

1100-1BO15, rok akademicki 2019/2020

OPTYKA GEOMETRYCZNA I INSTRUMENTALNA

dr hab. Rafał Kasztelanic

Wykład 1

- Czym jest światło ?
- Czym jest optyka ?
 - różne optyki
- Światło a materia
 - dielektryki
 - współczynnik załamania
 - dyspersja
 - metale
 - rozpraszanie, absorpcja
- Propagacja światła
- Wergencja
- Załamanie i odbicie światła
 - płytka płasko równoległa
 - pryzmaty
 - zwierciadła
 - soczewka cienka
 - skupiająca
 - rozpraszająca
 - soczewka gruba
 - punkty główne
 - płaszczyzny główne
 - punkty węzłowe
- Układy soczewek
 - przesłony, luki, źrenice
- Aberracje optyczne
- Optyka falowa
- Głębia ostrości
- Rozdzielczość
- Przyrządy optyczne
 - lupa
 - Luneta
 - Keplera
 - Galileusza
 - Mikroskop
 - Układy idealne a rzeczywiste

Czym jest światło ?

Historyczny rozwój **optyka** → **fotonika**

Optyka geometryczna - promień świetlny

Optyka falowa - fala nieznanej natury

Elektrodynamika – fala ELM

Optyka kwantowa - kwant



? ? ? ? - ?

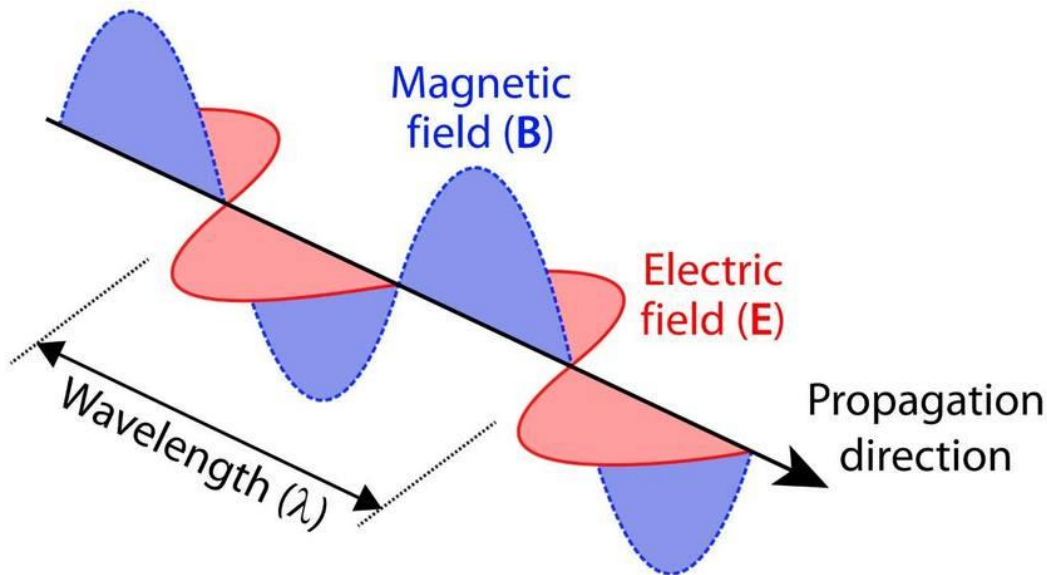
R.Jóźwicki: **Podstawy inżynierii fotonicznej**. Of.Wyd. PW, 2006

Czym jest światło ?

Światło jest falą elektromagnetyczną

Promieniowanie elektromagnetyczne ma charakter falowy

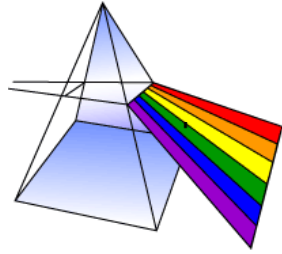
Fala elektromagnetyczna jest **falą poprzeczną**. Wektor pola **elektrycznego E** jest prostopadły do wektora pola **magnetycznego H** i oba są prostopadłe do **kierunku propagacji fali**



Prędkość fali elektromagnetycznej w próżni $c = 299792458$ m/s

Czym jest światło ?

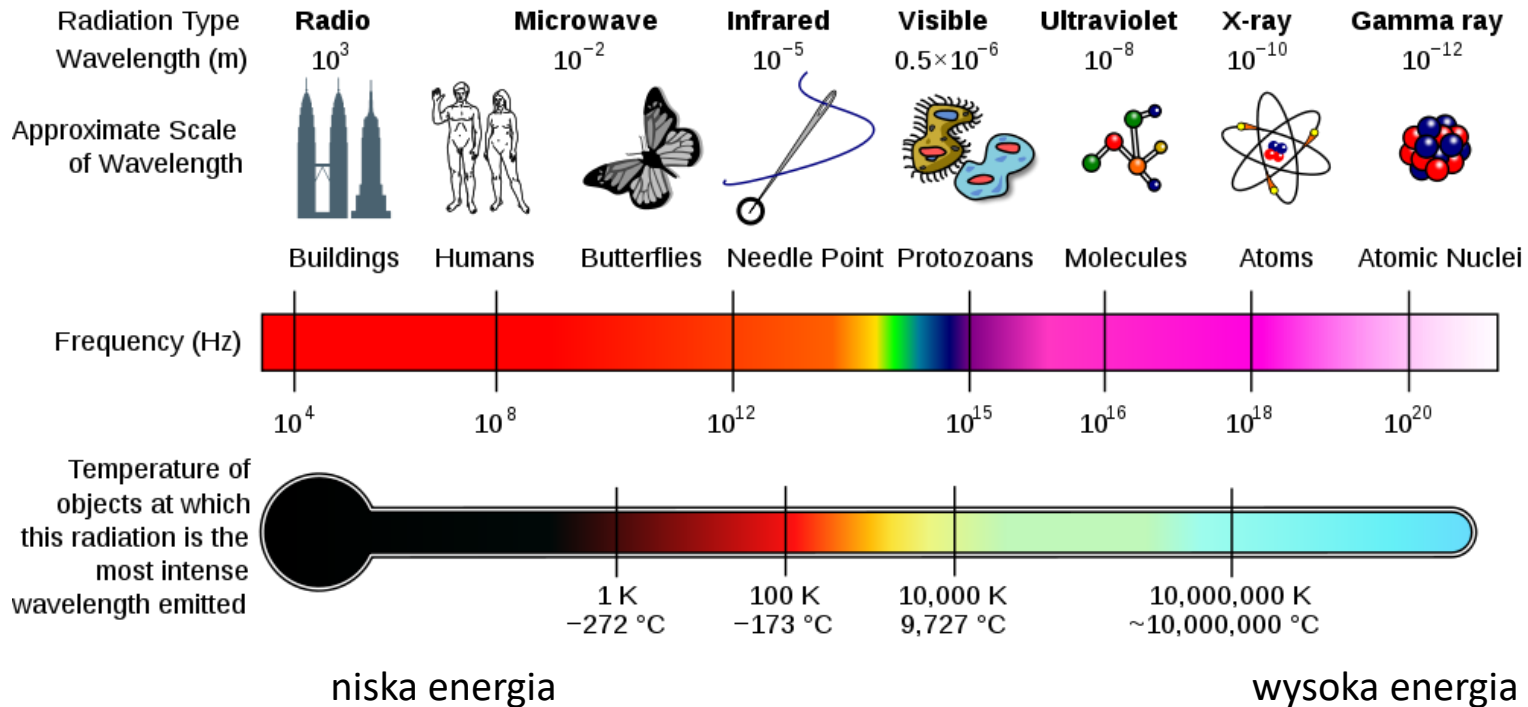
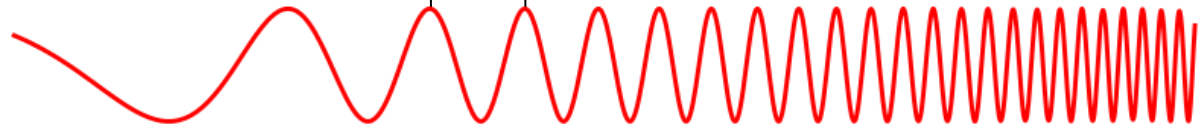
długość fali światła λ [m], i związana z nią częstość f [Hz = 1/s]: $c = \lambda f$



fale długie
niska częstość

λ

fale krótkie
wysoka częstość



Energia:
$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

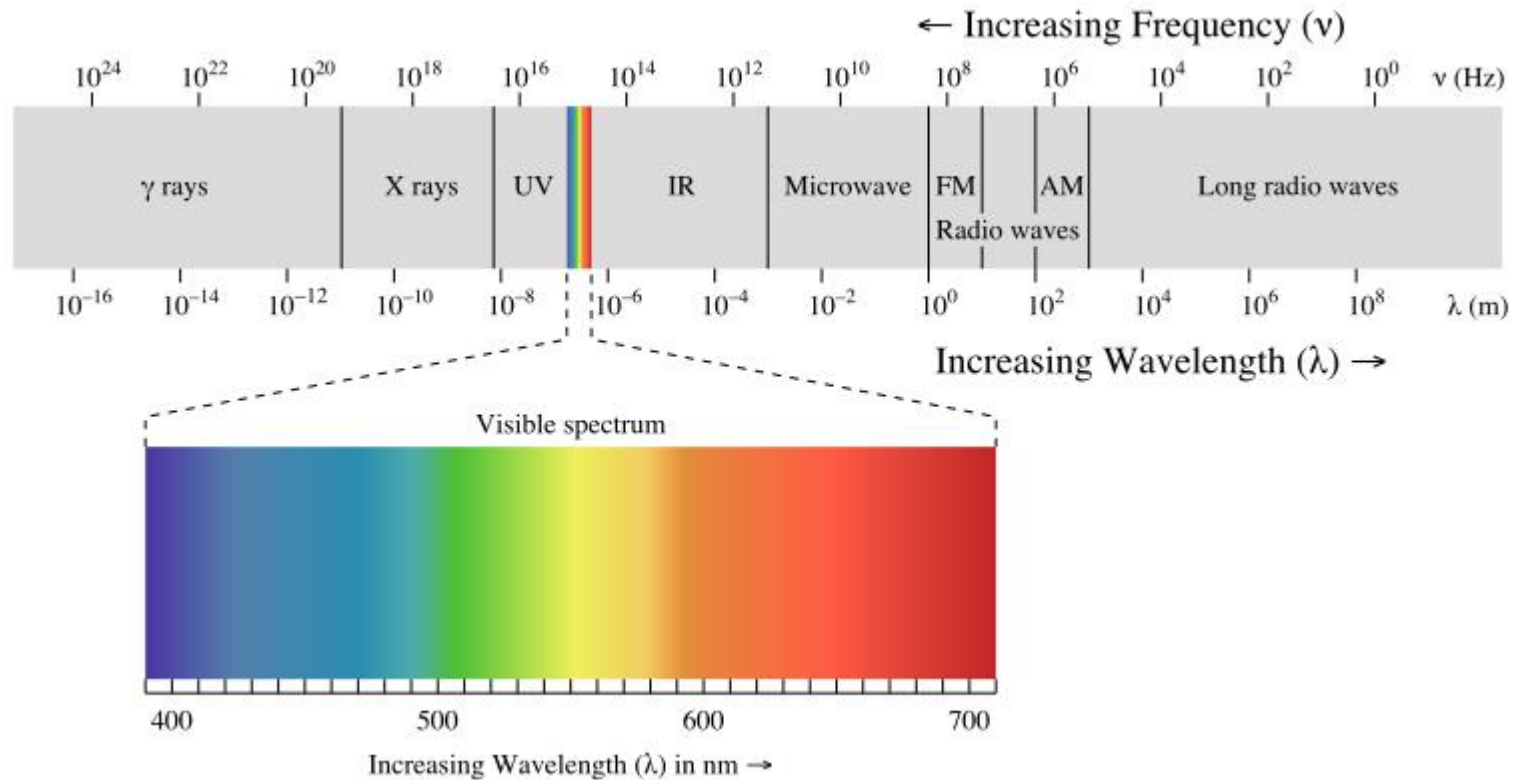
Czym jest światło ?

