



<http://bazyluk.net/dydaktyka>



Wydział
Informatyki

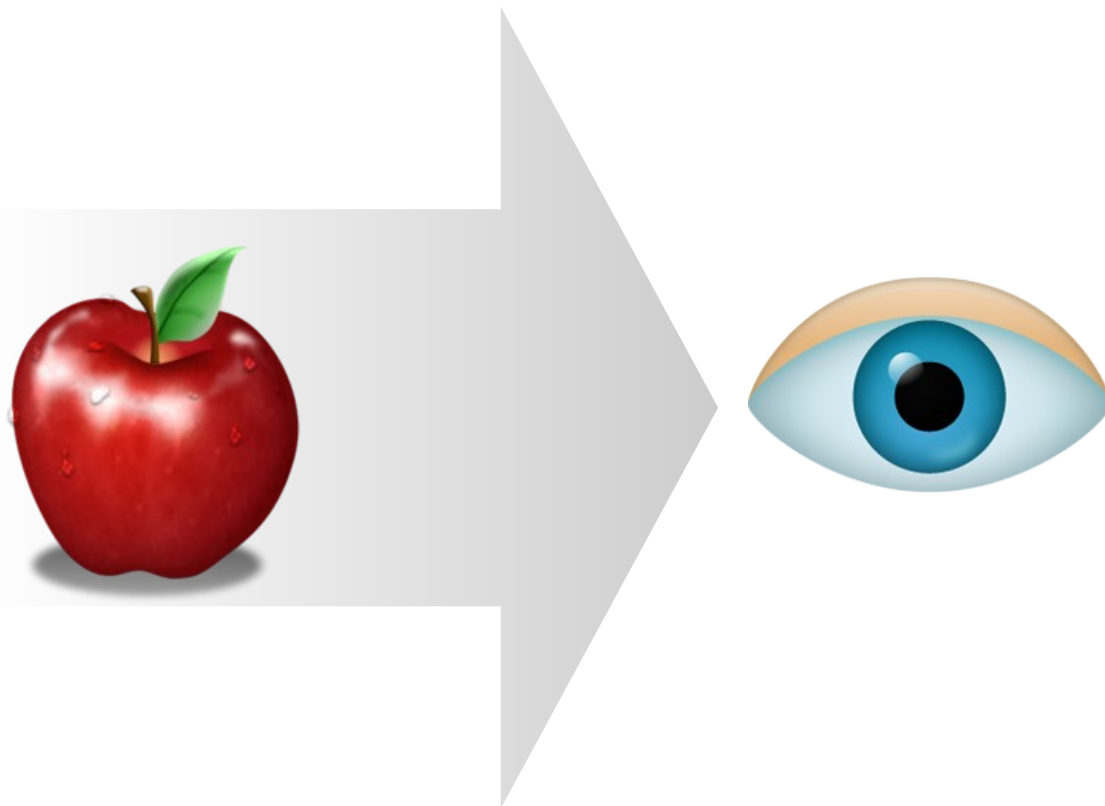
Bartosz Bazyluk

Obrazowanie HDR

Fotografia. Powstawanie i wyświetlanie obrazów HDR.

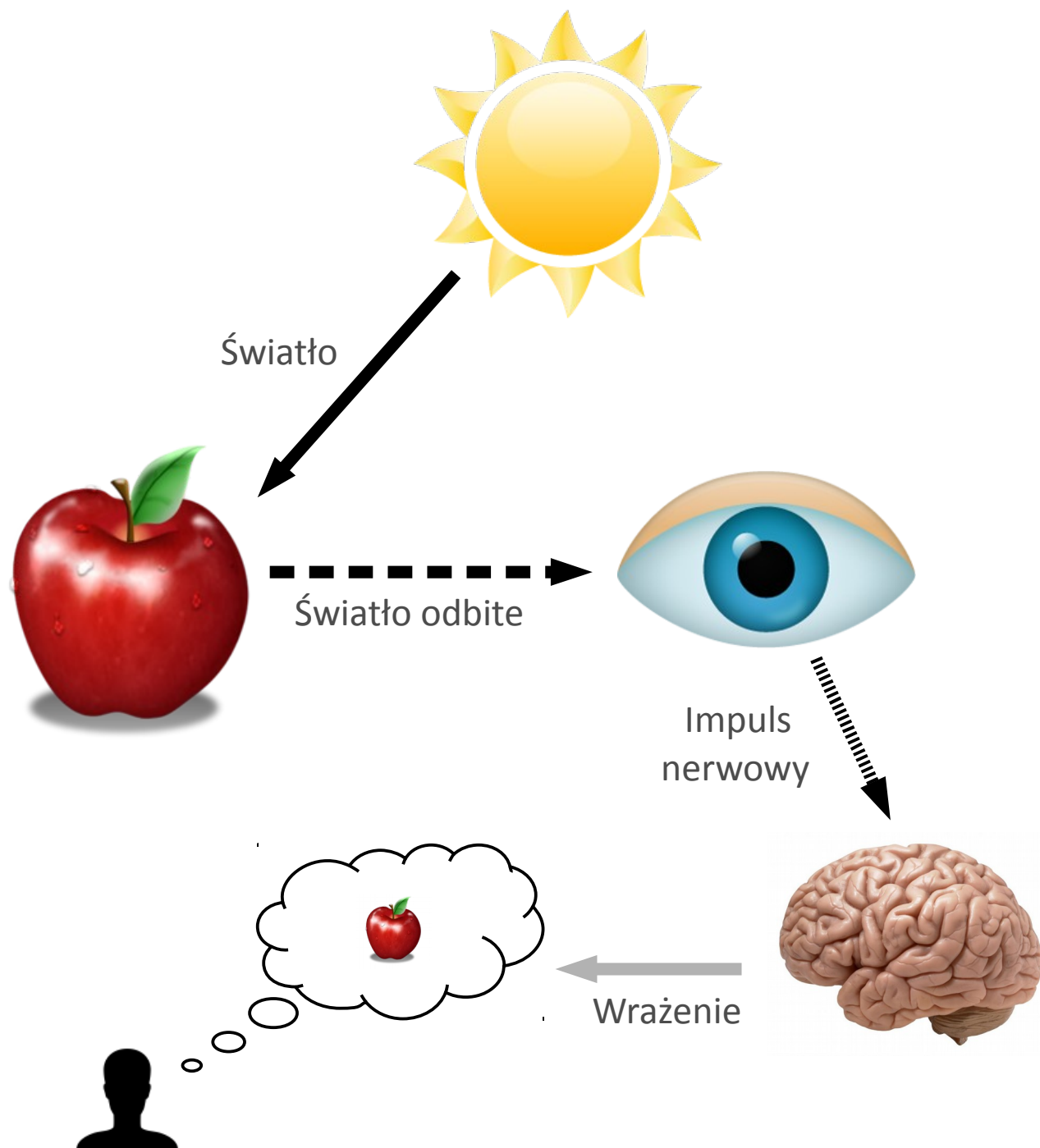
Grafika Komputerowa i Wizualizacja, Informatyka S1, II Rok

Postrzeganie obrazu

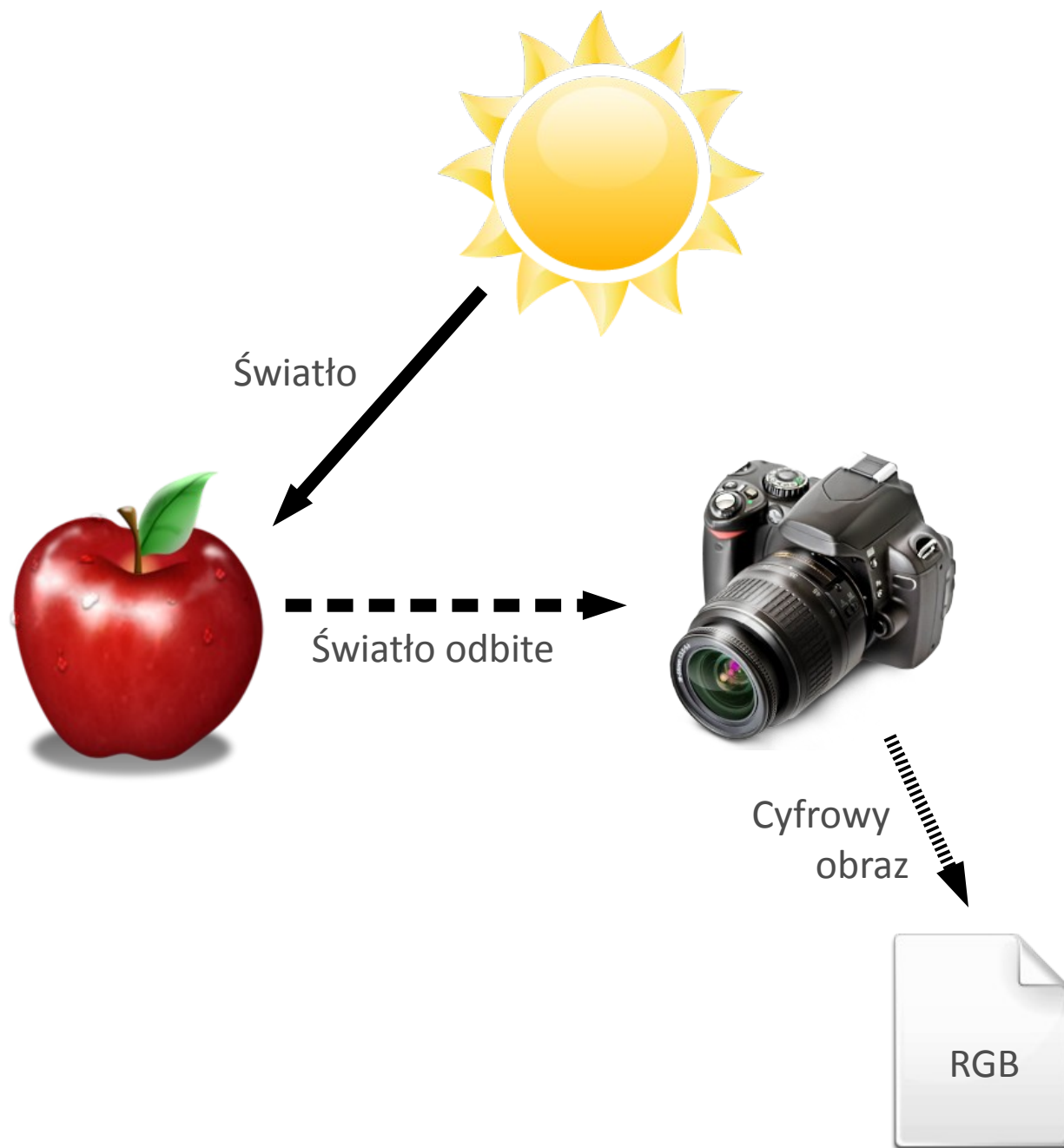


Jak to się dzieje, że **widzimy** jakiś obiekt?

Postrzeganie obrazu



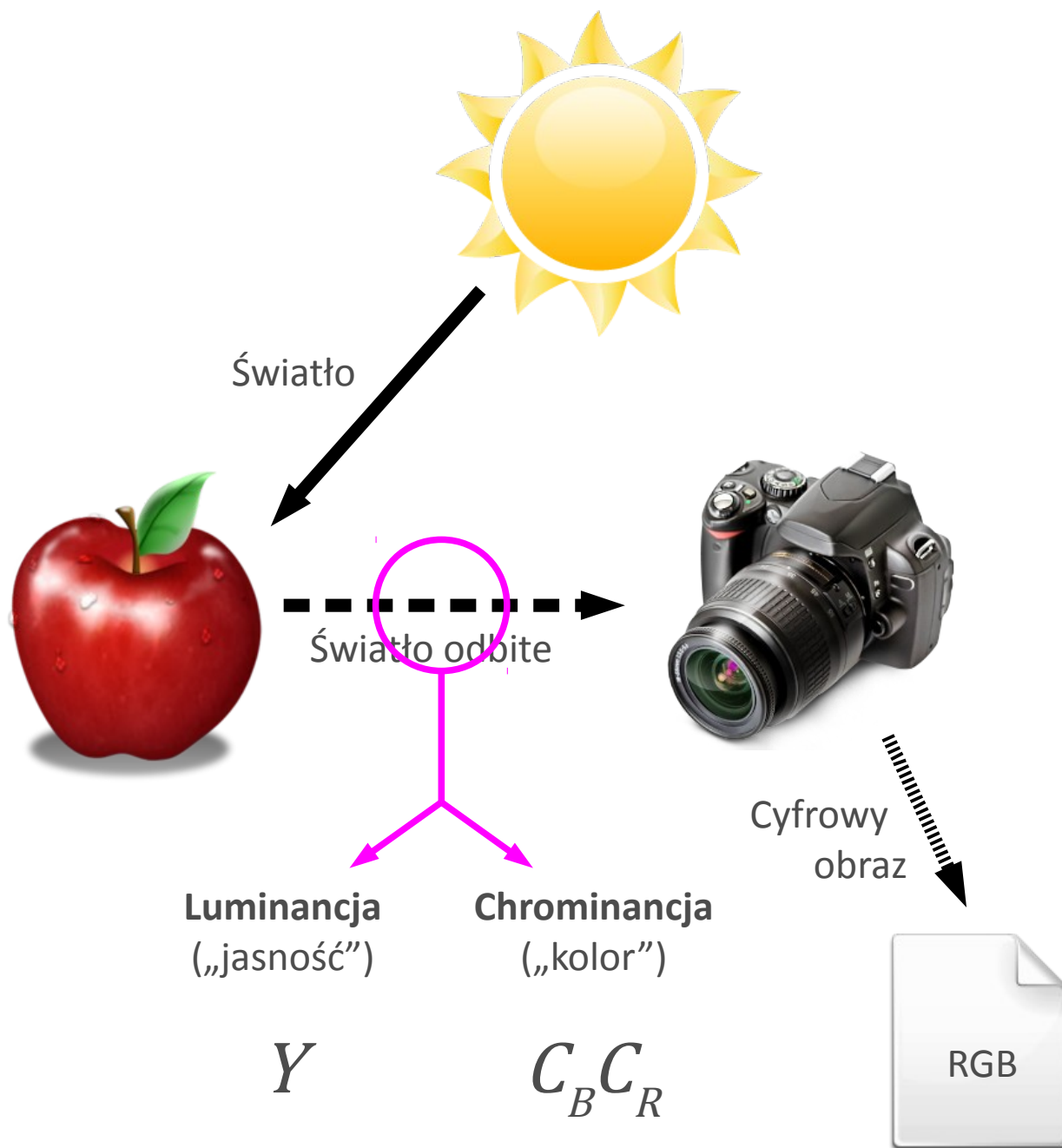
Postrzeganie obrazu



Postrzeganie obrazu

Elementy światłoczułe matrycy aparatu fotograficznego najczęściej dzielą się na czułe na zakresy fal R , G i B , tym samym od razu dostarczając informacji o obrazie w postaci tych trzech kanałów.

Na potrzeby ukazania problemu dynamiki luminancji przyjrzyjmy się jednak światłu docierającemu do aparatu w oparciu o model $YC_B C_R$.



