

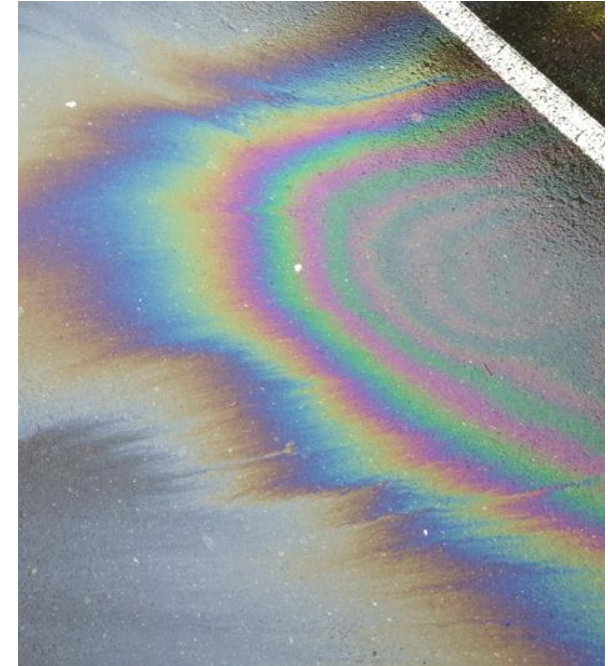
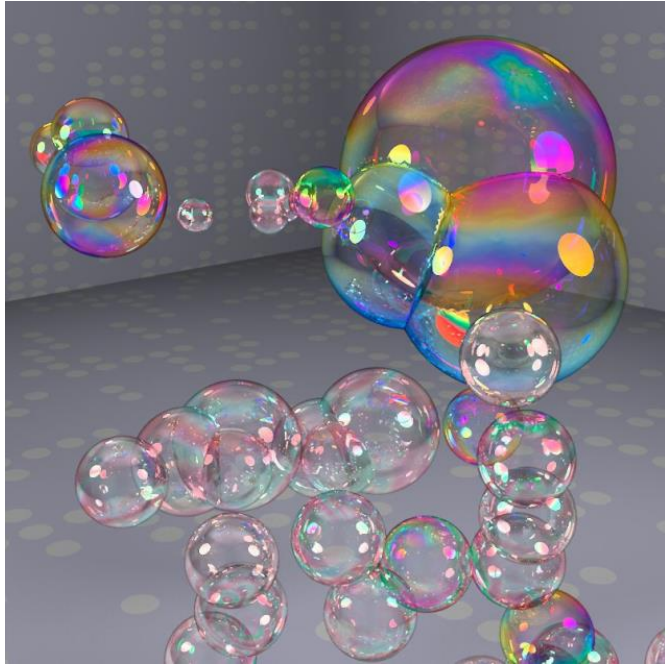
1100-1BO15, rok akademicki 2018/19

OPTYKA GEOMETRYCZNA I INSTRUMENTALNA

dr hab. Rafał Kasztelanic

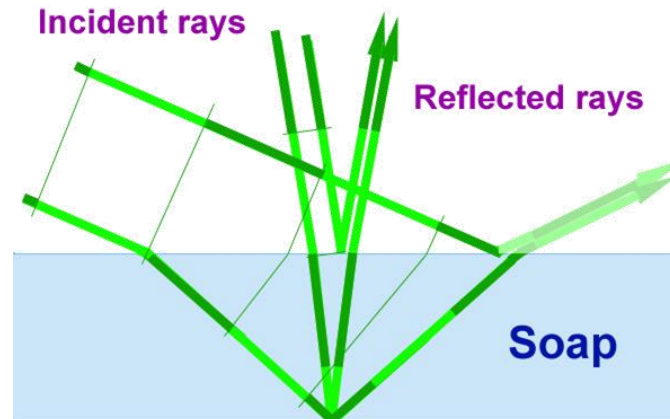
Wykład 8

Optyka falowa – cienkie warstwy



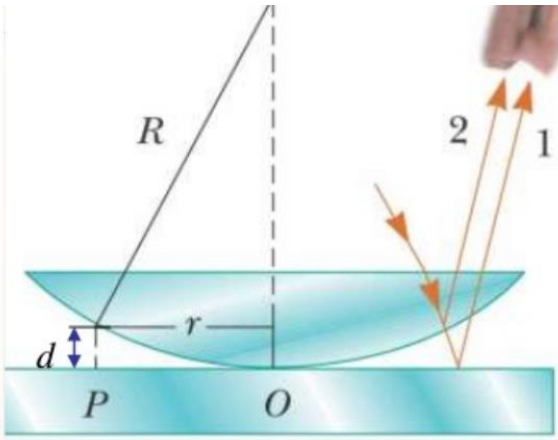
climate.uvic.ca/climate-lab/front_page_pics/thin_film.html

Thin Film Interference



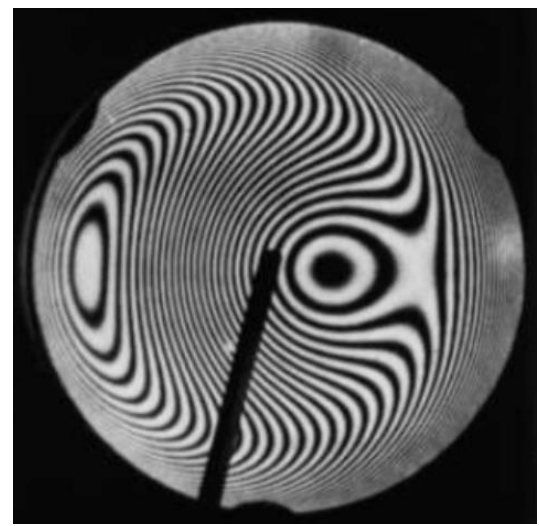
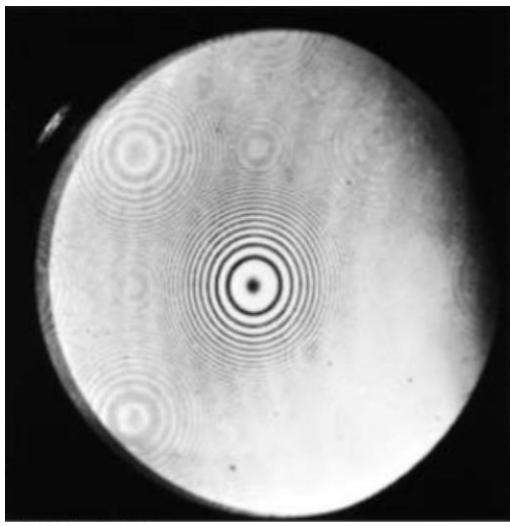
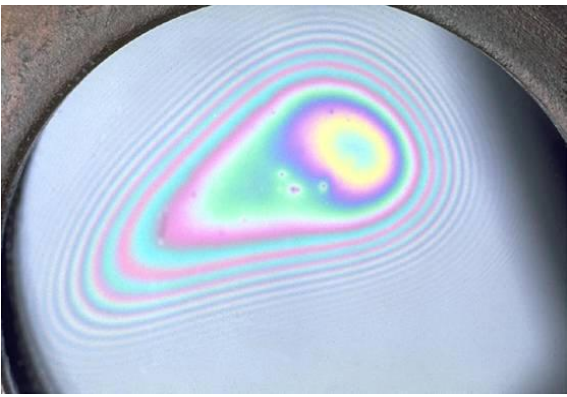
Optyka falowa – pierścienie Newtona

- Pierścienie Newtona prążki interferencyjne w kształcie pierścieni, w świetle przechodzącym (lub odbitym) przez cienkie warstwy w pobliżu styku powierzchni wypukłej i płaskiej rozdzielonych substancją o innym niż stykające się współczynniku załamania.
- Dla światła białego powstają wielobarwne prążki, dla monochromatycznego – jasne i ciemne prążki.