Jednostki długości używane dla fali elektromagnetycznej:

nazwa	symbol	mnożnik
kilometr	km	10^3
decymetr	dm	10^{-1}
centymetr	cm	10^{-2}
milimetr	mm	10^{-3}
mikrometr	μm	10^{-6}
nanometr	nm	10^{-9}
angstrem	Å	10^{-10}

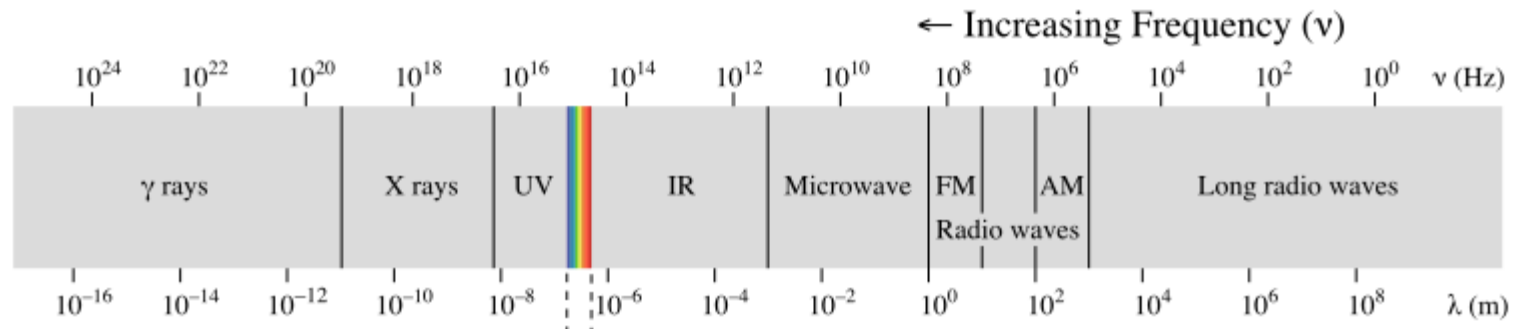
Czym jest światło ?

Podział spektrum fali elektromagnetycznej



Czym jest światło ?

Podział spektrum fali elektromagnetycznej



NADFIOLET – UV

Długość fali: $\lambda = 10 \div 380$ nm

Część materiałów pod wpływem oświetlenia UV świeci w zakresie światła widzialnego – **fotoluminescencją**

Gdy szybko zanika (10^{-8} s) – fluorescencja (biologia, skały)

Gdy wolno zanika – fosforescencja (zegarek)



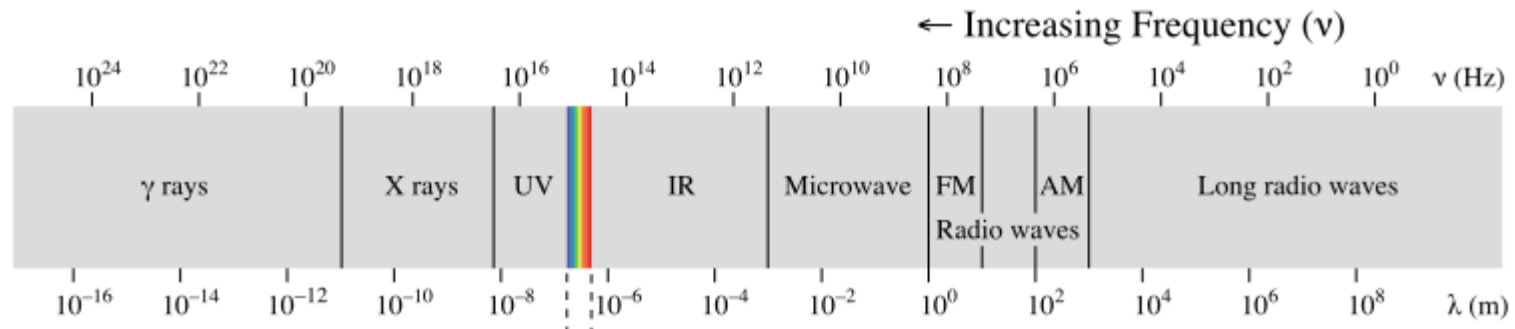
pentax.org.pl



atomfortheworld.blogspot.com

Czym jest światło ?

Podział spektrum fali elektromagnetycznej



ŚWIATŁO WIDZIALNE Długość fali: $\lambda = 380 \div 760 \text{ nm}$ ($789 \div 394 \text{ THz}$)

Fiolet: $\lambda = 380 \div 446 \text{ nm}$

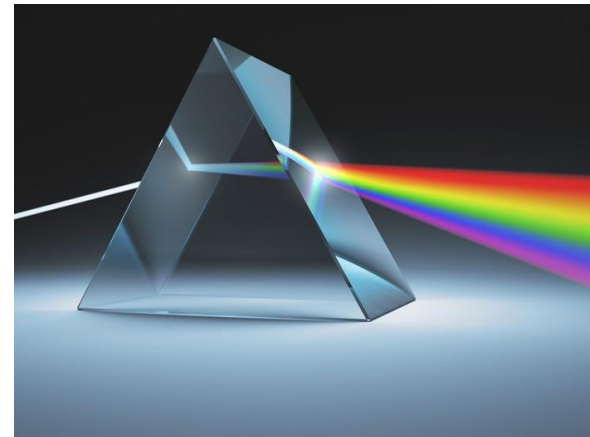
Niebieski: $\lambda = 446 \div 500 \text{ nm}$

Zielony: $\lambda = 500 \div 578 \text{ nm}$

Żółty: $\lambda = 578 \div 592 \text{ nm}$

Pomarańczowy: $\lambda = 592 \div 620 \text{ nm}$

Czerwony: $\lambda = 620 \div 760 \text{ nm}$

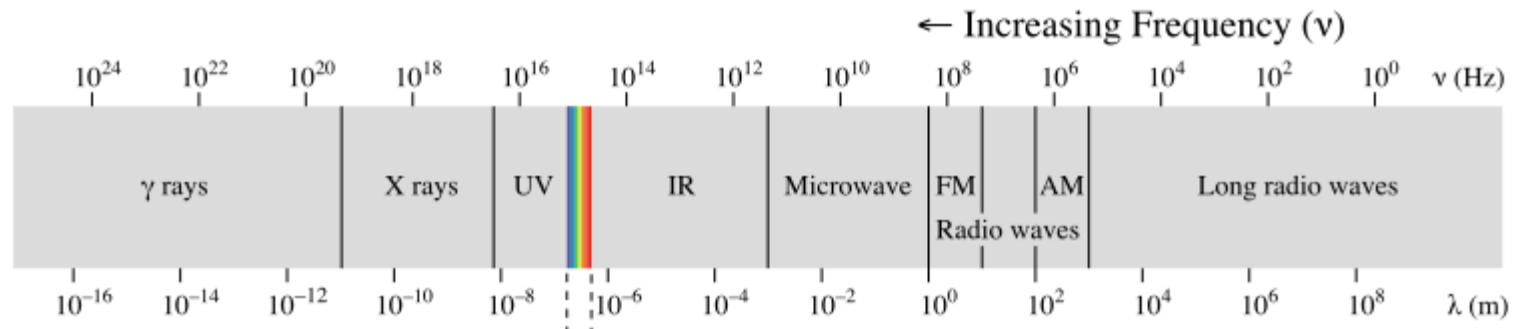


pixers.pl

Przykładem detektora czułego na światło widzialne jest ludzkie oko.

Czym jest światło ?

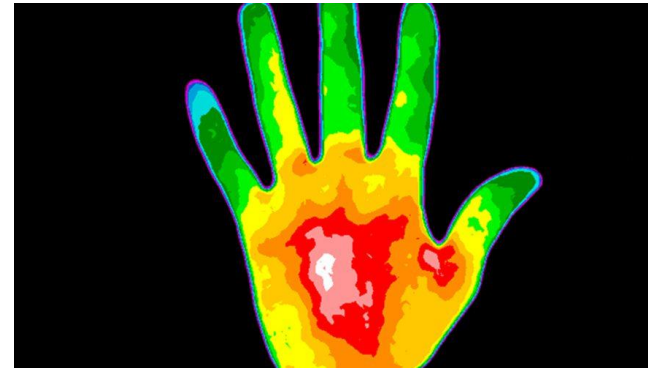
Podział spektrum fal elektromagnetycznej



PODCZERWIENÍ

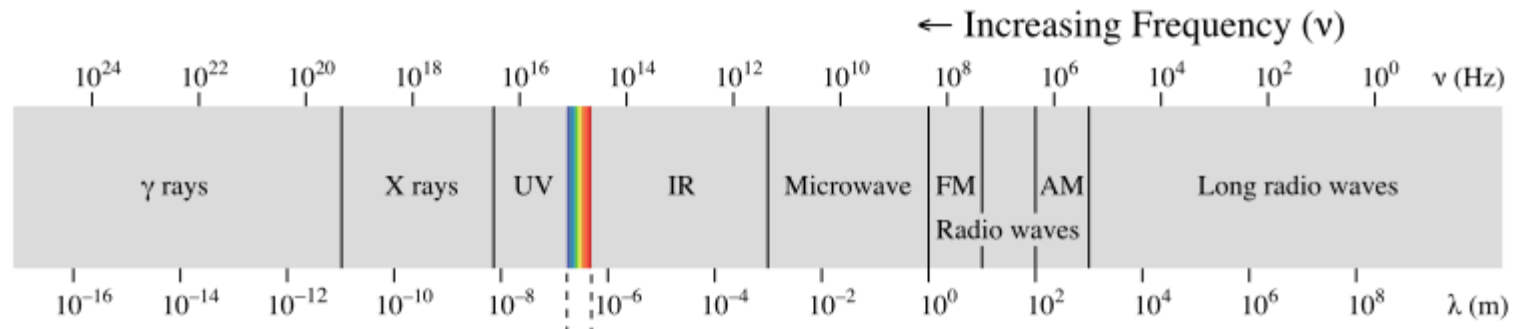
Długość fali: $\lambda = 0,72 \div 100 \mu\text{m}$

Zakres jest ponad 100 razy większy niż dla światła widzialnego



Czym jest światło ?