Luminancja

- Wielkość **fotometryczna**
- Opisuje **natężenie oświetlenia** (*światłość*) padającego, odbitego lub emitowanego **na jednostkę powierzchni**
 - W przypadku fotografii, dla każdego piksela będzie to natężenie światła odbitego przez taki fragment powierzchni obiektu, który odpowiada jednemu pikselowi zdjęcia.
- **Jednostką** układu *SI* jest **cd/m^2** (*kandela na metr kwadrat*)
- Dla modelu barw **sRGB** można wyliczyć **względną luminancję piksela** korzystając ze wzoru:

$$Y = 0.2126 R + 0.7152 G + 0.0722 B$$

- Gdzie R , G , B są wartościami poszczególnych kanałów
- Aby uzyskać wartości fotometryczne, wartości pikseli muszą być skalibrowane, co bardzo rzadko się zdarza
 - dlatego mówimy o *względnych* wartościach

Luminancja

- Poziomy luminancji naturalnych scen [cd/m^2]:



- Światło słoneczne w bezchmurny dzień: $10^5 \text{ cd}/\text{m}^2$
- Sztuczne oświetlenie wewnątrz: $10^2 \text{ cd}/\text{m}^2$
- Wyświetlacze LCD, CRT: $10^2 \text{ cd}/\text{m}^2$
- Światło księżyca: $10^{-3} \text{ cd}/\text{m}^2$
- Światło gwiazd: $10^{-4} \text{ cd}/\text{m}^2$
- Obszerniejsze zestawienie:
 - [http://en.wikipedia.org/wiki/Orders_of_magnitude_\(luminance\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Orders_of_magnitude_(luminance))

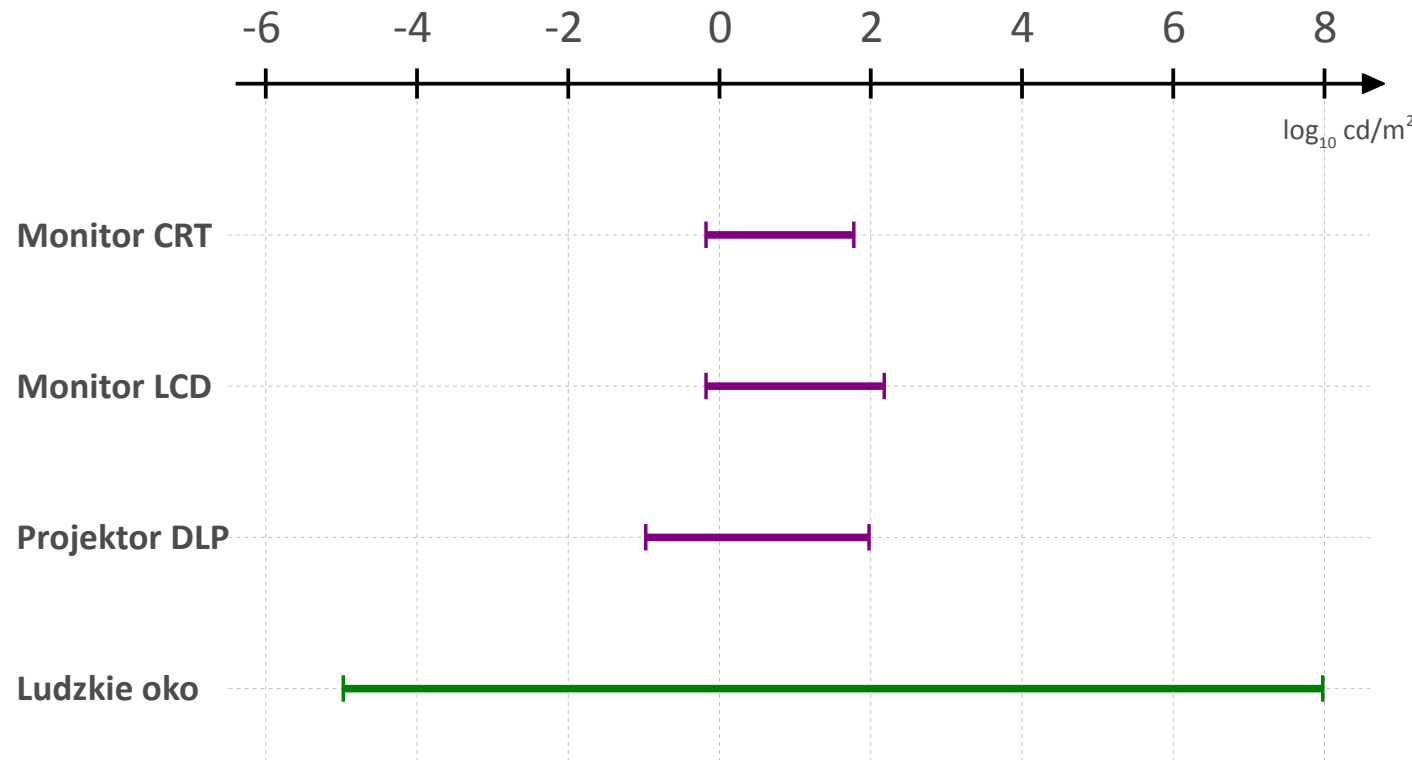
Źródło obrazu:
Irwin Scollar '07

Luminancja

Zakres dynamiki to stosunek
najwyższej wartości
osiąganej luminancji do
najniższej.

Zakres dynamiki luminancji
ludzkiego oka znacząco
przewyższa zakres dynamiki
luminancji wyświetlaczy.

- Poziomy luminancji generowane przez urządzenia
względem zdolności odbiorczej oka:

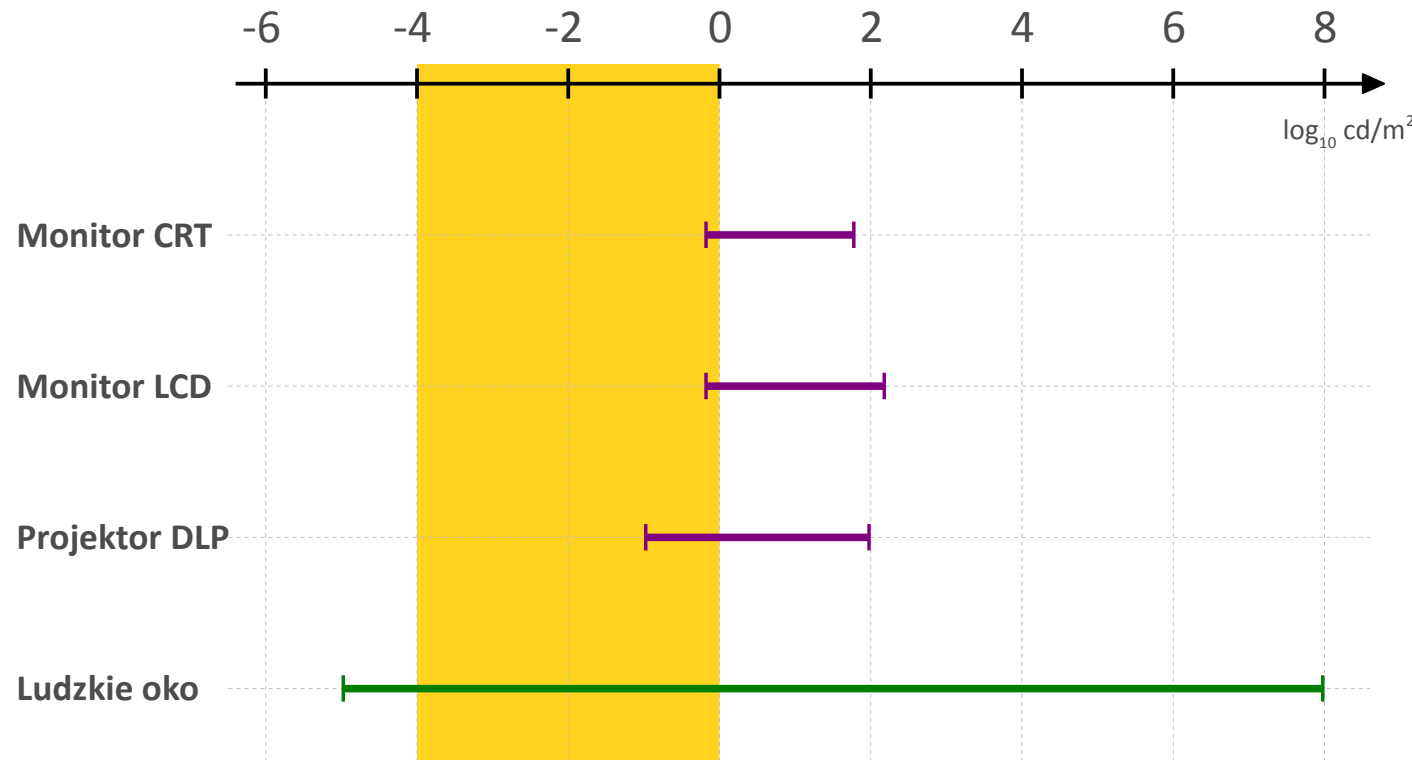


Luminancja

Zakres dynamiki to stosunek
najwyższej wartości
osiąganej luminancji do
najniższej.

Zakres dynamiki luminancji
ludzkiego oka znacząco
przewyższa zakres dynamiki
luminancji wyświetlaczy.

- Poziomy luminancji generowane przez urządzenia
względem zdolności odbiorczej oka:



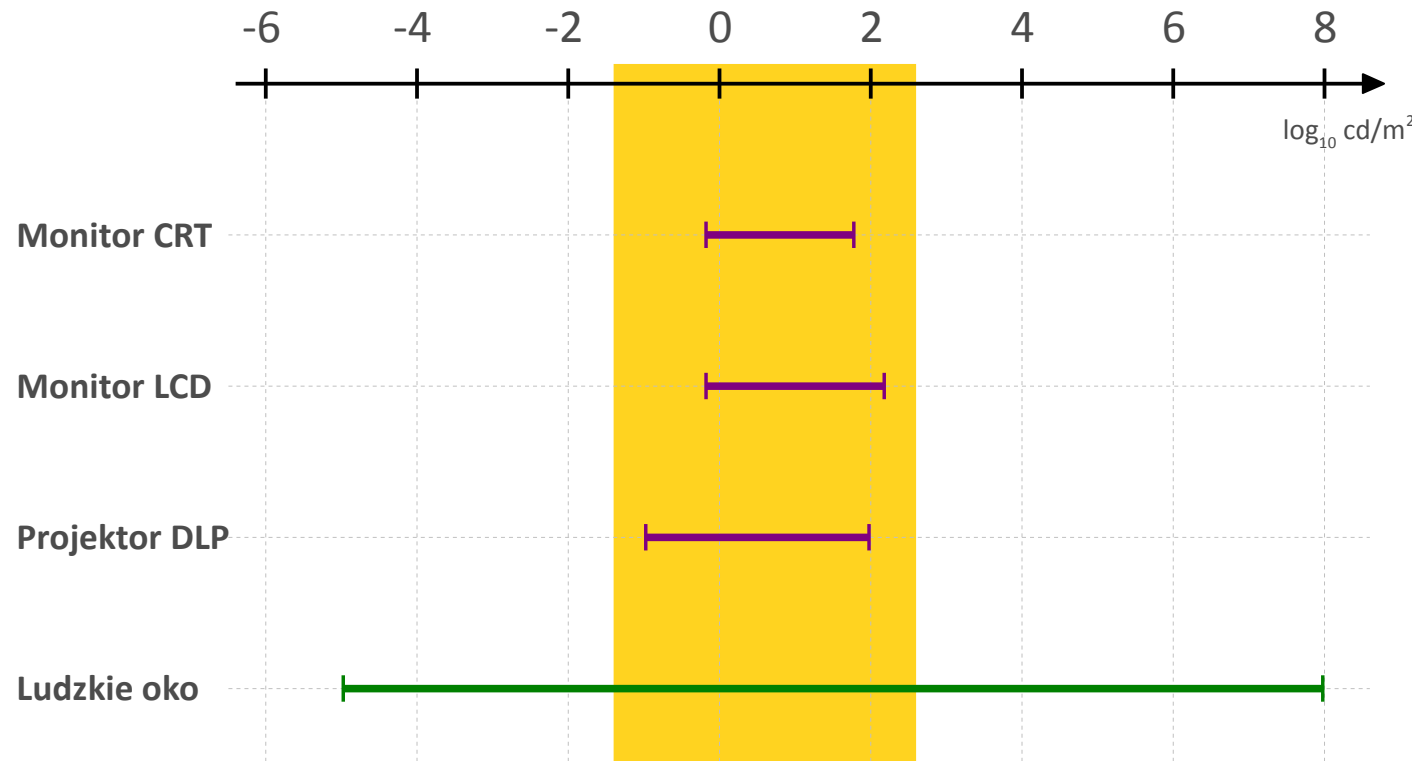
- Dzięki adaptacji oko jest w stanie w jednej chwili postrzegać
do czterech rzędów zakresu luminancji

Luminancja

Zakres dynamiki to stosunek
najwyższej wartości
osiąganej luminancji do
najniższej.

Zakres dynamiki luminancji
ludzkiego oka znacząco
przewyższa zakres dynamiki
luminancji wyświetlaczy.

- Poziomy luminancji generowane przez urządzenia
względem zdolności odbiorczej oka:



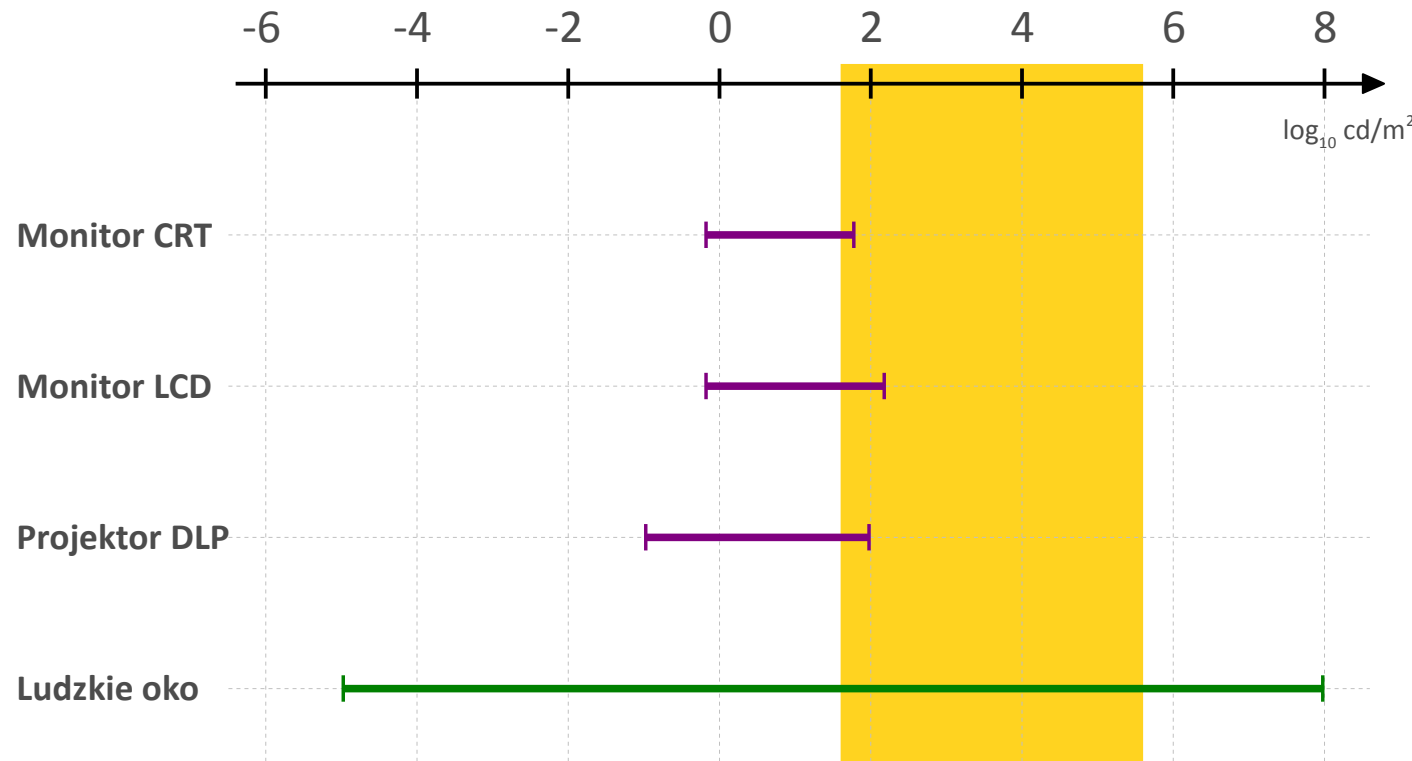
- Dzięki adaptacji oko jest w stanie w jednej chwili postrzegać
do czterech rzędów zakresu luminancji

Luminancja

Zakres dynamiki to stosunek
najwyższej wartości
osiąganej luminancji do
najniższej.

