

# Wprowadzenie do technologii HDR

## Konwersatorium 2 - inspiracje biologiczne

mgr inż. Krzysztof Szwarc

[krzysztof@szwarc.net.pl](mailto:krzysztof@szwarc.net.pl)

Sosnowiec, 5 marca 2018

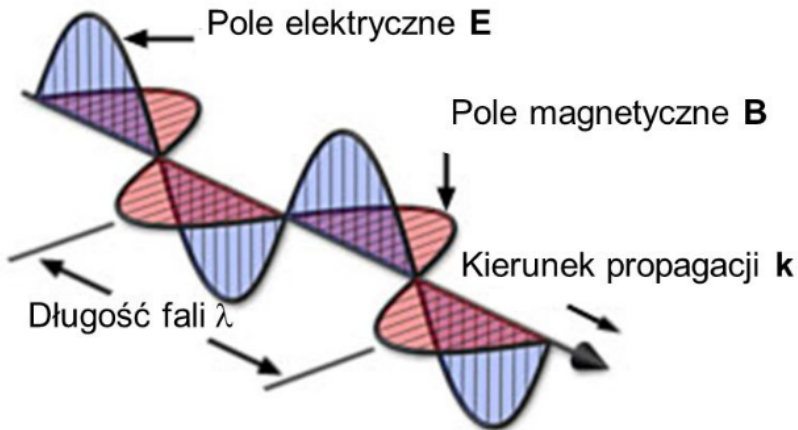
## Mechanizm widzenia

Mechanizm widzenia człowieka jest aktywowany za pośrednictwem promieniowania elektromagnetycznego. Wzrok reaguje na określony zakres długości fal elektromagnetycznych. Fale wchodzące w skład tego zakresu nazywamy światłem.

## Fala elektromagnetyczna

**Fala elektromagnetyczna** to rozchodzące się w przestrzeni zaburzenia pola elektromagnetycznego. Twierdzenie o ich istnieniu wynika z równań Maxwella. Pole elektryczne i magnetyczne wzajemnie się indukują. Wektor natężenia pola elektrycznego oraz wektor indukcji pola magnetycznego są prostopadłe względem siebie oraz kierunku prędkości ich rozchodzenia się.

# Fala elektromagnetyczna



[http://images.slideplayer.pl/1/424124/slides/slide\\_8.jpg](http://images.slideplayer.pl/1/424124/slides/slide_8.jpg)

## Podstawowe wzory

- $\lambda = v \cdot T$
- $f = \frac{1}{T}$
- $\lambda = \frac{v}{f}$
- $T = \frac{\lambda}{v}$

gdzie:

- $\lambda$  - długość fali,
- $v$  - prędkość rozchodzenia się fali,
- $T$  - okres fali,
- $f$  - częstotliwość fali.

## Proces widzenia

Światło, które zostaje odbite od przedmiotów przechodzi przez rogówkę i wpada do naszego oka. Ilość światła, która wpadnie do środka zależy od rozszerzenia źrenicy (im ciemniejsze światło tym źrenica jest bardziej rozszerzona). Następnym krokiem procesu jest przejście światła przez soczewkę, która je załamuje. Załamane światło pada na siatkówkę, na której powstaje obraz odwrócony, po czym następuje przetwarzanie impulsów świetlnych na odpowiednie sygnały nerwowe, które za pośrednictwem nerwu wzrokowego docierają do mózgu.

