

Prawa optyki geometrycznej:

* prawo załamania

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} \sim \text{prędkości światła w ośrodkach}$$

(prawo Snelliusa)

Dla danego ośrodka
bezwzględny współczynnik załamania

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{stąd: } n_1 = \frac{c}{v_1}, \quad n_2 = \frac{c}{v_2}$$

względny (ośrodka 2 względem 1): $n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}$ * światło przechodzące z ośrodka optycznie rzadszego do gęstszego WIĘC $\beta < \alpha$ (załamanie)

Stąd: $n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$

całkowite odbicie wewnętrzne:

(względny wsp. załamania)
- światło biegnące z ośrodka optycznie gęstszego do optycznie rzadszego



$\beta > \alpha$ BO GĘSTSZY \rightarrow RZADSZY

- * w pewnym krytycznym momencie kąt załamania staje się kątem 90°
- * wówczas promień załamany idzie z po powierzchni granicznej.

kąt graniczny α_0 WZÓR:

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_1}{n_2} \quad \dots \rightarrow \sin \alpha_0 = \frac{1}{n_2}$$

* gdy ośrodkiem rzadszym (powietrze) jest powietrze to $n_1 = 1$

Kąt Brewstera - taki kąt padania światła niespolaryzowanego na powierzchni przejrzystego dielektryka, przy którym:

- promień odbity jest całkowicie spolaryzowany
- promień załamany ulega polaryzacji częściowej

OBLICZENIA:

* z prawa załamania światła (Snella) (prawo odbicia) **WARUNEK BREWSTERA**

$$\frac{\sin \alpha_B}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\alpha_B = \alpha$$

* ponieważ $\alpha_B + \beta + 90^\circ = 180^\circ$ to $\beta = 90^\circ - \alpha_B$

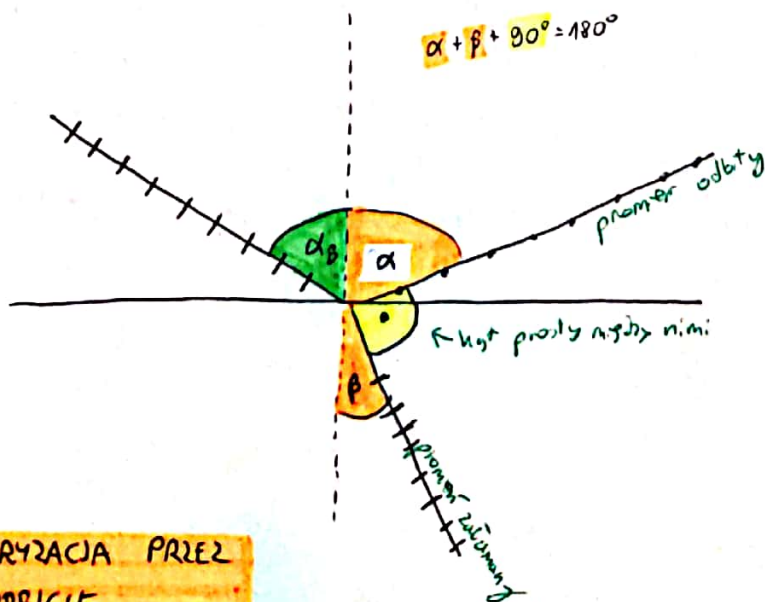
* z prawa Snella:

$$\frac{\sin \alpha_B}{\sin (90^\circ - \alpha_B)} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\Downarrow = \cos \alpha_B$$

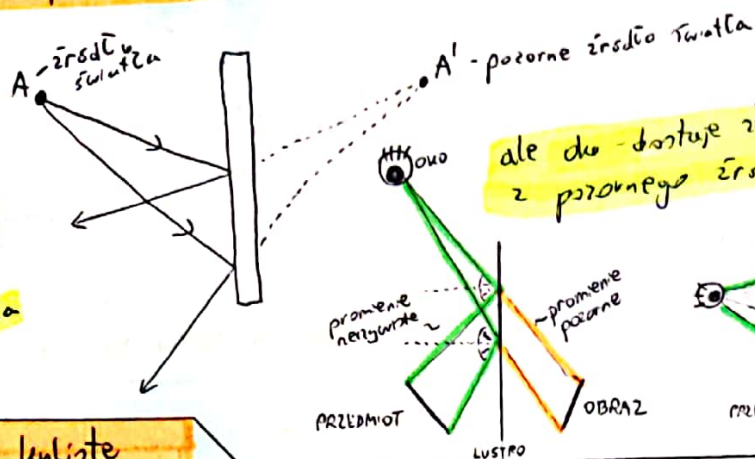
$$\frac{\sin \alpha_B}{\cos \alpha_B} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\tan \alpha_B = \frac{n_2}{n_1}$$