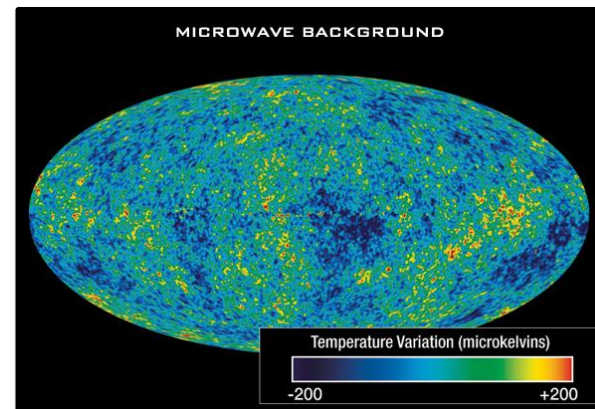
Podział spektrum fali elektromagnetycznej



MIKROFALE

Długość fali: $\lambda = 100 \mu\text{m} \div 1 \text{m}$

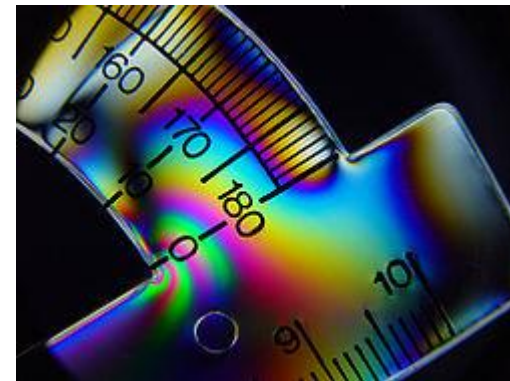
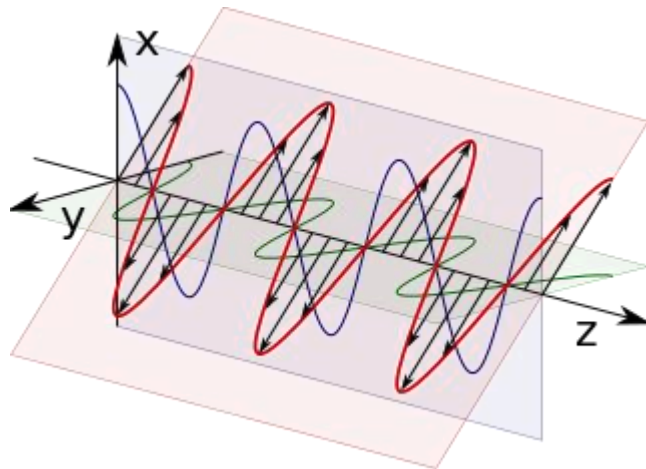
Nie jest tłumione przez parę wodną i wodę. Nadaje się do obserwacji powierzchni ziemi bez względu na pokrywą chmur.



Czym jest światło ?

Polaryzacja światła

- W przypadku typowych źródeł światła (termicznych, wyładowczych, itp.) wektor pola elektrycznego drga w różnych kierunkach prostopadłych do kierunku propagacji. Mówimy, że światło jest **niespolaryzowane**
- Przy **polaryzacji liniowej** drgania wektora pola **E** odbywają się w określonej płaszczyźnie, w kierunku prostopadłym do kierunku rozchodzenia się fali

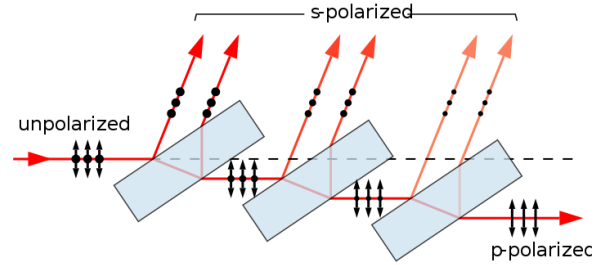


Polaryzacja wykorzystywana m.in. przy pomiarach naprężeń

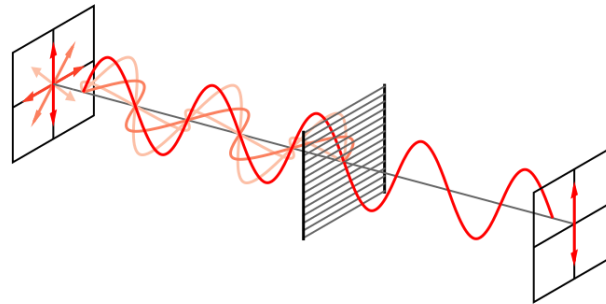
Czym jest światło ?

Polaryzacja światła

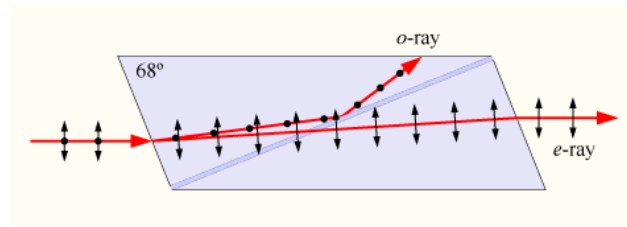
Polaryzacja przez odbicie (kąąt Brewstera)



Polaryzacja przez siatkę drutów (polaryzator)



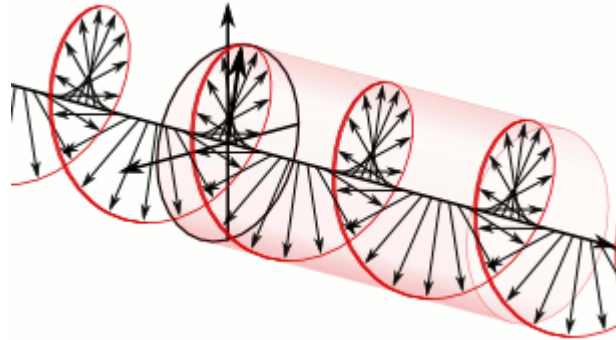
Polaryzacja w kryształach dwójłomnym



Czym jest światło ?

Polaryzacja światła

- Przy **polaryzacji kołowej (eliptycznej)** wektor pola E zatacza okrąg (elipsę)



Czym jest światło ?

Dualizm korpuskularno-falowy

- W pewnych sytuacjach światło może być traktowane jak **strumień cząstek (kwantów, fotonów)** o energii **zależnej od częstotliwości**, w innych zaś jak **fala**.
- Energia kwantu światła jest wprost proporcjonalna do częstotliwości, stałą proporcjonalności jest stała Plancka $h \approx 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$.
- Energia kwantu $E = h\nu = hc/\lambda$.
- Im mniejsza długość fali tym większa energia kwantu światła (UV jest bardziej „energetyczne” niż IR).

Czym jest światło ?

Prędkość światła

Kiedy	Kto	Ile [km/s]
1675	Rømer i Huygens, księżyc Jowisza	220 000
1729	James Bradley, aberracja światła	301 000
1849	Hippolyte Fizeau, koło zębate	315 000
1862	Léon Foucault, z zwierciadło obrotowe	298 000 ± 500
1907	Rosa i Dorsey, stałe EM	299 710 ± 30
1926	Albert Michelson, z zwierciadło obrotowe	299 796 ± 4
1950	Essen i Gordon-Smith, wnęka rezonansowa	299 792,5 ± 3,0
1958	K.D. Froome, radiointerferometria	299 792,50 ± 0,10
1972	Evenson <i>et al.</i> , interferometria laserowa	299 792,4562 ± 0,0011
1983	17th CGPM, definicja metra	299 792,458 (dokładnie)

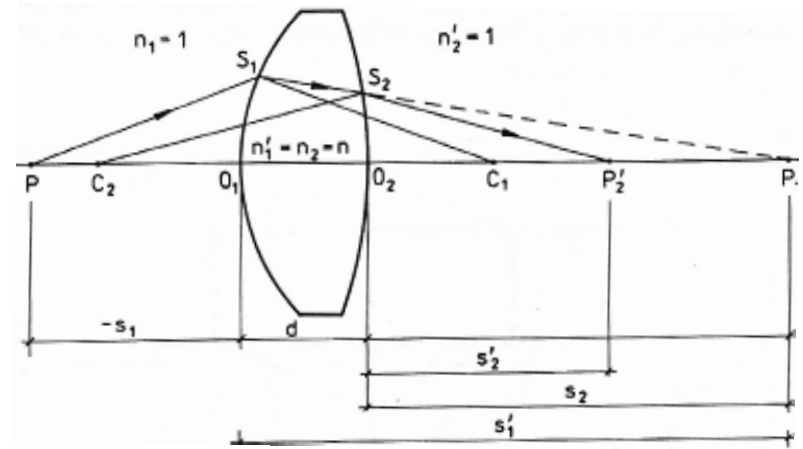
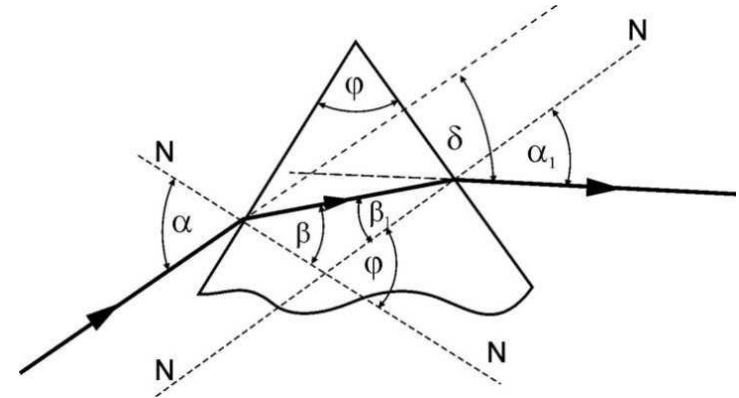
Czym jest optyka ?

Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka
- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

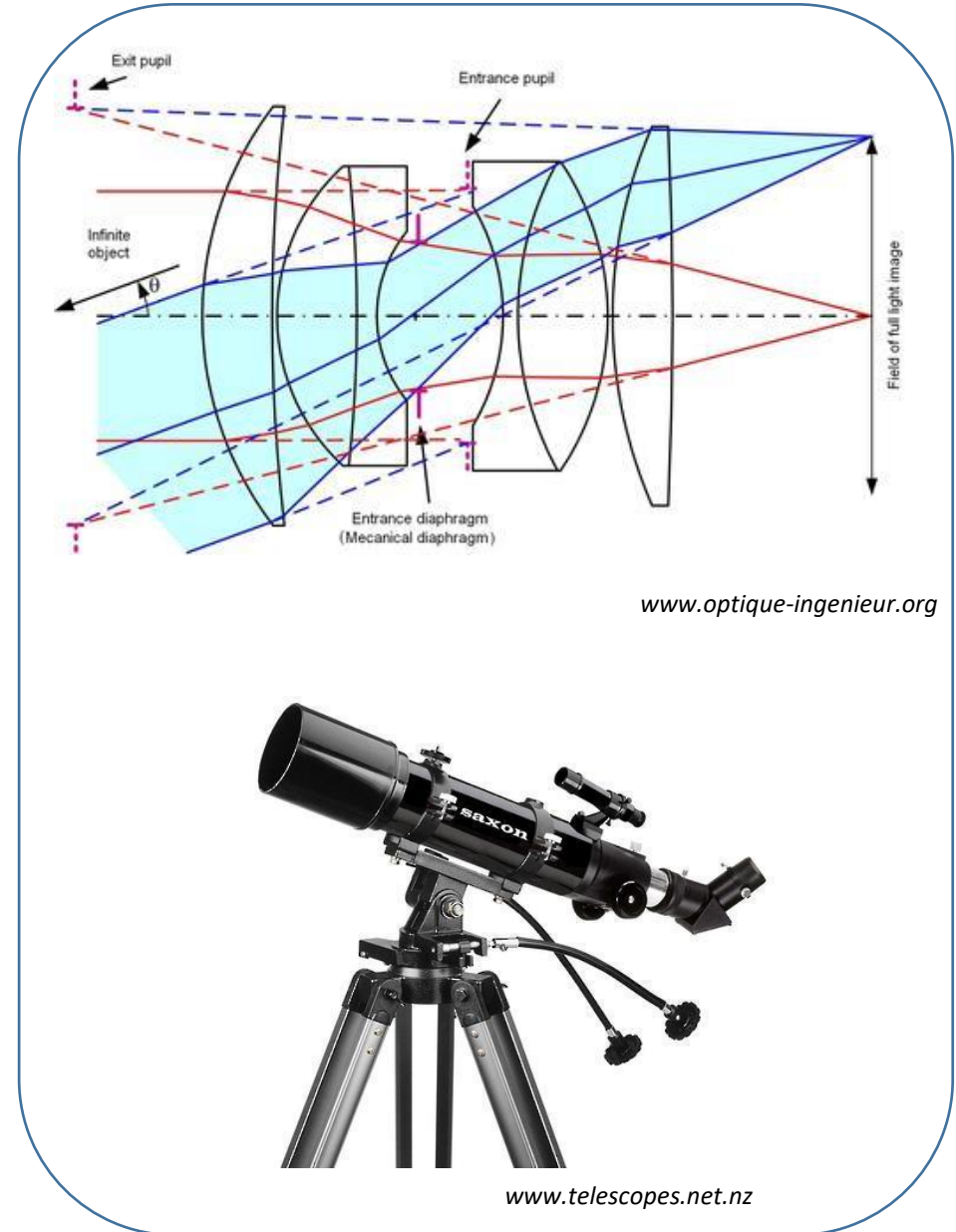
Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka



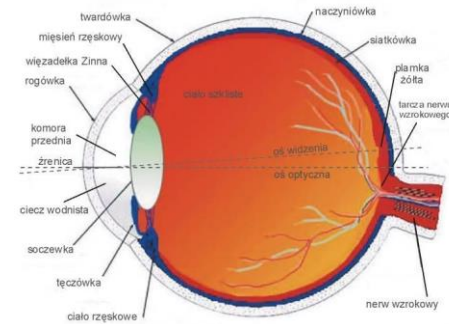
Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- **optyka instrumentalna**
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka

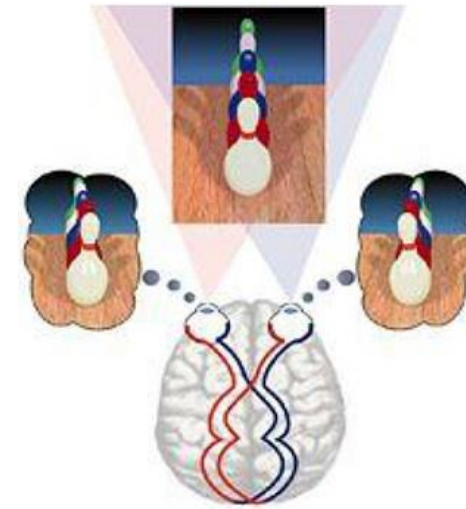


Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- **optyka widzenia (fizjologiczna)**
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka



www.okulista.radom.pl



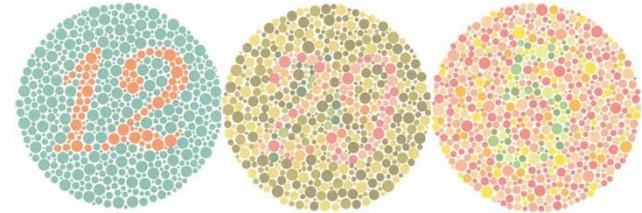
psycholog-transportu.blogspot.com

Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia (fizjologiczna)
- **optyka okularowa**
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- 22 • optofluidyka



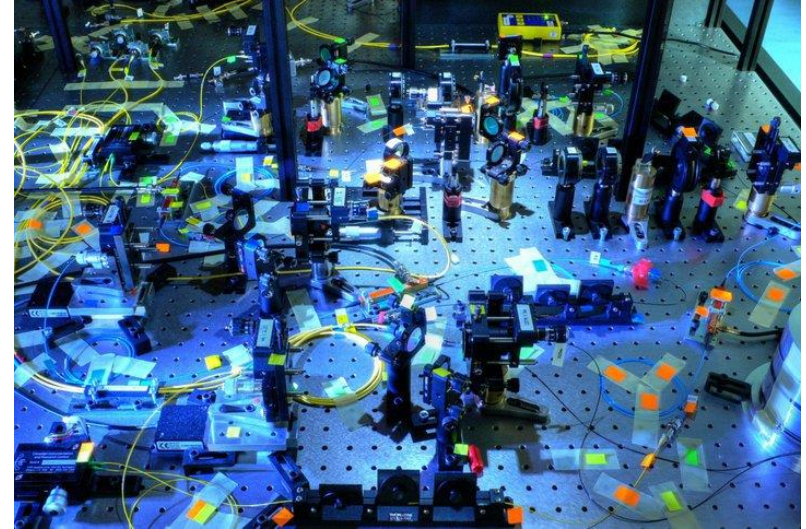
optykbajer.pl



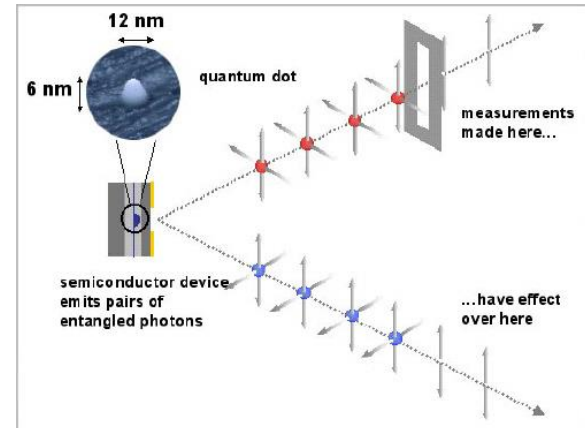
alvarez-pts.pl/

Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- **optyka kwantowa**
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka



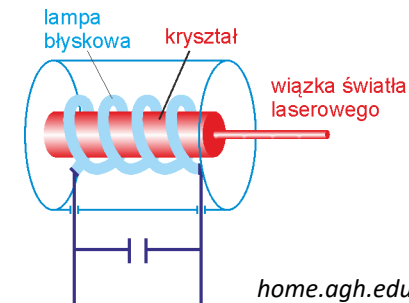
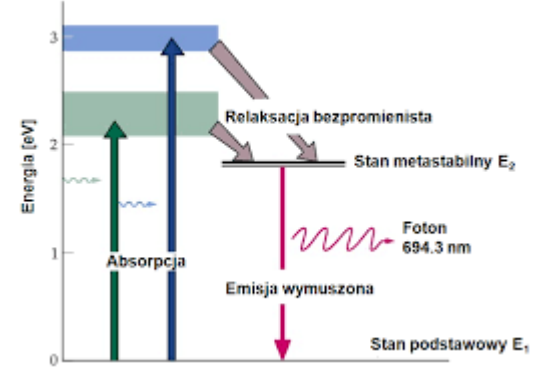
quantum.opticsolomouc.org



icecoldscience.blogspot.com

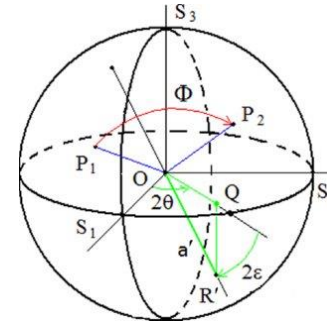
Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- **optyka laserów**
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka

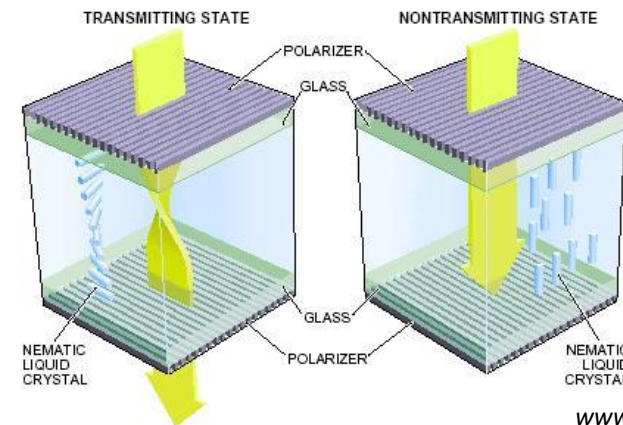


Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- **optyka kryształów (ciekłe kryształy)**
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka



Li, Changsheng, Appl. Optics. 47 (2008)