Zakres dynamiki luminancji
ludzkiego oka znacząco
przewyższa zakres dynamiki
luminancji wyświetlaczy.

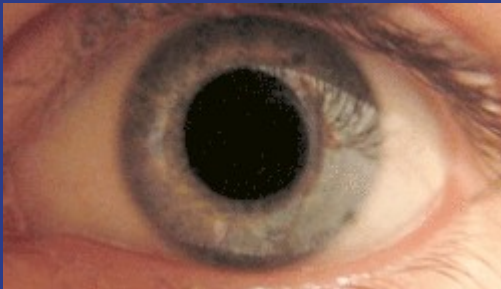
- Poziomy luminancji generowane przez urządzenia
względem zdolności odbiorczej oka:



- Dzięki adaptacji oko jest w stanie w jednej chwili postrzegać
do czterech rzędów zakresu luminancji

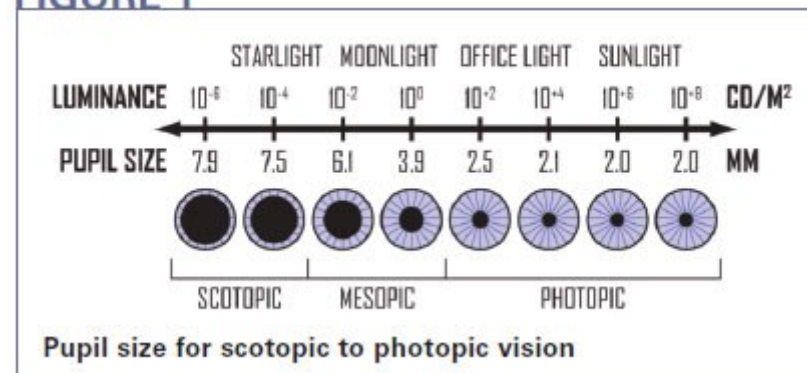
Luminancja

- **Adaptacja**
 - Umiejętność **dostosowywania się** oka do zmiennych **warunków oświetleniowych**
 - **Mechanizmy** adaptacji:
 - Zmiana **rozmiaru źrenicy**
 - Użycie innego **rodzaju fotoreceptorów** (czopki/pręciki)
 - Blaknięcie/regeneracja **fotopigmentu**
 - **Zmiana czułości** fotoreceptorów
 - Czas w którym oko dokonuje adaptacji, nazywany jest stanem **maladaptacji**
 - **Znacznie dłuższy** w przypadku adaptacji do **mniej jasności**

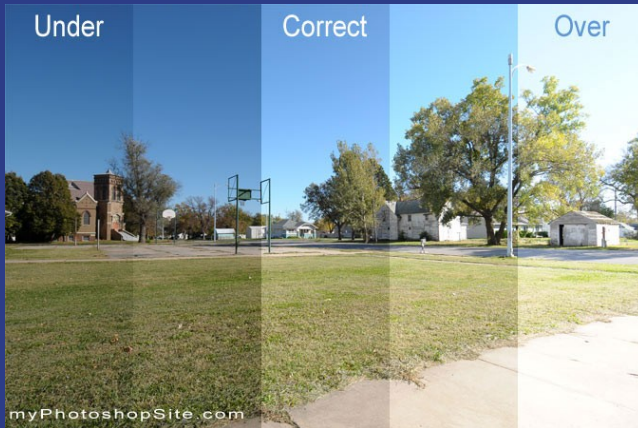


Źródło obrazu:
<http://www.2020mag.com/>

FIGURE 1



Ekspozycja



Fotograf **dobierając** ustwienia ekspozycji aparatu dostosowuje zakres jego czułości do zastanych **warunków oświetleniowych**.

Źródło obrazu:
myPhotoshopSite.com

- Współczesne aparaty fotograficzne pozwalają objąć bardzo szeroki zakres poziomów luminancji
 - Podobnie jak oko, rejestrując obraz działają **jedynie w zadanym podzakresie** dostępnego zakresu
 - Podzakres ten nazywamy **oknem ekspozycji**
 - Na położenie okna ekspozycji wpływają:
 - **Wielkość przysłony**
 - **Czas naświetlania**
 - **Czułość (ISO)**
- **Ekspozycja** (ang. *exposure*) jest **ilością światła która pada na element światłoczuły** podczas wykonywania zdjęcia

Histogramy

Obrazują liczbę pikseli danej jasności w obrębie obrazu.

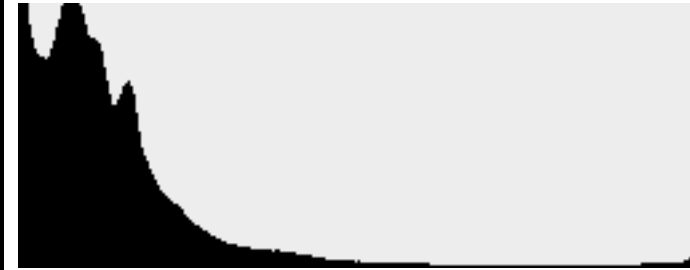
Potrafia łatwo ukazać, czy na obrazie znajdują się obszary **niedoświetlone** (ang. *underexposed*) bądź **prześwietlone** (ang. *overexposed*).



Histogramy

Często **nie jest możliwe** takie dobranie ekspozycji, by nie występowały obszary niedoświetlone i prześwietlone.

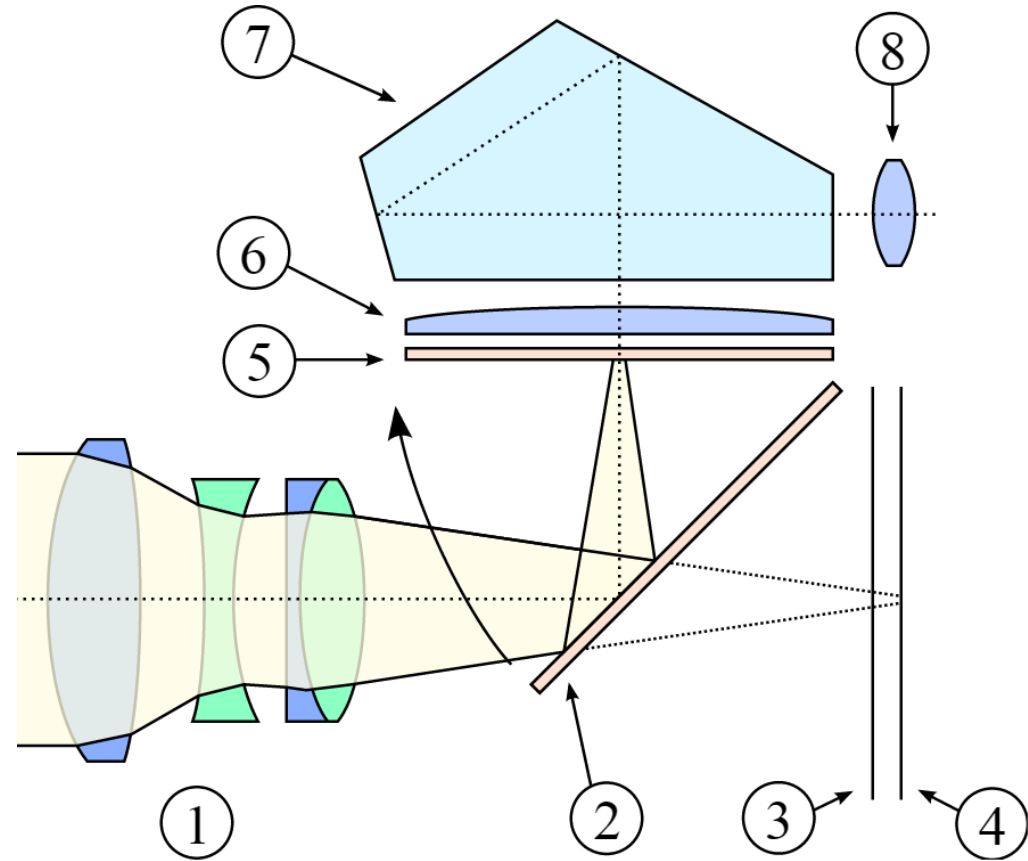
Wynika to z tego, że rzeczywiste sceny często składają się zarówno z bardzo jasnych, jak i bardzo ciemnych obiektów.



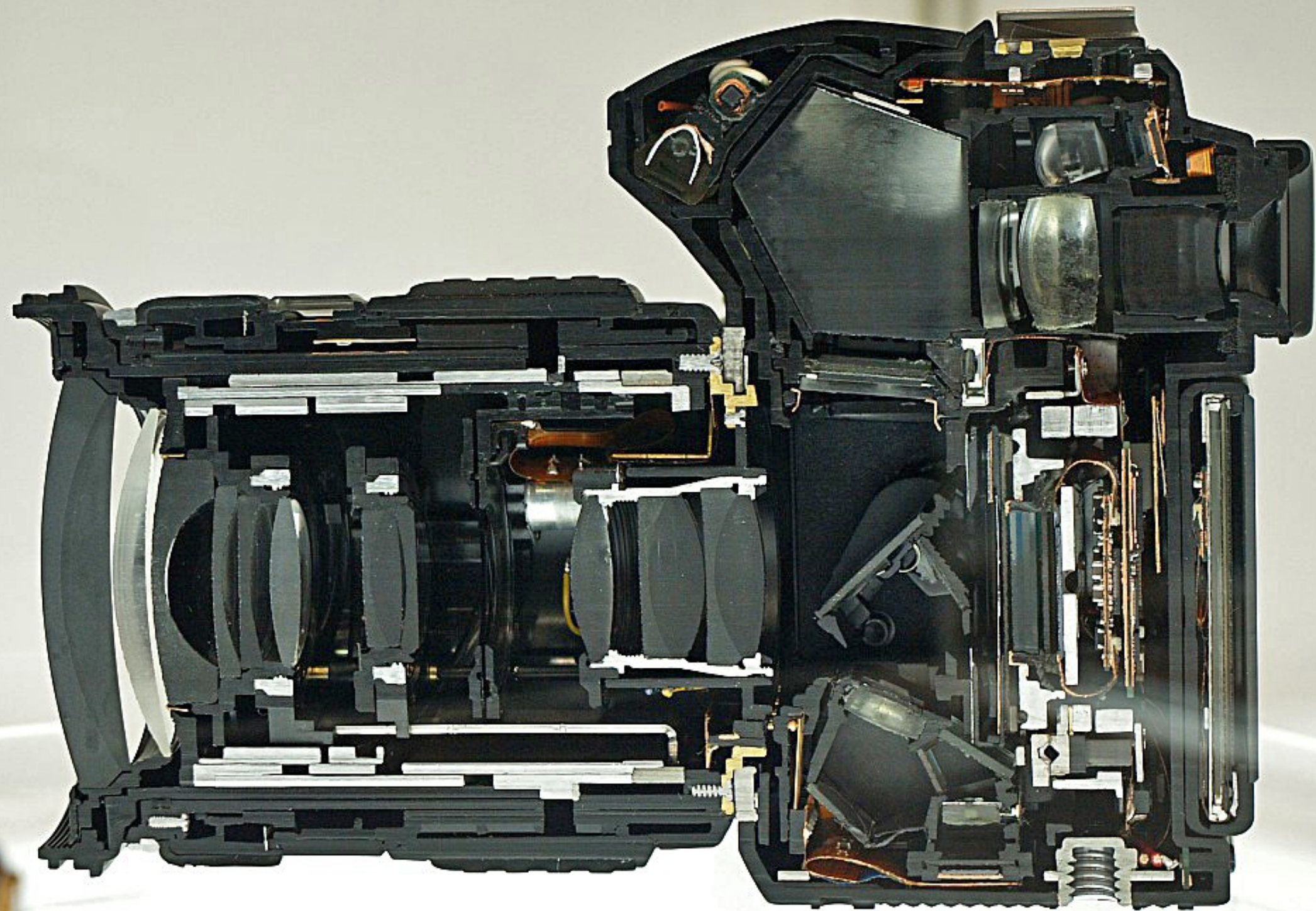
Budowa aparatu *DSLR* ("cyfrowej lustrzanki")

Digital Single-Lens Reflex camera

- 1 – Obiektyw
- 2 – Lustro
- 3 – Migawka
- 4 – Matryca światłoczuła
- 5 – Matówka
- 6 – Soczewka skupiająca
- 7 – Pryzmat pentagonalny
- 8 – Wizjer



Źródło obrazu:
Wikipedia



Przystona

1 – f/2.8; 2 – f/16



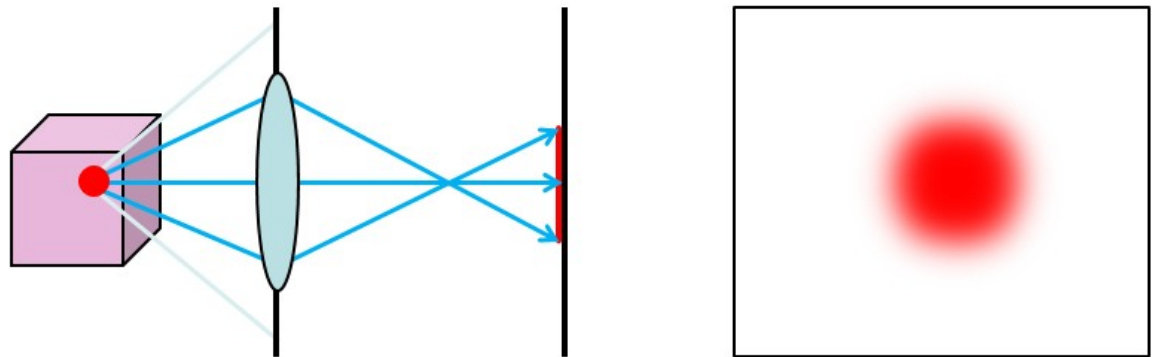
Źródło obrazu:
Mohylek '06

- Przystona (ang. *aperture*) jest elementem obiektywu odpowiadającym za **regulację ilości światła** przechodzącej przez soczewki
- Ustawienie przystony określa się za pomocą tzw. **liczby przystony** (ang. *f-number*)
 - f/1.2, f/1.4, f/1.8, ...
 - Mianownik określa **odwrotność otworu względnego**
 - Im większa liczba w mianowniku, tym mniejszy rozmiar **otworu względnego** – czyli tym mniej światła pada na element światłoczuły
 - O obiektywie, który pozwala na ustawienie dużego otworu względnego (np. f/1.2) mówimy, że jest "jasnym obiektywem" lub "szybkim obiektywem"

Przystona

górne zdjęcie – $f/5.6$; dolne zdjęcie – $f/32$

- Z rozmiarem przystony jest powiązane zjawisko optyczne zwane **głębią ostrości** (ang. *depth of field*)
 - Im **mniejszy rozmiar otworu względnego** (większa *liczba przystony*), tym **dłuższa głębia ostrości**
 - **Krótką głębią ostrości** uzyskujemy stosując obiektywy pozwalające na ustawienie jak **najmniejszej liczby przystony**