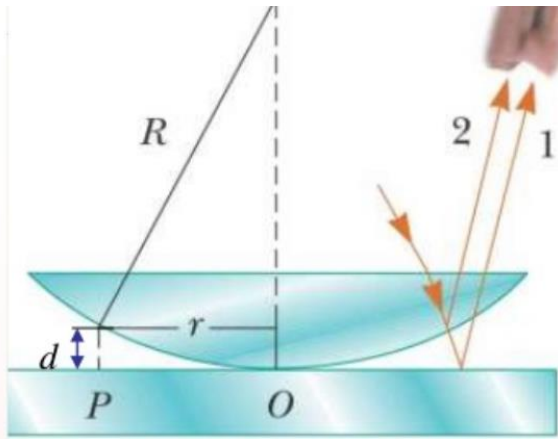


$$d = r^2/2R$$

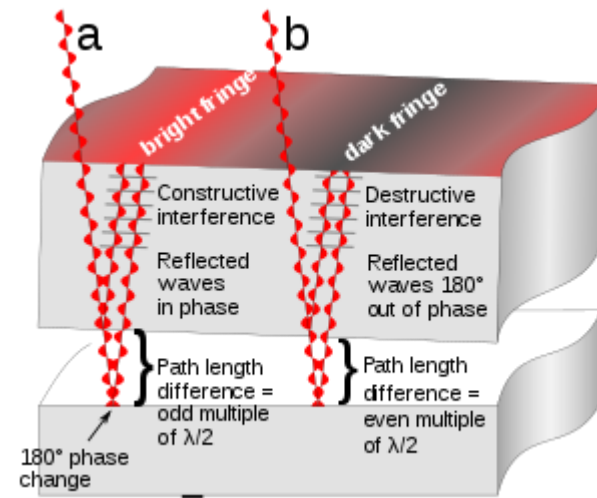
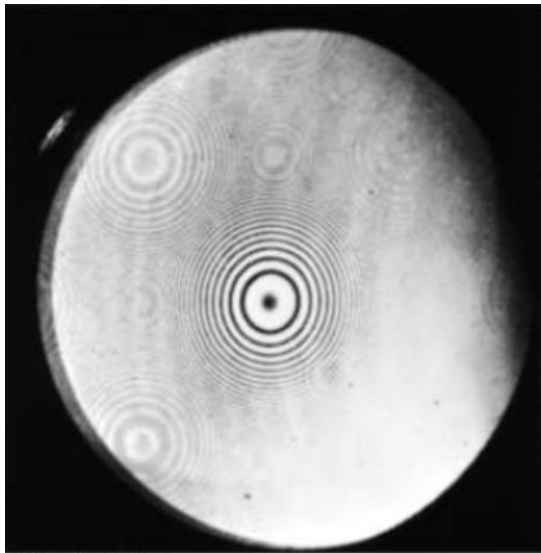
$$r = \sqrt{\frac{m\lambda R}{n}}$$



Optyka falowa – pierścienie Newtona

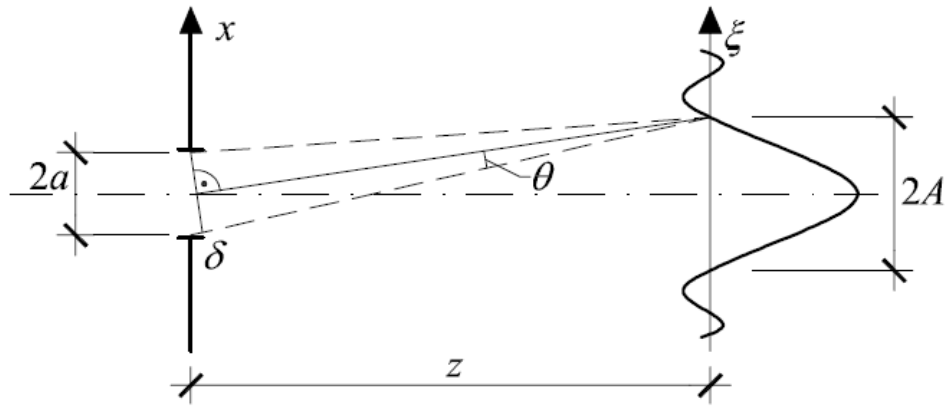


- Światło przy odbiciu zmienia swoją fazę o $\pi/2$ gdy odbija się od ośrodka o wyższym współczynniku załamania
- Przy odbiciu od ośrodka o niższym współczynniku załamania faza się nie zmienia
- Przy przejściu przez granicę między ośrodkami faza się nie zmienia