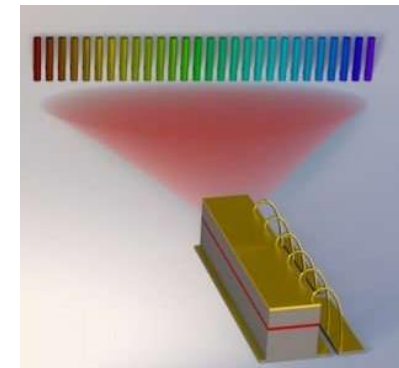
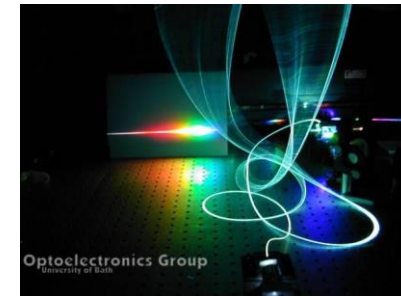
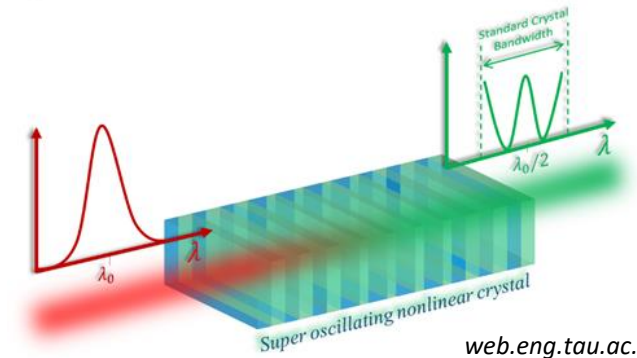
www.ch.ic.ac.uk



www.touchscreenlcds.com

Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- **optyka nieliniowa**
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka

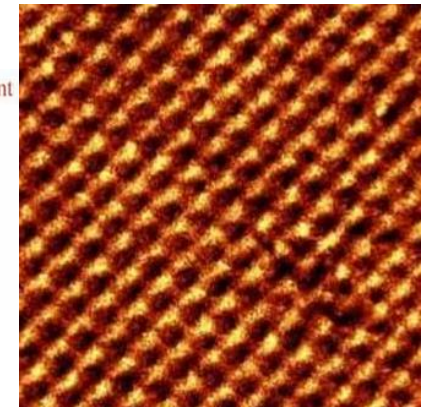
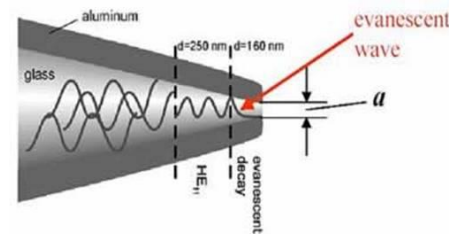


Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- **optyka pola bliskiego i pola dalekiego**
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka



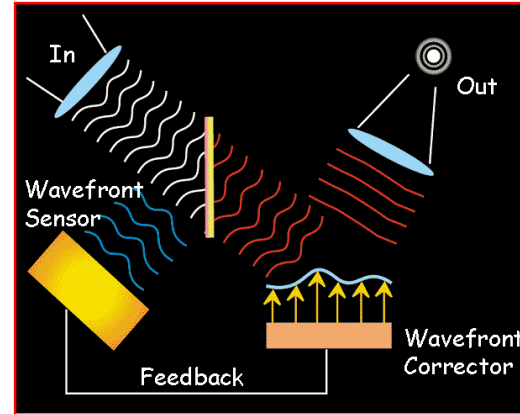
goldenageofgaia.com



www.azonano.com

Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- **optyka adaptatywna**
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka



www.ast.cam.ac.uk



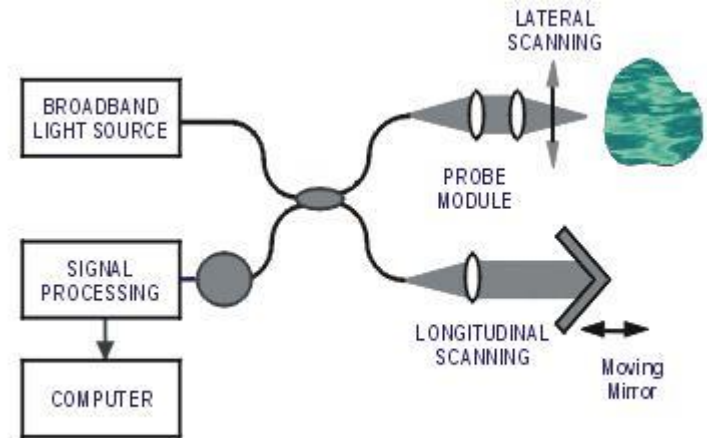
www.cilas.com



newatlas.com

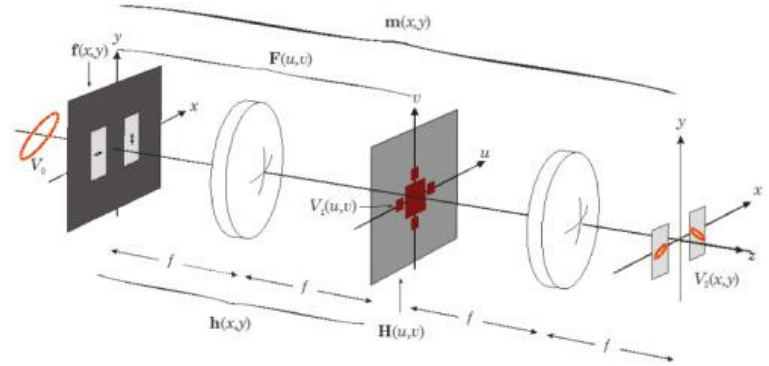
Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- **optyka statystyczna**
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka

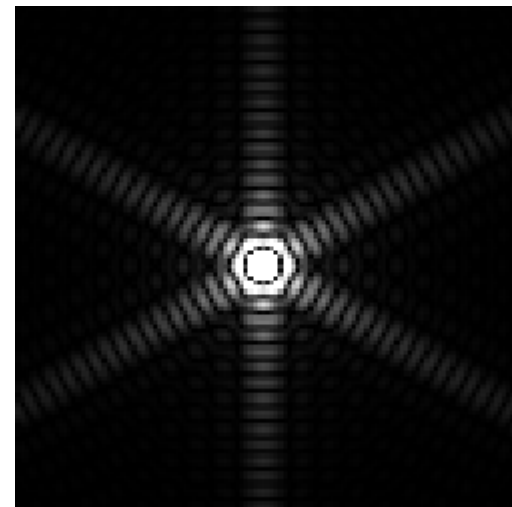


Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- **optyka fourierowska**
- optyka dyfrakcyjna
- holografia
- optofluidyka



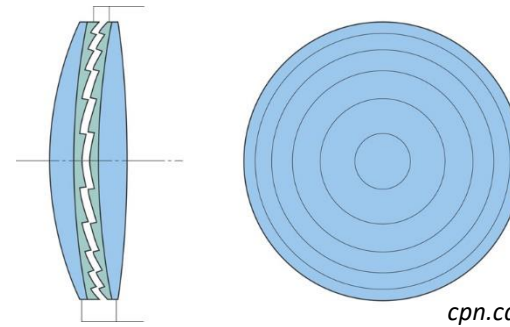
I. Moreno, et al., Opt. Expr. 19(5) (2011)



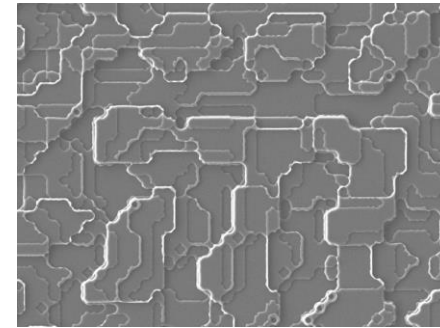
astro.ucla.edu

Czym jest optyka ?

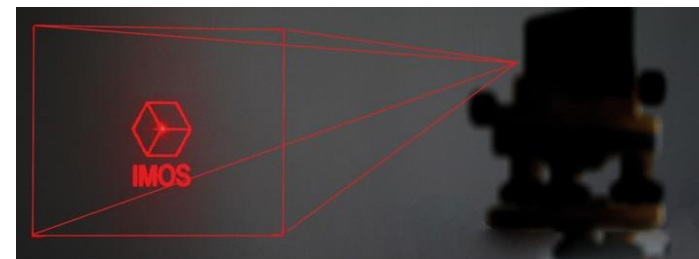
- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- **optyka dyfrakcyjna**
- holografia
- optofluidyka



cpn.canon-europe.com



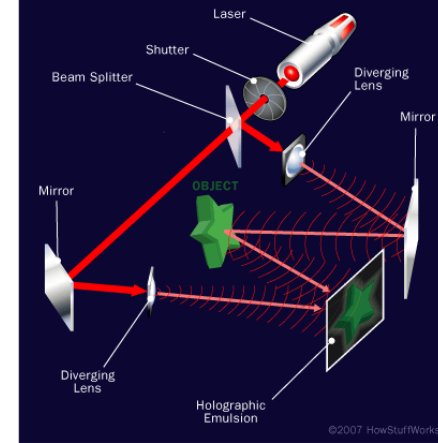
opt.epfl.ch



www.imos-gubela.com

Czym jest optyka ?

- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- **holografia**
- 32 • optofluidyka



www.pcworld.com.vn



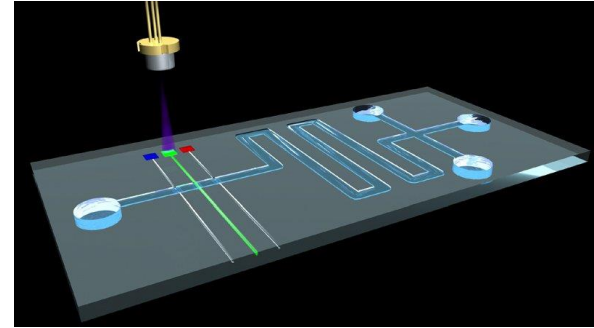
www.youtube.com



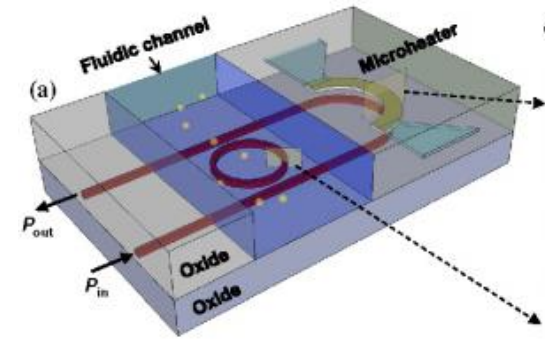
www.youtube.com

Czym jest optyka ?