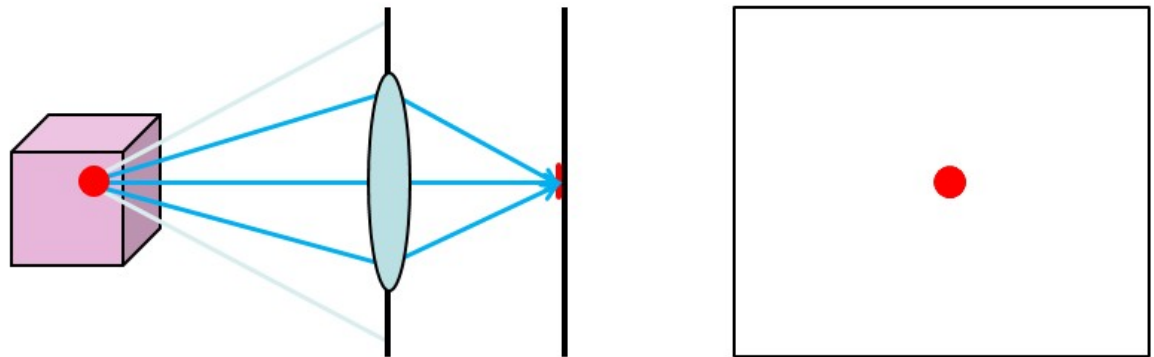
Imaging a single fragment of an object

Źródło obrazów:
Fir0002/Flagstaffotos

Przystona

górne zdjęcie – $f/5.6$; dolne zdjęcie – $f/32$

- Z rozmiarem przystony jest powiązane zjawisko optyczne zwane **głębią ostrości** (ang. *depth of field*)
 - Im **mniejszy rozmiar otworu względnego** (większa *liczba przystony*), tym **dłuższa głębia ostrości**
 - **Krótką głębią ostrości** uzyskujemy stosując obiektywy pozwalające na ustawienie jak **najmniejszej liczby przystony**



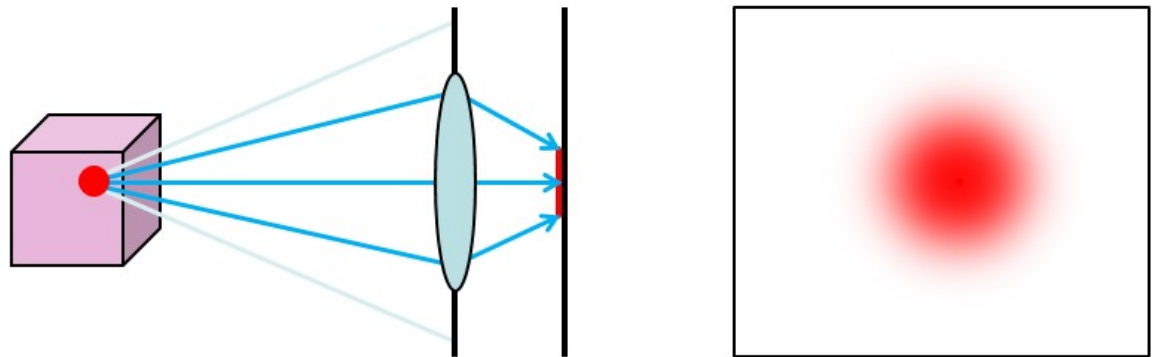
Imaging a single fragment of an object

Źródło obrazów:
Fir0002/Flagstaffotos

Przystona

górne zdjęcie – $f/5.6$; dolne zdjęcie – $f/32$

- Z rozmiarem przystony jest powiązane zjawisko optyczne zwane **głębią ostrości** (ang. *depth of field*)
 - Im **mniejszy rozmiar otworu względnego** (większa *liczba przystony*), tym **dłuższa głębia ostrości**
 - **Krótką głębią ostrości** uzyskujemy stosując obiektywy pozwalające na ustawienie jak **najmniejszej liczby przystony**



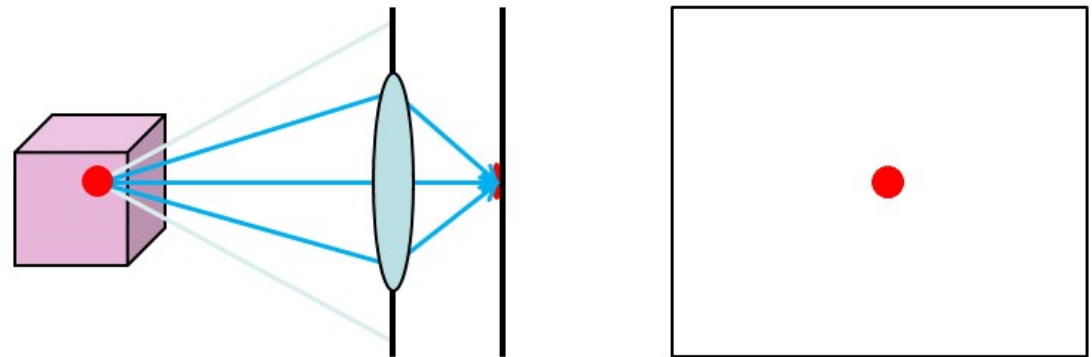
Imaging a single fragment of an object

Źródło obrazów:
Fir0002/Flagstaffotos

Przystona

górne zdjęcie – $f/5.6$; dolne zdjęcie – $f/32$

- Z rozmiarem przystony jest powiązane zjawisko optyczne zwane **głębią ostrości** (ang. *depth of field*)
 - Im **mniejszy rozmiar otworu względnego** (większa *liczba przystony*), tym **dłuższa głębia ostrości**
 - **Krótką głębię ostrości** uzyskujemy stosując obiektywy pozwalające na ustawienie jak **najmniejszej liczby przystony**



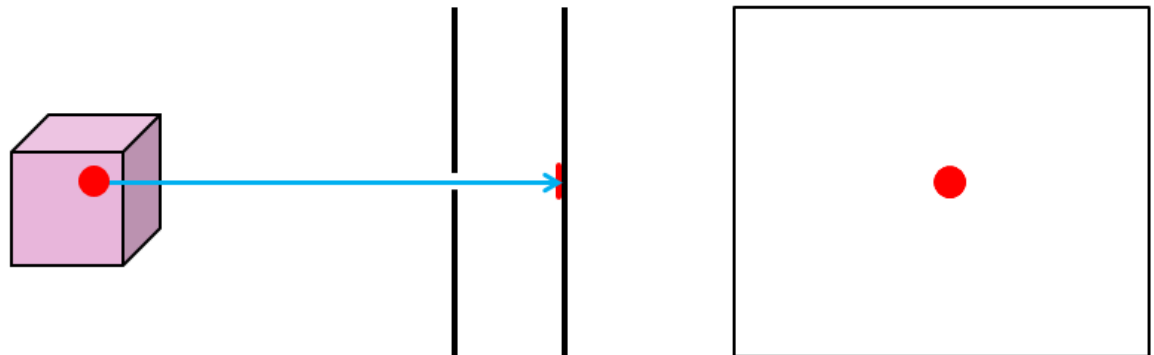
Imaging a single fragment of an object

Źródło obrazów:
Fir0002/Flagstaffotos

Przystona

górne zdjęcie – $f/5.6$; dolne zdjęcie – $f/32$

- Z rozmiarem przystony jest powiązane zjawisko optyczne zwane **głębią ostrości** (ang. *depth of field*)
 - Im **mniej** rozmiar otworu względnego (większa *liczba przystony*), tym **dłuższa** **głębia ostrości**
 - **Krótką** **głębią ostrości** uzyskujemy stosując obiektywy pozwalające na ustawienie jak **najmniejszej** *liczby przystony*



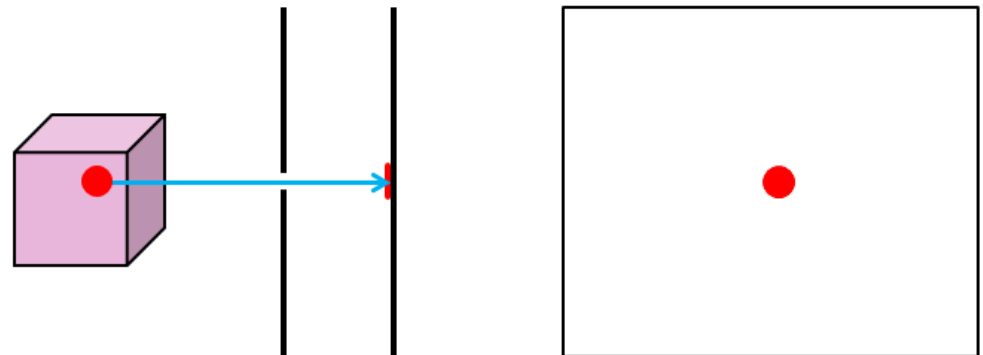
Imaging a single fragment of an object

Źródło obrazów:
Fir0002/Flagstaffotos

Przystona

górne zdjęcie – $f/5.6$; dolne zdjęcie – $f/32$

- Z rozmiarem przystony jest powiązane zjawisko optyczne zwane **głębią ostrości** (ang. *depth of field*)
 - Im **mniejszy rozmiar otworu względnego** (większa *liczba przystony*), tym **dłuższa głębia ostrości**
 - **Krótką głębią ostrości** uzyskujemy stosując obiektywy pozwalające na ustawienie jak **najmniejszej liczby przystony**



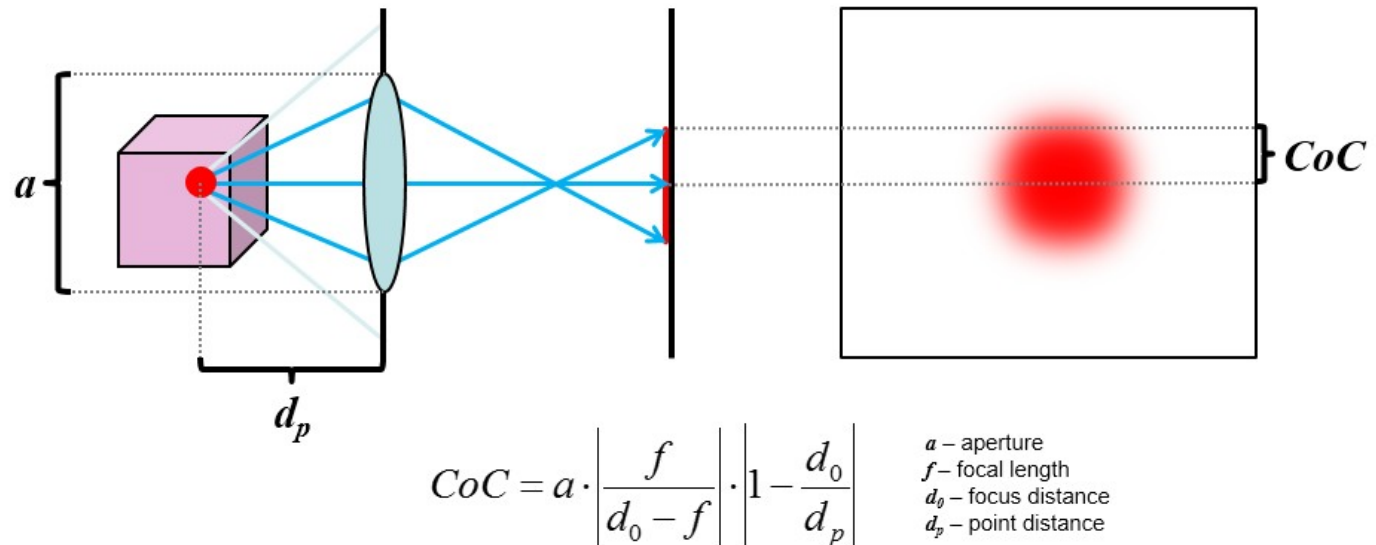
Imaging a single fragment of an object

Źródło obrazów:
Fir0002/Flagstaffotos

Przystona

górne zdjęcie – f/5.6; dolne zdjęcie – f/32

- Z rozmiarem przystony jest powiązane zjawisko optyczne zwane **głębią ostrości** (ang. *depth of field*)
 - Im **mniejszy rozmiar otworu względnego** (większa *liczba przystony*), tym **dłuższa głębia ostrości**
 - **Krótką głębią ostrości** uzyskujemy stosując obiektywy pozwalające na ustawienie jak **najmniejszej liczby przystony**



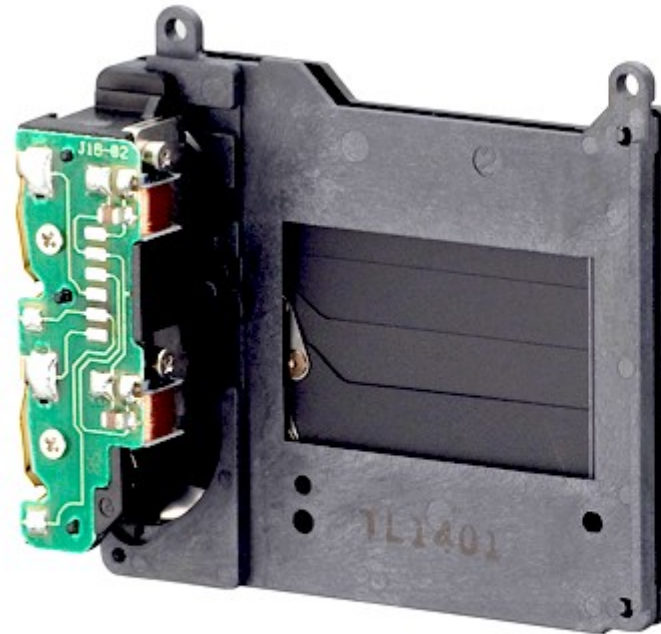
Źródło obrazów:
Fir0002/Flagstaffotos

Migawka



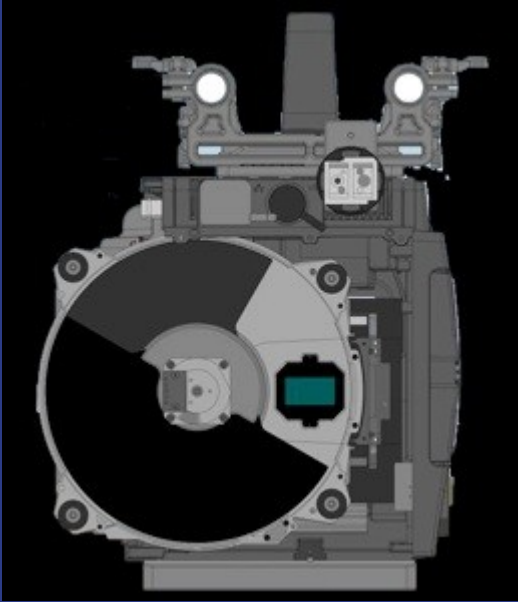
Dlaczego migawka listkowa
nie jest dobrym rozwiązaniem?