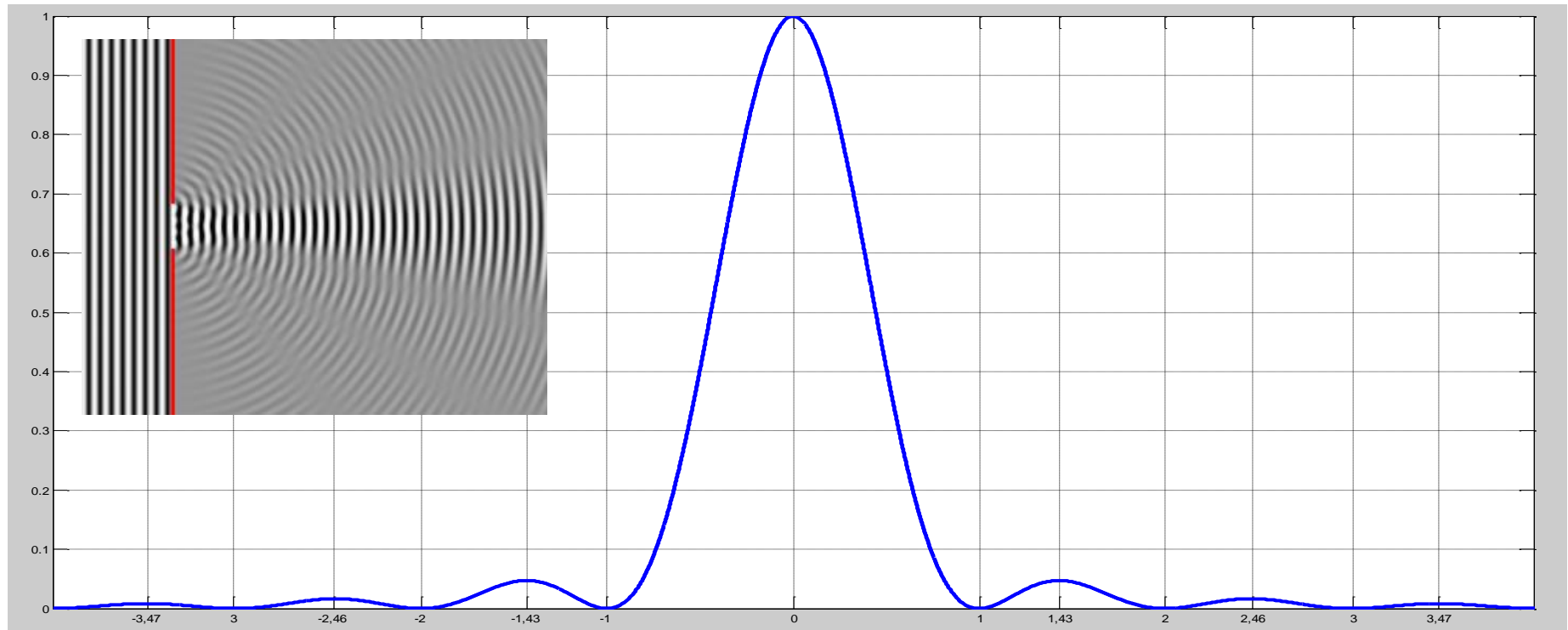


en.wikipedia.org/wiki/Newton%27s_rings

Rozdzielczość – obraz punktu



$$I = I_0 \left(\frac{\sin(\beta/2)}{\beta/2} \right)^2$$



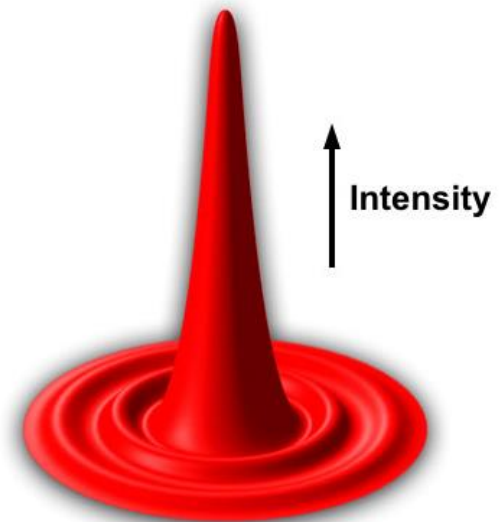
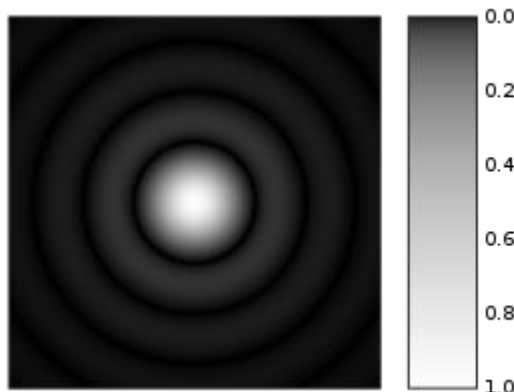
Rozdzielczość – obraz punktu

Plamka Airy'ego

- Obraz punktu po przejściu światła przez układ optyczny bez aberracji z kołową przesłoną aperturową.
- W dużej odległości od apertury kąt, pod jakim jest widziane pierwsze minimum, mierzony od kierunku padania światła, jest dany przybliżonym wzorem (kryterium Rayleigha):

$$\sin \theta = 1.22 \frac{\lambda}{d}$$

- λ – długość fali światła, d – średnica apertury.

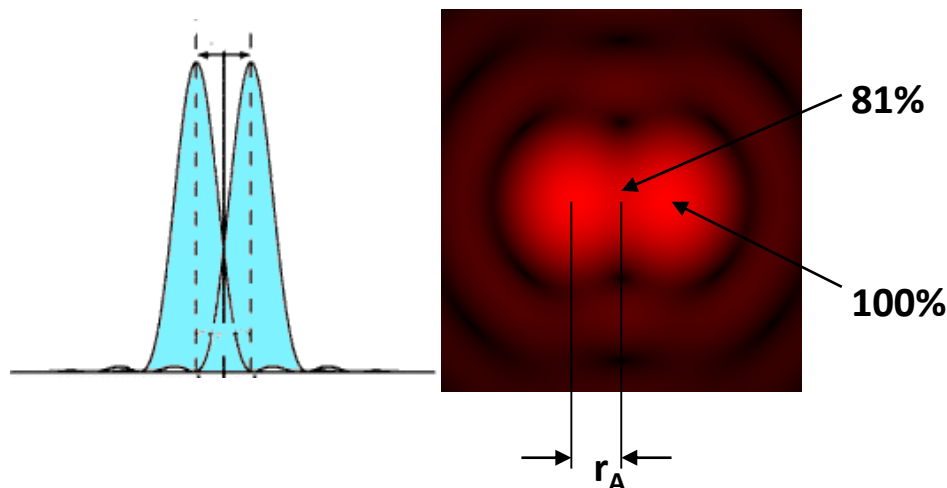


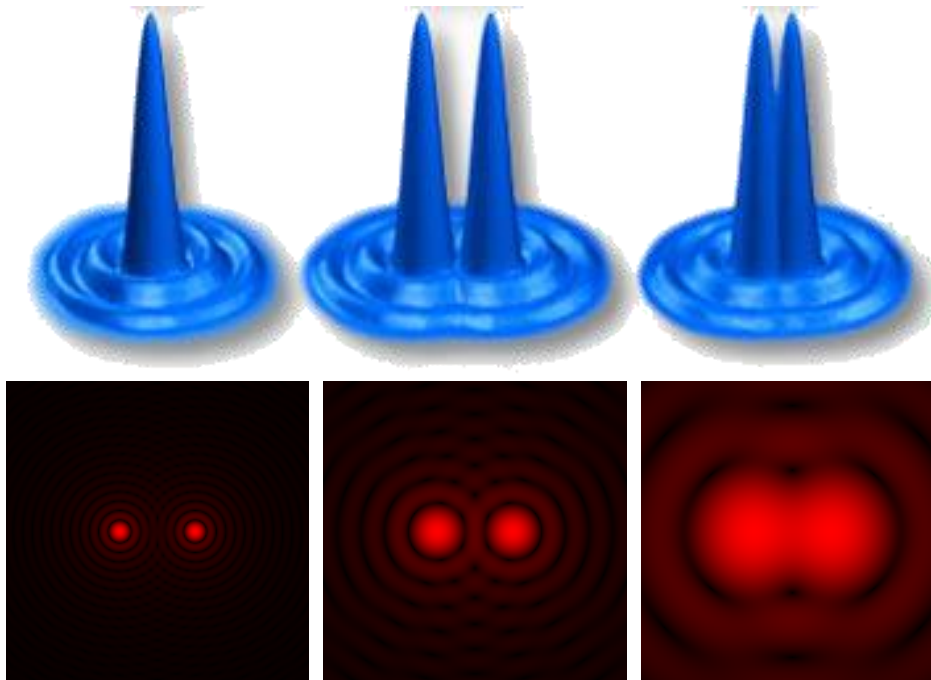
Kryterium rozdzielczości Rayleigha:

- W optyce instrumentalnej przyjęto się za taką umowną granicę uznać sytuację, gdy maksimum natężenia w jednej plamce przypada na pierwsze minimum natężenia w drugiej plamce. W środku wypadkowego rozkładu natężenia światła występuje wtedy niewielkie minimum pozwalające orzec, że pochodzi ono w istocie od dwóch punktów. Określa się to mianem kryterium Rayleigha. W przypadku, gdy aberracje są zanedbywalnie małe w porównaniu z wpływem dyfrakcji graniczna wartość dwupunktowej (kątowej) zdolności rozdzielczej według Rayleigha wynosi, zgodnie ze wzorem.

$$r_A = 1,22 \frac{\lambda f}{2a}$$

- Im mniejszy kąt graniczny tym większa (lepsz) zdolność rozdzielcza.



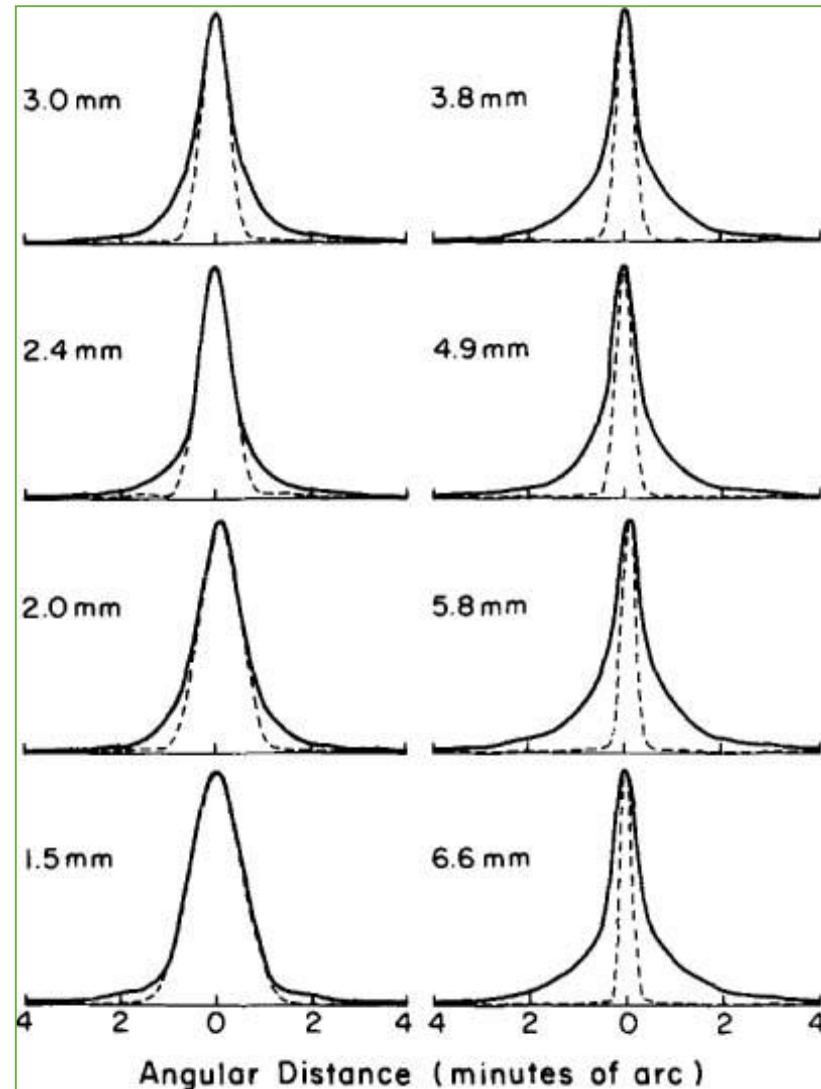


Funkcja rozmycia punktu

Point spread function

- Funkcja rozmycia punktu obrazuje jakość odwzorowania układu optycznego.
- Dla układu bezaberracyjnego większa źrenica umożliwia poprawienie zdolności rozdzielczej.

Funkcja rozmycia punktu układu ludzkiego oka w funkcji średnicy źrenicy (linia ciągła, przerywana – ograniczenie dyfrakcyjne).



Motywacja

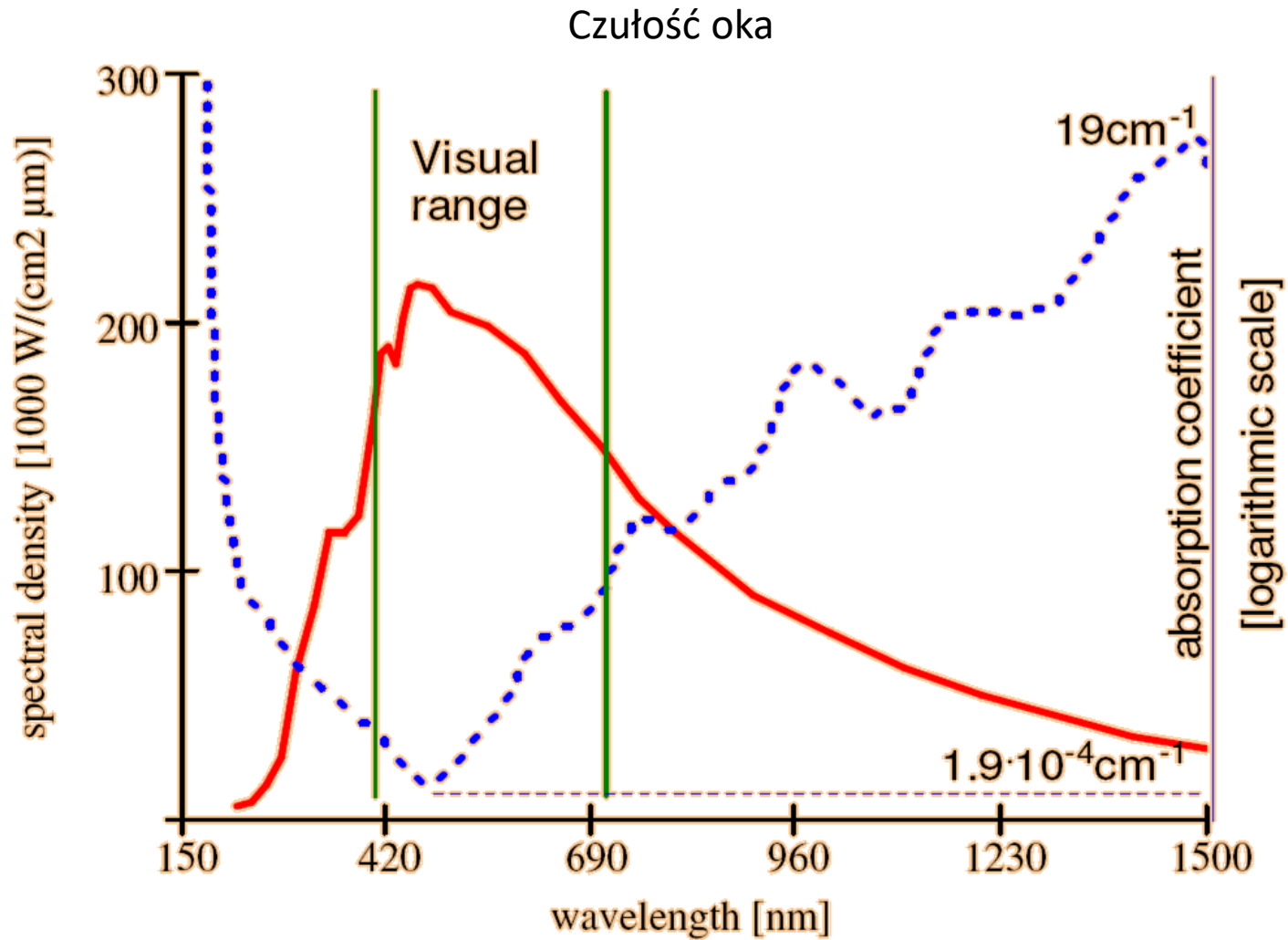
- **Oko ludzkie** jest przyrządem optycznym z określoną zdolnością rozdzielczą, która wskazuje jaka jest minimalna odległość dwóch punktów, które są rozróżniane.
- Zdolność rozdzielczą wyznacza się na ogół dla odległości dobrego widzenia, zwykle równej 25 cm. Wynosi ona ok. 1 minuty kątowej. Zdolność ta odpowiada zdolności rozdzielczej układu optycznego oka.
- Aby zobaczyć bardzo małe obiekty musimy użyć przyrządów optycznych, współpracujących z okiem.