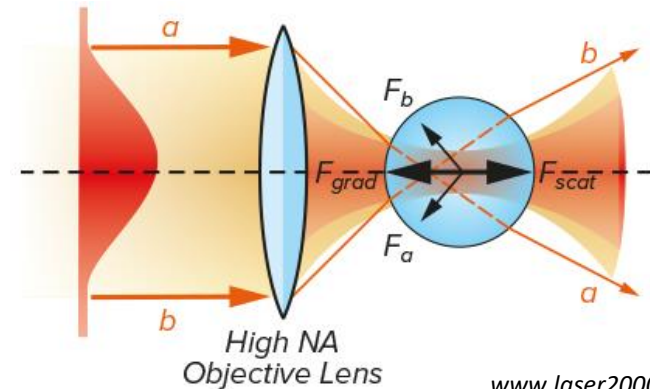
- optyka geometryczna
- optyka instrumentalna
- optyka widzenia
- optyka okularowa
- optyka kwantowa
- optyka laserów
- optyka kryształów
- optyka nieliniowa
- optyka pola bliskiego i pola dalekiego
- optyka adaptatywna
- optyka statystyczna
- optyka fourierowska
- optyka dyfrakcyjna
- holografia



www.thepinsta.com

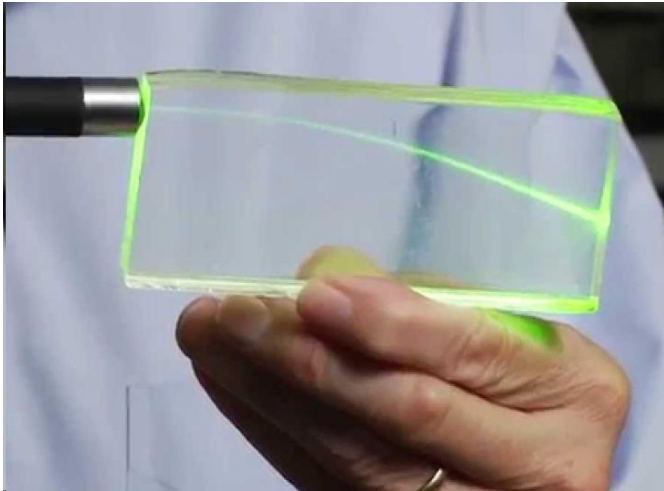


M. Soltani, et. al., Opt. Expr. 20(20) (2012)

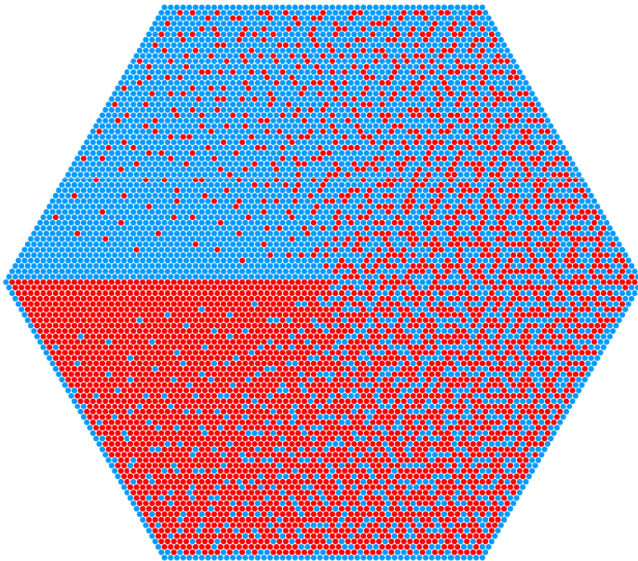


www.laser2000.co.uk

Czym jest optyka ?

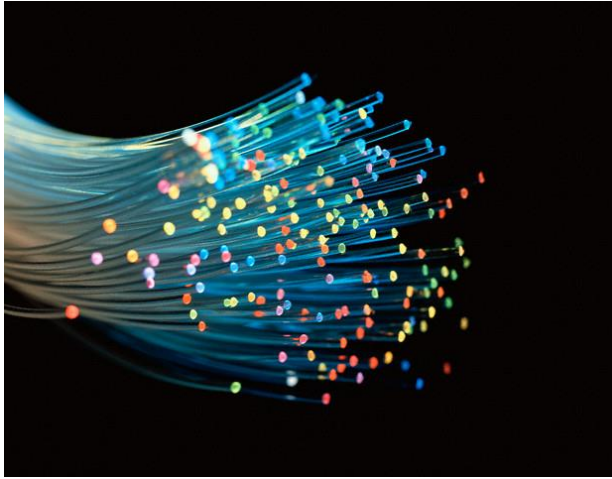


www.youtube.com/watch?v=rrNjV3fh-4M

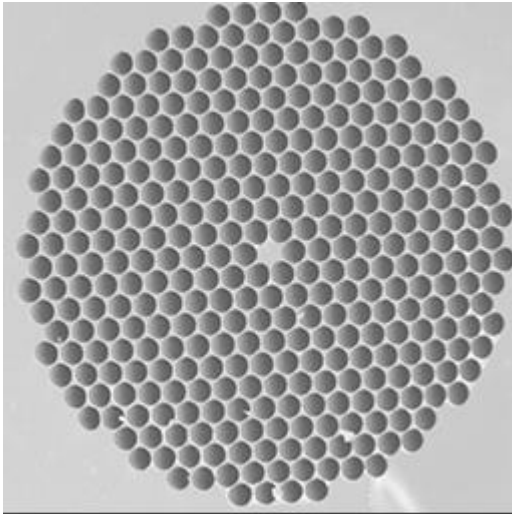


- **optyka gradientowa**
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

Czym jest optyka ?



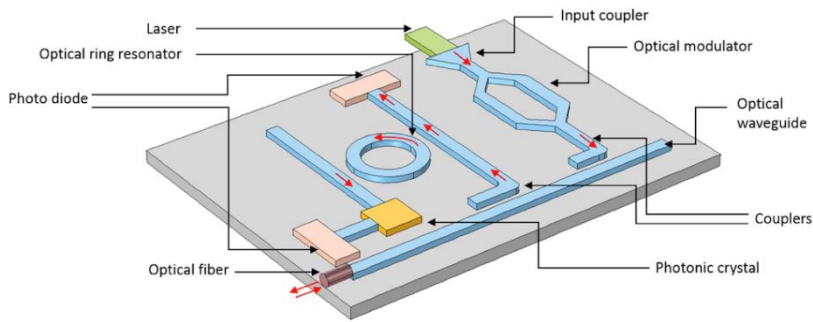
www.feasa.ie



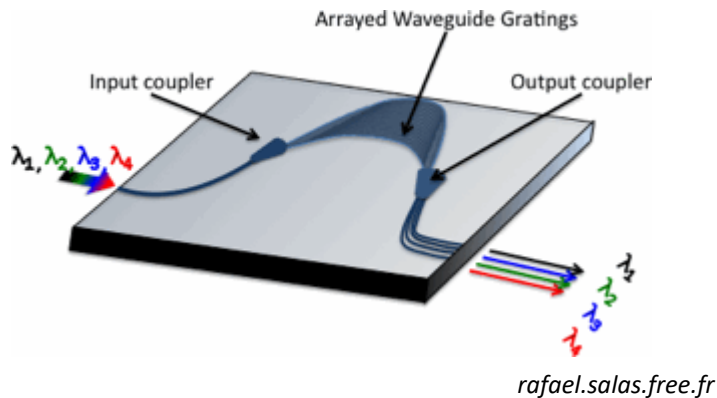
www.iop.org

- optyka gradientowa
- **optyka falowodowa**
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

Czym jest optyka ?



www.comsol.com



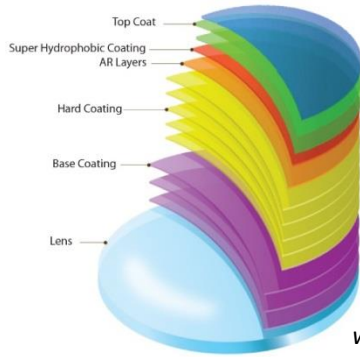
rafael.salas.free.fr

- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- **optyka zintegrowana**
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

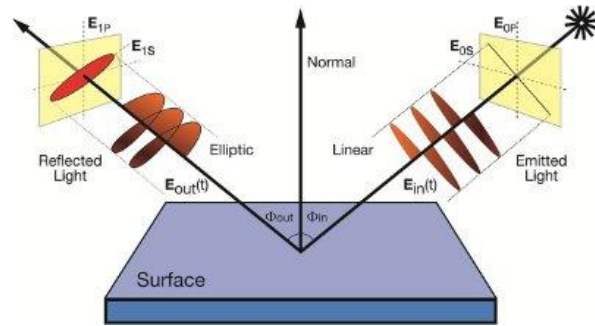
Czym jest optyka ?



www.allaboutvision.com



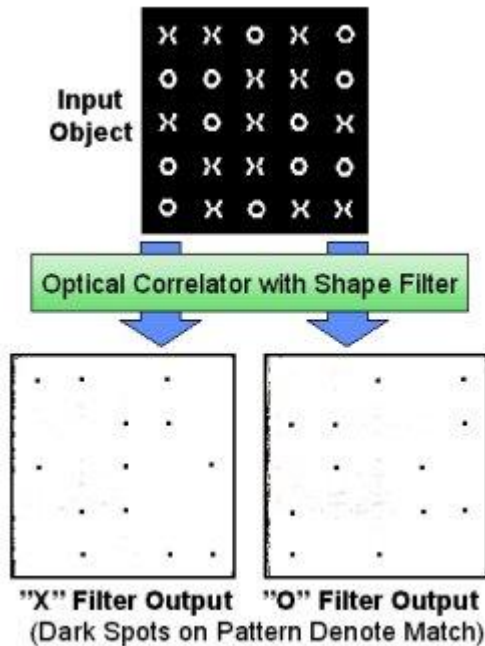
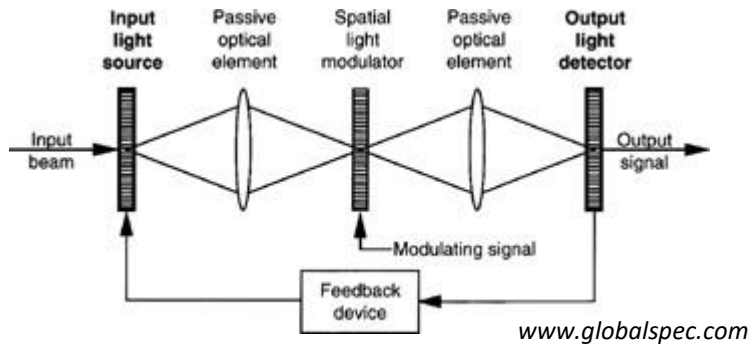
www.kmarsoptical.com



www.americanlaboratory.com

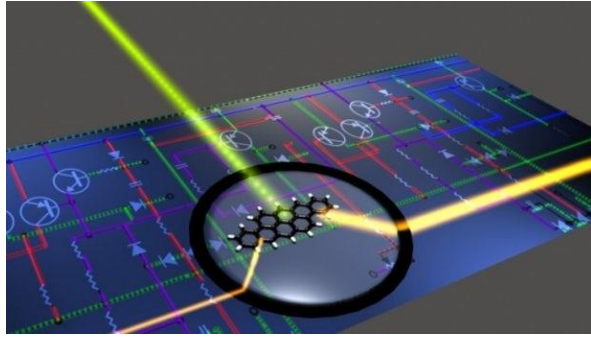
- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- **optyka cienkich warstw**
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

Czym jest optyka ?