- Migawka jest **mechanicznym** elementem, który w kontrolowany sposób **odśłania matrycę**
- Jej zadaniem jest **zapewnienie**, by *każda część matrycy* była wyeksponowana na działanie światła przez **dokładnie taki sam czas**
- Ten czas nazywamy **czasem naświetlania**

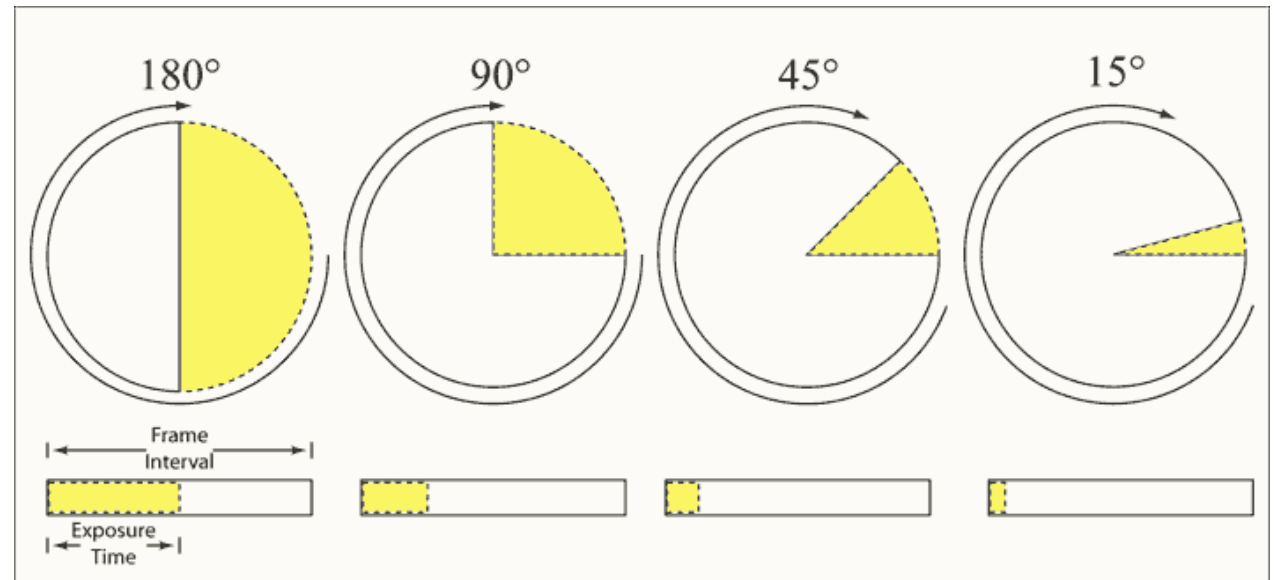


Źródło obrazów:
Wikipedia

Migawka obrotowa



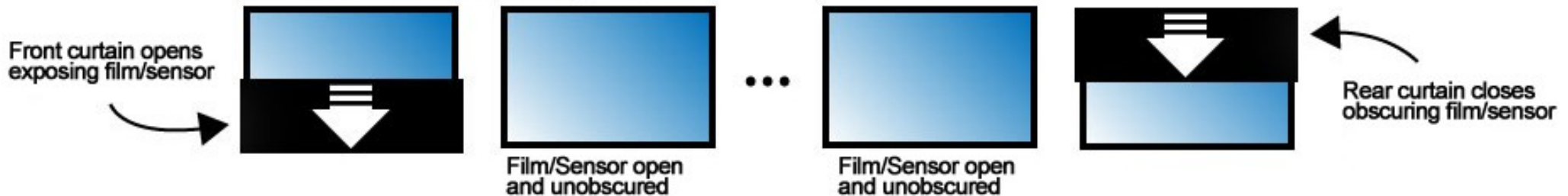
- W kinematografii wykorzystuje się często migawki obrotowe
 - Działają one na zasadzie dwóch lub więcej **obracających się z równą szybkością dysków**, blokujących dostęp światła do elementu światłoczułego
 - **Dyski nie są pełne**, często są półkołami
 - Poprzez ich obrót względem siebie możliwe jest dobranie **kąta migawki**, a więc wycinka koła który nie blokuje światła



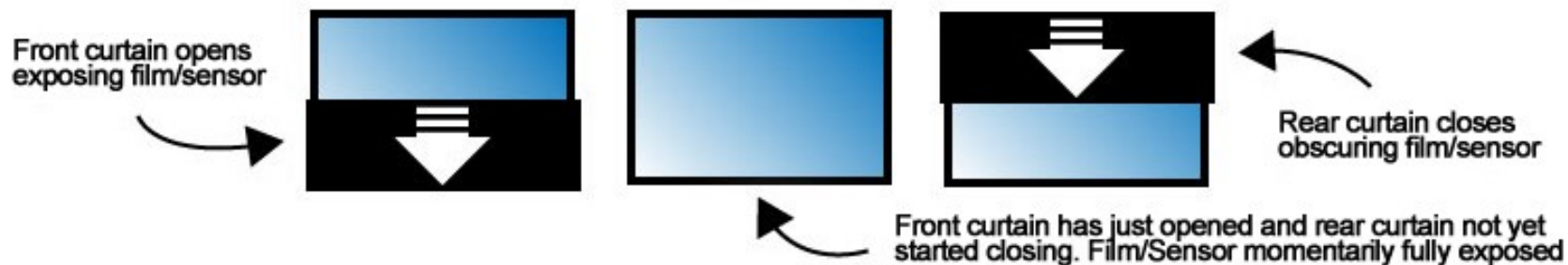
Źródła obrazów:
Wikipedia
Affonso Beato

Migawka szczelinowa

1. Slower shutter speeds



2. Maximum flash sync speed

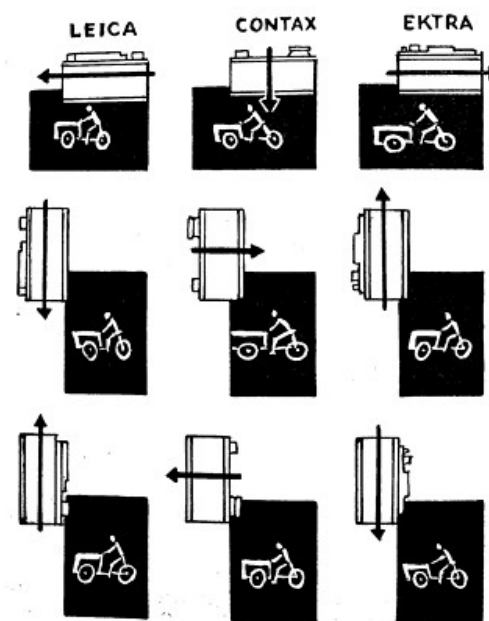
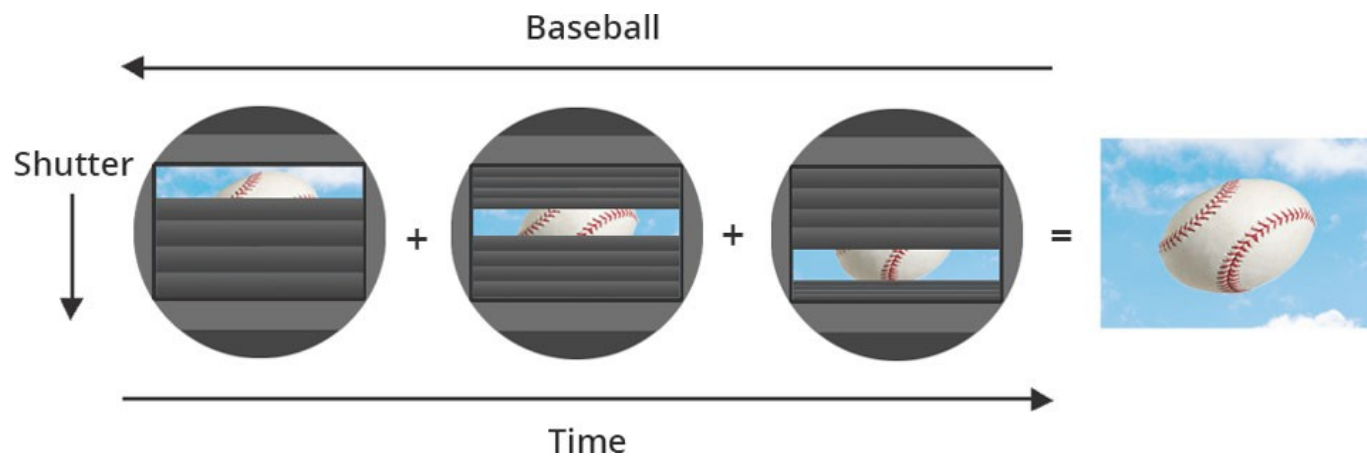


3. Faster shutter speeds



Źródło obrazów:
Imagen-estilo.com

Problemy migawki szczelinowej

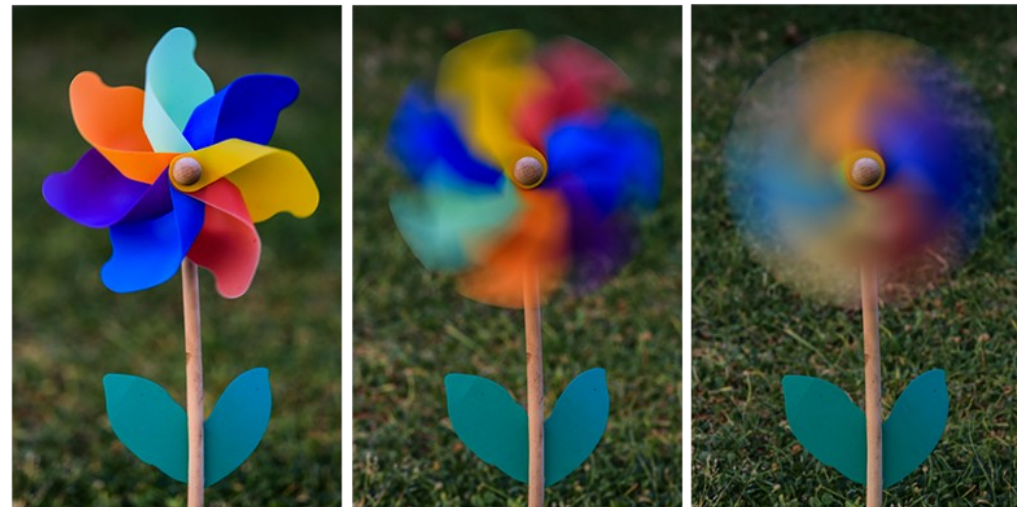


Źródło obrazów:
BHPHOTOVIDEO.COM
WROTHIAK.NET

Czas naświetlania

- Czas naświetlania (*ekspozycji*) (ang. *shutter speed*) jest to okres czasu, w ciągu którego **migawka jest otwarta**, a do elementu światłoczułego dociera światło
 - Im **dłuższy czas naświetlania**, tym dotrze **więcej światła**
 - Zdjęcie będzie "*jaśniejsze*"
 - Zdjęcie będzie bardziej *rozmyte*
 - Najczęściej spotykane czasy:
 - 1/1000s, 1/500s, 1/250s, ..., 1s, 1.3s, ..., *bulb* (dowolny czas)

Aby uzyskać zbliżoną ekspozycję dla tej samej sceny, wydłużanie czasu naświetlania wiąże się z przymykaniem przysłony – dlatego zmianie ulega też głębina ostrości.



1/320s

1/60s

1/15s

Źródło obrazów:
DigitalPhotographyLive.com

Czas naświetlania

- Czas naświetlania (*ekspozycji*) (ang. *shutter speed*) jest to okres czasu, w ciągu którego **migawka jest otwarta**, a do elementu światłoczułego dociera światło
 - Im **dłuższy czas naświetlania**, tym dotrze **więcej światła**
 - Zdjęcie będzie "jaśniejsze"
 - Zdjęcie będzie bardziej rozmyte
 - Najczęściej spotykane czasy:
 - 1/1000s, 1/500s, 1/250s, ..., 1s, 1.3s, ..., *bulb* (dowolny czas)



Źródło obrazów:
Wikipedia

Czas naświetlania

- Od długości czasu naświetlania zależy **stopień rozmycia obrazu wynikający z ruchu** (ang. *motion blur*)
 - Zarówno **ruchu aparatu**, jak i ruchu fotografowanych obiektów
 - Praktycznie niemożliwe jest uzyskanie ostrego zdjęcia przy **długim czasie naświetlania** bez pomocy **statywu** (inaczej zdjęcie będzie "*poruszone*")
 - **Krótki czas** naświetlania da zdjęcie **ostrzejsze**, wyraźniejsze



Źródło obrazów:
Wikipedia

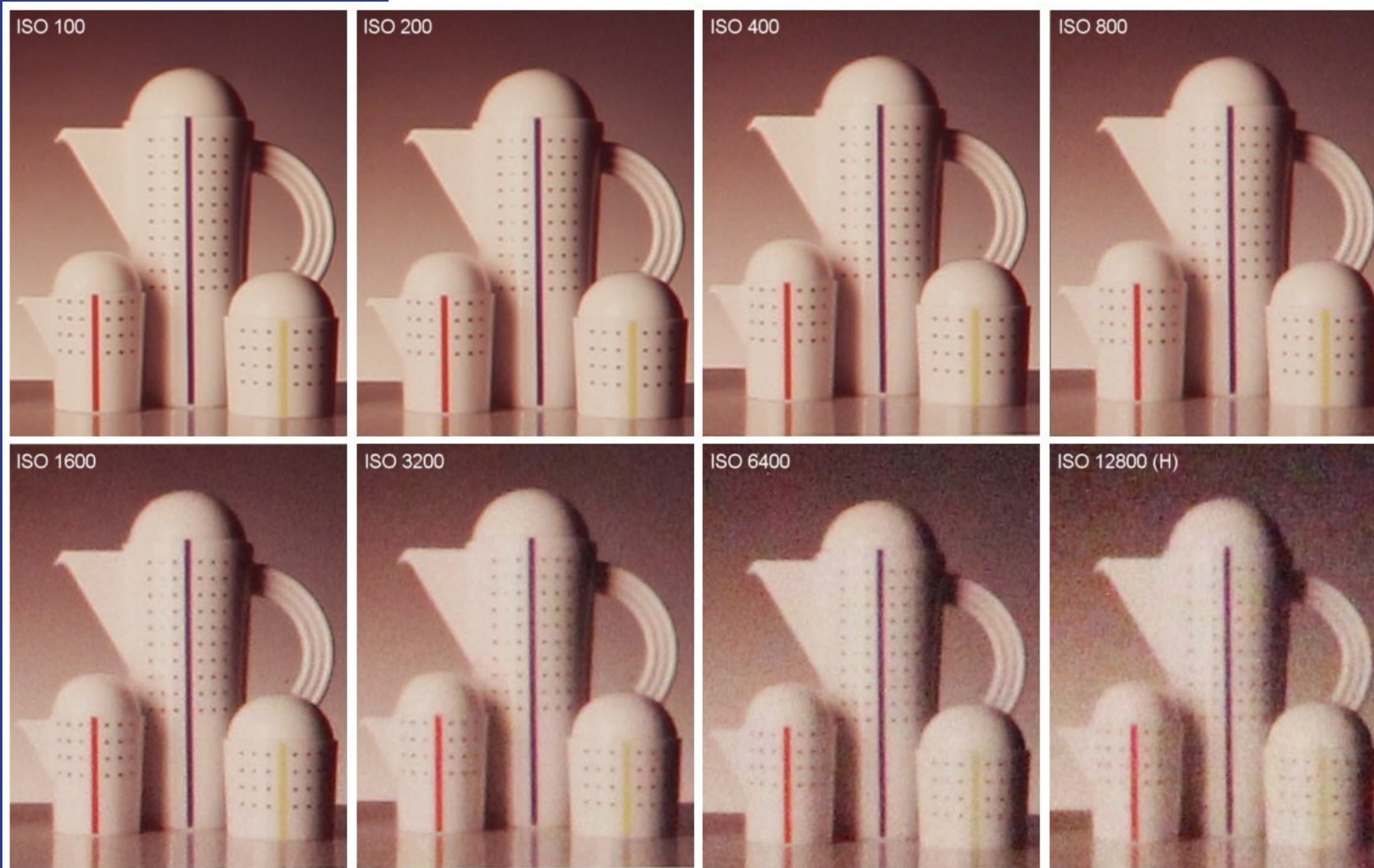
Czułość (ISO)

