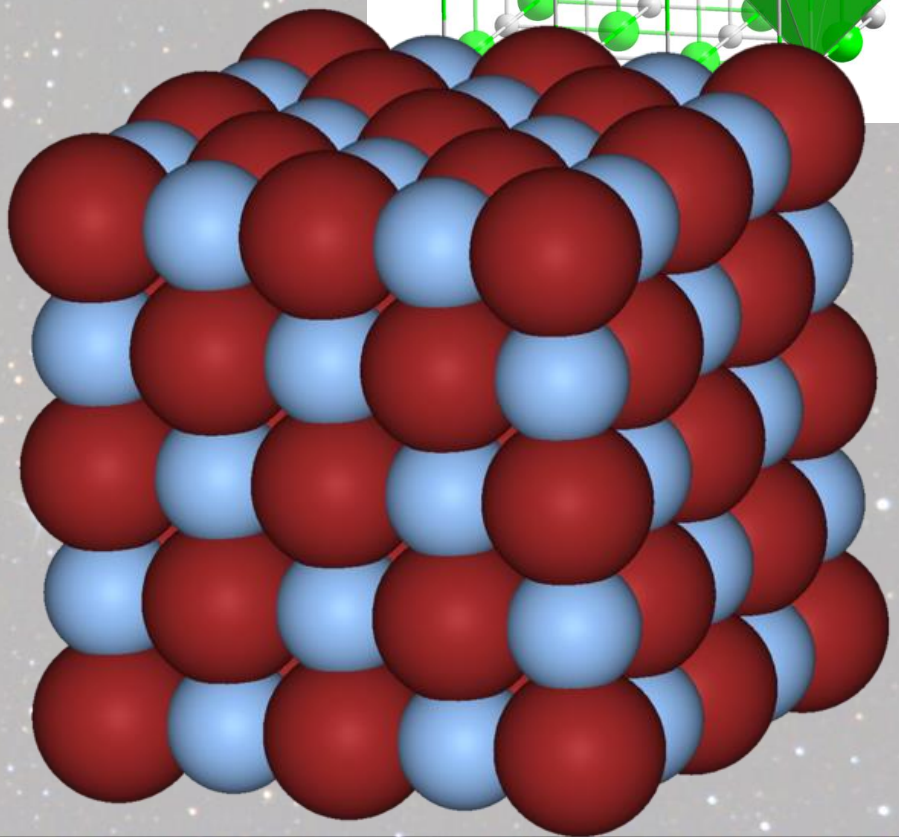
Józef Chełmoński, *Bociany*

Jak złapać kwant światła?

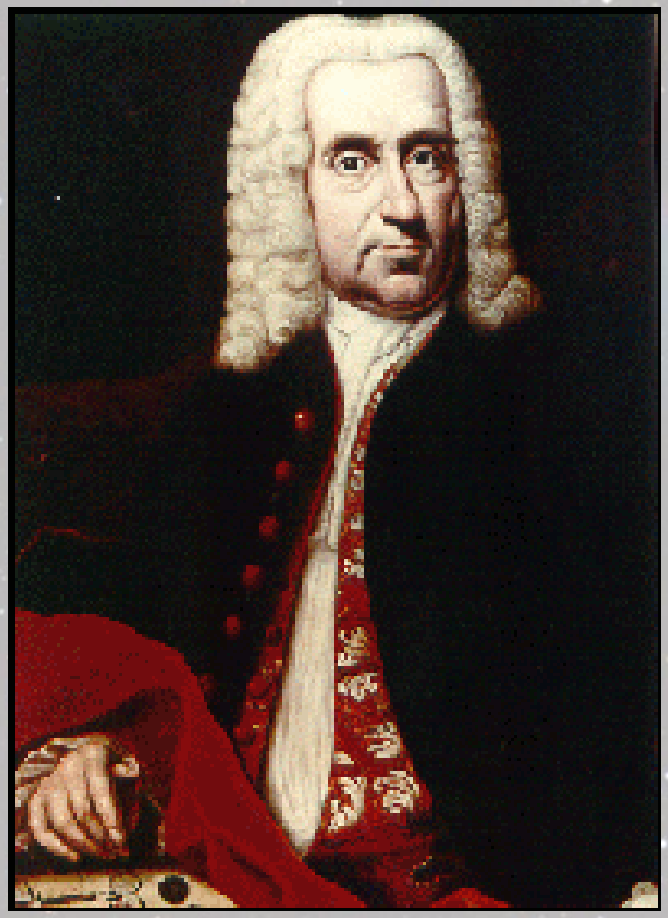
zauważył że sole srebra czernieją pod wpływem światła



Albert Wielki (Albertus Magnus) 1193/1205-1280 r.

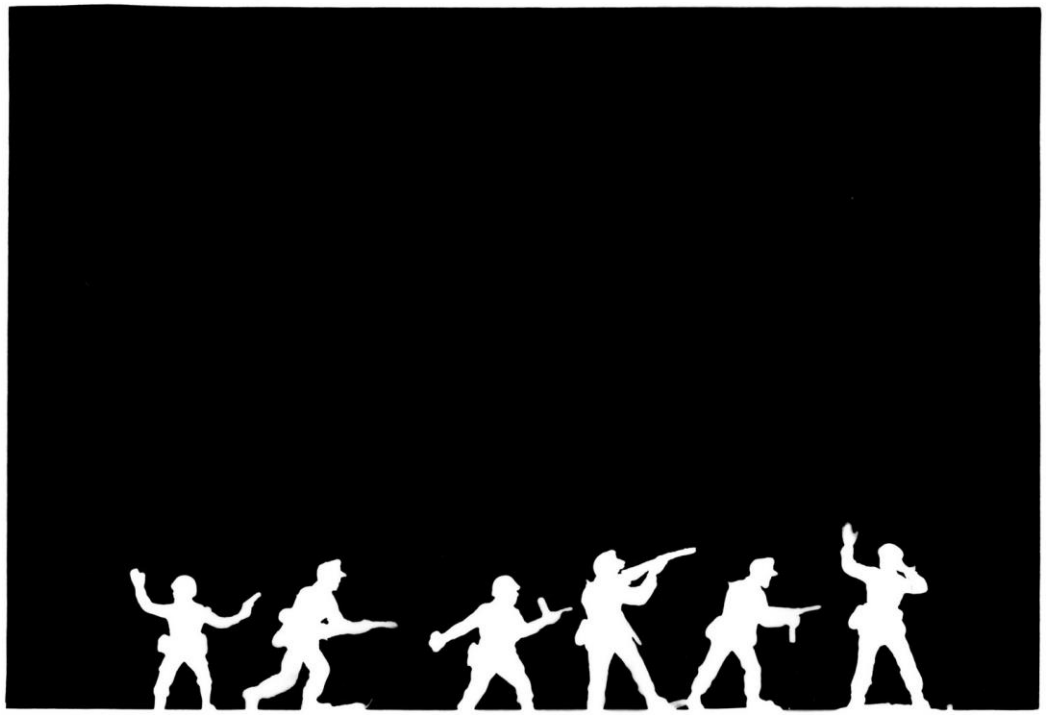


Jak złapać kwant światła?



Johann Heinrich Schulze
1687-1744

Zauważył, że po dodaniu soli kuchennej [NaCl] do azotanu srebra [$AgNO_3$], powstaje chlorek srebra [AgCl], który czernieje szybciej i mocniej pod wpływem światła.



Powstałe w ten sposób obrazy konturowe stały się rodzajem rozrywki towarzyskiej

Pierwsze zdjęcia

Joseph-Nicéphore Niépce 1765-1833

Martwa natura

Twórca **heliografii** - rysowanie promieniami; obraz rysowany światłem. Wykorzystał asfalt syryjski, który pod wpływem działającego światła traci zdolność rozpuszczania w olejku lawendowym. W 1826(7)r. udało mu się wykonać pierwsze zachowane do dziś zdjęcie widoku ze swojego laboratorium.

Widok z okna w Le Gras

Dagerotyp

Louis Jacques Daguerre
1787-1851 r.

Dagerotyp - Unikatowy obraz fotograficzny uzyskiwany na posrebrzanej płytce metalowej poddanej działaniu par jodu, naświetlanej i wywoływanej w parach rtęci, następnie utrwalanej w roztworze soli kuchennej. Pierwszy dagerotyp uzyskany ok. 1839r.

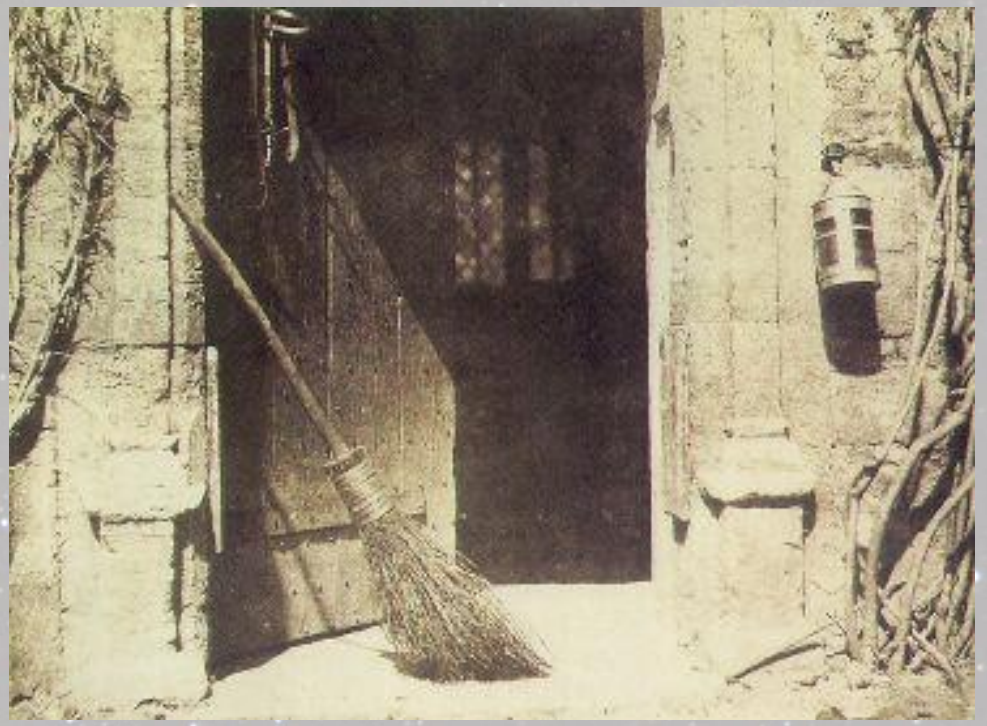
Fotoliza: AgBr + ŚWIATŁO -> Ag + Br

ROK 1838 PARYSKI BULWAR DU TEMPLE

Negatyw - pozytyw

William Henry Fox Talbot (1800 -1877

Kalotypia (*Talbotypia*) - Technika negatywowo-pozytywowa, wynaleziona w 1839r. Oba materiały były tworzone na nośniku o podłożu papierowym. Jako związek światłoczuły wykorzystano jodek srebra [AgI].



Otwarte drzwi, kalotypia z *Pencil of Nature* (1844-46)

Mokra metoda kolodionowa (1851r.)

Metoda kolodionowa (*mokra metoda kolodionowa*) - Technika zbliżona do współczesnej. Fotografie umieszczano na szkle (ambrotypy) i na metalowych płytkach (ferrotypy). Podłoże szklane trzeba było pokryć ręcznie kolodionem (gęsty, syropowaty roztwór nitrocelulozy, eteru i alkoholu). Kiedy jest jeszcze mokry uwrażliwiony jest azotanem srebra, naświetlony i wywołany, utrwalony w cyjanku potasu.

Metoda bromosrebrowa

Richard Leach Maddox
1816-1902 r.

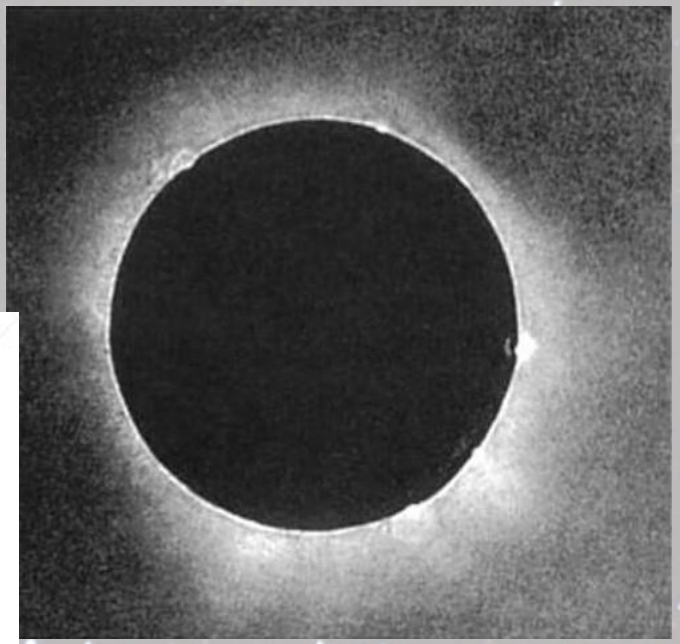
Metoda bromosrebrowa (sucha) **-** *Maddox* w 1871r. jako pierwszy użył do wykonania fotografii emulsji żelatynowej. Warstwa światłoczuła po przygotowaniu była sucha i składała się z bromku srebra [AgBr] związanego z żelatyną. Od tego czasu zaczyna się bardzo szybki rozwój w dziejach fotografii i wzrasta jej popularność.

Bracia J.Hyatt i I.Hyatt w 1870 opatentowali technologię produkcji celuloidu

Pierwsze astrofotografie

Galaktyka M81 w Wielkiej Niedźwiedzicy, James E. Keeler, 1898, metoda bromosrebrowa

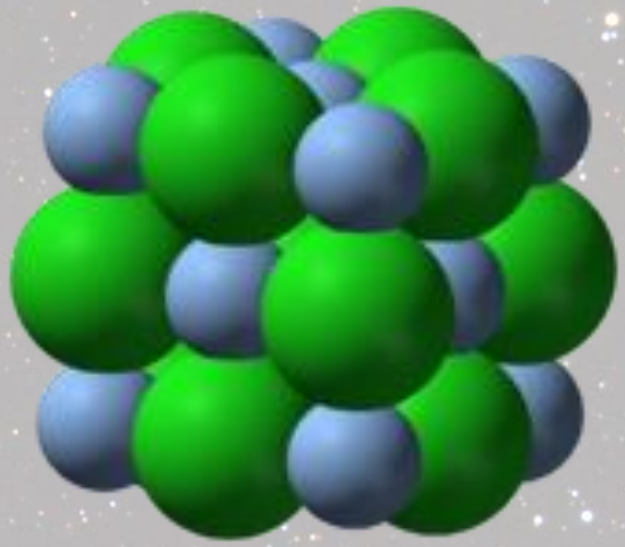
1840, Henry Draper, Księżyc
20 min. dagerotyp



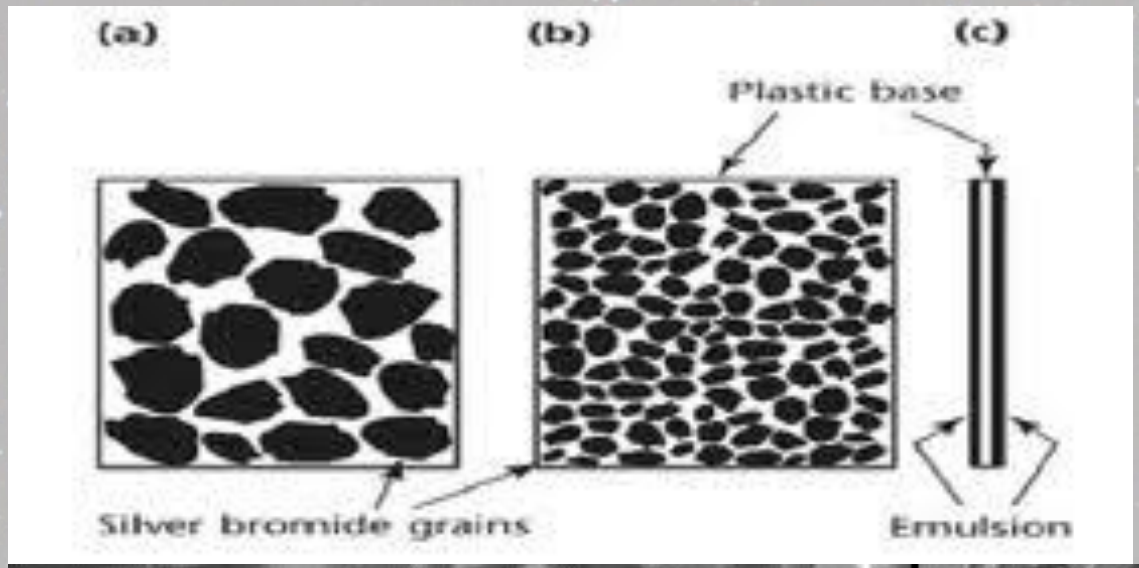
Zaćmienie Słońca 28 lipca, 1851, Berkowski.

Własności związków srebra

AgBr (bromek srebra) – najwyższa wrażliwość na światło. Praktycznie jako jedyny służy do produkcji materiałów światłoczułych. Wady: wysoka czułość w świetle niebieskim; niska w świetle czerwonym.
AgCl (chlorek srebra) – nie wykazuje znaczących dysproporcji w zakresie barwoczułości. Bywa stosowany często w postaci mieszanej z bromkiem srebra [AgBr] (papiery chloro-bromowe – w materiałach pozytywowych).
AgJ (jodek srebra) – nie jest stosowany samodzielnie w emulsjach światłoczułych, a jest jedynie dodatkiem do dwóch w/w.