## Proces widzenia cd.

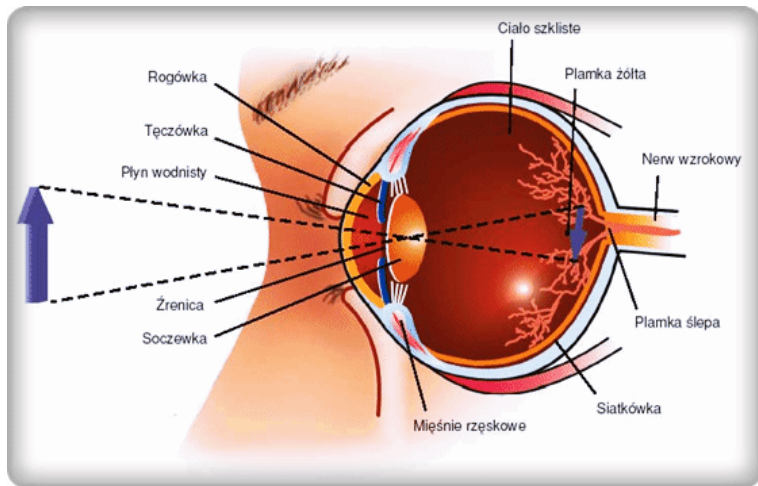
Siatkówka składa się z fotoreceptorów, które dzielimy na komórki pręcikowe i czopkowe. Posiadamy 125 milionów pręcików oraz 6,5 miliona czopków. Pręciki umożliwiają nam widzenie kształtów i ruchu przy słabym oświetleniu (widzenie skotopowe; najbardziej wrażliwe na długości fali blisko 500 *nm*). Gdy światło staje się intensywne komórki pręcikowe przestają reagować, a komórki czopkowe stają się aktywne (widzenie fopowe).

## Proces widzenia cd.

Najwięcej komórek czopkowych występuje w plamce żółtej - widzenie tam jest najostrzejsze. Obszarem, w którym nie powstaje obraz jest plamka ślepa. Komórki czopkowe pozwalają na widzenie barw i wyróżniamy ich trzy rodzaje ( $\beta, \gamma, \rho$ ) - każdy najlepiej odbiera fale świetlne o zadanej długości (niebieskie, zielone lub czerwone). Każda komórka czopkowa absorbuje wszystkie długości fali, lecz jej typ określa na jaką długość fali jest ona najbardziej wrażliwa.



# Budowa oka

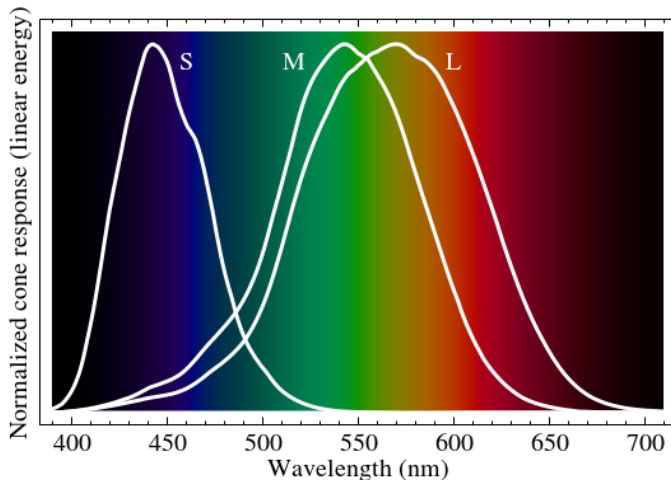


<http://analizaobrazu.x25.pl/>

# Zakres długości fal światła dla czopków

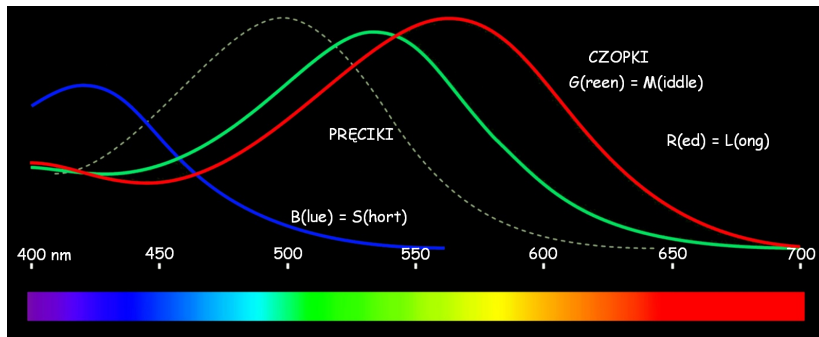
Typ czopka	Nazwa	Zakres [ $nm$ ]	Maks. długość fali [ $nm$ ]
S	$\beta$	400 – 500	420 – 440
M	$\gamma$	450 – 630	534 – 555
L	$\rho$	500 – 700	564 – 580