- ISO określa w jakim stopniu sensor ma być czuły na docierające do niego światło, odpowiada za **wzmocnienie sygnału**
 - Typowe wartości: ISO 100, ISO 200, ISO 400, ..., ISO 3200, ...
 - Bezpośrednio przekłada się na "jasność" ekspozycji
 - Wysokie wartości powodują **zwiększenie szumu**
 - Należy używać **jak najniższej wartości** umożliwiającej osiągnięcie zadanych parametrów ekspozycji



Źródło obrazu:
davidnaylor.org

Czułość (ISO)



Źródło obrazów:
bobatkins.com

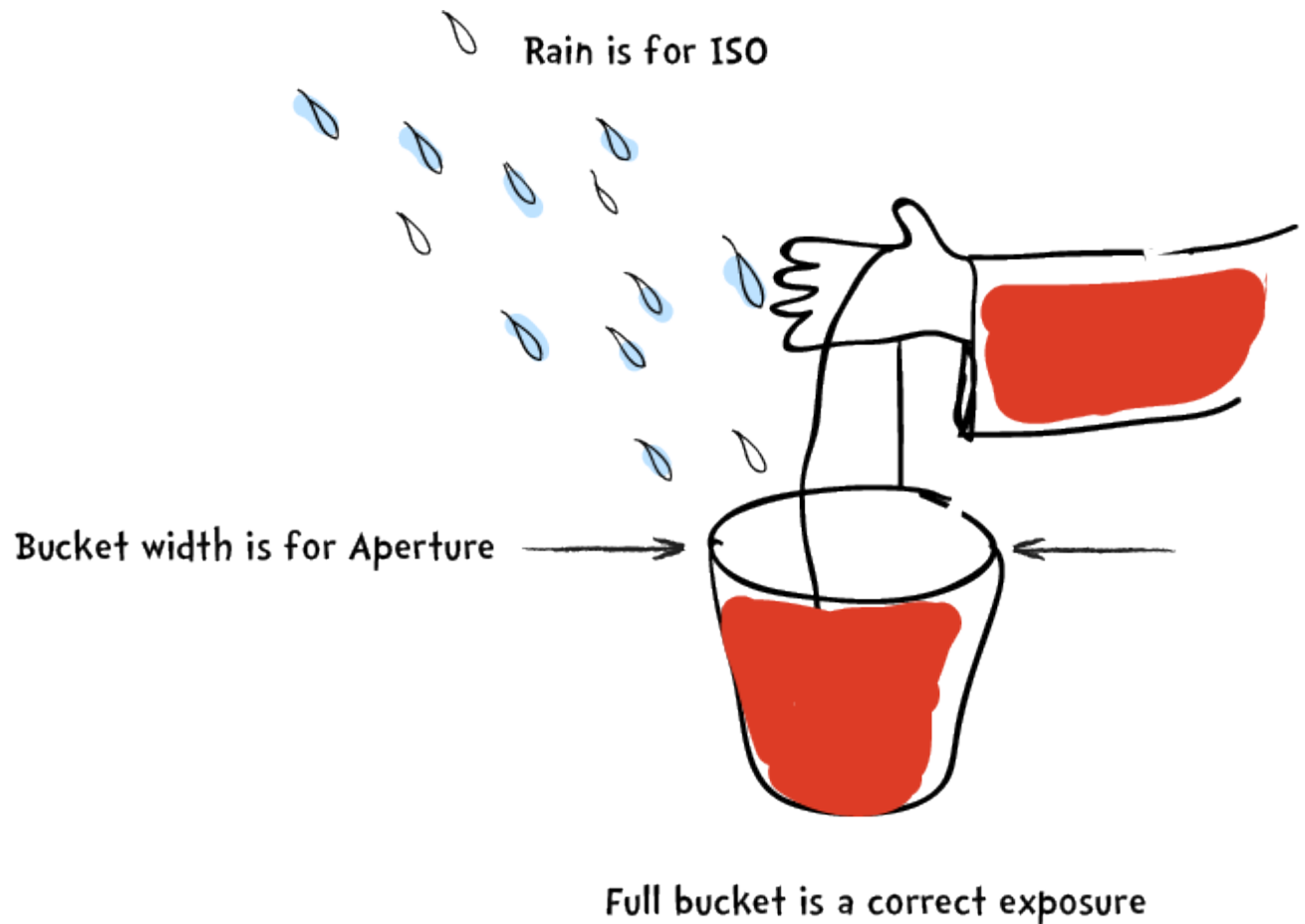
Ekspozycja

Cel: napełnić wiadro wodą.

Kontrolujemy:

średnicę wiadra (przystona)
czas napełniania (czas naśw.)
szybkość zbierania deszczu (ISO)

Jeśli wiadro jest napełnione,
to znaczy że mamy
optymalną ekspozycję
– zdjęcie wyjdzie dobrze
oświetlone.



Źródło obrazu:
visualwatermark.com

Wartość ekspozycji (EV)

- Wprowadzono **miarę ekspozycji**, oznaczaną jako *EV*
 - Dwa ustawienia ekspozycji o takiej samej wartości *EV* oznaczają, że dane ustawienia przysłony oraz czasu naświetlania dadzą **tę samą ilość światła** zarejestrowaną przez sensor
 - **Wartość referencyjna to 0 EV**, odpowiadająca ilości światła padającej przez przysłonę $f/1.0$ w ciągu 1 sekund

$$EV = \log_2(N^2/t)$$

N – wartość przysłony, t – czas naświetlania

- Wzrost EV o 1 oznacza dwukrotny wzrost ilości światła

Kompensacja ekspozycji

- Wygodnym sposobem na uzyskanie przesunięcia okna ekspozycji jest użycie **kompensacji ekspozycji** (ang. *exposure compensation*)
 - Określamy **o ile stopni** (kroków, ang. *stops*) *EV* ma zostać przesunięte **względem pomierzonej wartości**
 - $+1/3$ EV, $+1$ EV, -2 EV, ...
 - Aparat sam dobierze wartości parametrów ekspozycji tak, by spełnić to zadanie
- **Bracketing** (ang. *Automatic Exposure Bracketing, AEB*) pozwala na automatyczne **wykonanie serii zdjęć**, z których każde będzie miało **inną ekspozycję**
 - Za jednym naciśnięciem spustu migawki otrzymujemy serię zdjęć z zadaną kompensacją *EV*, np.:
 - niedoświetlone (-2 EV)
 - średnia ekspozycja (0 EV)
 - prześwietlone ($+2$ EV)



f/3.2, 1/15s, ISO 1600



f/3.2, 1/100s, ISO 1600



f/3.2, 1/2s, ISO 1600

Uzyskiwanie obrazu HDR z serii obrazów LDR

- Na podstawie serii obrazów wejściowych jesteśmy w stanie **matematycznie wyznaczyć obraz**, który odzyska informację o poziomach jasności (dokładniej: *radiancji*) dla poszczególnych pikseli
 - Debevec, Malik. *Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs*. SIGGRAPH '97.
- Należy uważać na podstawowe dwa rodzaje **artefaktów**:
 - Wynikające ze złej **kalibracji** przestrzennej obrazów
 - Najlepiej użyć statywu
 - Efekty "**duchów**"
 - Fotografie HDR poruszających się obiektów są bardzo dużym wyzwaniem



Połączenie trzech poprzednich zdjęć, poddane działaniu *TMO* oraz drobnej obróbce

Wyświetlanie obrazów HDR

- Tradycyjne wyświetlacze oferują jedynie **wąski zakres luminancji (LDR)**, mają małą dynamikę luminancji
 - Np. dynamika **1000:1**, max. luminancja **500 cd/m²**
 - Określenie koloru piksela za pomocą **8 bitów na kanał**
- Obraz HDR może posiadać praktycznie **nieograniczoną dynamikę luminancji**
- Wartości **pikseli** obrazu HDR przechowywane są najczęściej jako liczby **zmiennoprzecinkowe**
 - Np. **32 bity na kanał** (przy tradycyjnych 8 bitach dla *LDR*)
 - Najpopularniejsze **formaty**:
 - Radiance RGBE (*.hdr)
 - OpenEXR (*.exr)
 - TIFF (*.tif)

Wyświetlacze HDR

- Na rynku dostępne są też monitory oferujące **10, 12 bitów** na kanał
- Istnieją też **wyświetlacze HDR** oferujące znacznie szerszy zakres dynamiki
 - Działają poprzez **modulację podświetlenia obrazu** wyświetlanego na ekranie LCD



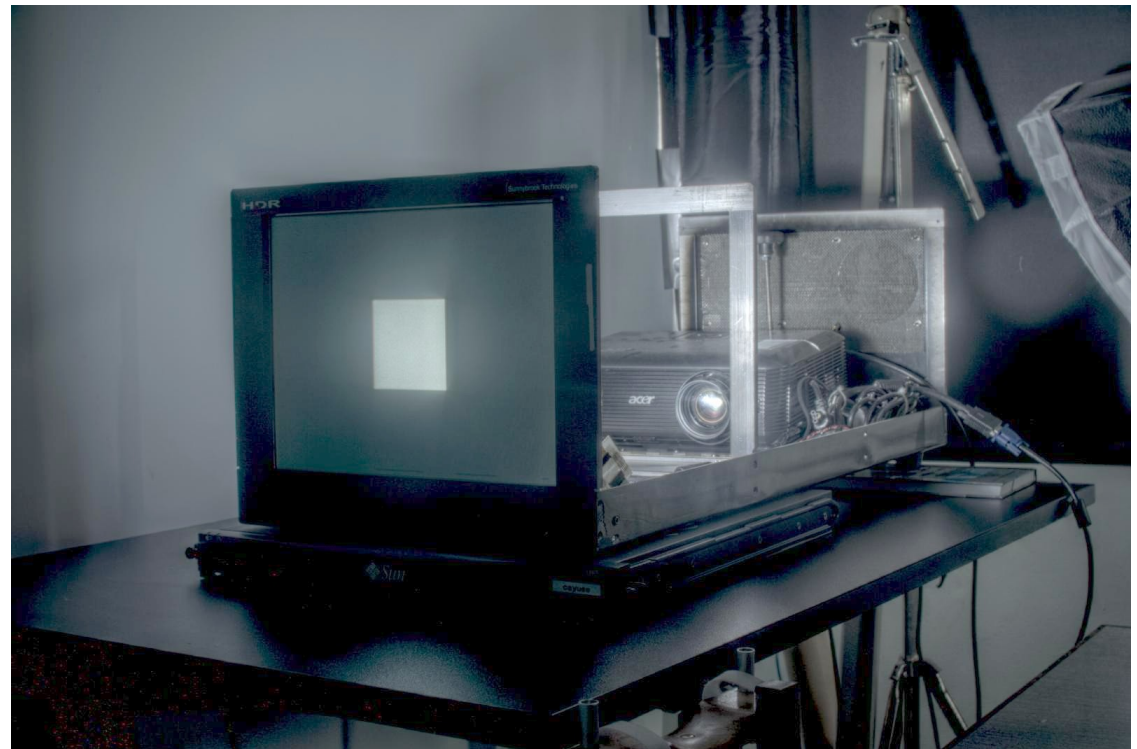
Źródło obrazu:
DisplayBlog.com

Wyświetlacze HDR

- Na rynku dostępne są też monitory oferujące **10, 12 bitów** na kanał
- Istnieją też **wyświetlacze HDR** oferujące znacznie szerszy zakres dynamiki:
 - **Bangor University (UK)**

Dynamika **250.000:1**

Max. luminancja **2.400 cd/m²**



Źródło obrazu:
Mantiuk, Wanat

Wyświetlacze HDR

- Na rynku dostępne są też monitory oferujące **10, 12 bitów** na kanał
- Istnieją też **wyświetlacze HDR** oferujące znacznie szerszy zakres dynamiki:
 - **Brightside DR37-P**

Dynamika **200.000:1**

Max. luminancja **4.000 cd/m²**



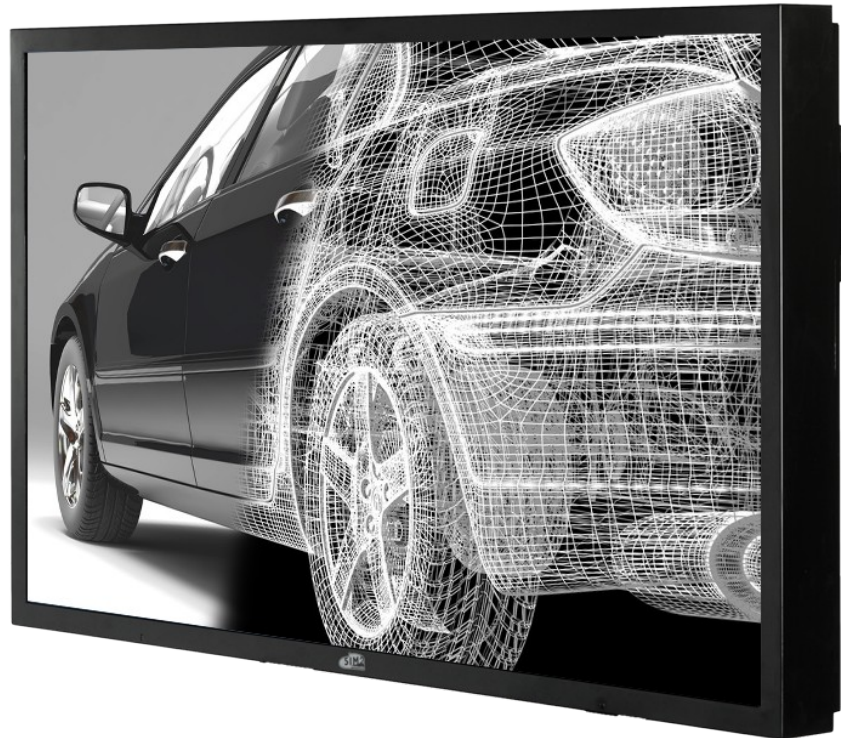
Źródło obrazu:
Brightside

Wyświetlacze HDR

- Na rynku dostępne są też monitory oferujące **10, 12 bitów** na kanał
- Istnieją też **wyświetlacze HDR** oferujące znacznie szerszy zakres dynamiki:
 - **SIM2 HDR47E**

Dynamika **20.000:1**

Max. luminancja **4.000 cd/m²**



Źródło obrazu:
SIM2

Wyświetlacze HDR

- Na rynku dostępne są też monitory oferujące **10, 12 bitów** na kanał
- Istnieją też **wyświetlacze HDR** oferujące znacznie szerszy zakres dynamiki:
 - **Dolby Ultra-HDR Display**

Dynamika **7M:1**

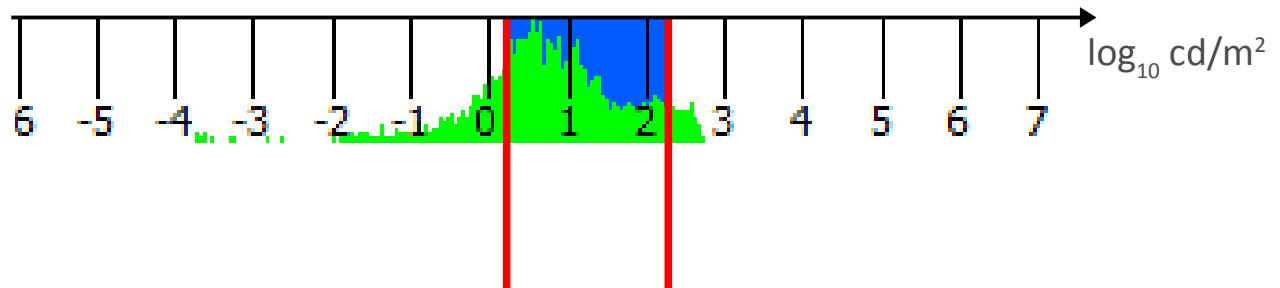
Max. luminancja **20.000 cd/m²**



Źródło obrazu:
Dolby

Kompresja dynamiki luminancji

- Jak sobie poradzić, by obraz o dużym zakresie dynamiki luminancji (**HDR**) pokazać na wyświetlaczu o wąskim zakresie dynamiki luminancji (**LDR**)?