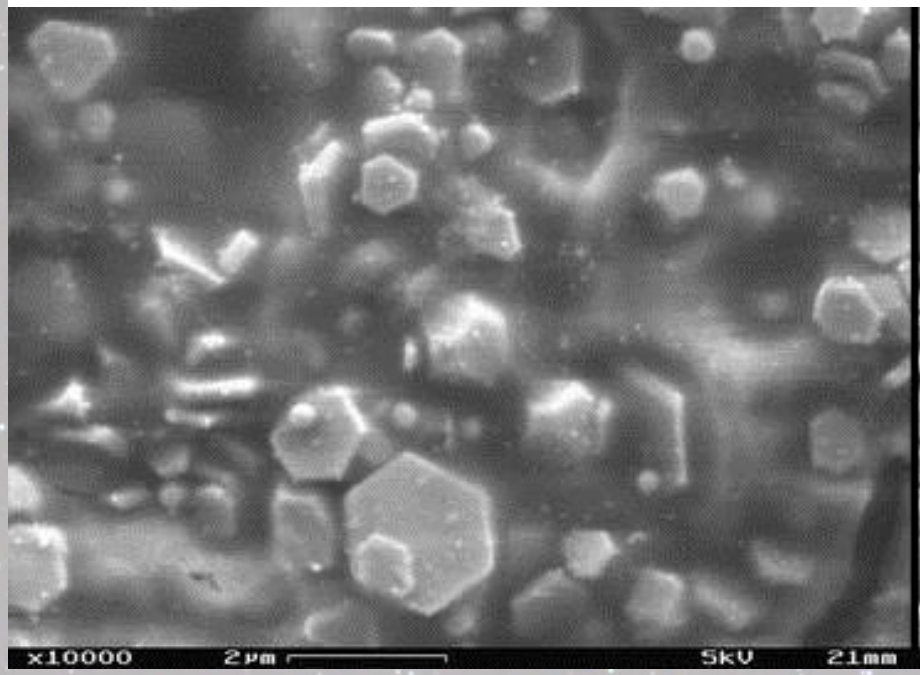


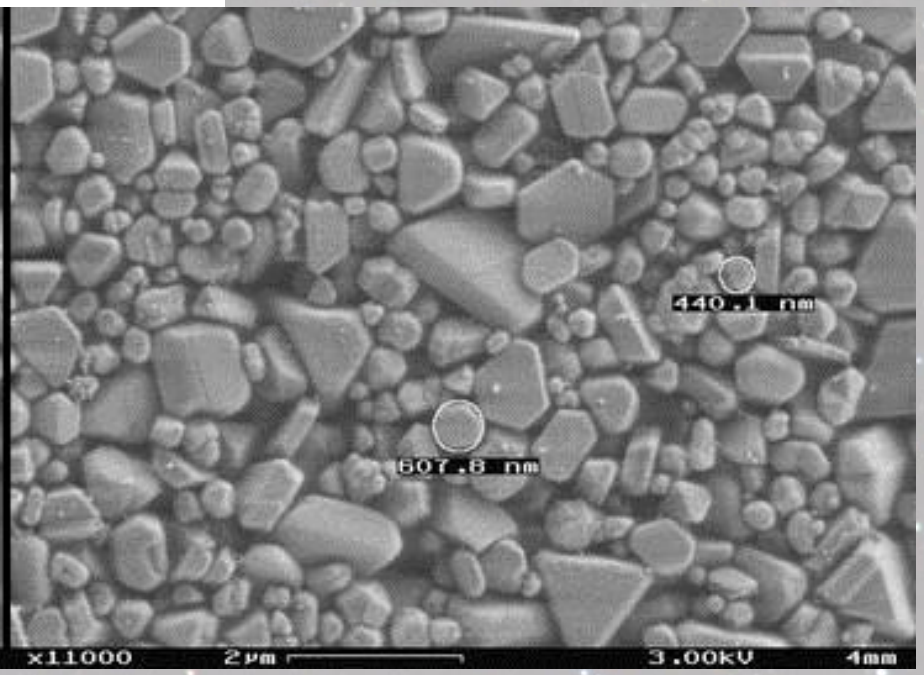
Ziarno obrazu srebrowego



Większa drobina – większe prawdopodobieństwo „złapania” kwantu

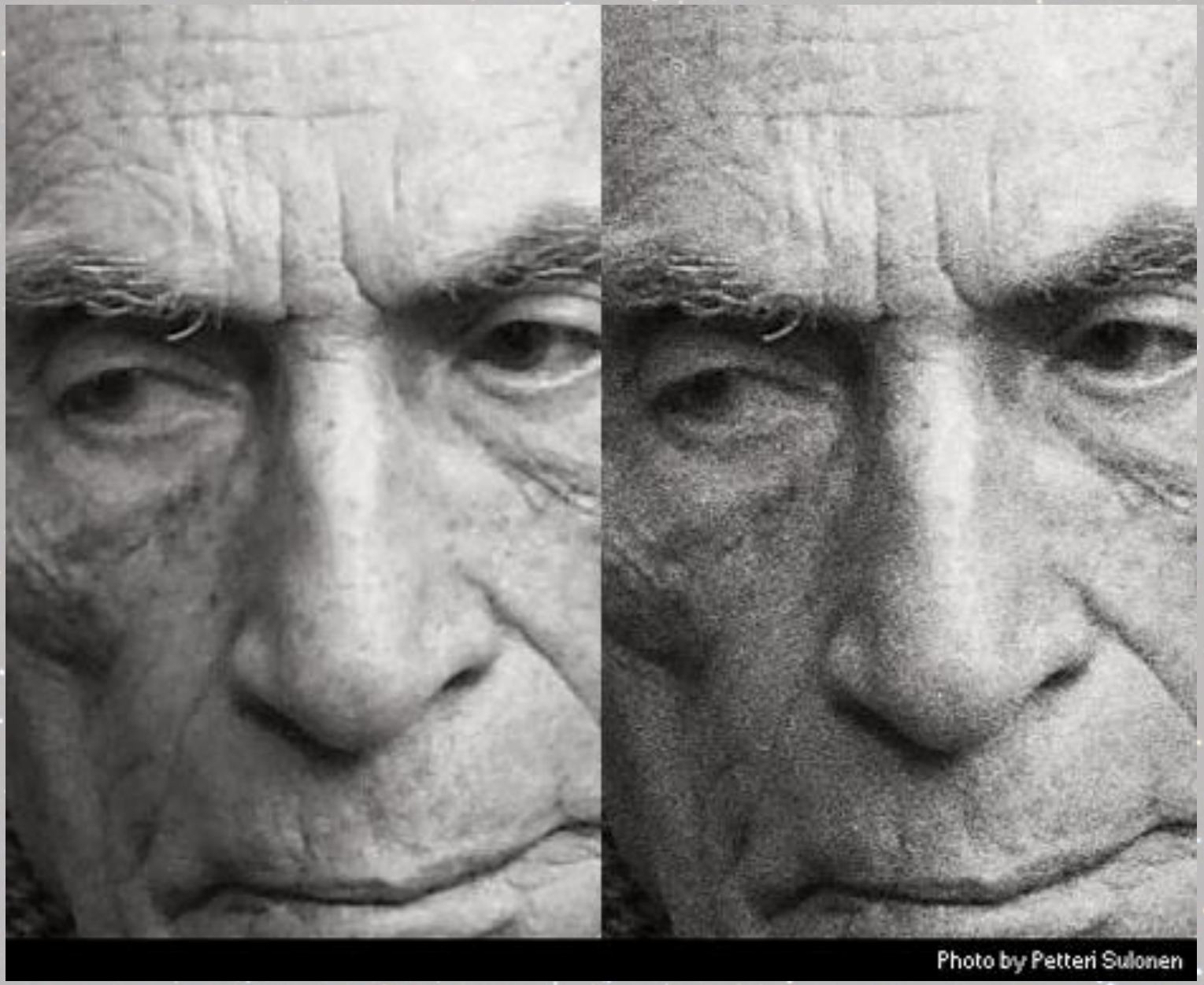
Większa czułość kliszy objawia się zwiększoną „ziarnistością”



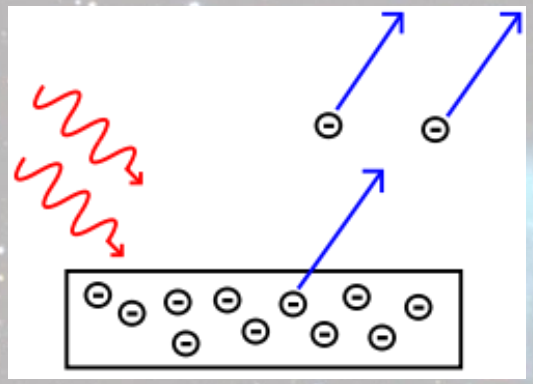


Ziarno obrazu srebrowego

Ziarno obrazu srebrowego

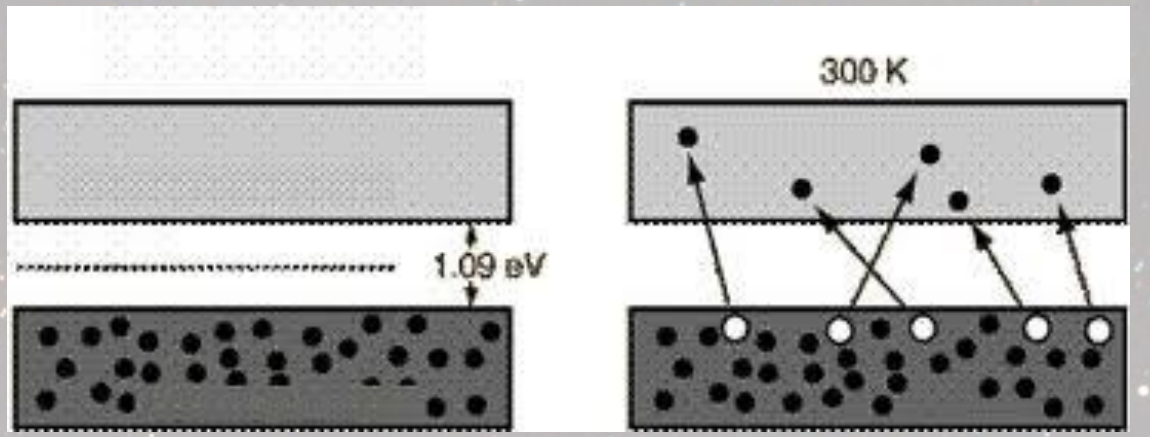


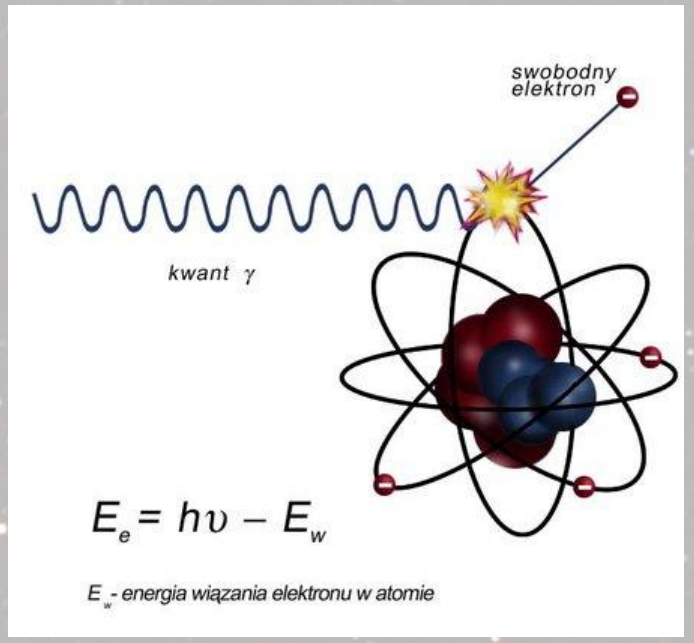
Efekt fotoelektryczny



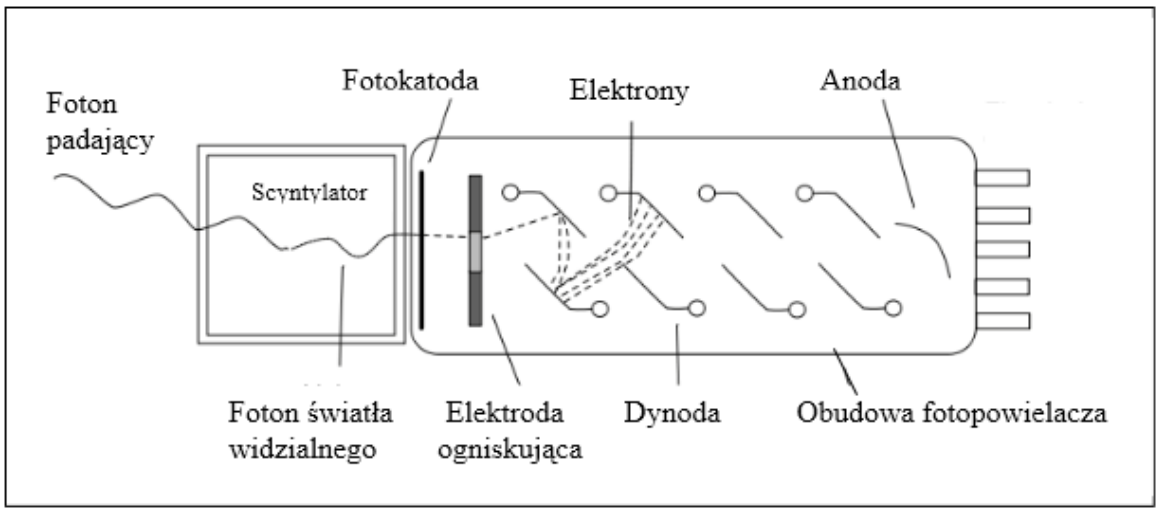
Efekt fotoelektryczny- efekty elektryczne występujące w ciałach pod wpływem promieniowania elektromagnetycznego:

- zewnętrzny - emisja elektronów z powierzchni przedmiotu
- wewnętrzny - przenoszenie nośników ładunku pomiędzy pasmami energetycznymi



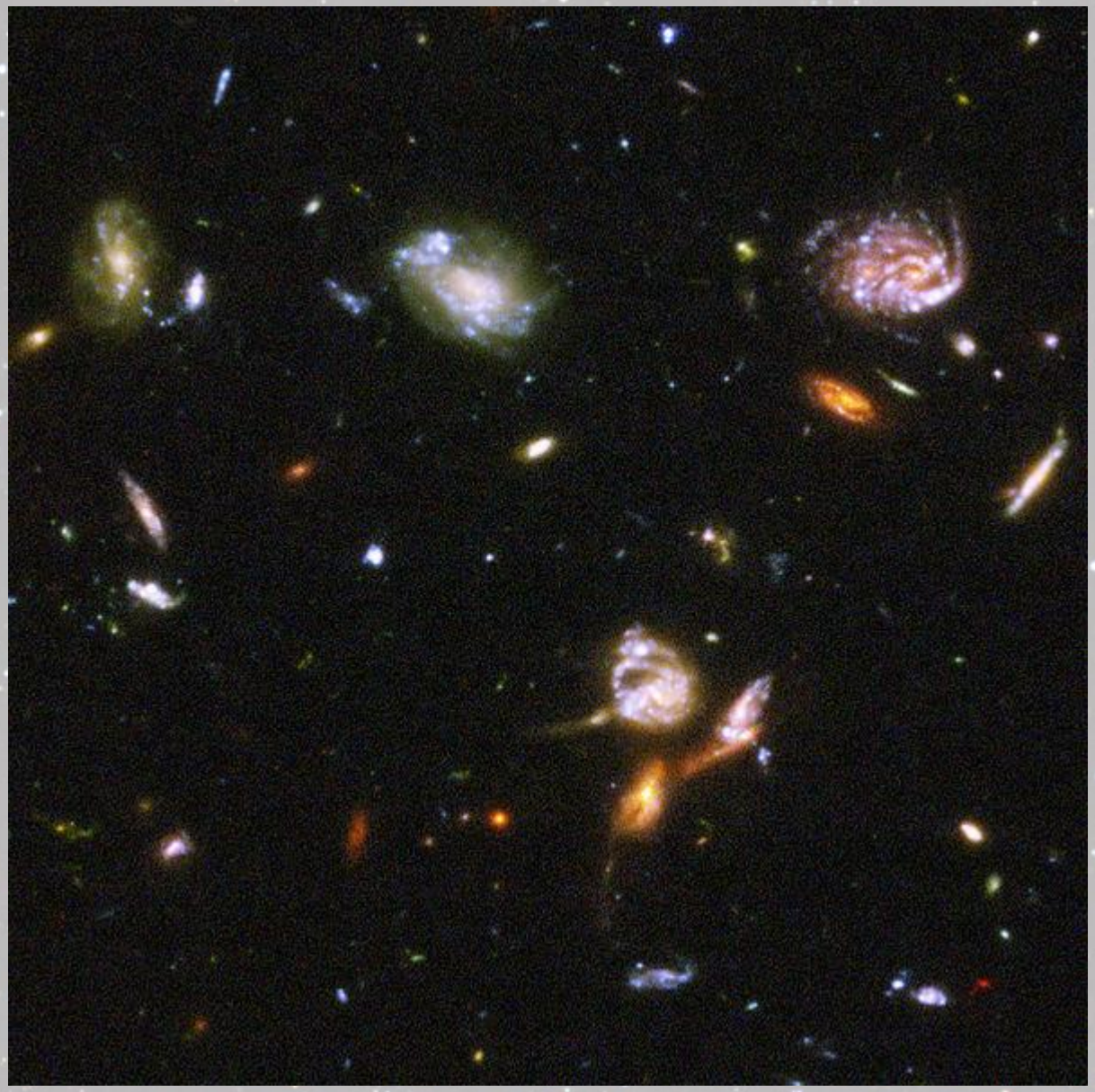


Fotopowielacz



Przydatny przy obserwacjach pojedynczych gwiazd – nie nadaje się do robienia obrazów.

Charge Coupled Device (CCD)

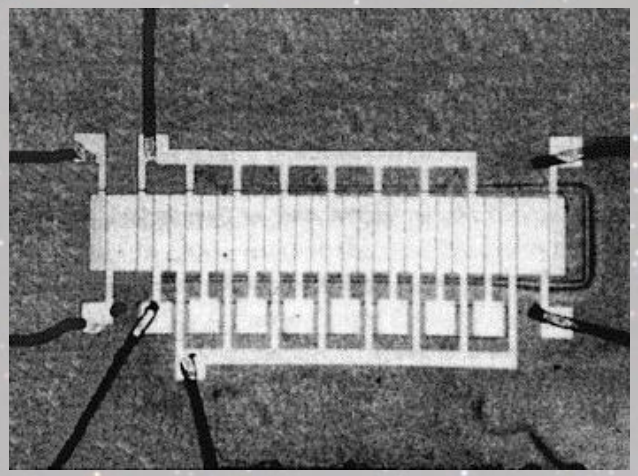


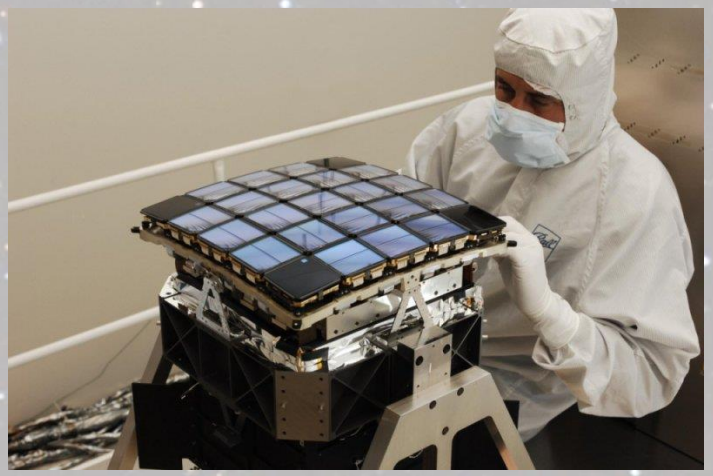
Największa rewolucja w astronomii od czasów zastosowania fotografii.