Przyrządy optyczne

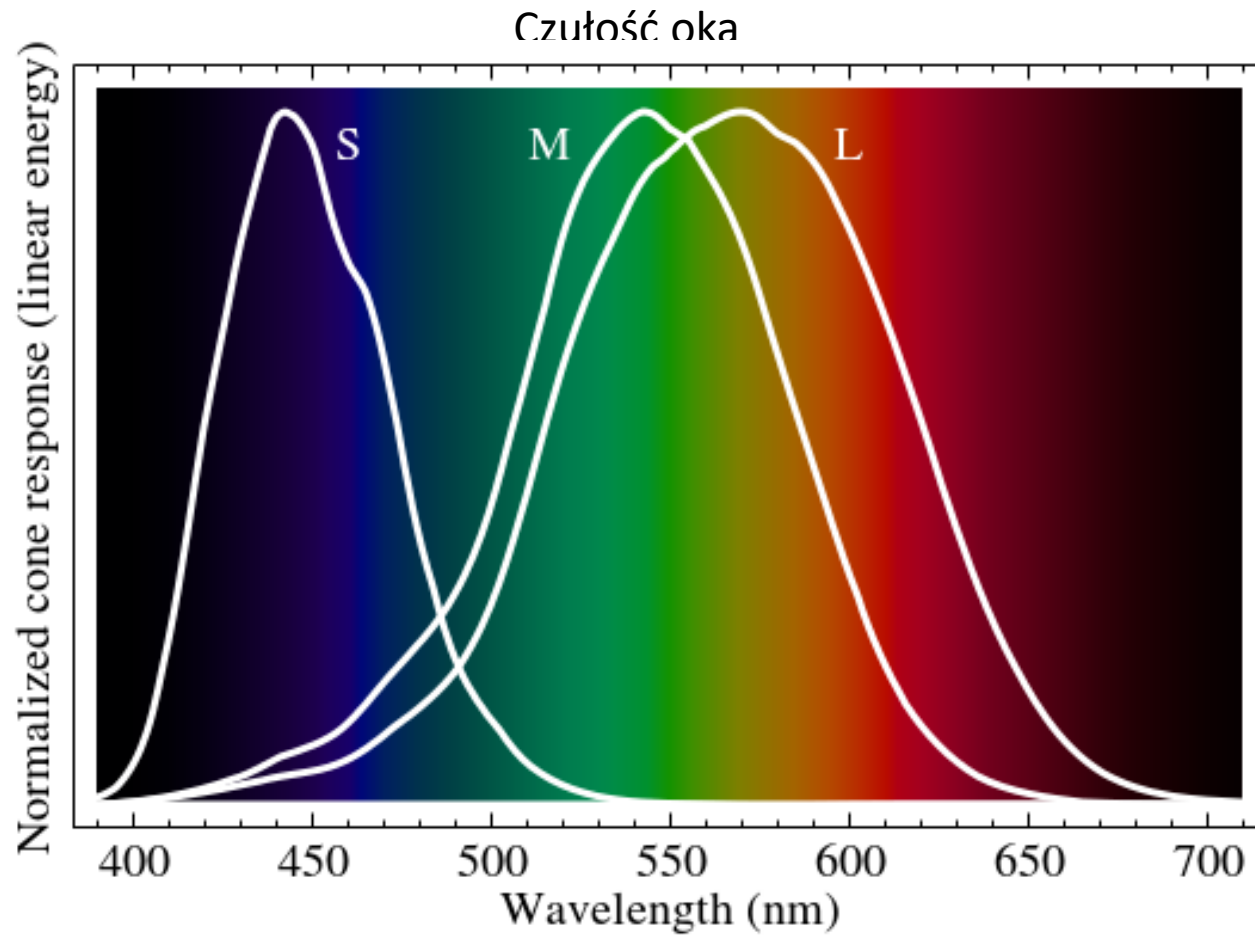
Podział przyrządów optycznych:

- Przyrządy wizualne – współpracujące z okiem i rozszerzające jego zdolności poznawcze
- Pozostałe przyrządy optyczne, w których detektorami są elementy światłoczułe
- Lupy
- Mikroskopy: biologiczne, metalograficzne, stereoskopowe, pomiarowe, konfokalne, fluorescencyjne, pracujące w podczerwieni
- Przyrządy lunetowe: lunety, teleskopy, teodolity, niwelatory, lornetki, celowniki, dalmierze, peryskopy
- Kolimatory, lunety autokolimacyjne
- Aparaty fotograficzne i projekcyjne: aparaty, powiększalniki, czytniki, projektory, diaskopy, episkopy, epidiaskopy,
- Przyrządy do analizy spektralnej: spektroskopy, spektrofotometry, monochromatory
- Fotometry, kalorymetry
- Przyrządy do pomiaru długości i kąta: goniometry, interferometry
- Polarymetry i polaryskopy
- Refraktometry
- Przyrządy medyczne i oftalmiczne: oftalmometry, cytoskopy, gastroskopy
- Reflektory