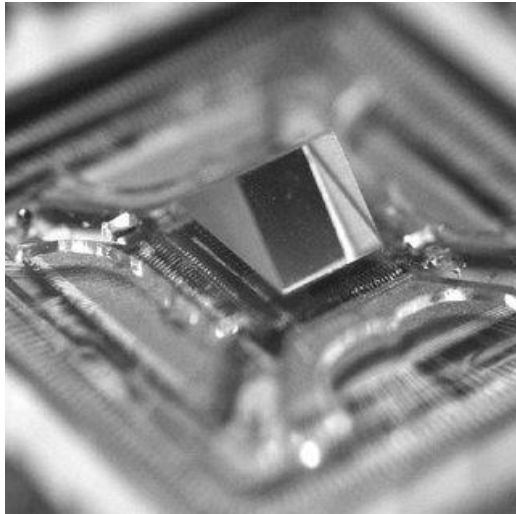


- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- **optyczne rozpoznawanie obrazów**
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

Czym jest optyka ?



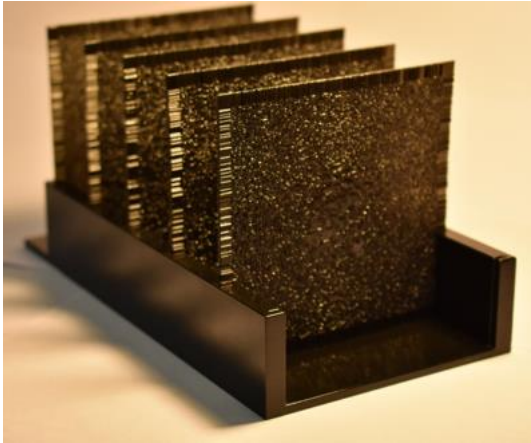
newatlas.com



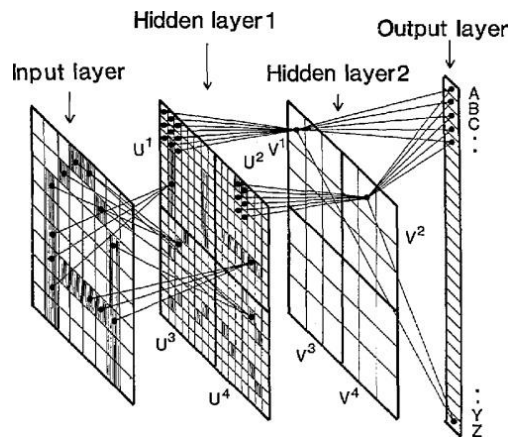
Christof Debaes's, VUB

- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- **procesory optyczne**
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

Czym jest optyka ?



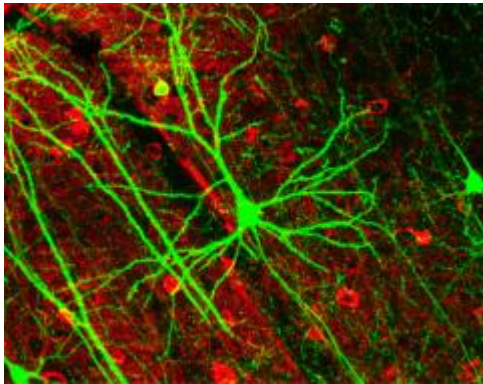
www.theengineer.co.uk



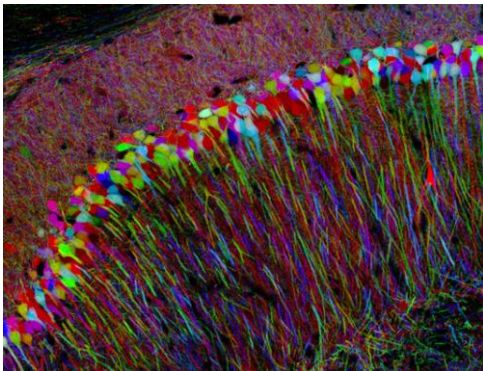
Y. Kuratomi *et al.*, *Appl. Opt.* 32(29) (1993)

- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- **optyczne sieci neuronowe**
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

Czym jest optyka ?



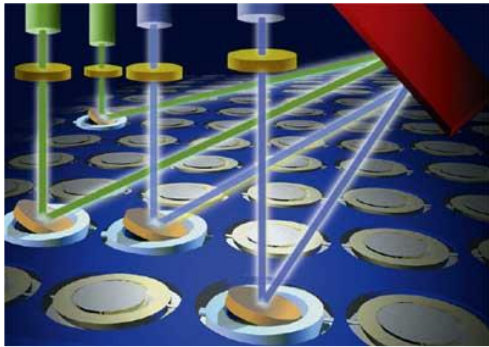
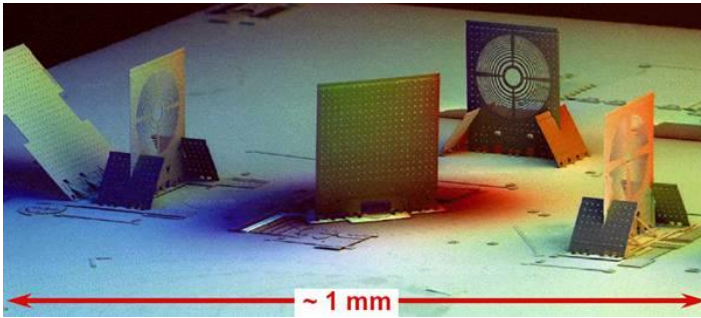
medicalxpress.com



www.tumblr.com

- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- **optyka biologiczna (opto-genetyka)**
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

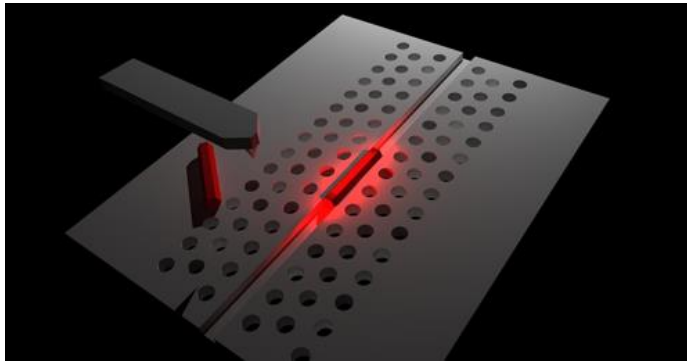
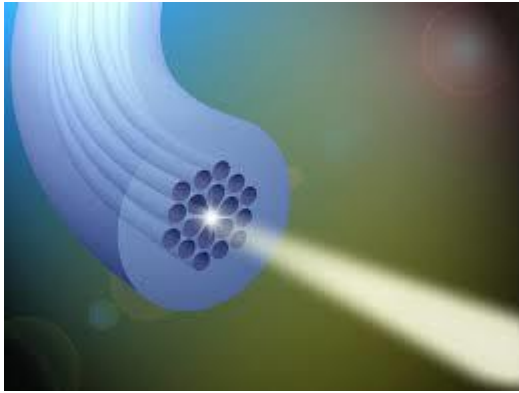
Czym jest optyka ?



www.smithsonianmag.com

- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

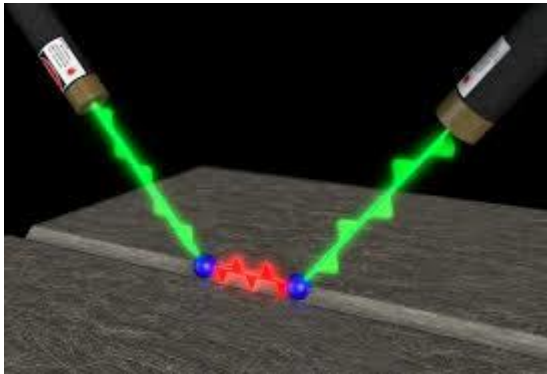
Czym jest optyka ?



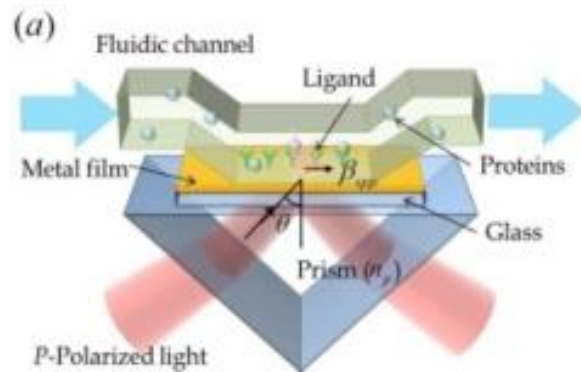
phys.org

- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- **fotonika**
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

Czym jest optyka ?



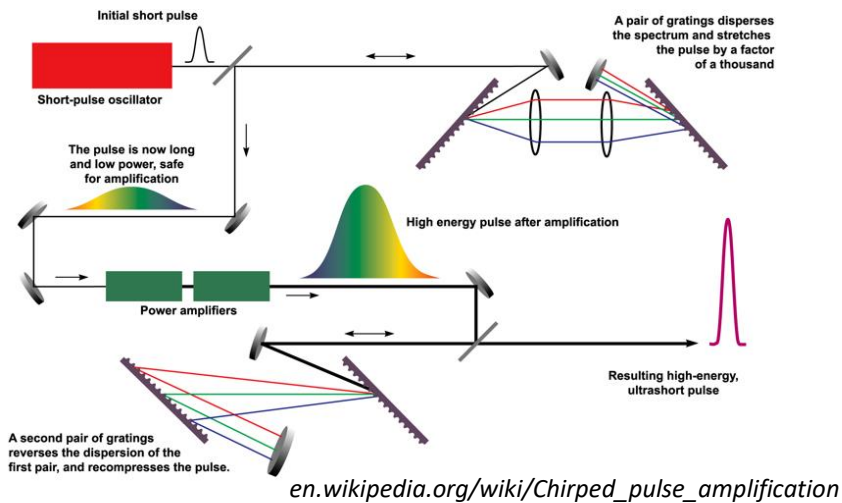
www.uam.es



openi.nlm.nih.gov

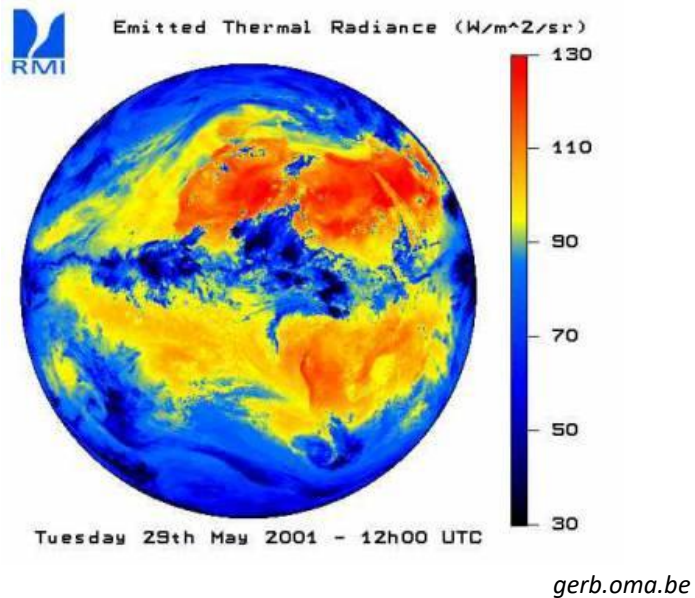
- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- **plazmonika**
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

Czym jest optyka ?