Zapis cyfrowy pozwala na składanie (dodawanie) klatek, co pozwala osiągać efektywne ekspozycje trwające nawet kilka miesięcy!

CCD

George E. Smith i Willard S. Boyle – nagroda Nobla w 2009 r.





CCD - działanie

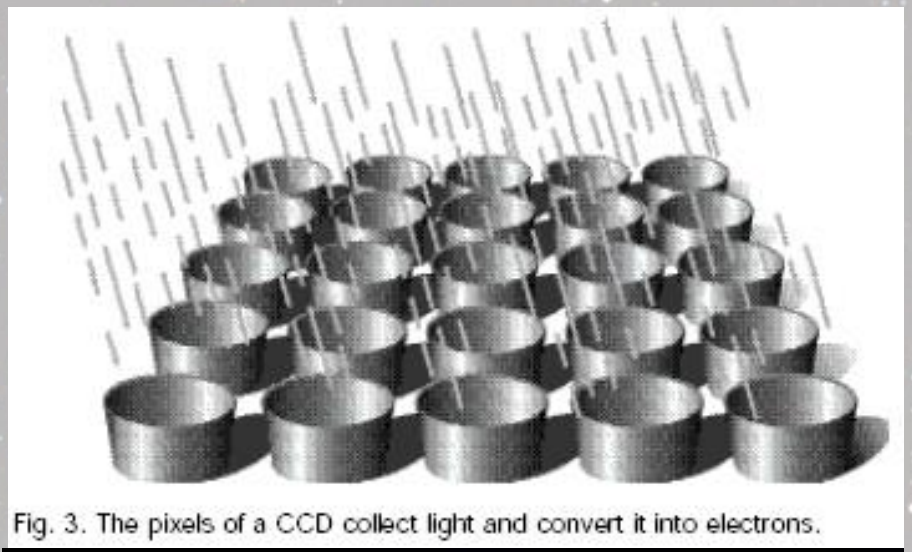
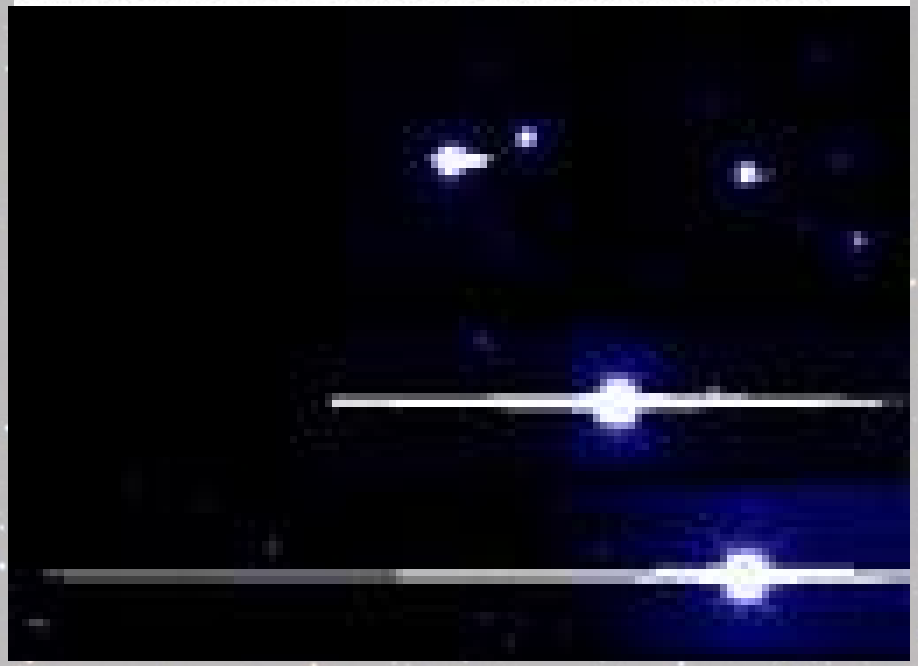


Fig. 3. The pixels of a CCD collect light and convert it into electrons.

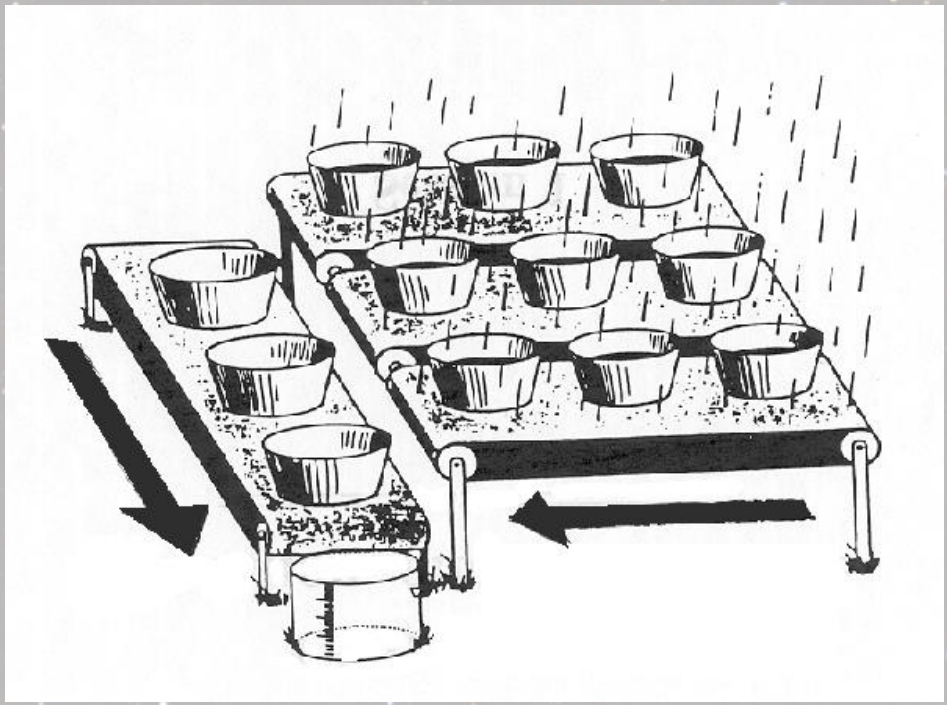


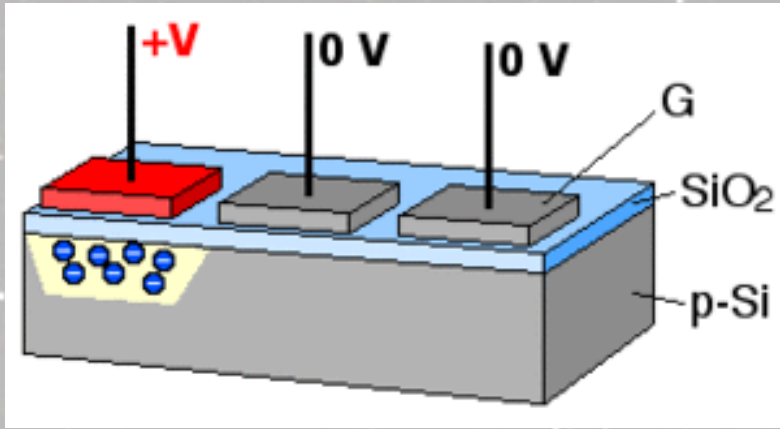
CCD można wyobrazić sobie jako macierz zbiorników na elektrony.

W takim zbiorniku mogą się pojawiać dodatkowe elektrony, które nie są produkowane przez padające promieniowanie.

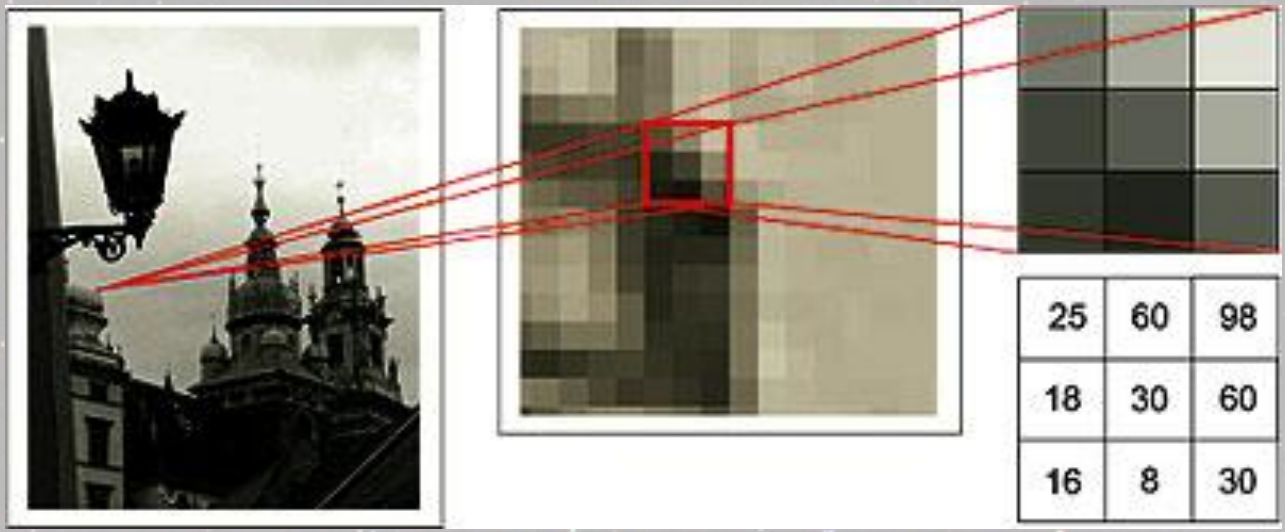
Poza tym zbiorniki mogą być dziurawe, źle posprzątane, z zatkanym odpływem, mogą się przepełniać itd.

CCD - działanie



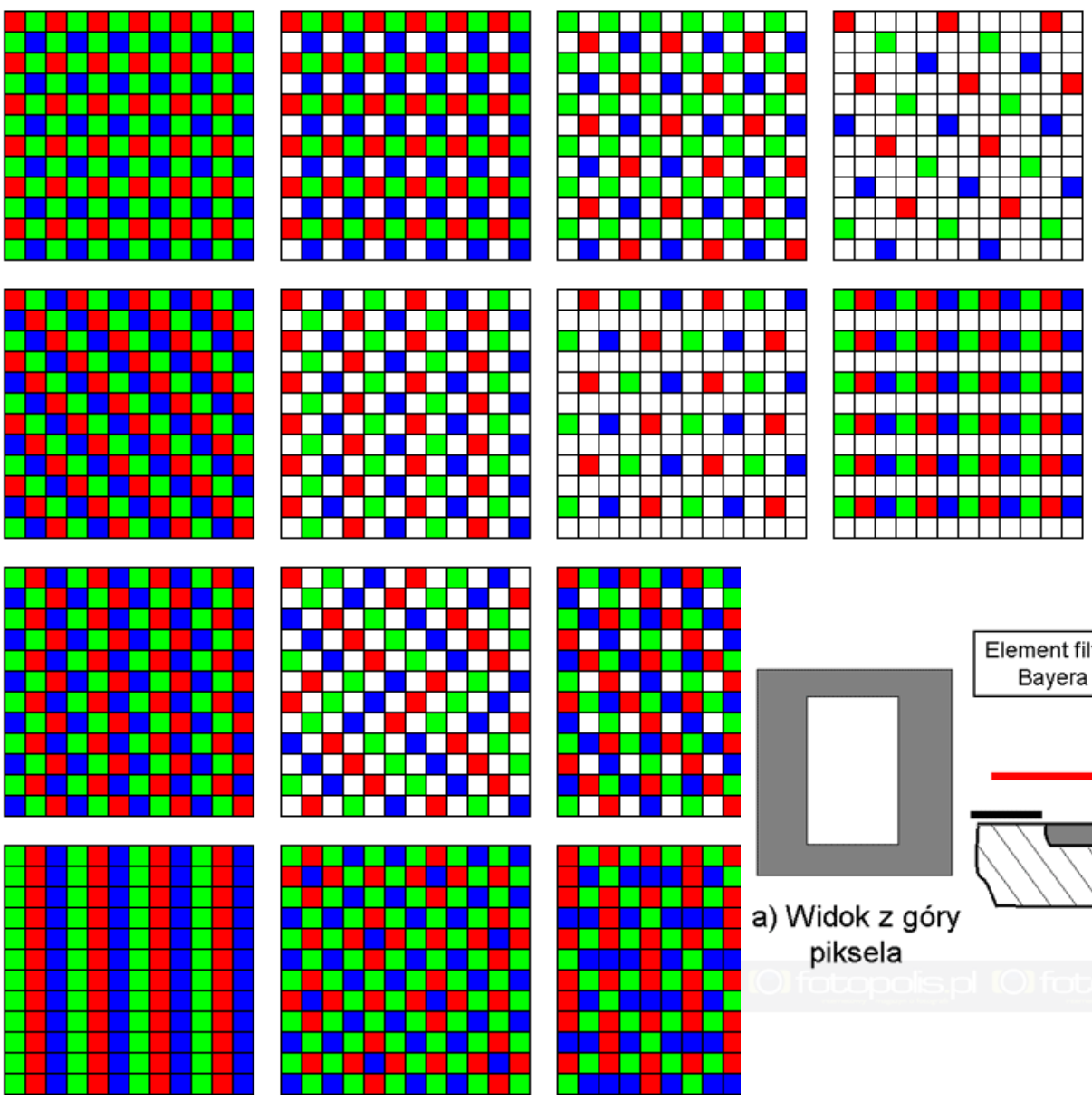


Przesyłanie ładunku



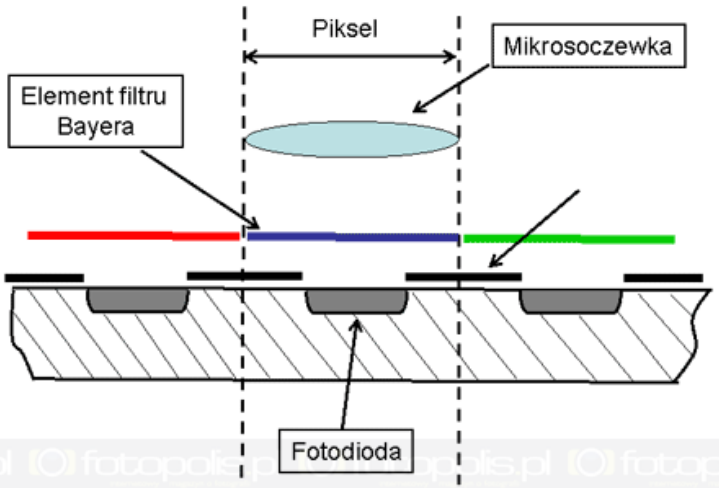
Odczytane wartości sygnału zapisywane są do macierzy, która odczytana w komputerze może być wyświetlona jako zdjęcie.

CCD – piksel (element obrazu)



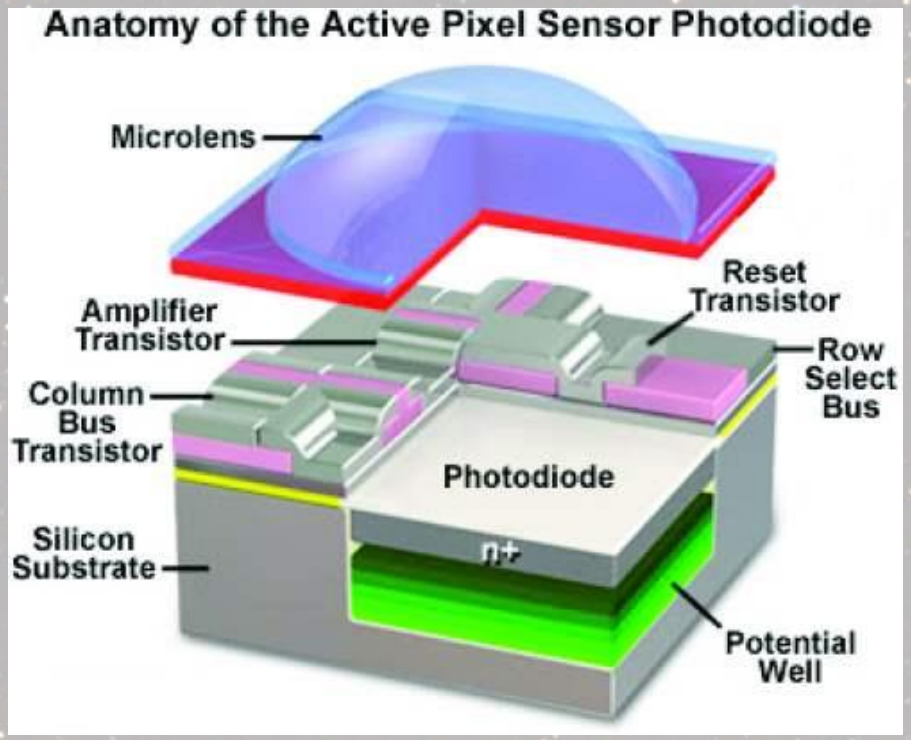
Kolorowy obraz jest zapisywany dzięki pokryciu detektora wielokolorową maską (np. filtr mozaikowy Bayera)

a) Widok z góry piksela

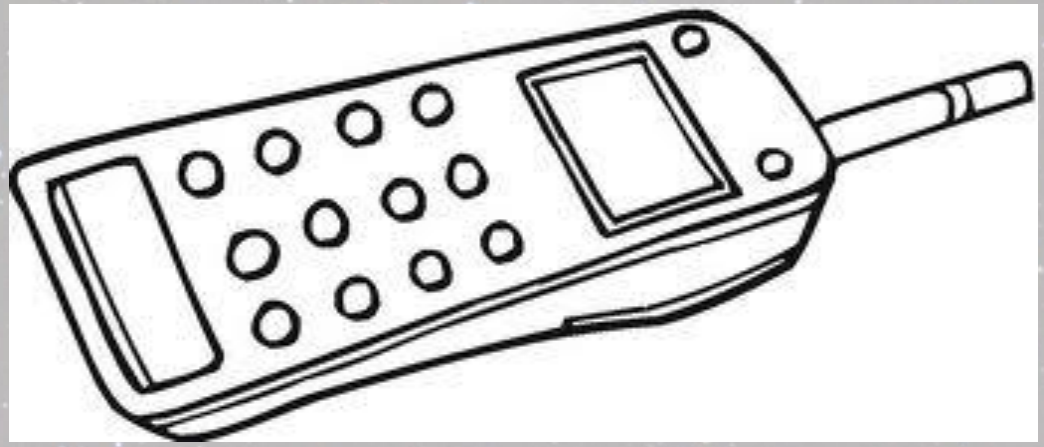


b) Przekrój poprzeczny matrycy. Rysunek uproszczony

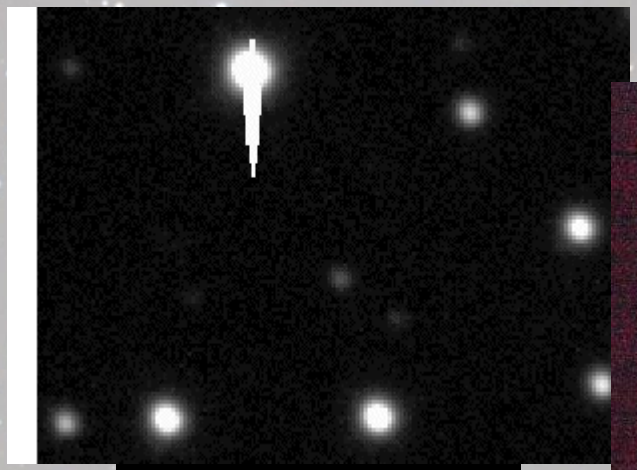
Active Pixel Sensor (APS)