Motywacja

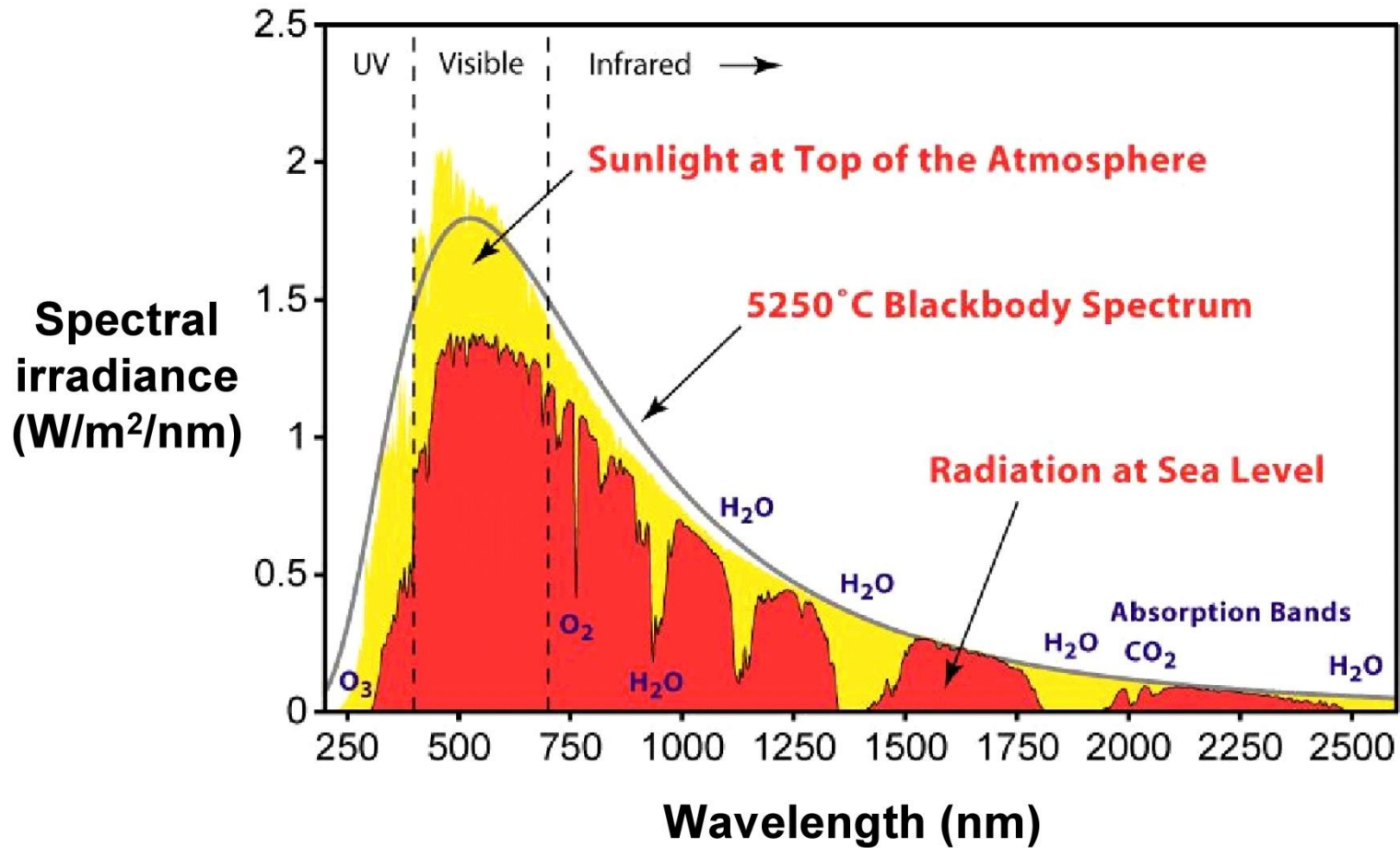


Motywacja



Motywacja

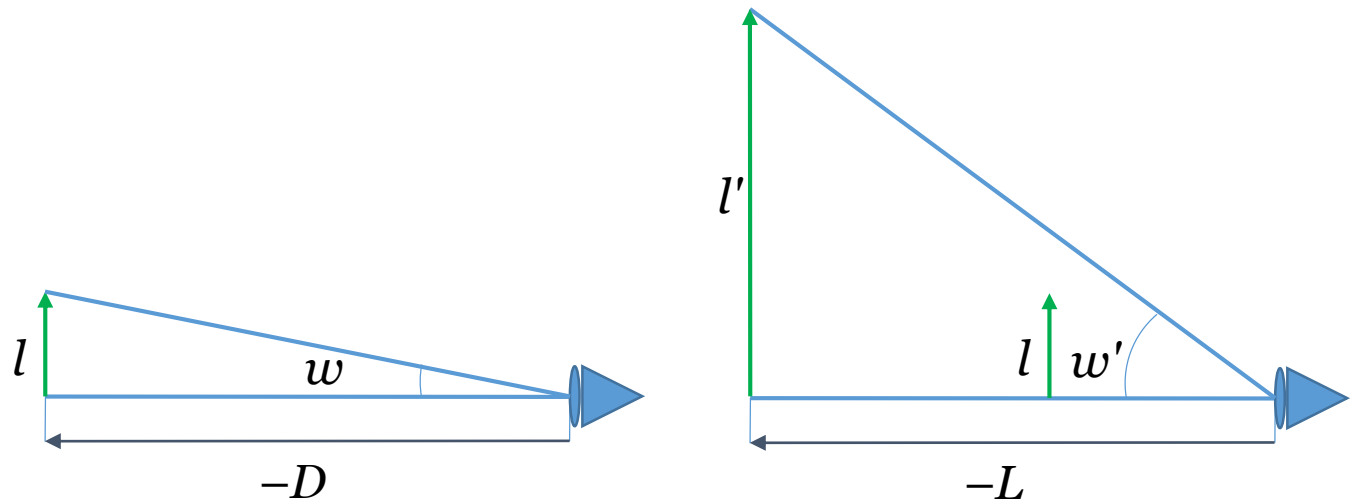
Promieniowanie słoneczne



Powiększenie wizualne

- [def] Powiększeniem wizualnym Γ nazywamy stosunek kąta w' pod jakim widać obraz przedmiotu przez przyrząd do kąta w pod jakim widać ten przedmiot okiem nieuzbrojonym.
- Powiększenie wizualne może być także definiowane za pomocą tangensów kątów, a nie samych kątów. Dla promieni przyosiowych nie wpływa to na wartość powiększenia.