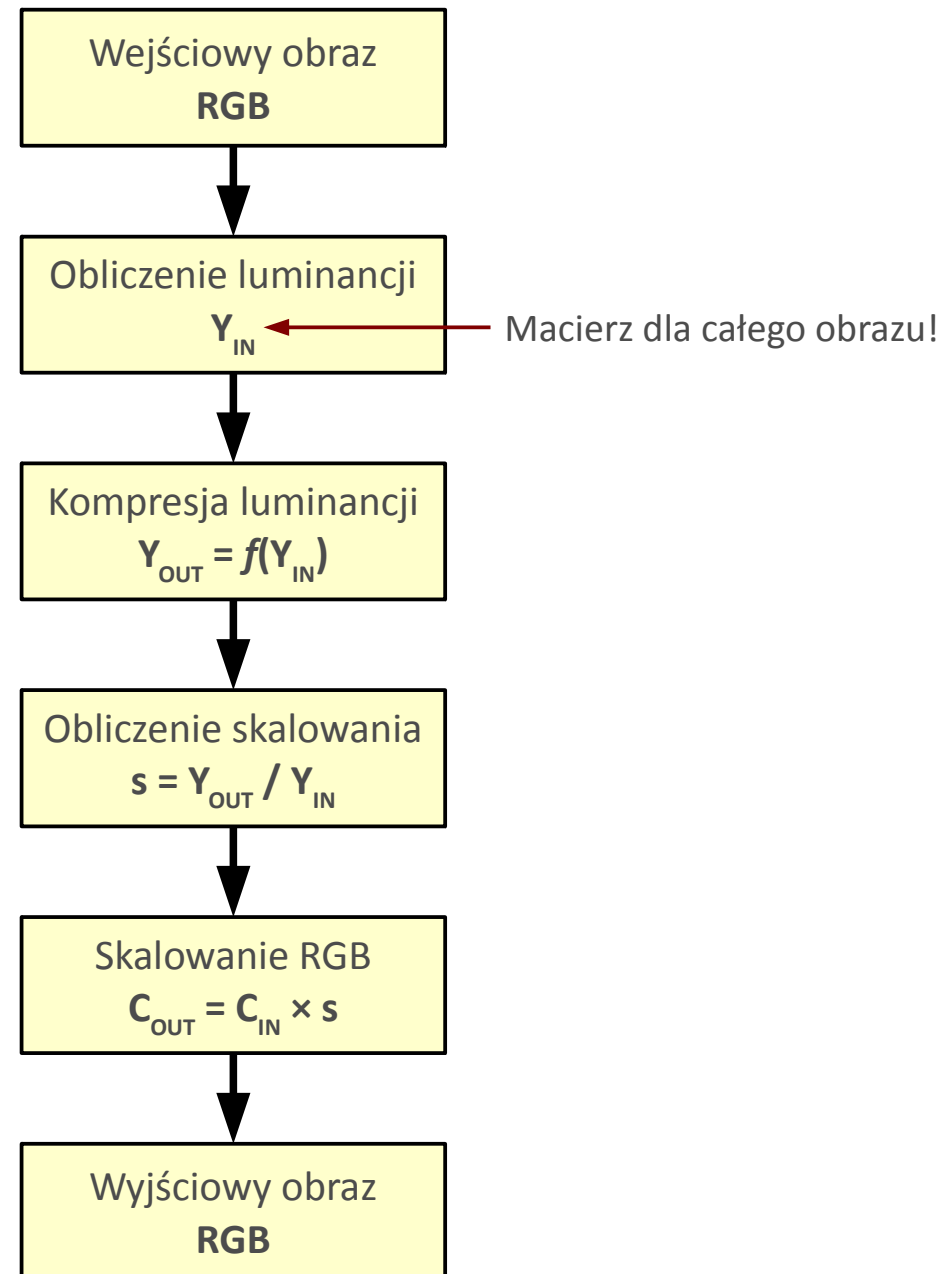
Przykładowy zakres działania wyświetlacza

- Należy dokonać **mapowania tonów** (ang. *tone mapping*)
 - W specjalny, *świadomy* sposób przetworzyć pełny zakres dynamiki na zakres oferowany przez wyświetlacz
 - Można to nazwać **kompresją dynamiki** luminancji
 - Takie algorytmy noszą nazwę **operatorów mapowania tonów** (ang. *tone mapping operators*, **TMO**)

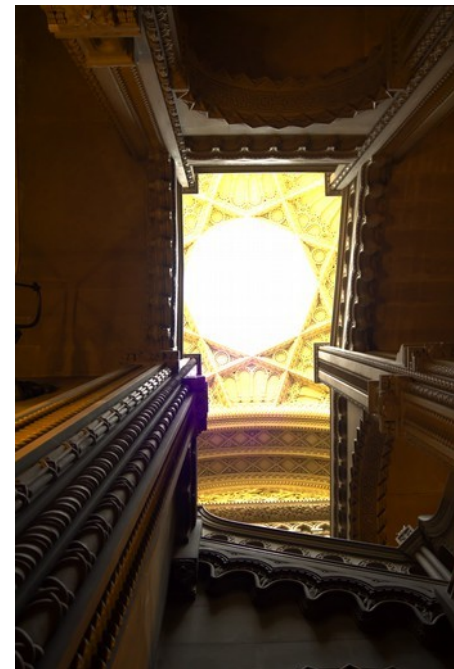
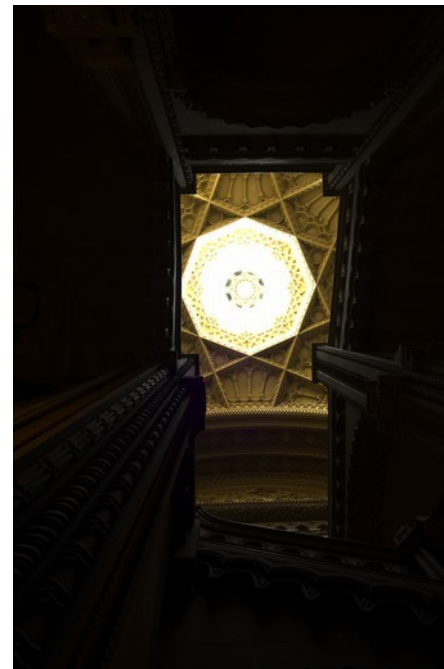
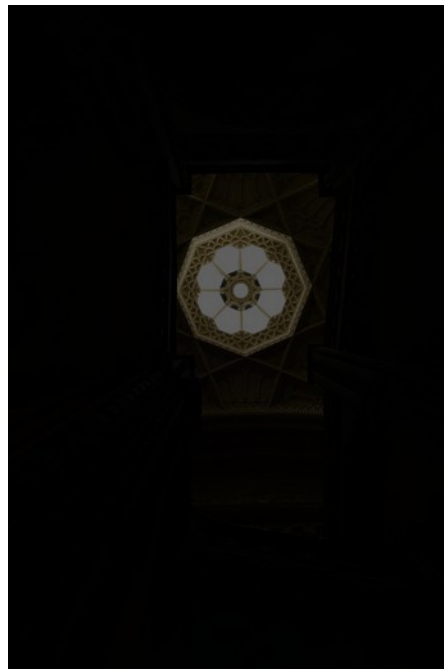
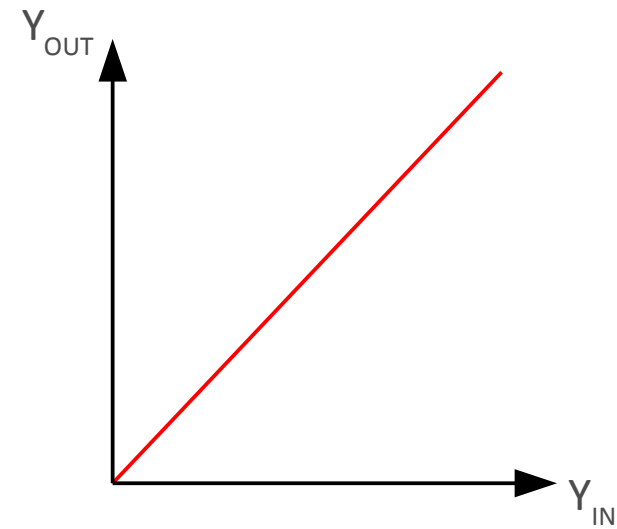
Operatory tonów

- **Operatory tonów** dzielimy na:
 - **Globalne**
 - Ta **sama** funkcja, z tymi samymi parametrami, stosowana jest do **każdego piksela** obrazu
 - Zazwyczaj są dużo **szybsze**
 - **Lokalne**
 - **Każdy piksel** jest przekształcany **indywidualnie** z uwzględnieniem jego **otoczenia**
 - Zazwyczaj są wyraźnie **wolniejsze**

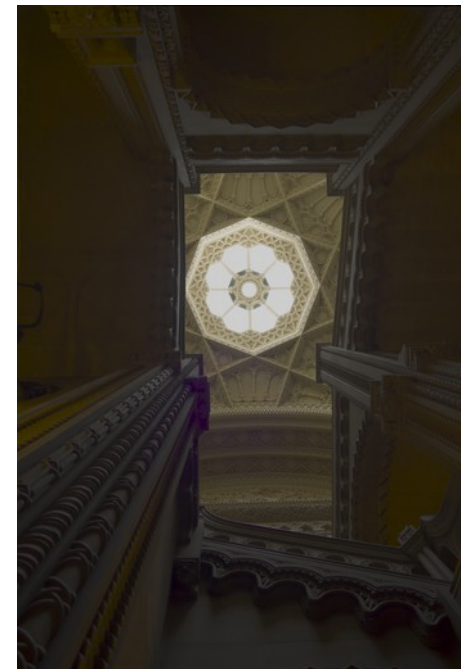
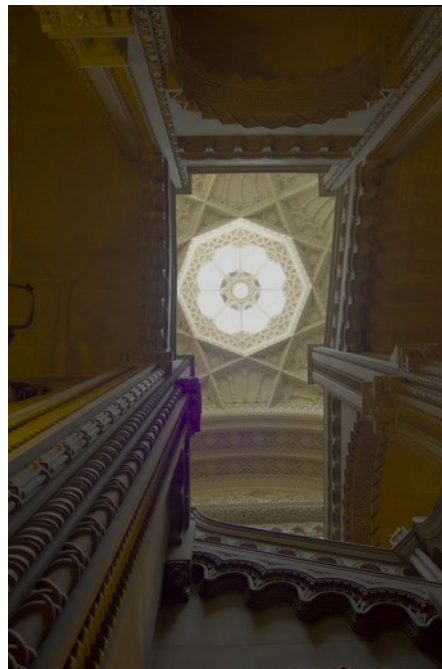
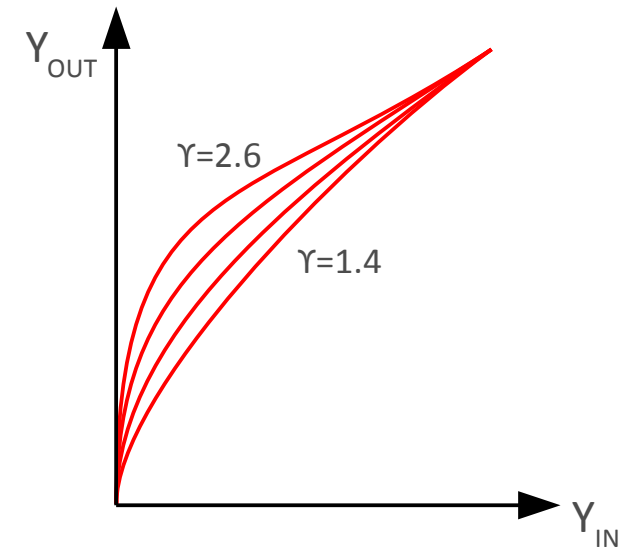
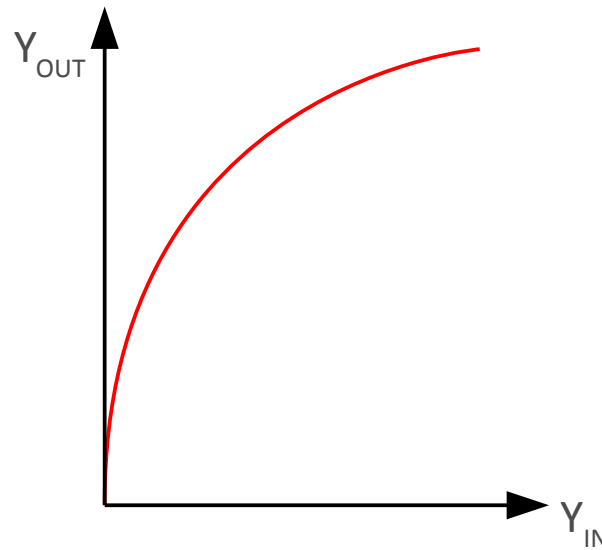
Operatory tonów



Operatory tonów: Liniowy

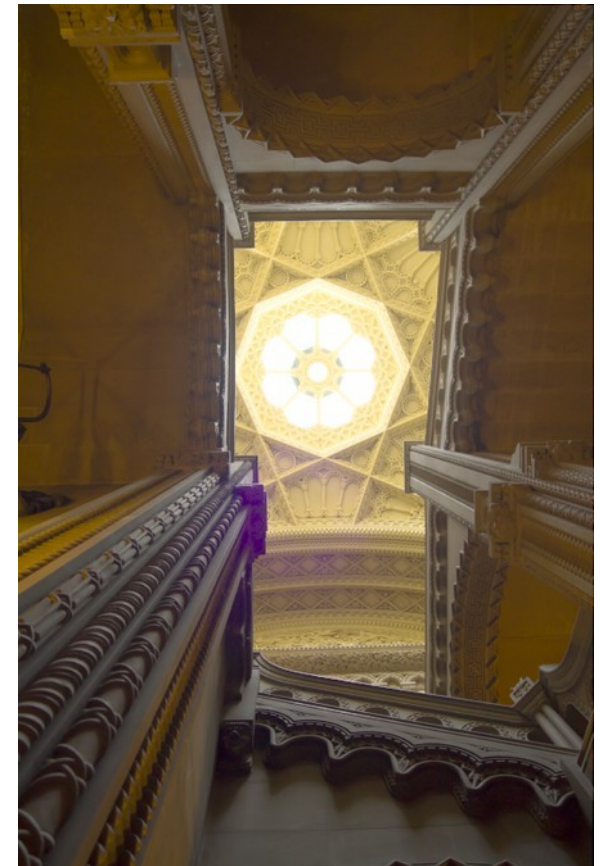
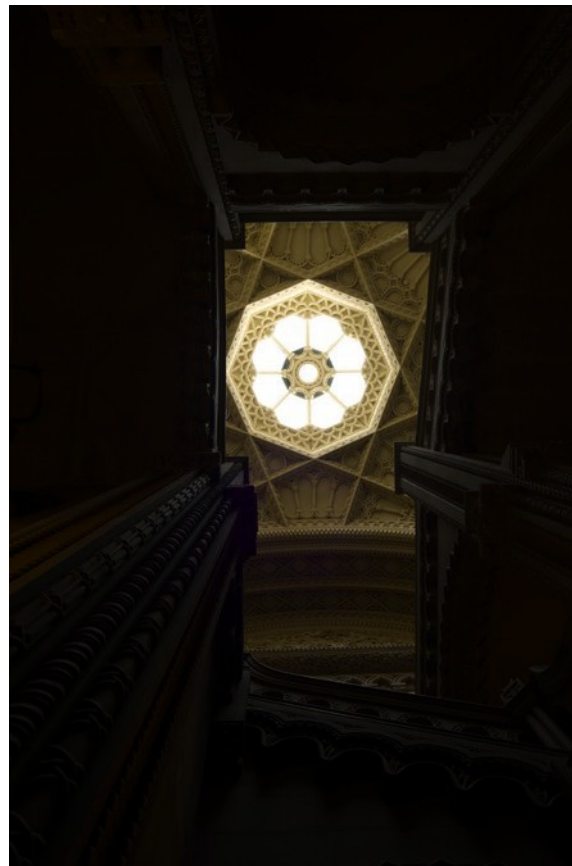