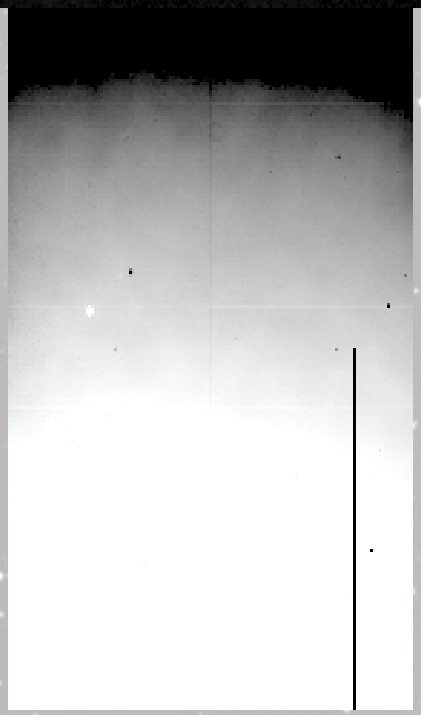


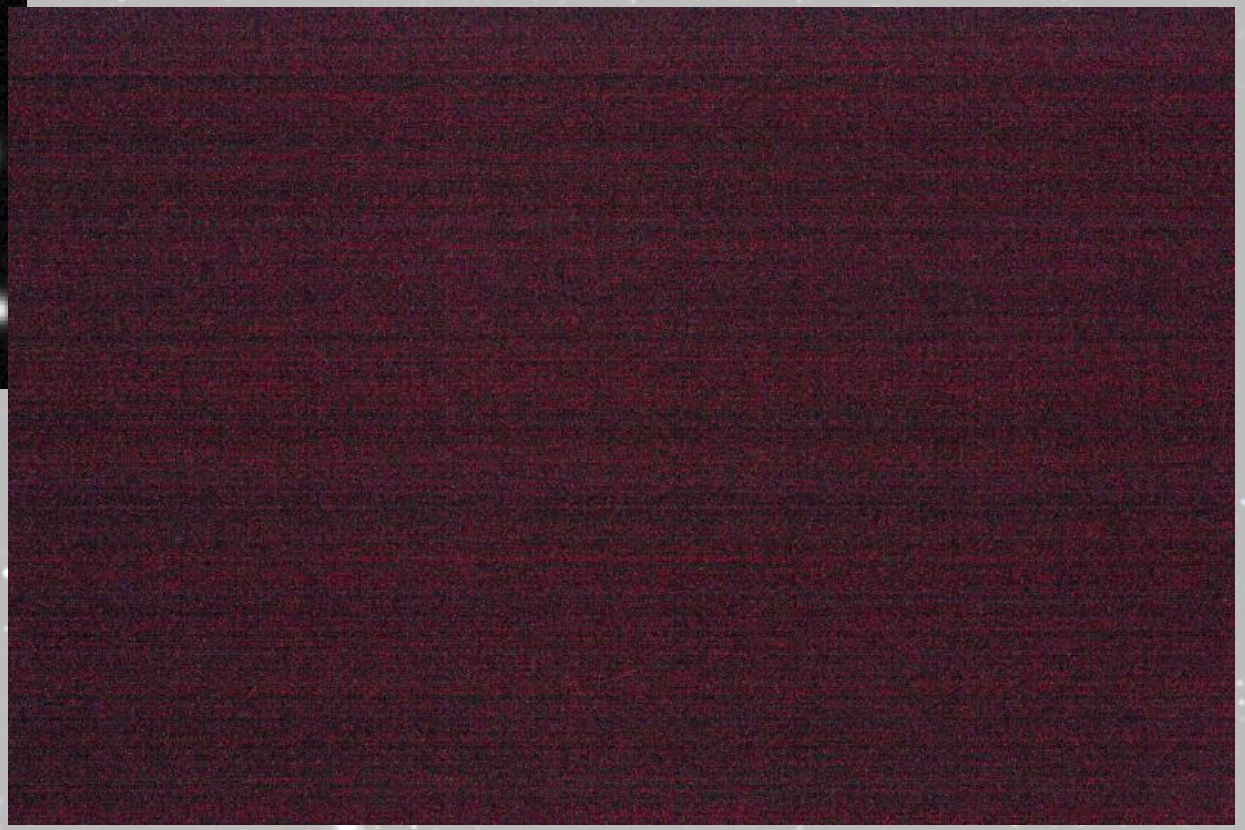
- mniejsza powierzchnia aktywna (większy wpływ szumu elektroniki)
- czytanie każdego piksela (szybszy, live view, niepotrzebna migawka)
- bardziej odporny na uszkodzenia
- praktycznie wyparły CCD w większości zastosowań



Efekty związane z rejestracją obrazu na CCD/APS

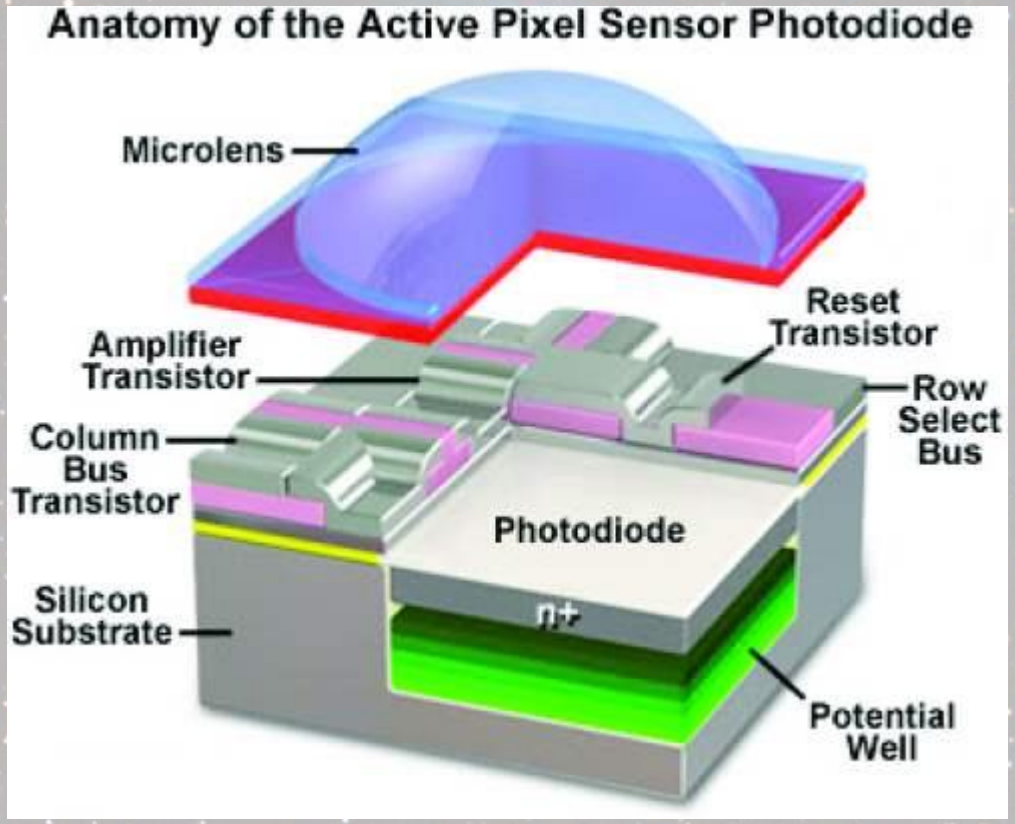






Gorące i zimne piksele

Szum



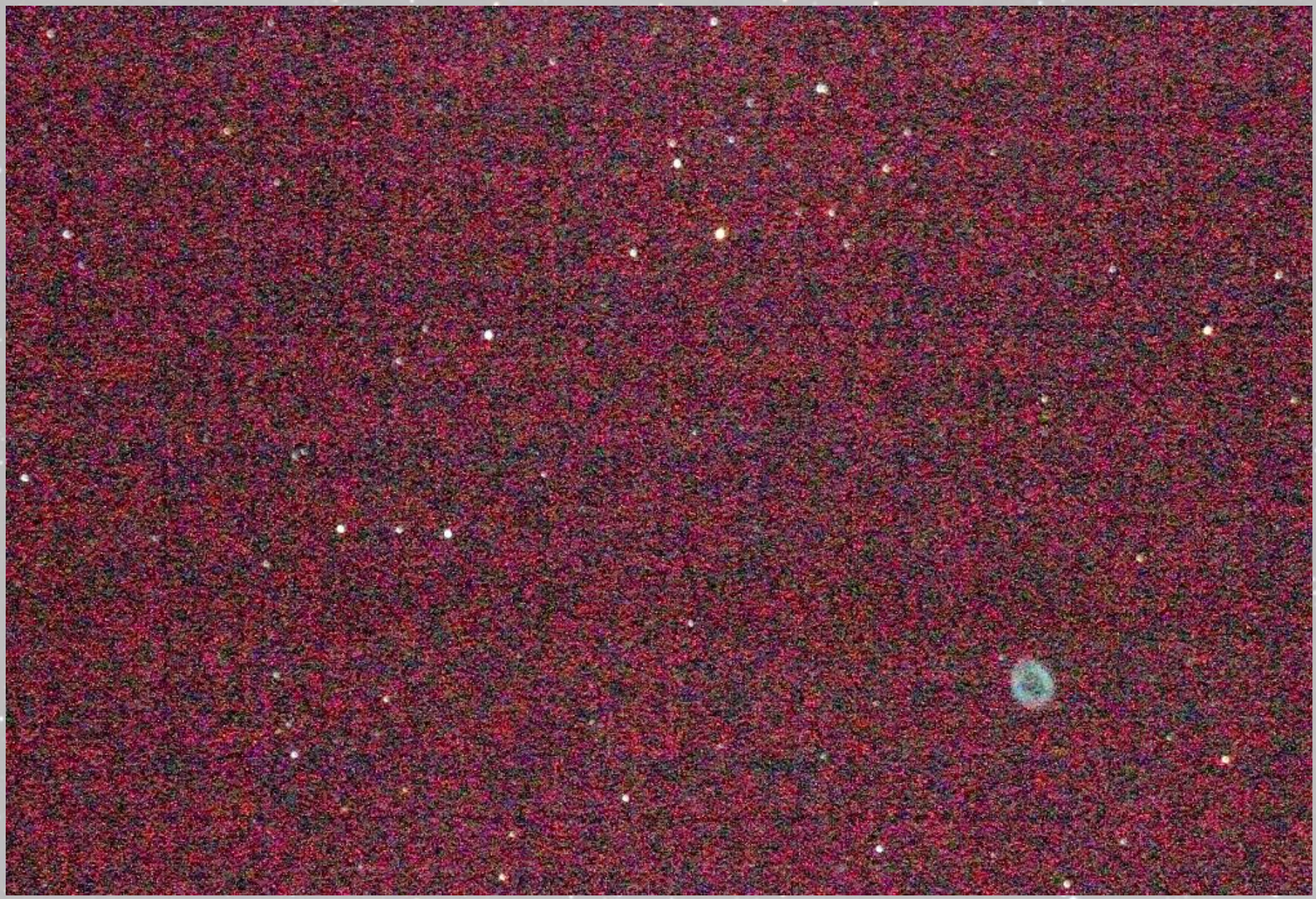
Mierzony sygnał (prąd) jest bardzo mały i wymaga wzmocnienia.

W każdym układzie elektronicznym jest pewna część elektronów, które nie są wybite przez fotony.

One też są wzmacniane.

Ich liczba w każdym pikselu jest przypadkowa. Widać to przy tzw. dużych wartościach ISO (dużych wartościach wzmocnienia).

Szum



Szum

Składanie klatek

1	3	10	2	2
1	3	10	2	2
1	3	10	1	1

3	3	10	1	2
2	1	10	2	1
3	1	10	1	3

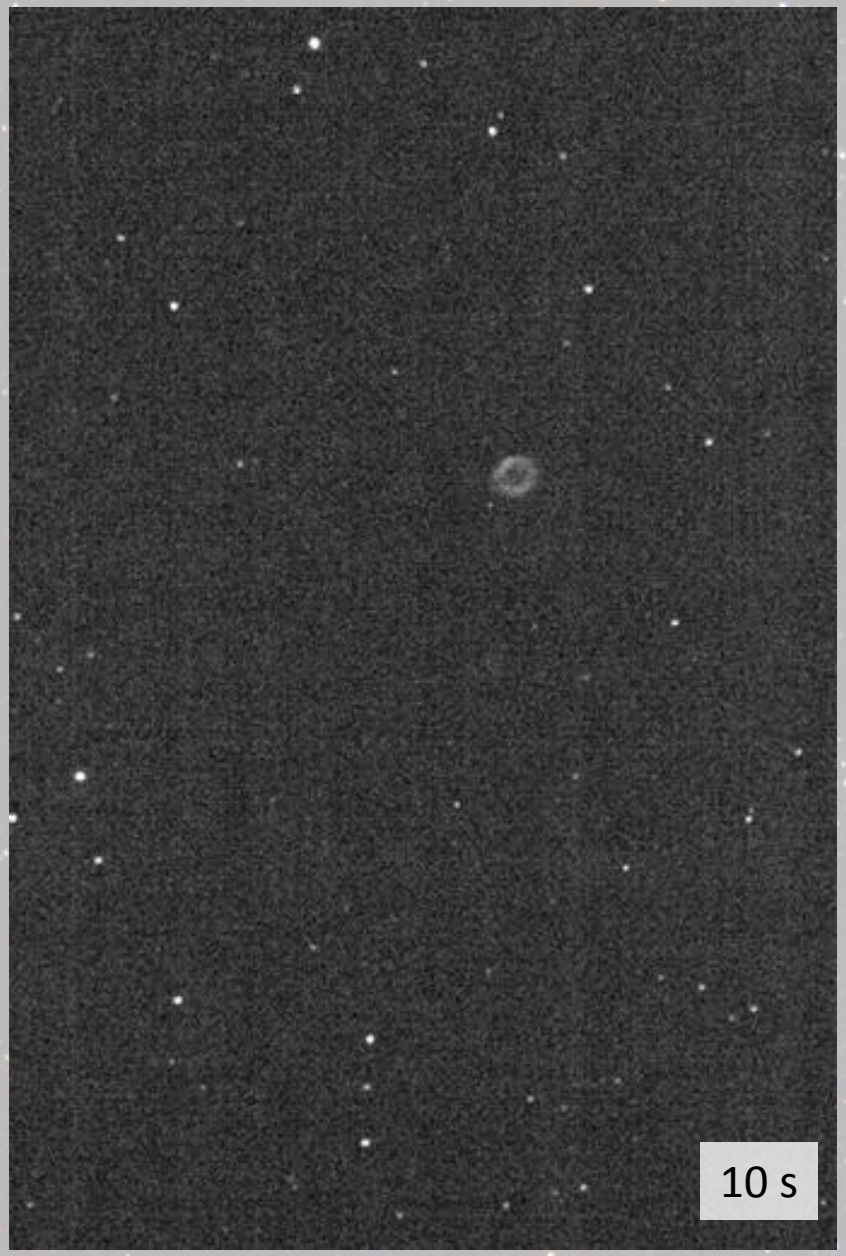
11	14	60	9	11

Przykład: Złożenie 6 „klatek”. Stosunek sygnału do szumu został poprawiony z wartości 3.3 do 4.3