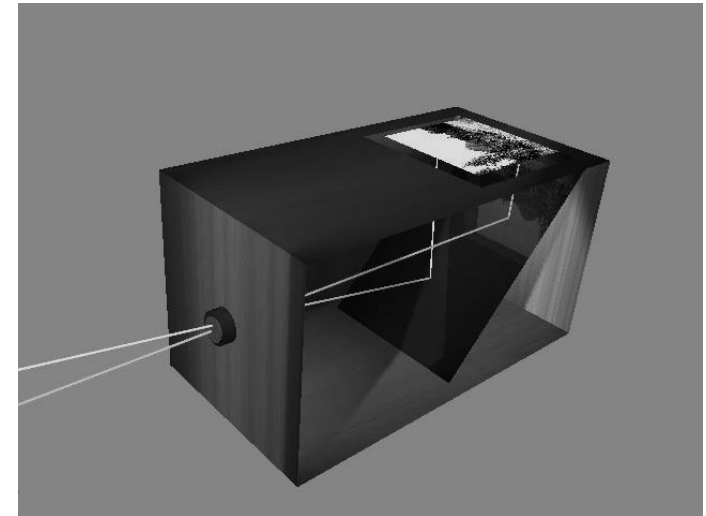
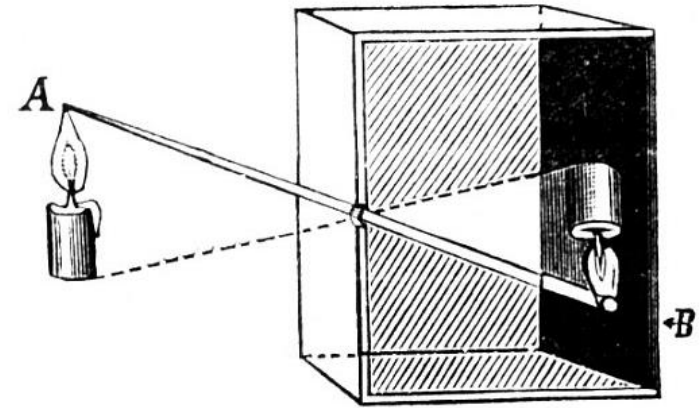
$$\Gamma = \frac{w'}{w}$$



- pole ostrego widzenia u człowieka wynosi ok. 1,5 stopnia, potem mamy strefę zmniejszonej ostrości która ma około 3~5 stopni, resztę ,generuje mózg'.
- Odległość między czopkami $\sim 5 \mu\text{m}$

Przyrządy optyczne – camera obscura

- Najprostszy optyczny układ obrazujący. Światło przechodzi przez mały otworek tworząc na ekranie obraz o jasności proporcjonalnej do jasności na zewnątrz oraz wielkości otworka.
- Jeśli otworek nie jest mały, światło utworzy na matówce koło o wielkości proporcjonalnej do wielkości otworka.
- Zwiększanie średnicy otworka zmniejsza ostrość obrazu. Zmniejszanie średnicy otworka poprawia ostrość, ale zmniejsza jasność.
- Dla otworka o wielkości porównywalnej z długością fali, na ekranie pojawia się rozmycie obrazu wywołane dyfrakcją światła na brzegach otworu.
- Obraz jest bardziej miękki.
- Powiększenie kątowe jest stałe dla przedmiotów znajdujących się w dowolnej odległości od kamery (głębia ostrości od zera do nieskończoności).



$$d = 1,9\sqrt{f\lambda}$$

Przyrządy optyczne – camera obscura



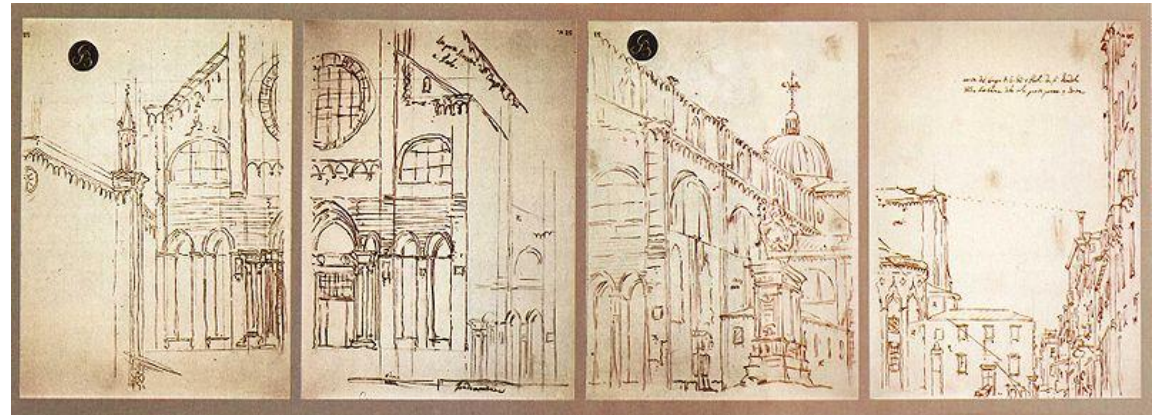
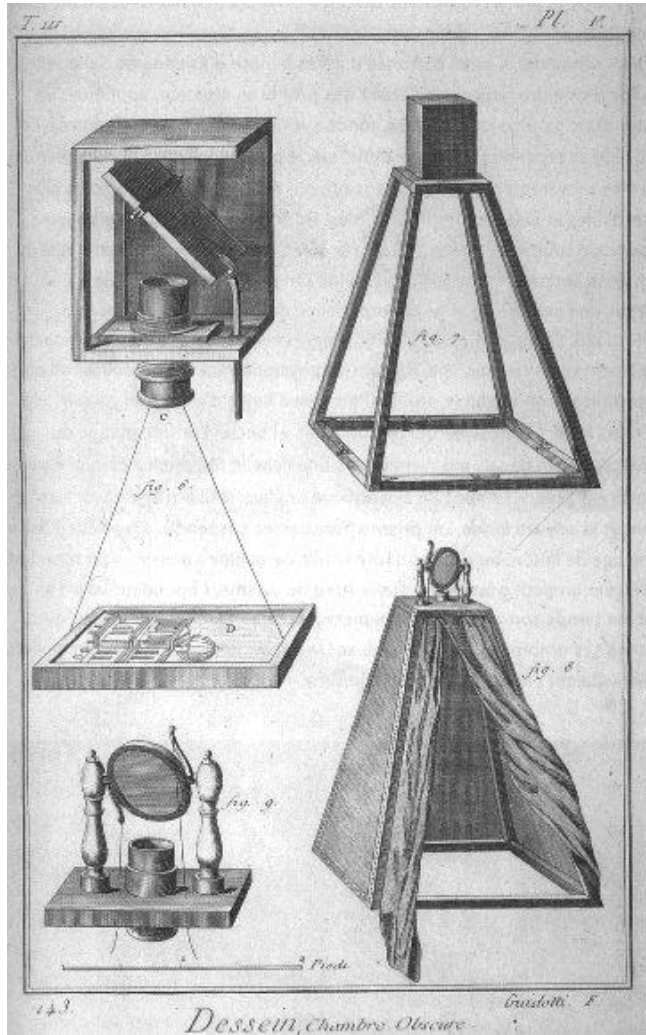
The effect of pinhole cameras can be observed at this wall opposite some balustrades in the Castelgrande of Bellinzona. You can see the red roofs of the houses and the green trees that lie behind the balustrades being projected onto the wall. (wikipedia.org)



Zdjęcie wykonane kamerą otworkową i aparatem z obiektywem soczewkowym.