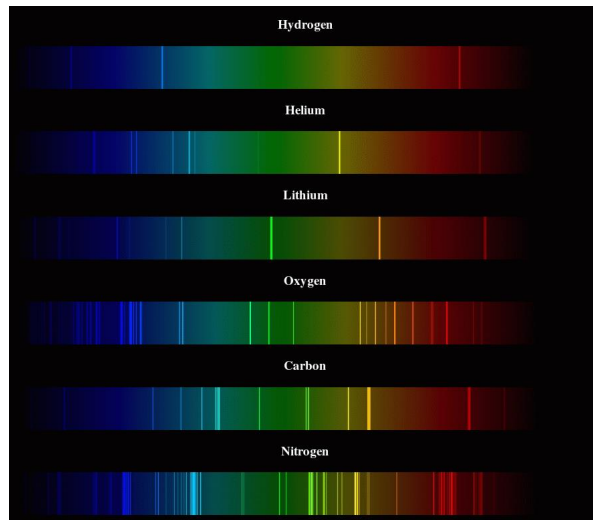
- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- **optyka ultraszybka**
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

Czym jest optyka ?



- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

Czym jest optyka ?



www.astro.rug.nl

- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- fotowoltaika

Czym jest optyka ?

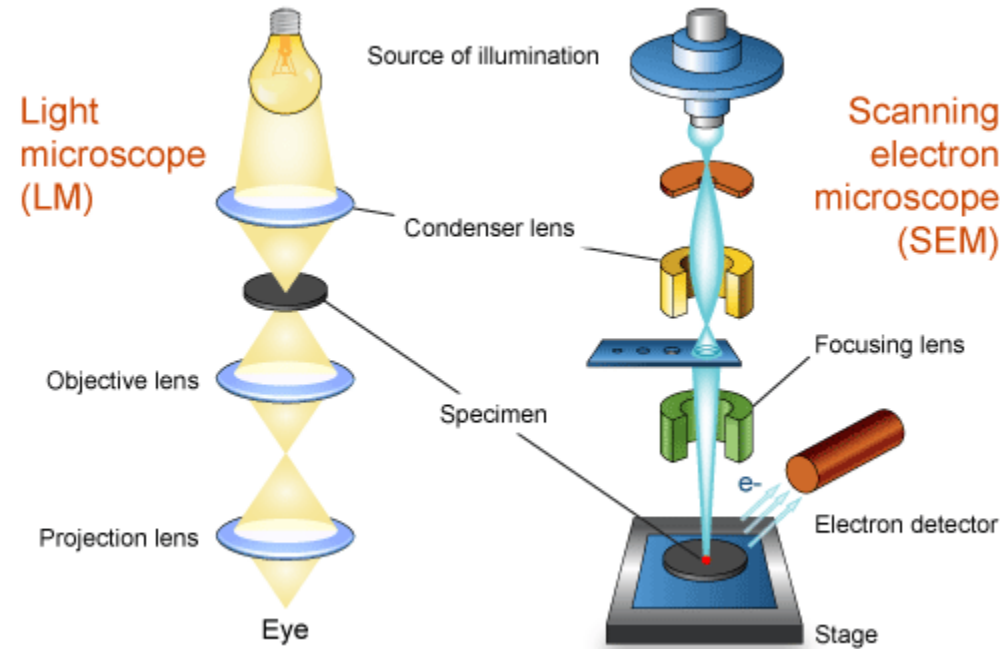


rgsenergy.com/how-solar-panels-work

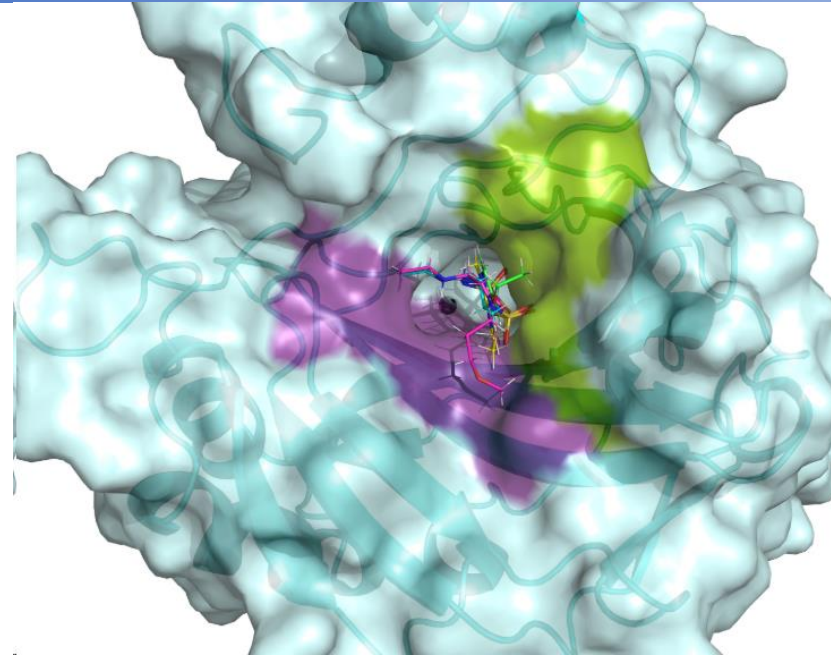
- optyka gradientowa
- optyka falowodowa
- optyka zintegrowana
- optyka cienkich warstw
- optyczne rozpoznawanie obrazów
- procesory optyczne
- optyczne sieci neuronowe
- optyka biologiczna
- mikrooptyka, nanooptyka
- fotonika
- plazmonika
- optyka ultraszybka
- radiometria, fotometria
- spektroskopia
- **fotowoltaika**

Czym jest optyka ?

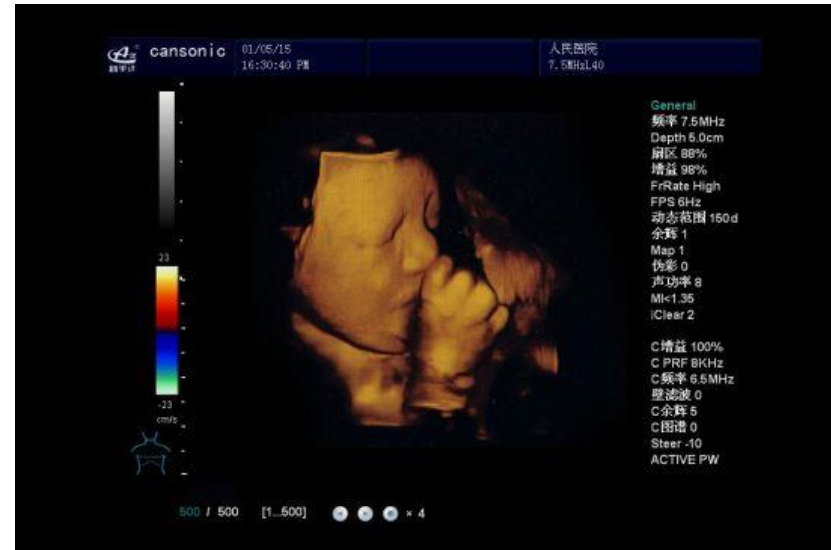
- optyka elektronowa
- optyka neutronowa
- optyka ultradźwięków



microscopy.unimelb.edu.au



phys.org/news/2018-02-neutron-glaucoma-drugs-clues-enzyme.html



wuxicansonic.en.made-in-china.com

Światło a materia - dielektryki

- ciało gazowe, ciekłe lub stałe niebędące przewodnikiem prądu elektrycznego
- **charakteryzuje się współczynnikiem załamania $n > 1$**
- **wykazuje dyspersję**
- przezroczyste (zależy od długości fali)



obrazFizyki^{pl}

www.obrazfizyki.pl



www.radiozet.pl

Światło a materia – współczynnik załamania światła

- szybkość z jaką światło propaguje się w materii (dielektrykach) jest zależna od „siły” oddziaływania z naładowanymi molekułami tworzącymi medium
- **bezwzględny współczynnik załamania n** jest miarą szybkości propagacji, zdefiniowany jako $n = c/v$, gdzie v jest szybkością propagacji w medium
- **względny współczynnik załamania** to stosunek współczynnika załamania materiału do współczynnika załamania innego materiału, zwykle powietrza $n = n_2/n_1$
- lub, stosunek prędkości fazowej fali w ośrodku odniesienia do prędkości fazowej fali w danym ośrodku $n = v_1/v_2$
- współczynnik załamania może być wyznaczony bezpośrednio $n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$
gdzie: ϵ_r – względna przenikalność elektryczna ośrodka, μ_r – względna przenikalność magnetyczna ośrodka.
- **współczynnik n jest praktycznie zawsze większy niż 1**
- w większości typowych materiałów przezroczystych, współczynnik załamania jest izotropowy, czyli niezależny od kierunku propagacji
- Istnieją materiały izotropowe, dwójłomne
- może być zależny od położenia (np. soczewka oka, soczewka gradientowa)

Światło a materia - współczynnik załamania światła

ośrodek	wsp. załamania
próżnia	1
hel	1,000035
powietrze (1013 hPa, 20°C)	1,0003
woda	1,33
lód	1,310
alkohol etylowy	1,37
heksan	1,38
dwusiarczek węgla	1,63
jodek metylu	1,74
topiony kwarc	1,46
szkło crown	1,50-1,54
szkło flint	1,66
chlorek sodu	1,53
diament	2,417
rutyl	2,616; 2,903
plexiglas	1,489
krzem	~4