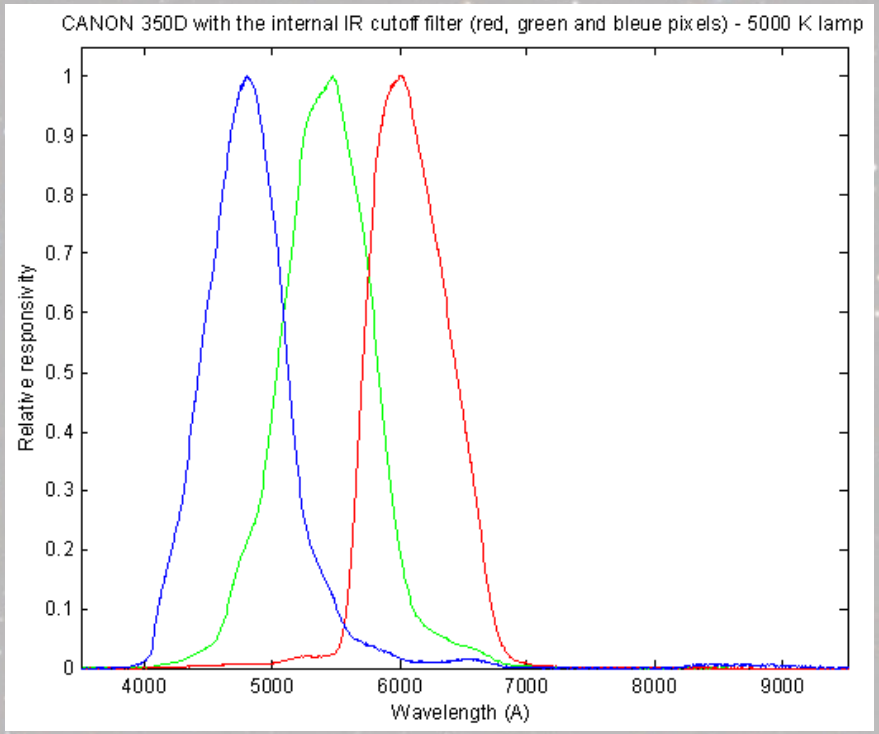
pojedyncza klatka ekspozycja 30s

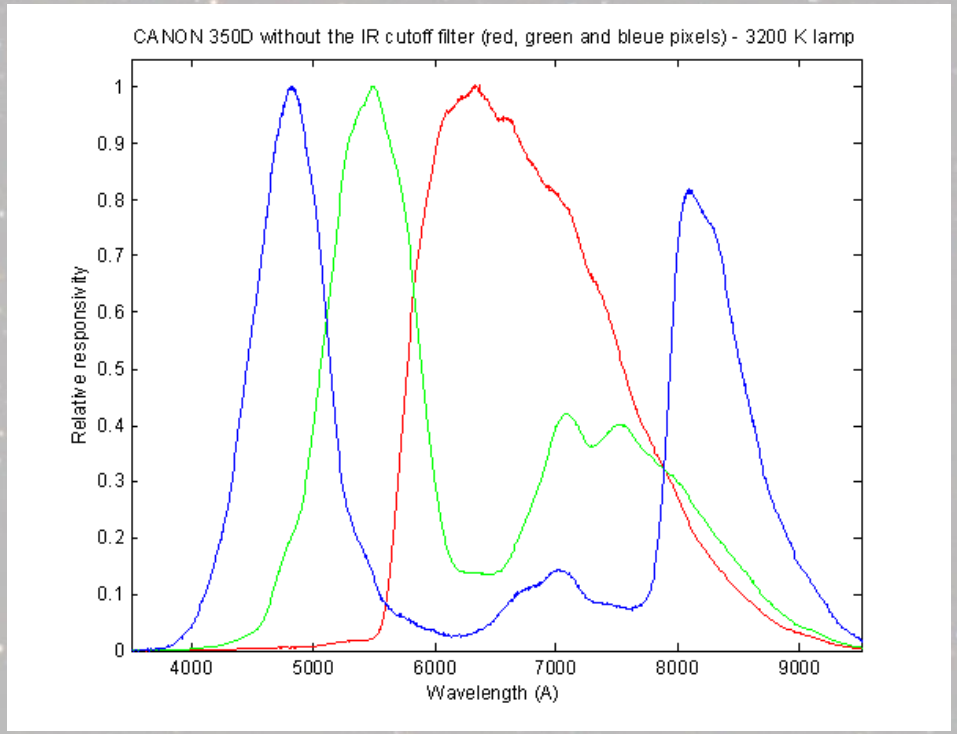
złożenie 20-tu klatek

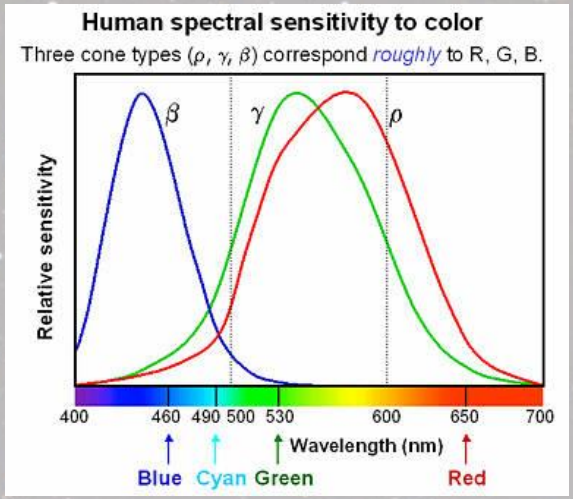
Składanie klatek



Krzywe czułości filtrów RGB







Aparat ma dawać obraz zbliżony do tego, który widzi oko – niestety, najpiękniejsze struktury na niebie świecą głównie w zakresie czerwonym, który aparat widzi słabo. Jeśli jednak umiemy sobie z tym poradzić…

Po co obrabiać (ale nie oszukiwać) zdjęcia cyfrowe?

Vicent Peris (OAUV), Jack Harvey (SSRO), Juan Conejero (PixInsight)

Po co obrabiać (ale nie oszukiwać) zdjęcia cyfrowe?

Tony Hallas

Część trzecia: astrofotografia

Drobne różnice

Czym różni się fotografowanie nocnego nieba od innych tematów fotograficznych:

- obiektywem jest teleskop (ale nie musi)
- statyw pozwala śledzić ruch sfery niebieskiej (ale nie musi)
- czas ekspozycji jest bardzo długi (ale nie musi)

Cel

Marco Burali, Tiziano Capecchi,
Marco Mancini (Osservatorio MTM)

Cel

niski budżet
najprostszy sprzęt
wyobraźnia

wysoki budżet
zaawansowany sprzęt
spora wiedza
masa wolnego czasu

Cel

Zrobić zdjęcie, w którym:

- niebo jest elementem kompozycji,
- duży fragment nieba jest tematem, obraz budujemy z obiektów na niebie
- pojedyncza struktura, obiekt jest głównym celem

Cel

Zrobić zdjęcie, w którym:

- niebo jest elementem kompozycji,
- duży fragment nieba jest tematem, obraz budujemy z obiektów na niebie
- pojedyncza struktura, obiekt jest głównym celem

Cel

Zrobić zdjęcie, w którym:

- niebo jest elementem kompozycji,
- duży fragment nieba jest tematem, obraz budujemy z obiektów na niebie
- pojedyncza struktura, obiekt jest głównym celem

Kroki do wykonania

- ustawienie statywu, zorientowanie montażu na gwiazdę polarną, teleskop
- połączenie aparatu z teleskopem (obiektywem),
- wyważenie całości
- zorientowanie montażu na gwiazdę polarną
- wstępne ustawienie ostrości,
- zgranie lunetki celowniczej z osią teleskopu,
- dokładne nastawienie ostrości
- zrobić jedno lub serię zdjęć, wykonać pliki kalibracyjne (flat, dark)
- gotową sekwencję opracować za pomocą dedykowanego oprogramowania

Ustawienie statywu

tuba optyczna:
umocowanie na głowicy (pewne i stabilne)
zamocowanie lunetki celowniczej
zamontowanie aparatu

montaż, głowica:
skręcić z trójnogiem
zamocowanie pokręteł mikroruchów i/lub silników
założenie przeciwwag

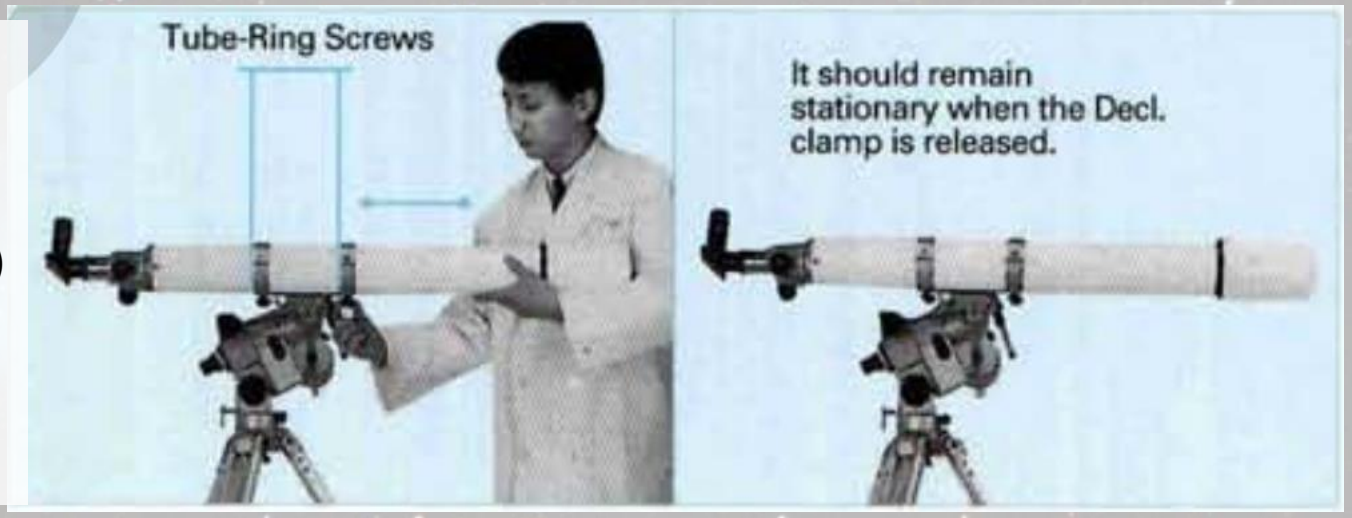
trójnóg, statyw:
ustawiony równo na podłożu (poziomica w montażu)
dobrze dokręcić śruby blokujące (ale z wyczuciem!)
zamocować podstawkę na akcesoria (usztywnienie)

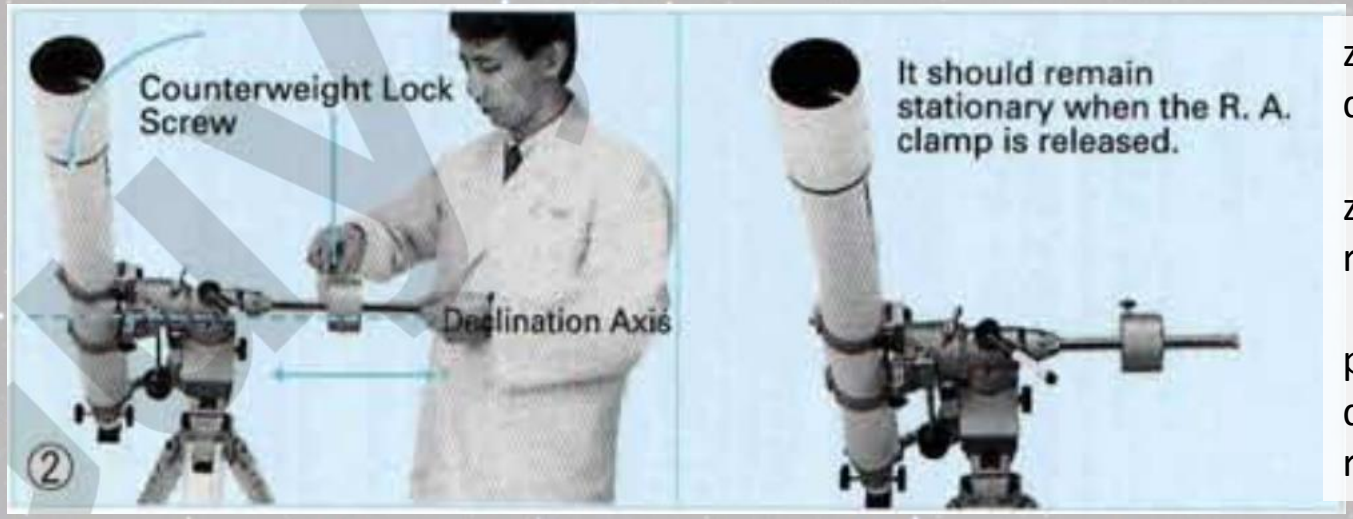
Wyważanie

zwolnić aretaż w osi deklinacji

poluzować obejmy na teleskopie (nie odkręcać!!!)

przesuwać tubę, aż do uzyskania położenia równowagi



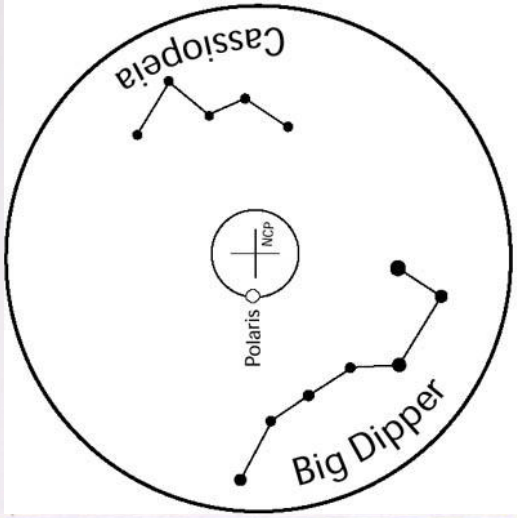


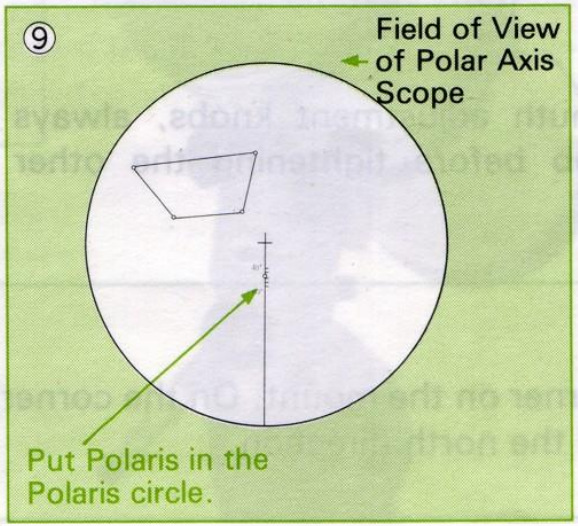
zacisnąć aretaż osi deklinacji

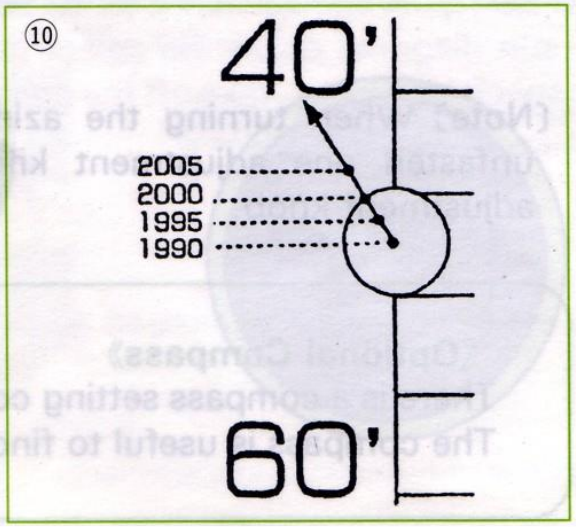
zwolnić aretaż w osi rektascensji

przesuwać przeciwwagi, aż do uzyskania położenia równowagi

Zorientowanie montażu na gwiazdę polarną





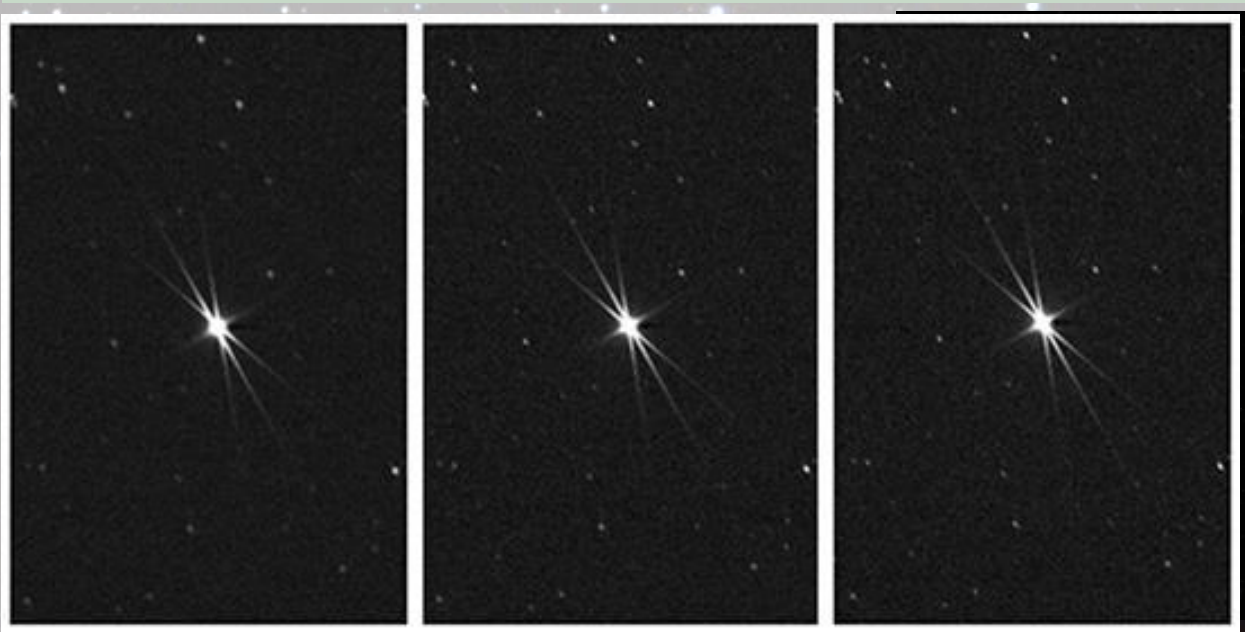


Zmieniając azymut i szerokość geograficzną montażu doprowadzamy Gwiazdę Polarną do właściwej pozycji w lunetce celowniczej.

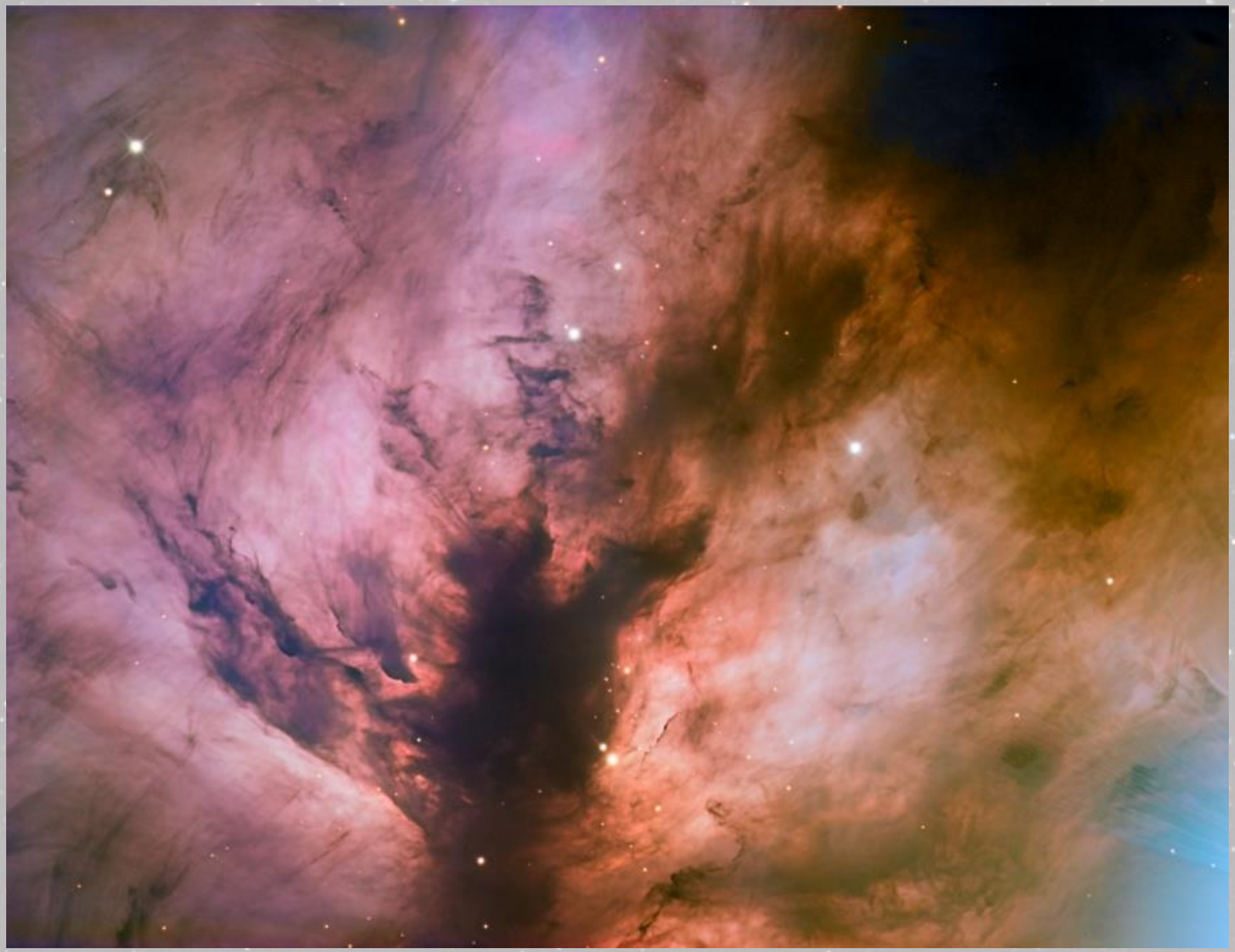
Wstępne ustawienie ostrości. Zgranie lunetki celowniczej z osią teleskopu.