# Normalizowanie spektra odpowiedzi ludzkich czopków typu S, M, i L



[https://pl.wikipedia.org/wiki/Widzenie\\_barwne](https://pl.wikipedia.org/wiki/Widzenie_barwne)

# Zależności między długością fali elektromagnetycznej a siłą reakcji pręcików (linia przerywana) i trzech grup czopków



<http://afterimagia.pl/book/jak-mozg-widzi-barwy/>

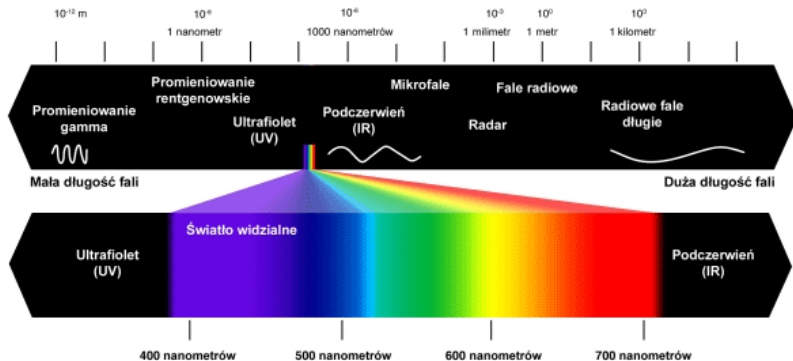
## Światło

Podstawowymi parametrami światła jest częstotliwość oraz intensywność. Dla człowieka światło widzialne zawiera się w zakresie długości fal  $\lambda = 380 - 780 \text{ nm}$  (w przybliżeniu). Oko jest najbardziej wrażliwe na długości fali  $555 \text{ nm}$  (barwa żółto-zielona). Niezależnie od długości fali, światło rozchodzi się w próżni z prędkością wynoszącą  $c = 299792458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . W innych ośrodkach jest ona mniejsza i zależy od współczynnika załamania.

# Prędkość światła w zależności od ośrodka

Ośrodek	Prędkość [ $\frac{km}{s}$ ]
Próżnia	299792
Woda	225000
Szkło crown	200000
Diament	125000

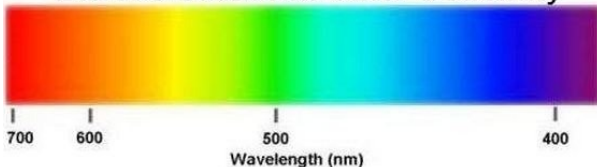
# Światło widzialne na tle całego spektrum fal elektromagnetycznych



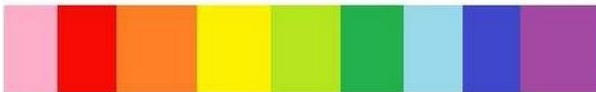
<http://www.lenalighting.pl/>

# Mniej poważnie...

## Zakres widzenia barw u kobiety



## Zakres widzenia barw u mężczyzny



znalezione na *widzialas.to*

<https://ocs-pl.oktawave.com>



# Długość fal świetlnych jednobarwnych

Barwa	Długość fali [ $nm$ ]
Czerwona	630 – 760
Pomarańczowa	600 – 630
Żółta	560 – 600
Zielona	450 – 560
Niebieska	420 – 450
Fioletowa	380 – 420

## Dualizm korpuskularno-falowy

Zgodnie ze współczesną optyką zakładamy, że światło ma dwoistą naturę - jest zarówno falą elektromagnetyczną, jak i strumieniem fotonów (cząstek będących kwantem energii promieniowania świetlnego). Cecha ta określana jest jako dualizm korpuskularno-falowy.