Przyrządy optyczne – camera obscura

Canaletto i inni...

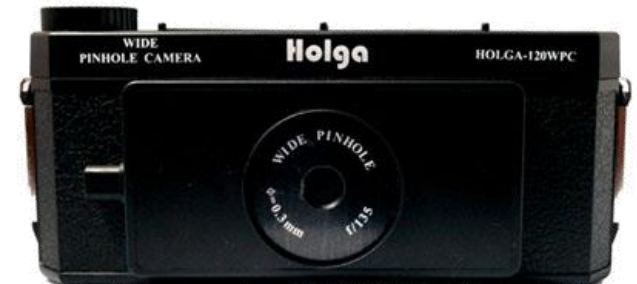


Przyrządy optyczne – camera obscura

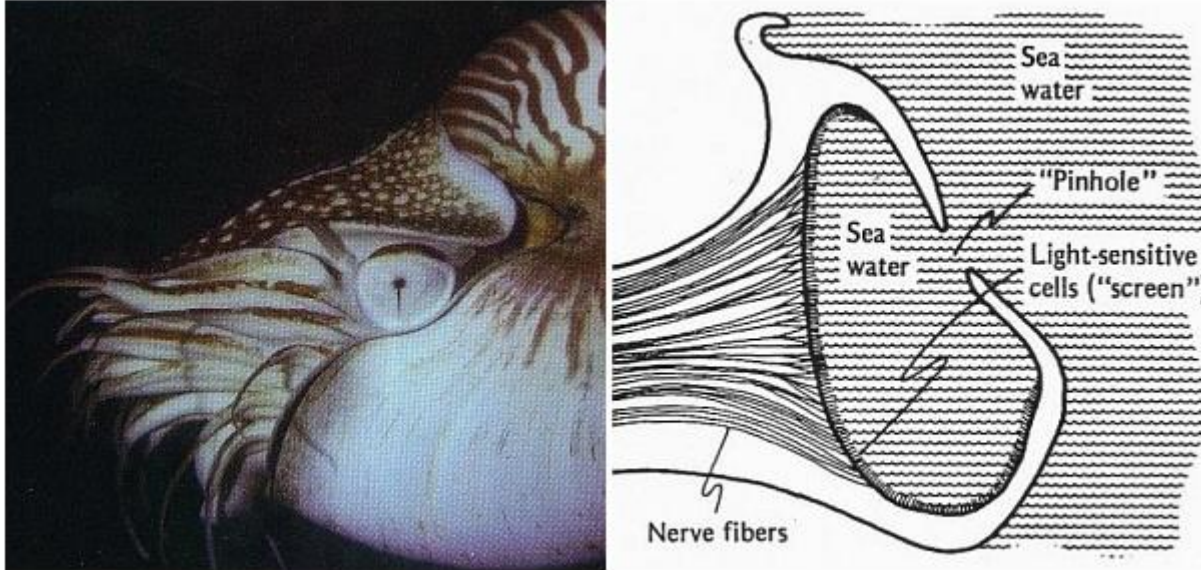
Pinhole Camera Holga 120 WPC



An example of a 20 minute pinhole exposure. (wikipedia.org)



Przyrządy optyczne – camera obscura



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

Przyrządy optyczne - lupa

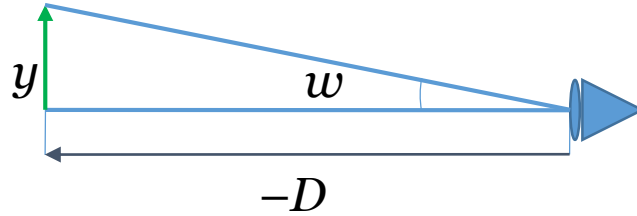
Lupa

- najprostszy przyrząd, często pojedyncza soczewka
- daje obraz prosty, pozorny, powiększony
- służy do bezpośredniej obserwacji małych, blisko położonych przedmiotów
- szkło powiększające – powiększenie nie większe niż 3 razy

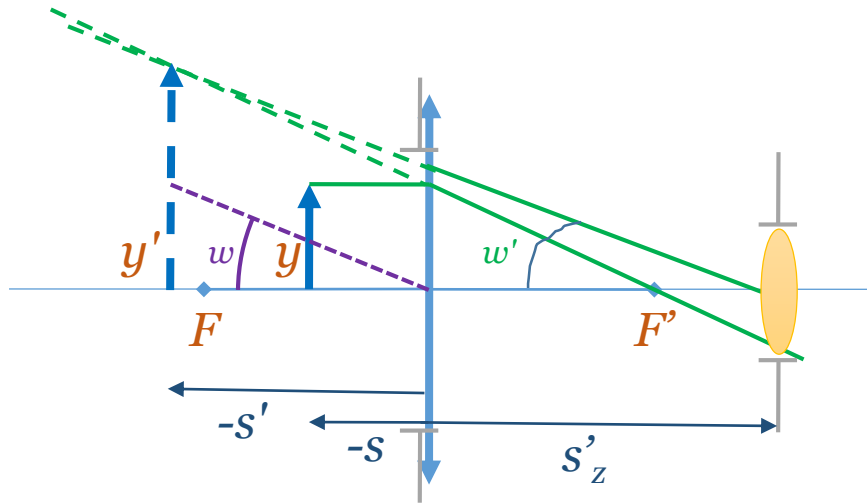


Przyrządy optyczne - lupa

Obserwujemy przedmiot z odległości dobrego widzenia $D = 25 \text{ cm}$



$$\text{tg } w = \frac{y}{-D}$$



$$\text{tg } w' = \frac{y'}{-s' + s'_z}$$

Powiększenie wizualne lupy:

$$\Gamma = \frac{\text{tg } w'}{\text{tg } w} = -\frac{y'}{y} \left(\frac{D}{s'_z - s'} \right)$$

Uwzględniając wzór soczewkowy i zależności geometryczne:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow s = \frac{f' s'}{f' - s'}$$

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$$

$$\Gamma = -\frac{f' - s'}{f'} \left(\frac{D}{s'_z - s'} \right)$$

Przyrządy optyczne - lupa

Możliwe 2 ustawienia: w ognisku, bliżej niż ognisko

Jeśli przedmiot umieścimy w ognisku przedmiotowym lupy, a oko będzie pracować bez wysiłku akomodacyjnego:

$$\Gamma = \frac{D}{f'} = \frac{\Phi}{4}$$

Jeśli założymy, że obraz powstanie w odległości dobrego widzenia D , a oko będzie tuż za (Δ) lupą:

$$\Gamma = 1 + \frac{D}{f'} + \frac{\Delta}{f'} = \frac{\Phi}{4} + 1$$