Wybieramy jasny obiekt (Księżyc, Wenus, Jowisz, daleka latarnia albo okno, ewentualnie kolega z latarką, który odejdzie na kilkaset metrów)

Dokładne nastawienie ostrości



Po co obrabiać (ale nie oszukiwać) zdjęcia cyfrowe?



Adam Block, Mt. Lemmon SkyCenter

Część czwarta: oprogramowanie

Po co obrabiać (ale nie oszukiwać) zdjęcia cyfrowe?

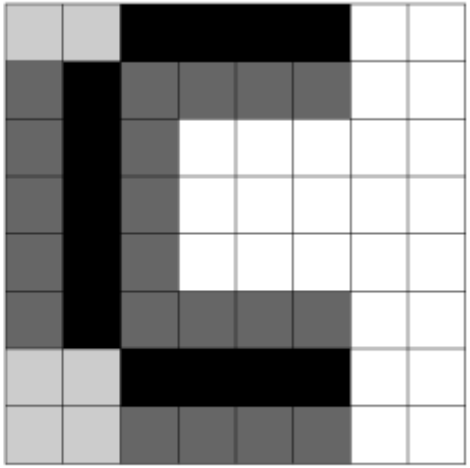
15 godzin ekspozycji
Własne obserwatorium zdalnie sterowane

Russel Croman (www.rc-astro.com)

Zdjęcie cyfrowe

100	100	0	0	0	0	255	255
50	0	50	50	50	50	255	255
50	0	50	255	255	255	255	255
50	0	50	255	255	255	255	255
50	0	50	255	255	255	255	255
50	0	50	50	50	50	255	255
100	100	0	0	0	0	255	255
100	100	50	50	50	50	255	255

(a)



(b)

zdjęcie cyfrowe jest po prostu zestawem liczb (współrzędne w macierzy, wartość sygnału, informacja o kolorze piksela)

liczby możemy dodawać, odejmować, mnożyć, dzielić, podnosić do potęgi itd.

z tego względu fotografie cyfrowe można poprawiać (ale nie w photoshopie) poprzez usuwanie efektów związanych z działaniem elektroniki, wad optycznych układu optycznego, poprawianie wartości sygnału do szumu itd..

Fotografia cyfrowa: metody poprawy jakości obrazu

Usunięcie efektów detektora:

- BIAS
- Dark

…i układu optycznego:

- flatfield

oraz wykorzystanie zapisu w postaci cyfrowej:

- składanie (stacking)

BIAS

obiektyw zamknięty

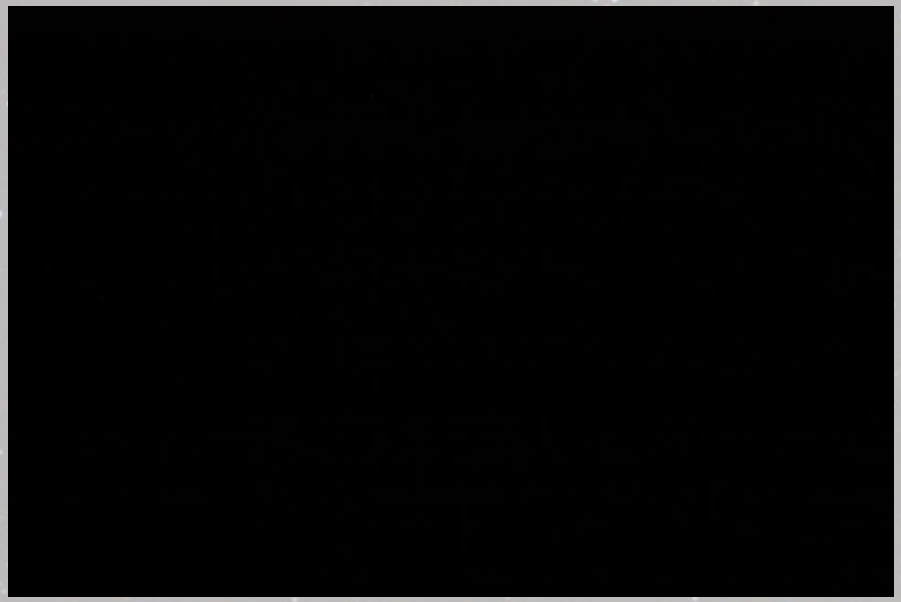
wykonany w dowolnym momencie

czas ekspozycji maksymalnie krótki

jest odejmowany od oryginalnego zdjęcia

w amatorskiej astrofotografii jest praktycznie niezauważalny

Dark



wykonanie obrazu typu Darkframe:

obiektyw zamknięty

wykonany bezpośrednio po lub przed danym zdjęciem

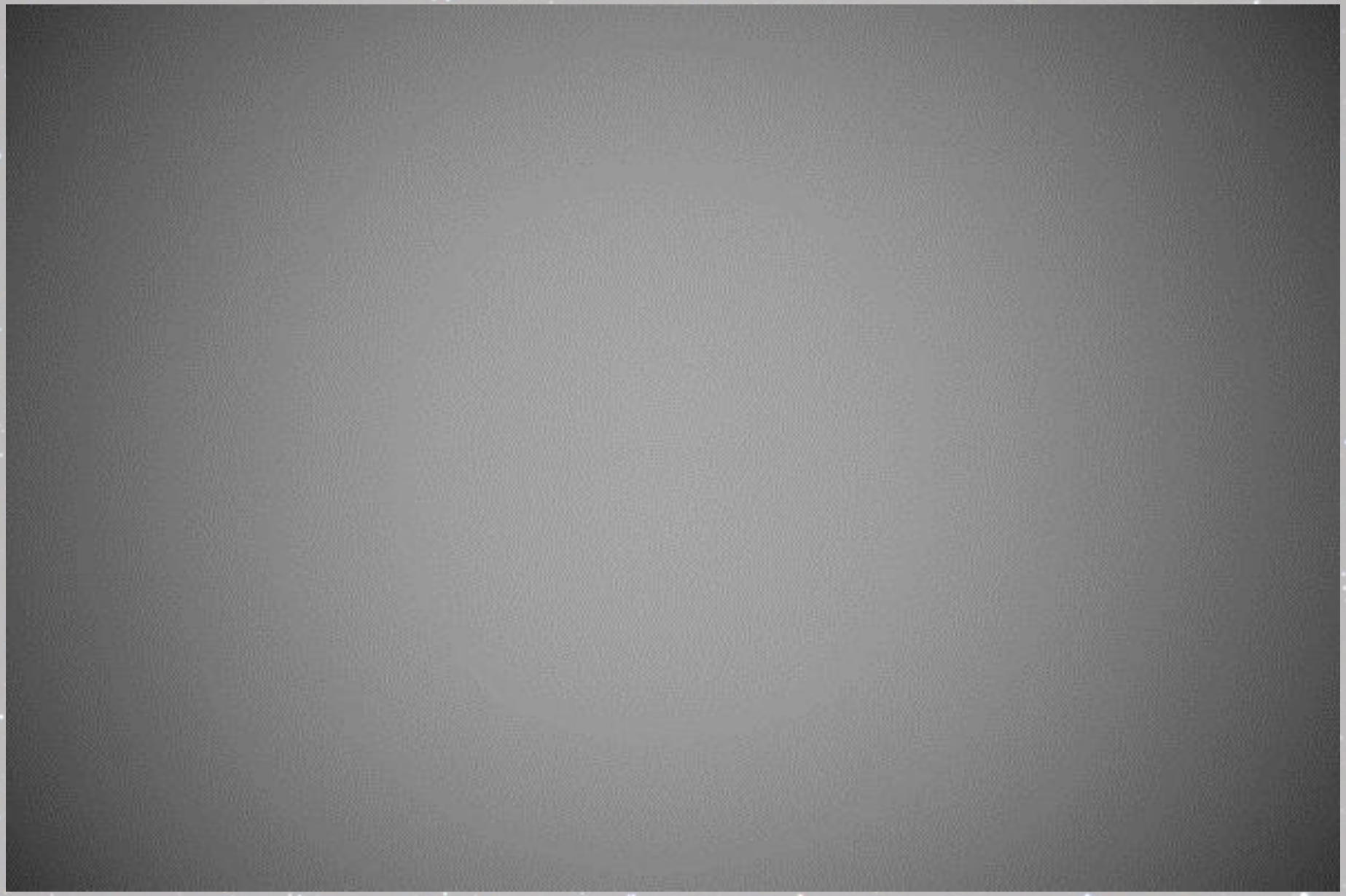
czas ekspozycji równy czasowi z jakim było otrzymane właściwe zdjęcie (niekoniecznie)

jest odejmowany od oryginalnego zdjęcia

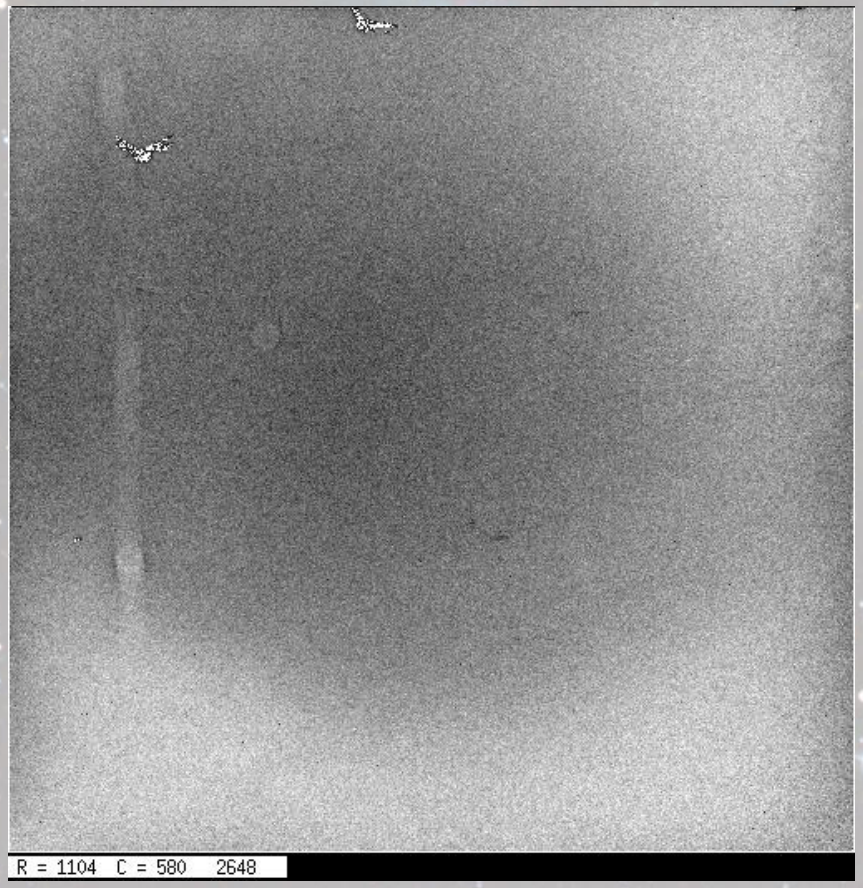
Wynik: usunięcie/minimalizowanie szumu, usunięcie gorących i zimnych pikseli

Gorące i zimne piksele

Winietowanie



Flatfield



wykonanie obrazu typu flatfield:

obiektyw otwarty i skierowany na jednorodnie oświetloną powierzchnię

wykonany w dowolnym momencie (ale nie pół roku później)

czas ekspozycji dobrany tak aby klatka była dobrze naświetlona ale nie prześwietlona

oryginalne zdjęcie jest dzielone przez obraz typu flatfield

w przypadku obiektywów o bardzo szerokim polu widzenia wykonanie obrazu typu flatfield jest trudne

Składanie klatek

1	3	10	2	2
1	3	10	2	2
1	3	10	1	1

3	3	10	1	2
2	1	10	2	1
3	1	10	1	3

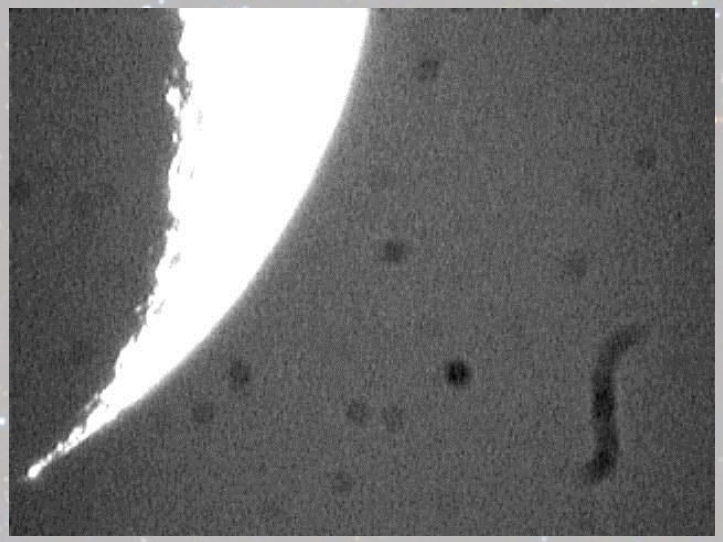
11	14	60	9	11

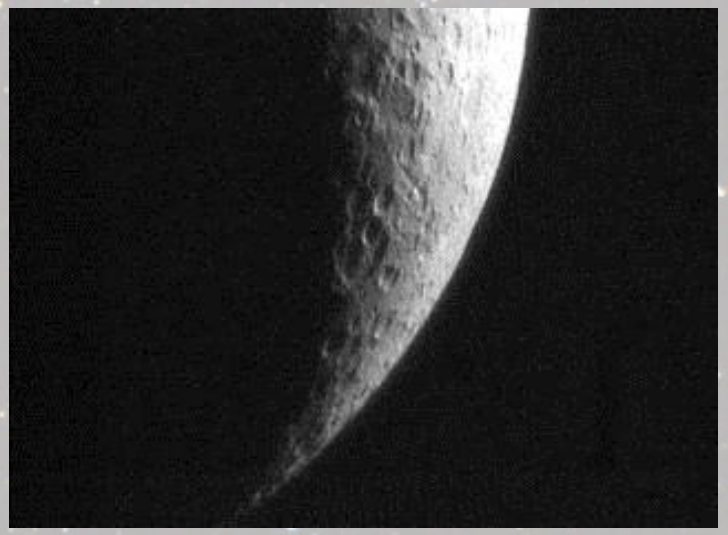
Przykład: Złożenie 6 „klatek”. Stosunek sygnału do szumu został poprawiony z wartości 3.3 do 4.3

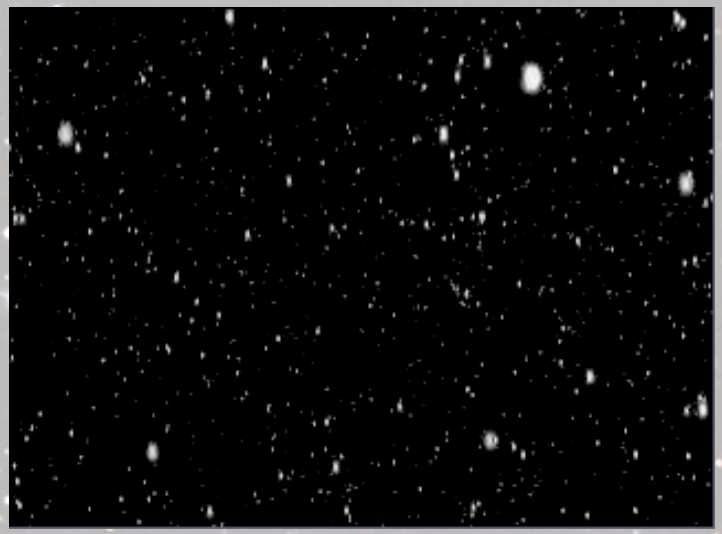
pojedyncza klatka ekspozycja 30s

złożenie 20-tu klatek

Redukcja obserwacji







Format pliku

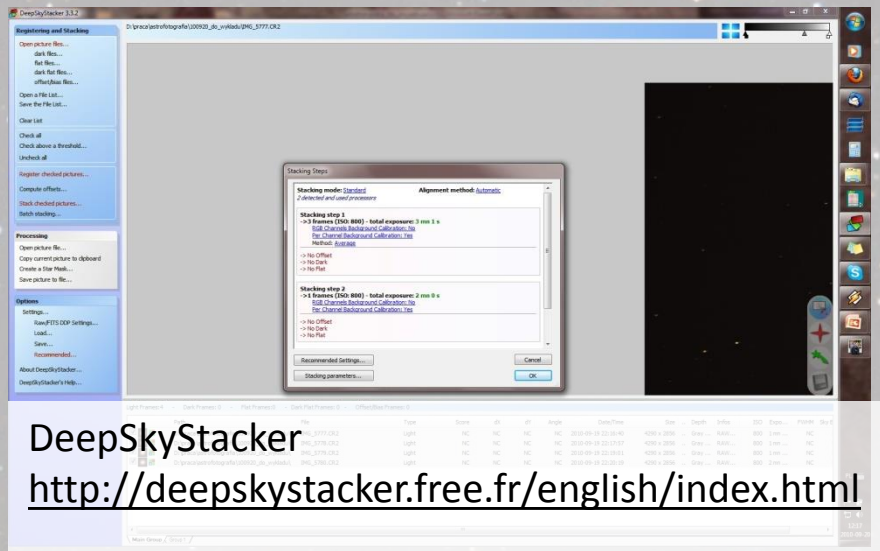
-**JPEG, TIFF i inne:**

- **kompresja, która komplikuje zaawansowane metody obróbki**
- **jednak nie dyskwalifikują fotografowania nieba**