Operatory tonów: Logarytmiczny, Gamma



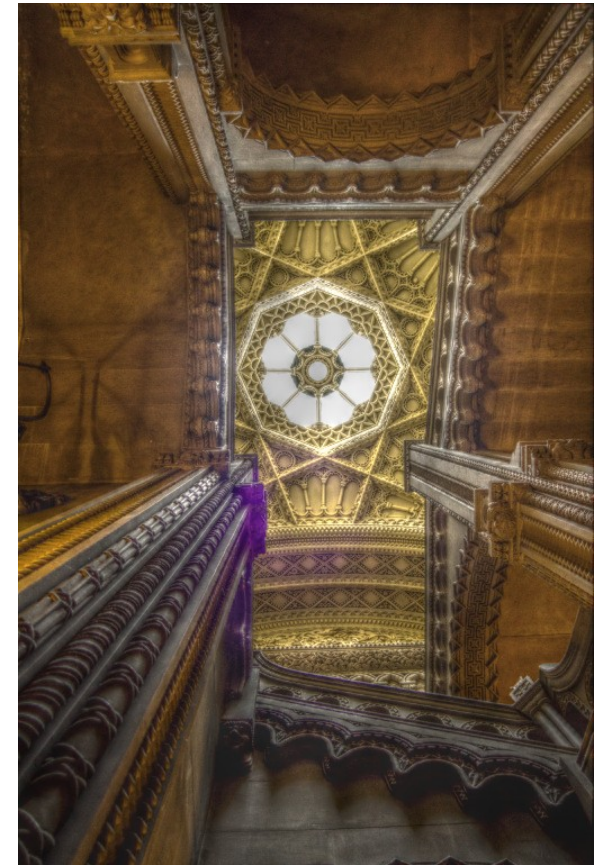
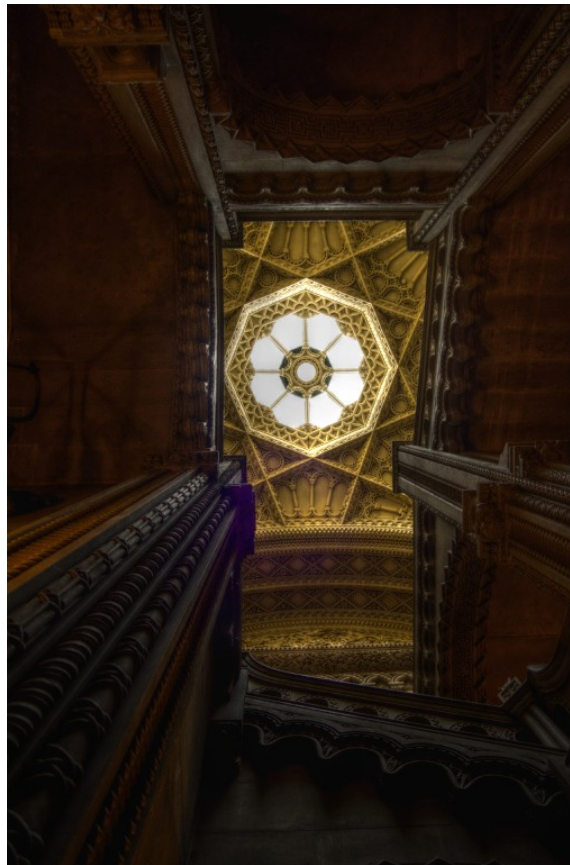
Operatory tonów: Fotograficzny

- **Globalny operator fotograficzny Reinharda** pozwala na zasymulowanie fotografowania naturalnej sceny
 - Dobiera się parametr "key" dla spodziewanego efektu, który może być rozumiany jako wartość ekspozycji



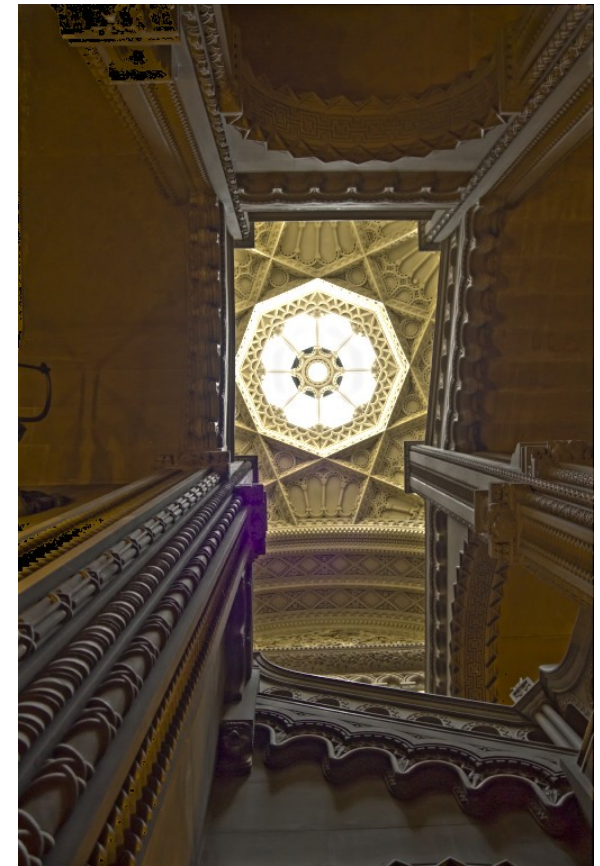
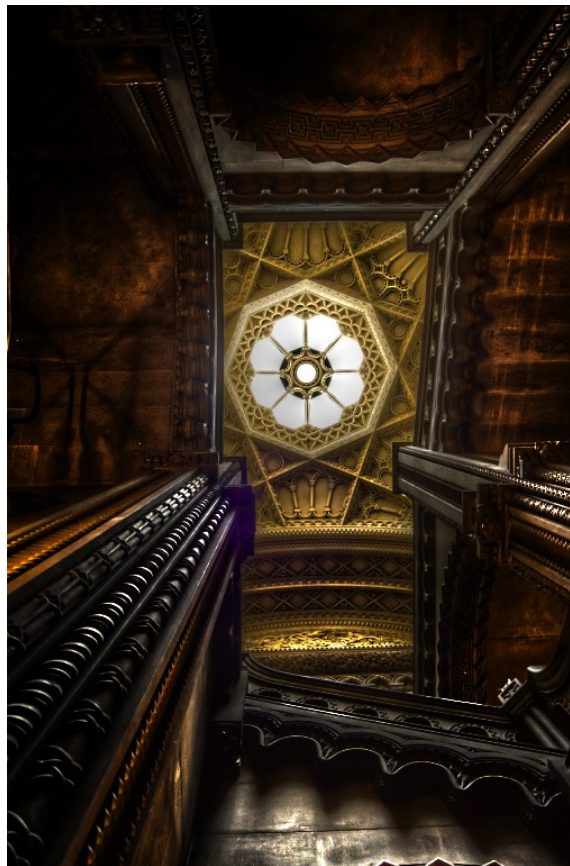
Operatory tonów: Mantiuk'06

- **Lokalny operator Mantiuk'06** pozwala na uzyskanie efektu zwiększonego **lokalnego kontrastu**



Operatory tonów: Fattal, Durand

- **Lokalne operatory tonów** autorstwa Fattala oraz Duranda



- *Adobe Photoshop nie posiada* dobrego wsparcia dla tworzenia obrazów HDR i tone mappingu
- **Luminance HDR**
 - GUI dla open source'owych pakietów *pfstools* i *pfstmo*
 - <http://qtpfsgui.sourceforge.net/>
- **Photomatix**
 - Płatny, ale bez licencji w pełni funkcjonalny
 - <http://www.hdrsoft.com/>
- **MATLAB**
- Artizen HDR, Dynamic-Photo HDR, easyHDR, Essential HDR, HDR Darkroom, HDR PhotoStudio, ...

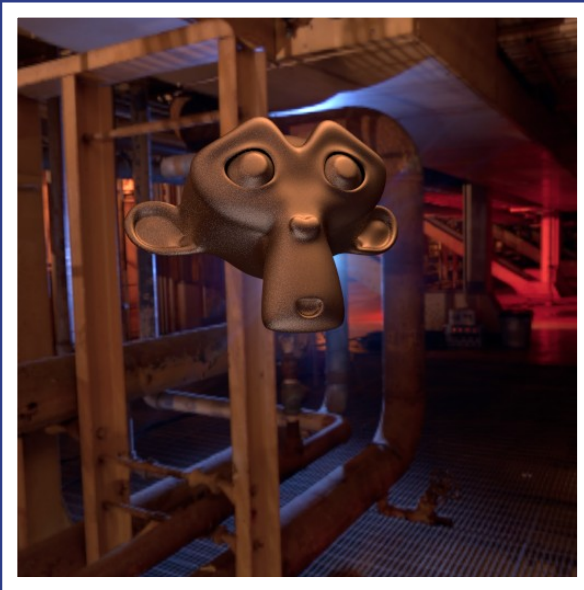
Zastosowania HDRI

- Image Based Lighting (IBL), czyli renderowanie oświetlenia z użyciem map środowiska



Zastosowania HDRI

- Image Based Lighting (IBL), czyli renderowanie oświetlenia z użyciem map środowiska



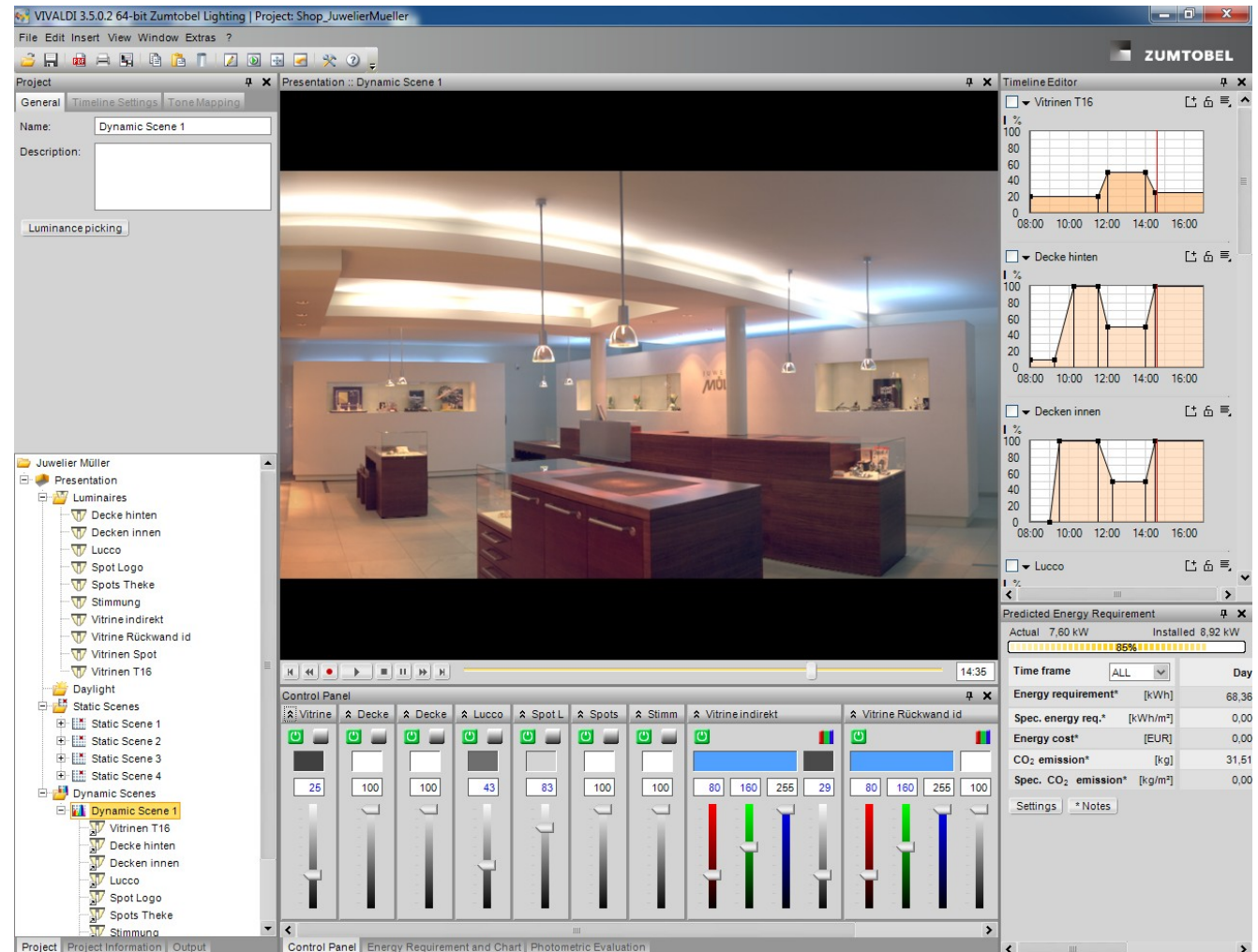
Zastosowania HDRI

- Image Based Lighting (IBL), czyli renderowanie oświetlenia z użyciem map środowiska



Zastosowania HDRI

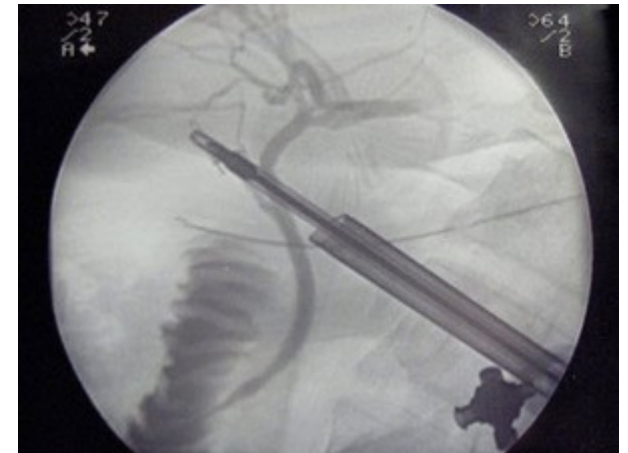
- Projektowanie oświetlenia
 - Poprzez tworzenie wizualizacji pomieszczenia jako obrazu HDR, możliwy jest pomiar wartości fotometrycznych przy różnych ustawieniach źródeł światła



Źródło obrazu:
Zumtobel GmbH

Zastosowania HDRI

- Wizualizacja medyczna
 - Dzięki bardzo niskim poziomom czerni i wysokiemu kontrastowi, wyświetlacze HDR mogą dorównać dynamice zdjęć rentgenowskich



Źródło obrazu:
Bit-tech.net



Zastosowania HDRI: Fotografia



Zastosowania HDRI: Fotografia



Zastosowania HDRI: Fotografia



Zastosowania HDRI: Fotografia



<http://bazyluk.net/dydaktyka>

Bartosz Bazyluk

Obrazowanie HDR

Fotografia. Powstawanie i wyświetlanie obrazów HDR.

Grafika Komputerowa i Wizualizacja, Informatyka S1, II Rok