POLARYZACJA PRZEZ ODBICIE

Zwierciadło płaskie [LUSTRO]

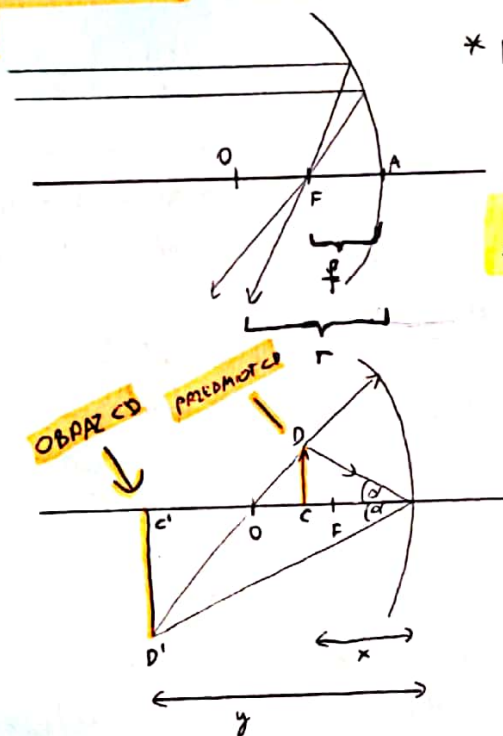


ale dla doświadczenia zbudowanego z pozornego źródła światła A'.

- * POZORNY (rys. na zwierciadłach)
- * PROSTY (NIE-odwrócony)
- * SYMETRYCZNY

Zwierciadło kuliste

* WKLĘSZE



* promienie równoległe do osi optycznej odbijają się tak, że ich wierzchołki skupia się w ognisku F
O - to środek krzywizny zwierciadła

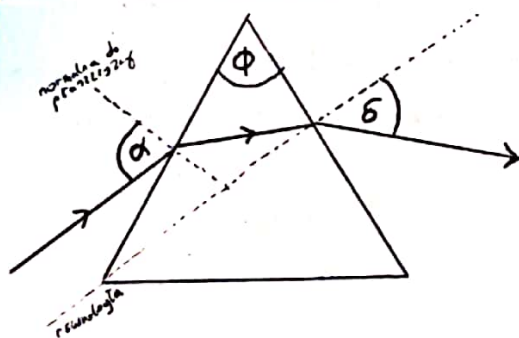
$$f = \frac{r}{2} \quad \text{(czyli F jest w połowie drogi A-O)}$$

$$p = \frac{y}{x} \quad \left[\begin{array}{l} \text{powiększenie } C'D' - \text{obrazu przedmiotu } CD \\ \text{[odl. obrazu : odl. przedmiotu od zwierciadła]} \end{array} \right]$$

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f}$$

- OBRAZ:
- * POWIĘKSZONY
 - * ODWRÓCONY
 - * RZELIZYWISTY

PRYZMAT



* promień ulega dwukrotnemu załamaniu

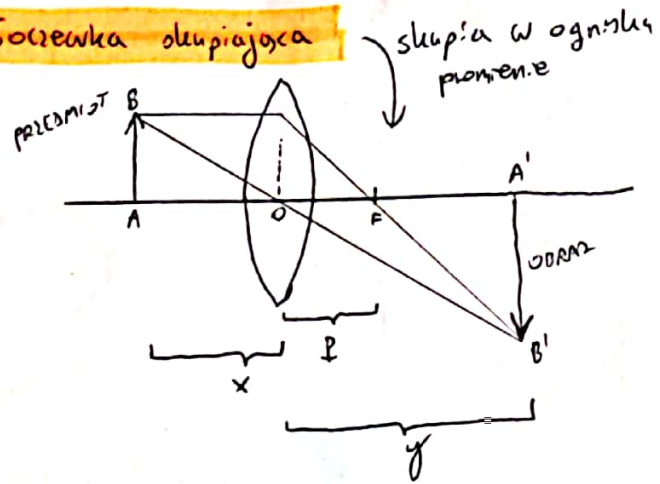
* całkowity kąt wychylenia promienia padającego zależy od:

$$\delta = f(\alpha, \phi, n)$$

α - kąt padania
 ϕ - kąt łamiący pryzmat
 n - współczynnik załamania światła ciała.