RAW (ew. FITS):

- **podstawowy i jedyny format przydatny dla astrofotografii zaawansowanej**
- **cyfrowy odpowiednik negatywu**
- **brak kompresji**

Oprogramowanie

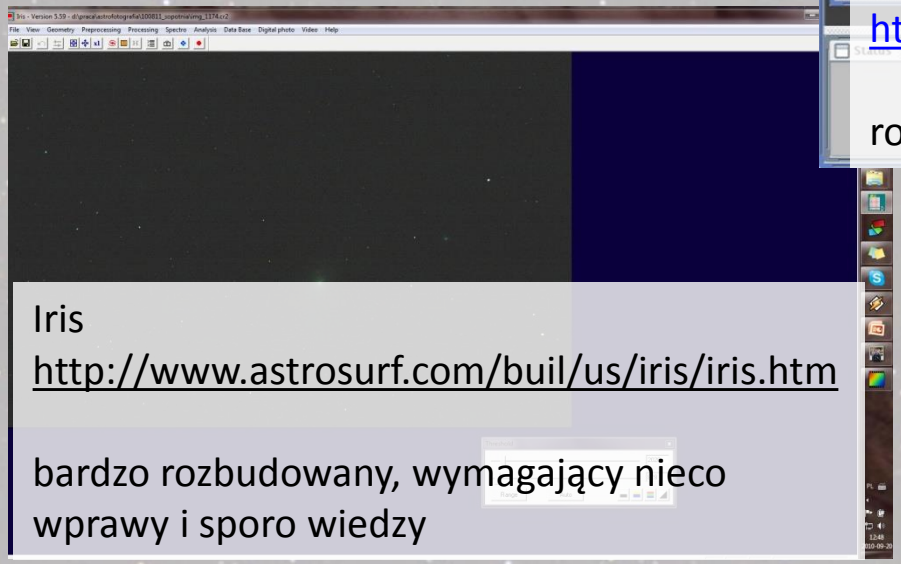


DeepSkyStacker
http://deepskystacker.free.fr/english/index.html

elementarnie prosty w obsłudze

Regim
http://www.andreasroerig.de/index_e.htm

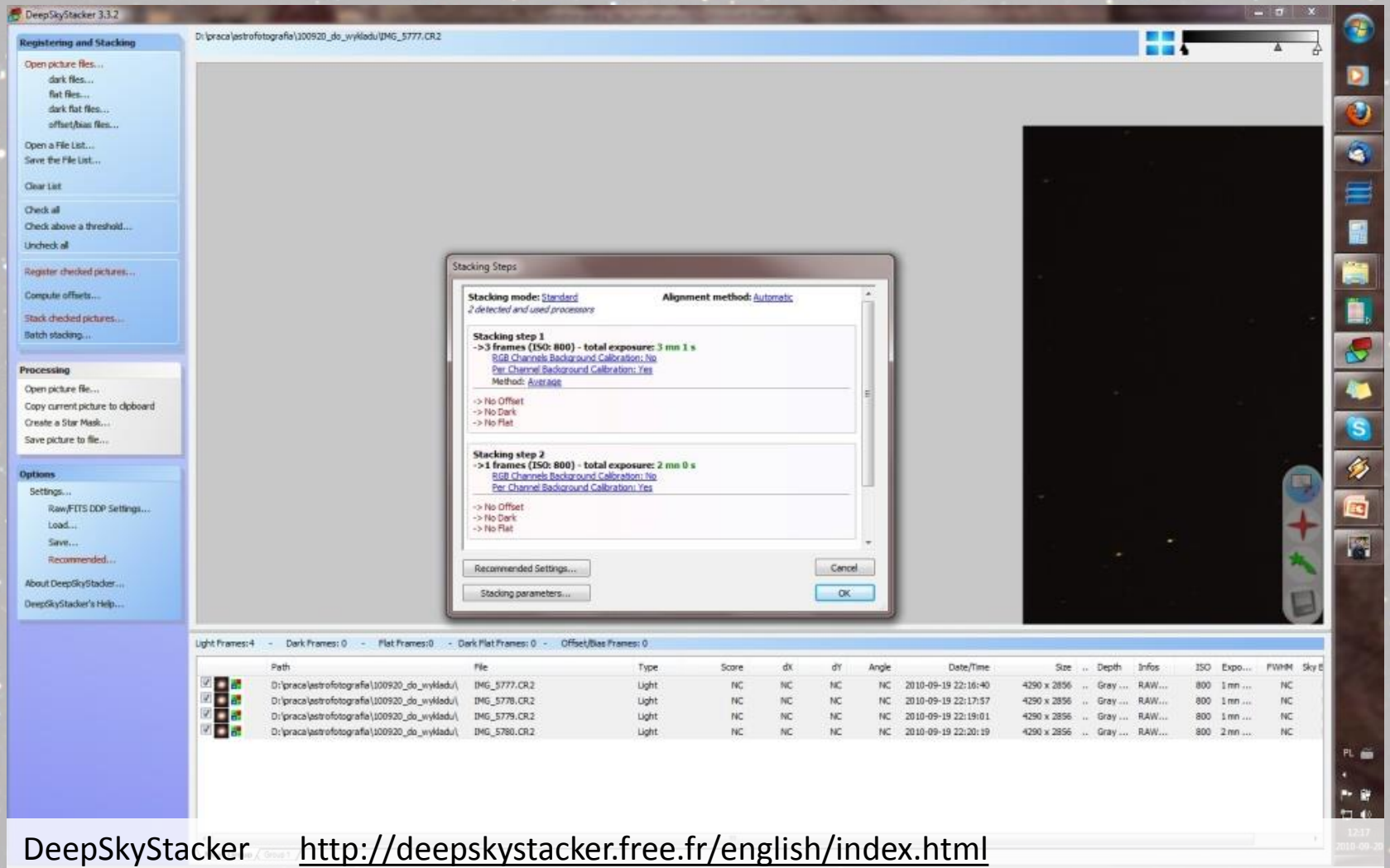
rozbudowany, a jednocześnie przyjazny



Iris
http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm

bardzo rozbudowany, wymagający nieco wprawy i sporo wiedzy

Oprogramowanie



DeepSkyStacker http://deepskystacker.free.fr/english/index.html

elementarnie prosty w obsłudze

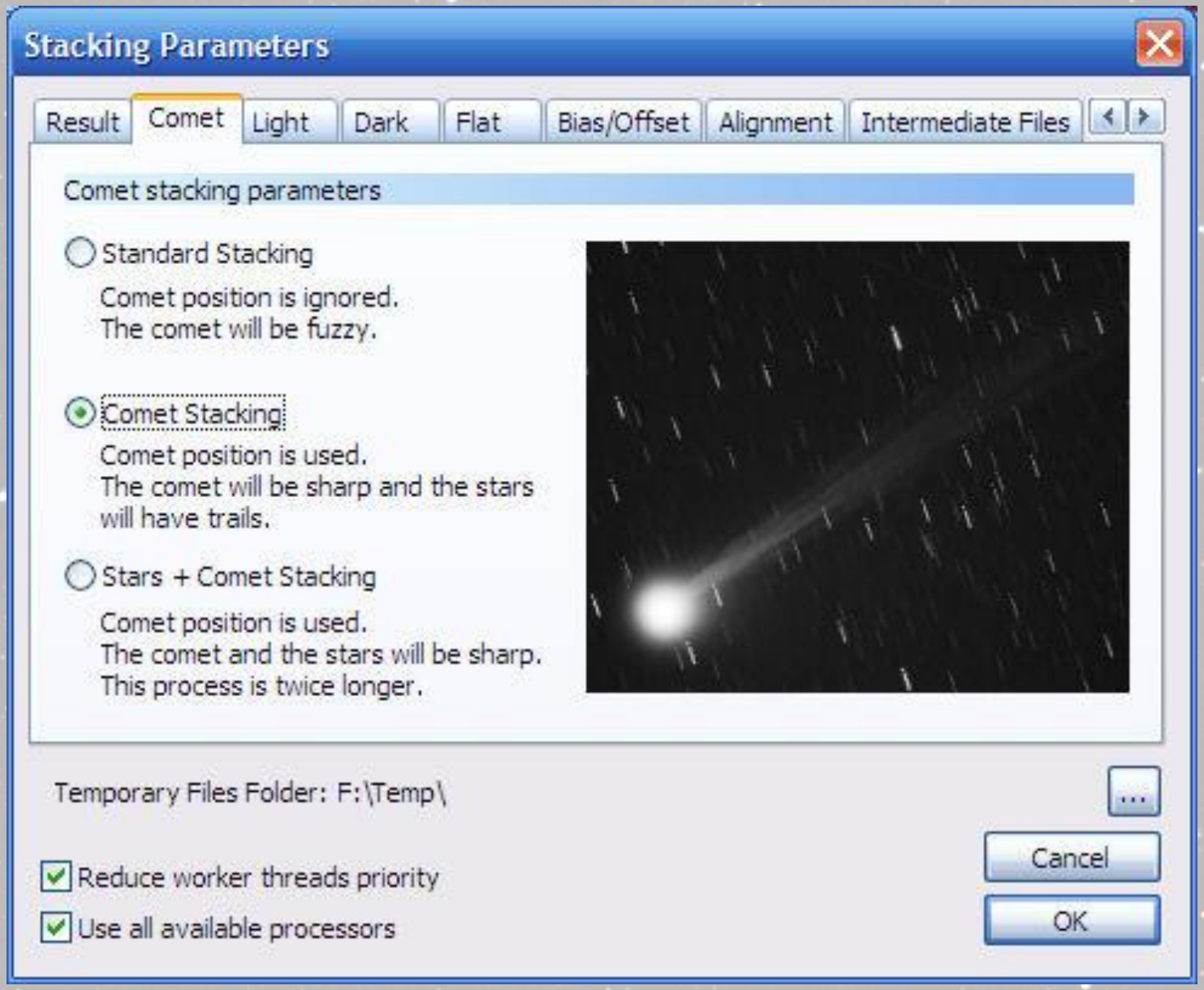
Deep Sky Stacker

Deep Sky Stacker

Składanie „kometarne”

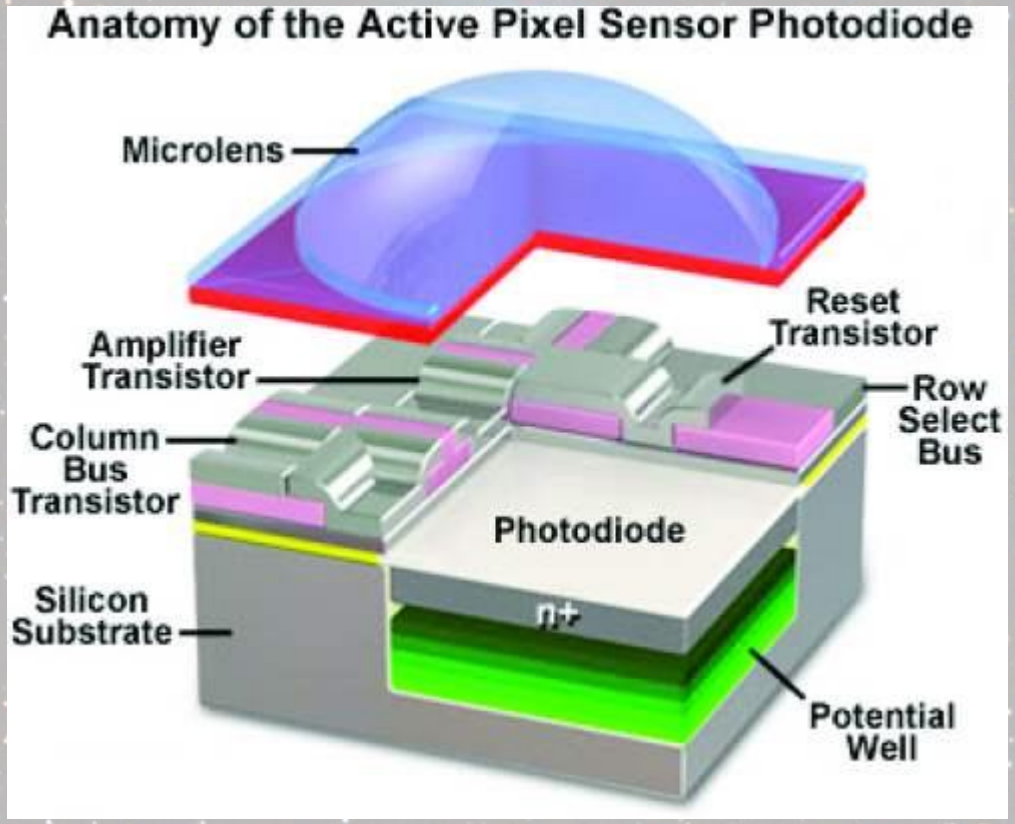
http://deepskystacker.free.fr/english/technical.htm#cometstacking

Składanie „kometarne”



http://deepskystacker.free.fr/english/technical.htm#cometstacking

Szum



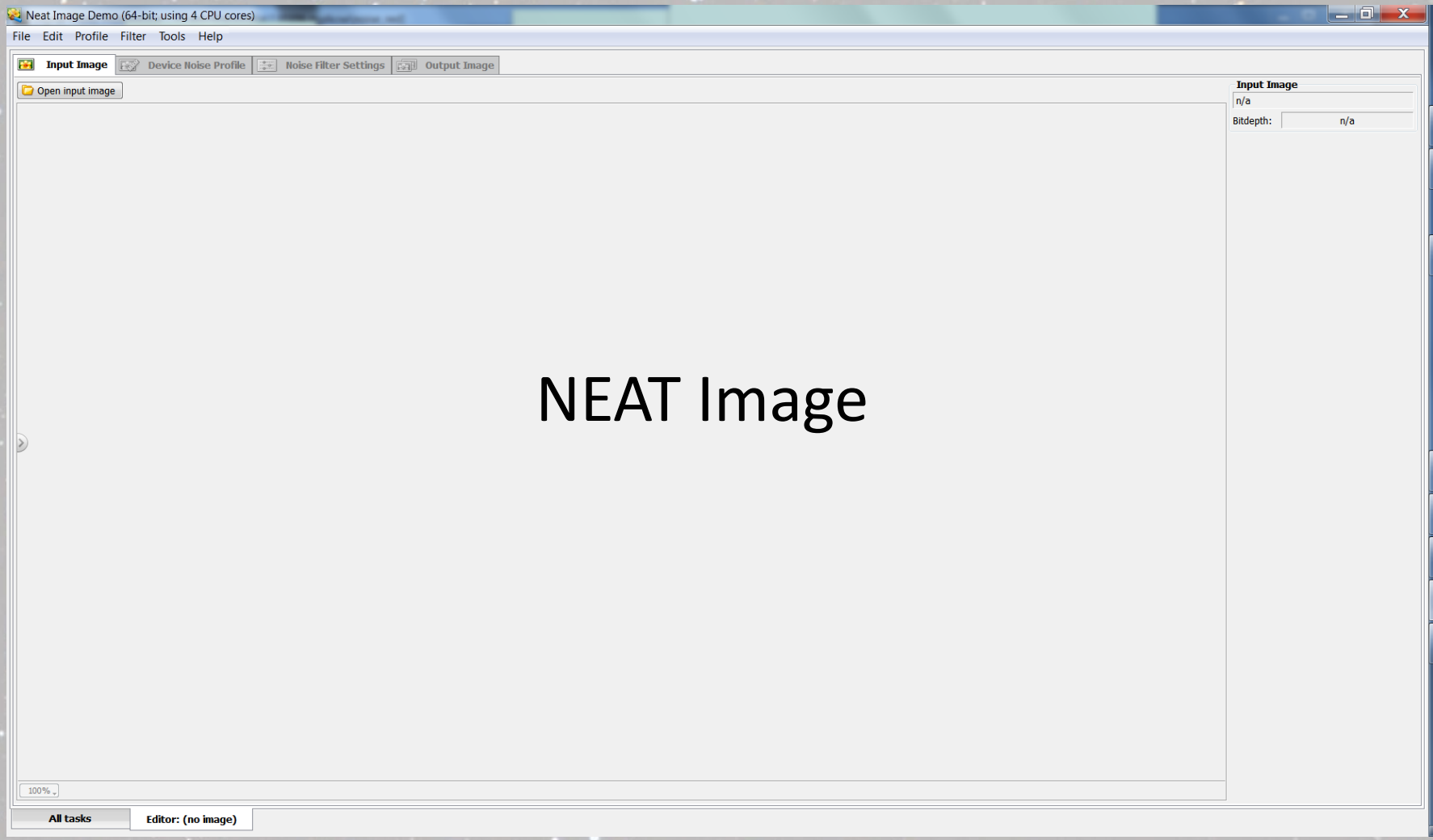
Mierzony sygnał (prąd) jest bardzo mały i wymaga wzmocnienia.

W każdym układzie elektronicznym jest pewna część elektronów, które nie są wybite przez fotony.

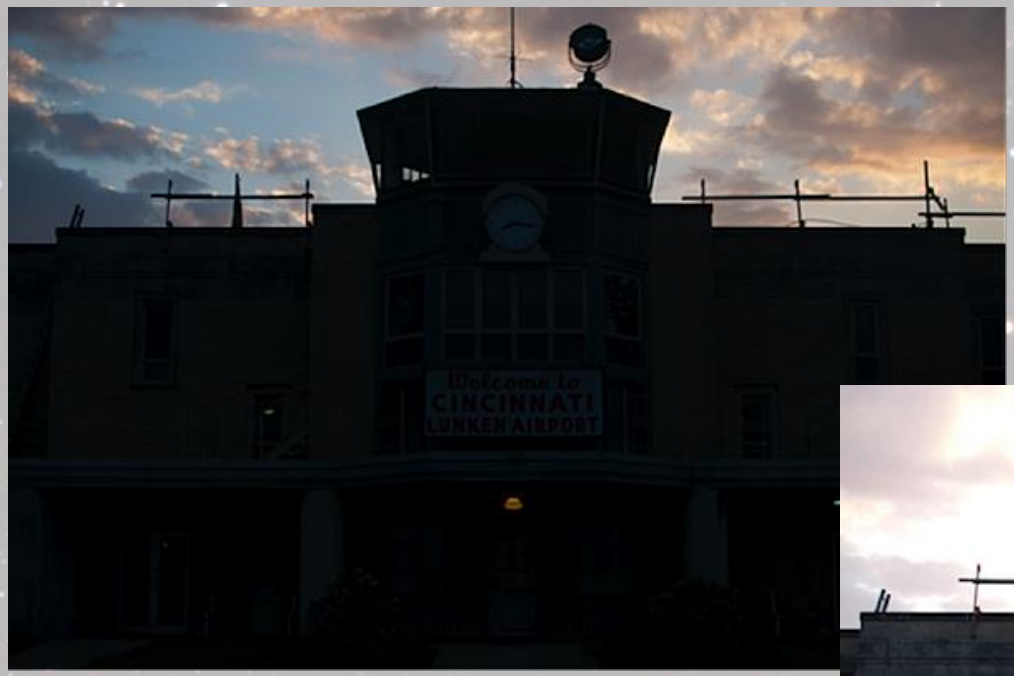
One też są wzmacniane.