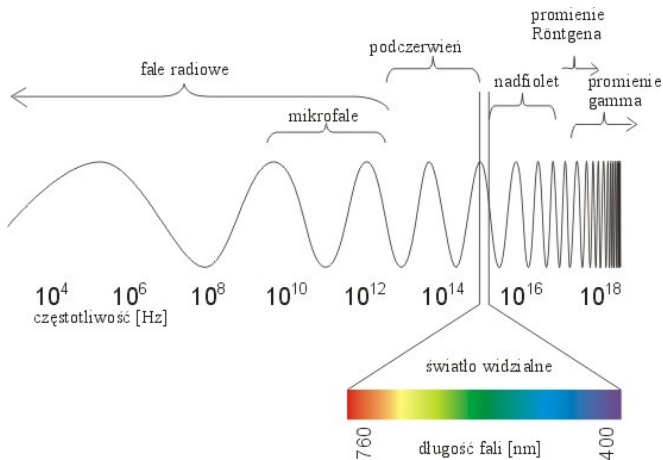
## Częstotliwość

Częstotliwość światła określa widziane przez nas barwy i uzależniona jest ona od długości fali oraz jej prędkości zgodnie ze wzorem  $f = \frac{c}{\lambda}$  [Hz]. Światło zawierające fale o różnej długości wywołuje wrażenie widzenia ustalonej barwy.

# Częstotliwość barw światła

Barwa	Częstotliwość [Hz]
Czerwona	$0,48 \cdot 10^{15} - 0,39 \cdot 10^{15}$
Pomarańczowa	$0,5 \cdot 10^{15} - 0,48 \cdot 10^{15}$
Żółta	$0,54 \cdot 10^{15} - 0,5 \cdot 10^{15}$
Zielona	$0,67 \cdot 10^{15} - 0,54 \cdot 10^{15}$
Niebieska	$0,71 \cdot 10^{15} - 0,67 \cdot 10^{15}$
Fioletowa	$0,79 \cdot 10^{15} - 0,71 \cdot 10^{15}$

# Podsumowanie - częstotliwość i długość światła



<http://eterowetematy.blogspot.com/>

## Intensywność

Intensywność światła opisuje energię docierającą do oka. Dzięki niej część widzianych przedmiotów jest ciemniejszych/jasniejszych od innych (emitują one wiązki fal o różnej intensywności). Przypada ona na jednostkową (nieskończenie małą) powierzchnię. Dla mierzalnej powierzchni wyznaczamy, wyrażaną w  $\frac{cd}{m^2}$ , luminancję.

## Widziany zakres luminancji

Nasze komórki światłoczułe reagują na zakres luminancji od  $10^{-5}$  do  $10^9 \frac{cd}{m^2}$ . Pierwsza z wartości jest emitowana np. przez bezksiężycowe niebo w nocy, a druga występuje w jasny słoneczny dzień. Zakres ten określa dynamikę ludzkiego wzroku, której zakres dostosowuje się do warunków, tzn. jest ona inna w dzień po wejściu z otwartej przestrzeni do ciemnego pomieszczenia, a inna po kilkadziesiąt minutach znajdowania się w nim.

## Energia fotonu

Energia przenoszona przez światło jest kwantowana, czyli przesyłana w pewnych porcjach (fotonach). Energia pojedynczego fotonu jest wyrażana wzorem:  $E_f = h \cdot f$ , gdzie  $h$  to stała Plancka ( $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ).



# Pytanie sprawdzające

- Czy energia fotonu zależy od barwy światła? Jeśli tak, to światło jakiej barwy składa się z fotonów o największej energii, a jakiej o najmniejszej?

Dziękuję za uwagę