* składowe zależne od n to padające światło białe rozdziela się na wielokolorowe składowe

Soczewka skupiająca

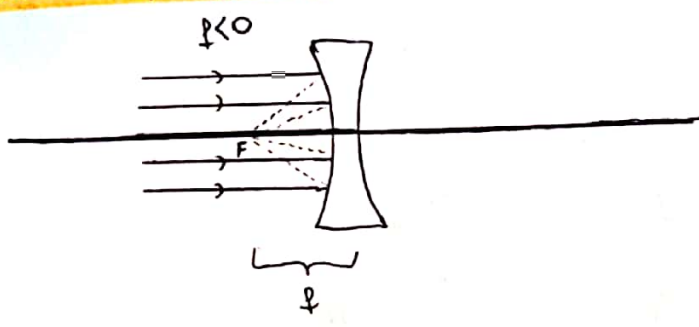


$p = \frac{y}{x}$, $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$ analogicznie j/w
 * przedmiot po lewej stronie soczewki, ($x > 0$)

zddność skupiająca:

$$Z = \frac{1}{f}$$

Soczewka rozpraszająca



* układ kompensujący w układach soczewek
 * układ 2 soczewek o ogniskowych f_1, f_2 posiada wypadkowy f

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

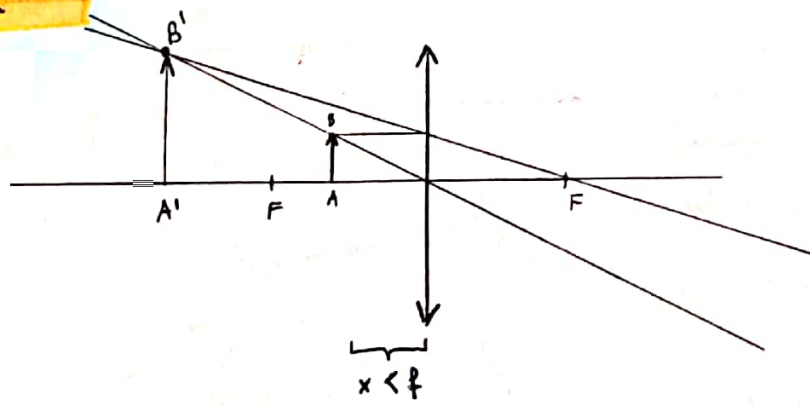
* inny wzór, gdzie:

n - współczynn. załamania materiału, z którego wykonano soczewkę
 wyjdźtem światła w którym się znajduje

r_1, r_2 - promienie krzywizny dla powierzchni soczewki
 $r < 0$ gdy soczewka wklęsła (np. rozpraszająca)

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

Lupa



* promienie stają się rozbieżne, ale ich przedłużenia przecinają się w punkcie B'

Optyka falowa

Interferencja

- * dodawanie fal docierających do punktu
- * obraz interferencyjny jest stabilny gdy różnica faz obu fal jest stała w czasie
- * w warunkach lub dużymi spójnymi źródłami np. laser

Dyfrakcja

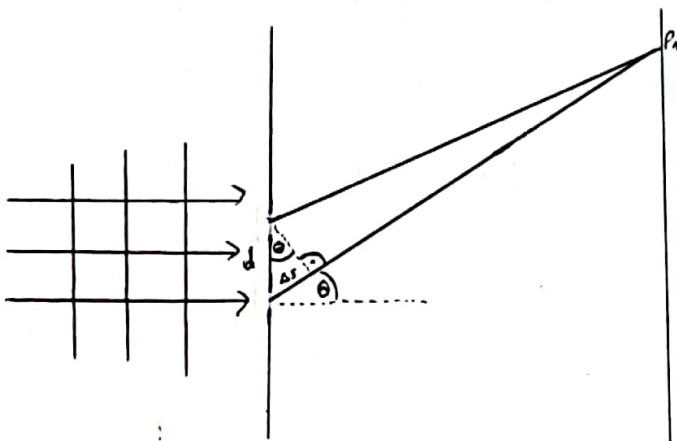
- * ugięcie światła przechodzącego w pobliżu przesłady
- np. gdy płaski fal światła dociera do cienia, rozchodzi się z punktem na szczycie fali kulistej



UWAGA! Założenia optyki geometrycznej, zawodzi gdy rozmiar przesłady (rozmiar) staje się porównywalny z długością fali świetlnej

Interferencja na dwóch szczelinach

Zat.: odległość ekranu od szczelin jest bardzo duża (dużo większa niż odległość między szczelinami)



(Dyfrakcja Fresnela)

Różnica dróg z obu promieni (z sinus): $\Delta s = d \sin \theta$

$$d \sin \theta = n \lambda$$

MAKSIMA INTERFERENCYJNE

(prążki jasne)

- * czyli dla takich kątów θ , dla których różnica dróg jest równa całkowitej wielokrotności długości fali.

$$d \sin \theta = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$$

MINIMA

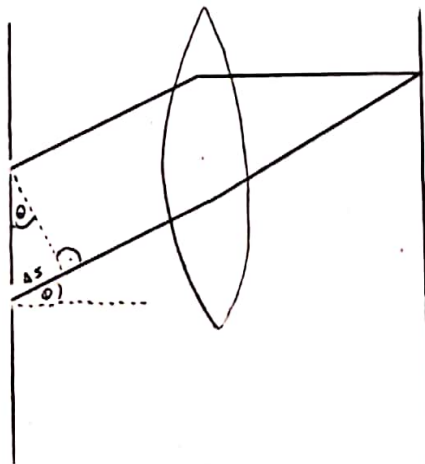
(prążki ciemne)