Ich liczba w każdym pikselu jest przypadkowa. Widać to przy tzw. dużych wartościach ISO (dużych wartościach wzmocnienia).

Szum


Neat Image Demo (64-bit; using 4 CPU cores)
File Edit Profile Filter Tools Help
Input Image
Device Noise Profile
Noise Filter Settings
Output Image
Open input image
Input Image
n/a
Bitdepth:
n/a
NEAT Image
100%
All tasks
Editor: (no image)
PL
22:57

High Dynamic Range (HDR)

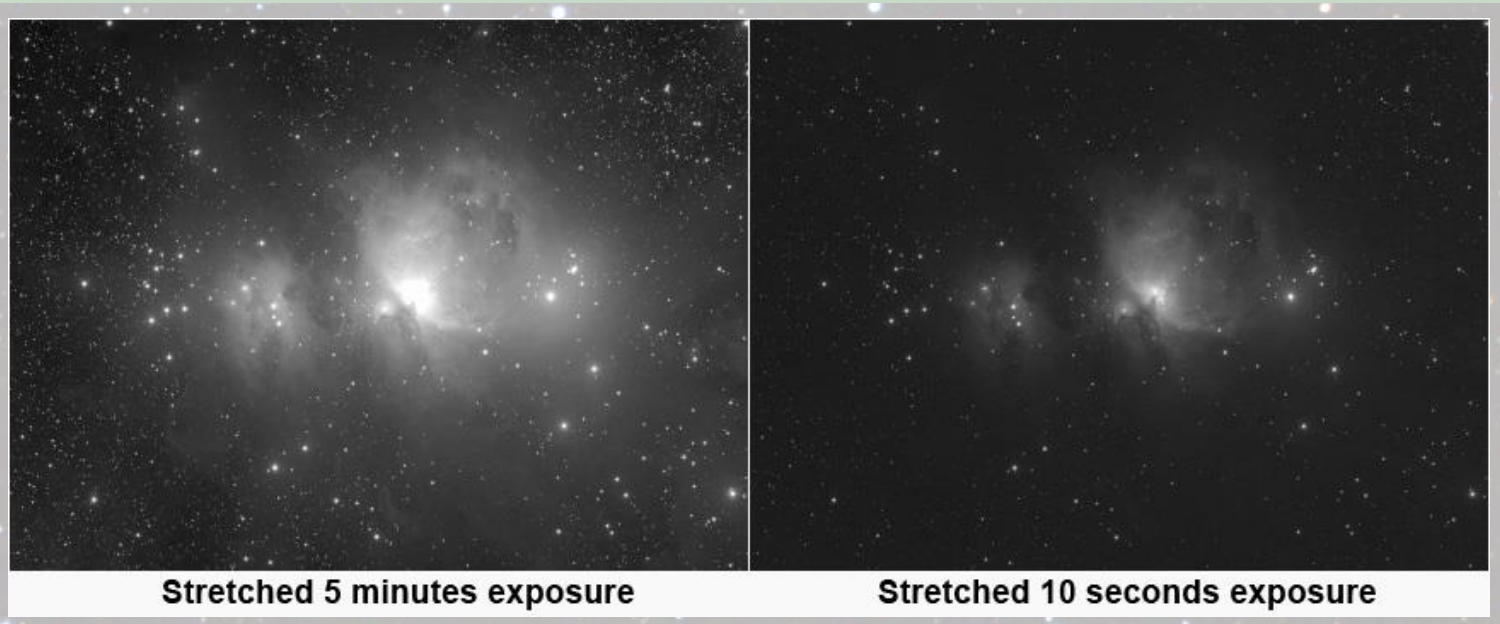


http://digital-photography-school.com/how-to-hdr-photography

HDR

http://digital-photography-school.com/how-to-hdr-photography

HDR



http://www.deepskycolors.com/archivo/2011/01/16/hdr-Composition-for-astronomical-image.html

HDR

http://www.deepskycolors.com/archivo/2011/01/16/hdr-Composition-for-astronomical-image.html

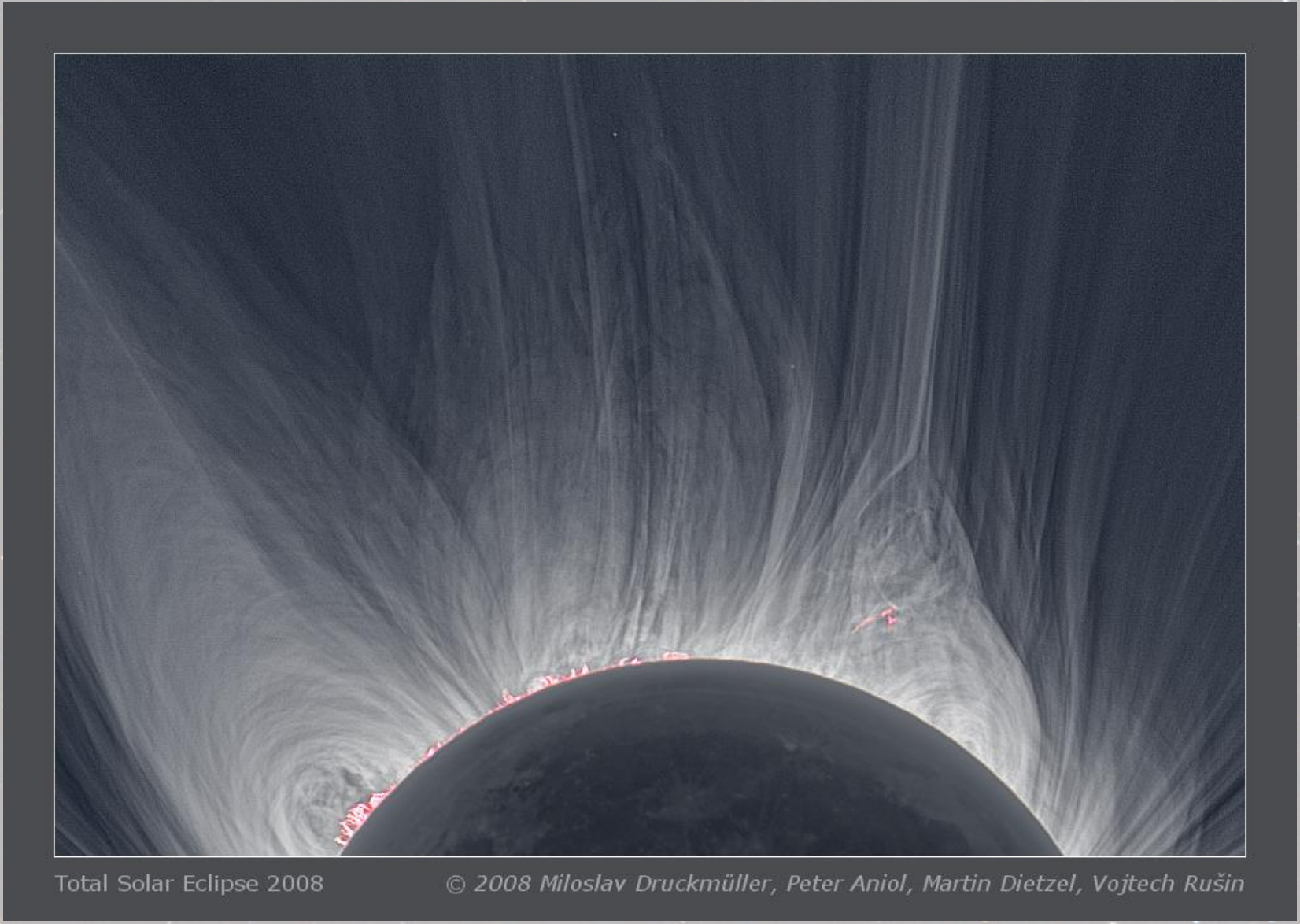
HDR

Robiąc sekwencję zdjęć mamy do dyspozycji jakąś pojedynczą klatkę – trzeba „wywołać” ją osobno.

Pozostałe składamy uzyskując długą ekspozycję.

Obie klatki składamy w HDR dowolną metodą.

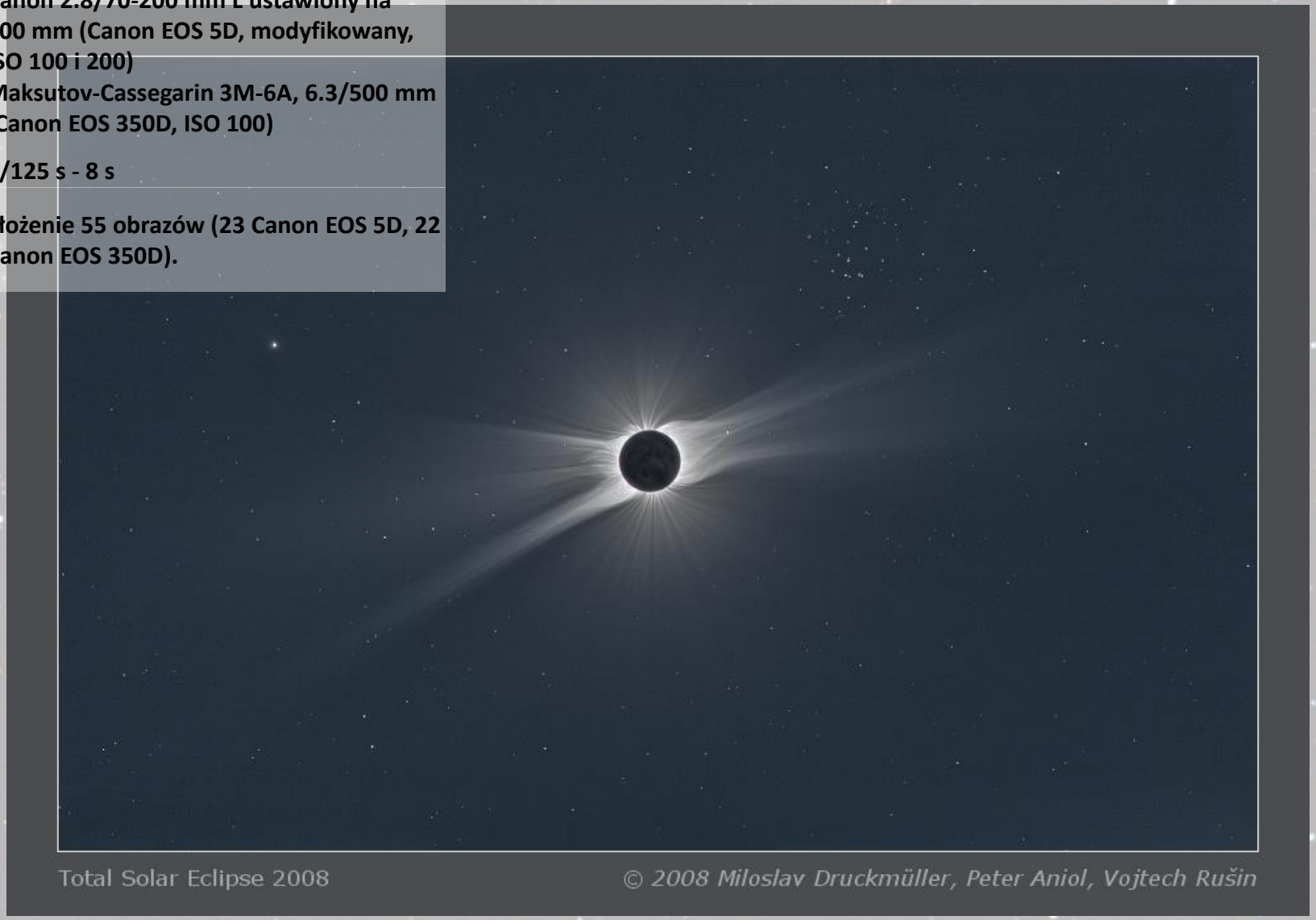
HDR ekstremalnie



Miloslav Druckmüller (www.zam.fme.vutbr.cz/~druck)

HDR ekstremalnie

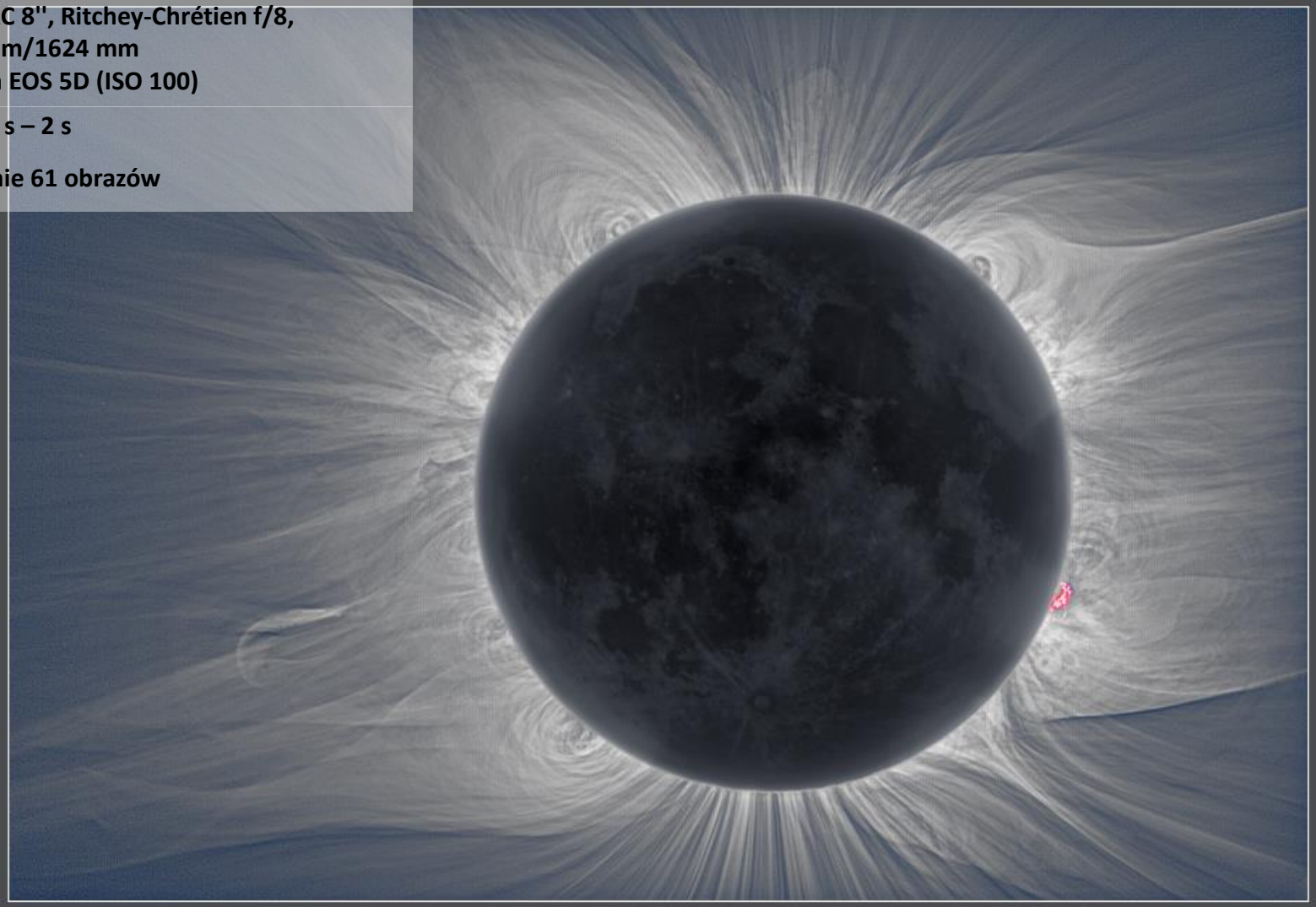
Miejsce	**Mongolia, Bor Udzuur**
Instrumenty	**Canon 2.8/70-200 mm L ustawiony na 200 mm (Canon EOS 5D, modyfikowany, ISO 100 i 200)** **Maksutov-Cassegarin 3M-6A, 6.3/500 mm (Canon EOS 350D, ISO 100)**
Ekspozycja	**1/125 s - 8 s**
Obróbka	**Złożenie 55 obrazów (23 Canon EOS 5D, 22 Canon EOS 350D).**



Miloslav Druckmüller (www.zam.fme.vutbr.cz/~druck)

HDR ekstremalnie

Miejsce	**Atol Tatakoto, Polinezja Francuska**
Instrumenty	**GSO RC 8'', Ritchey-Chrétien f/8, 203 mm/1624 mm Canon EOS 5D (ISO 100)**
Ekspozycja	**1/125 s – 2 s**
Obróbka	**Złożenie 61 obrazów**



Miloslav Druckmüller (www.zam.fme.vutbr.cz/~druck)

Registax

Trzeba także podglądać innych

Dominik Woś www.astrophotography.pl
Jerry Lodriguss www.astropix.com
Russell Croman www.rc-astro.com
http://en.wikipedia.org/wiki/Isaac_Roberts
http://en.wikipedia.org/wiki/Max_Wolf
http://en.wikipedia.org/wiki/Edward_Emerson_Barnard
David Malin http://www.davidmalin.com/
Anthony Ayiomamitis http://www.perseus.gr/
TONY AND DAPHNE HALLAS http://www.astrophoto.com/
Johannes Schedler http://panther-observatory.com/
Matt BenDaniel (analogowa) http://starmatt.com/
Michał Kałużny http://www.astrofotografia.pl/
Piotr Sadowski www.astrofotografia.com.pl
Terje Sorgjerd
Robert Gendler http://www.robgendlerastropics.com/
Rogelio Bernal Andreo http://blog.deepskycolors.com/
Bob and Janice Fera http://www.feraphotography.com/
Philip Perkins http://www.astrocruise.com/
Neil Fleming www.flemingastrophotography.com
Jason Ware www.galaxyphoto.com
Peter Kennett (analogowa) www.petesastrophotography.com
Bill Snyder billsnyderastrophotography.com
Todd Gross http://www.toddgross.blogs.com/astrophotography/
Jon Christensen http://christensenastroimages.com/
Steve Mazlin http://www.fourthdimensionastroimaging.com/
Emil Kraaikamp http://www.astrokraai.nl/
Garth Buckles http://www.widefieldastrophotography.com/