- * powstają gdy dwa promienie są wyczerpany
- * czyli gdy ich różnica jest nieparzystą wielokrotnością długości fali

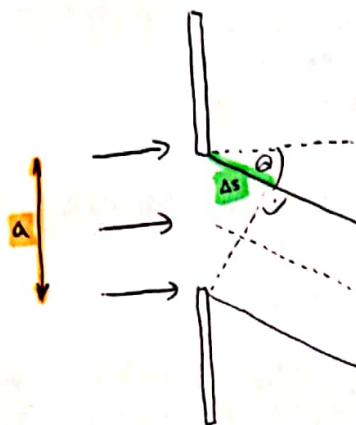
fala świetlna do ekranu ugięta

Dyfrakcja Fraunhofer

- * ugiętość rozświetli skupiającej można rozwinąć dokładne równanie promienne



Dyfrakcja światła na pojedynczej szelince → MINIMA



* różnica dróg przebiegających przez promienie wychodzące z krawędzi szeliny to z sinus:

$$\Delta s = a \sin \theta$$

* promienie ciemne otrzymujemy gdy (MINIMA)

$$\Delta s = n\lambda$$

WARUNEK UZYSKANIA

$$a \sin \theta = n\lambda$$

MINIMUM

(promienie ciemne)

różnica faz $[p = 2\pi]$
1-2
2-3

no ale p dla 2-3 wynosi π
czuła że dwa promienie się zmiosła

przebiegają je w sumie to znowy się zmiosła

HARMONIA WSTAWKA doświadczenie Younga: Interferencja światła z dwóch bardzo wąskich szelinc



BRAK RYSUNKU
(na poprzedniej stronie
był taki sam)

* na oko / detektor światła działa tylko pole elektryczne E ($B \rightarrow$ tylko znikomy efekt)

* składowe pola elektr. dochodzącego do P_1 :

$$E_1 = E_0 \sin \omega t$$

$$E_2 = E_0 \sin (\omega t + p)$$

różnica faz wynikająca z innych ich dróg (szelinka $\rightarrow P_1$)

p - różnica faz

* używając trigonometrii:

$$E = E_0 [\sin \omega t + \sin (\omega t + p)] = 2E_0 \cos \frac{p}{2} \sin \left(\omega t + \frac{p}{2} \right)$$

$$E = E_0 \sin (\omega t + p), \text{ gdzie } E_0 - \text{amplituda wypadkowej fali}$$

stąd:

$$E_0 = 2E_0 \cos \beta, \text{ gdzie: } \beta = \frac{p}{2}$$

stąd:

$$I_0 = I_m \cos^2 \beta$$

* poznane między różnicą faz a różnicą dróg:

$$\beta = \frac{p}{2} = \frac{\pi d}{\lambda} \cdot \sin \theta$$

$$\frac{\text{różnica faz}}{2\pi} = \frac{\text{różnica dróg}}{\lambda}$$

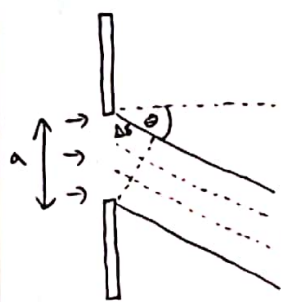
$$\frac{\pi}{2\pi} = \frac{d \sin \theta}{\lambda}$$

Natężenie każdej fali jest proporcjonalne do kwadratu amplitudy

Równania opis. natężenie światła ugiętego przez dwie wąskie szeliny

WARUNEK UZYSKANIA MAXIMÓW:

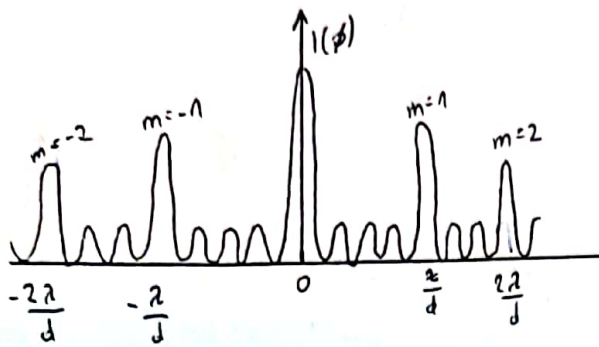
$$a \sin \theta = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$$



promienie z dwóch szczelin się złączają, ale z innej fazy przebiegają
i wstawiają natężenie światła ugiętego

Siatka dyfrakcyjna - płytka z dużą ilością nacięć (szereblinek)

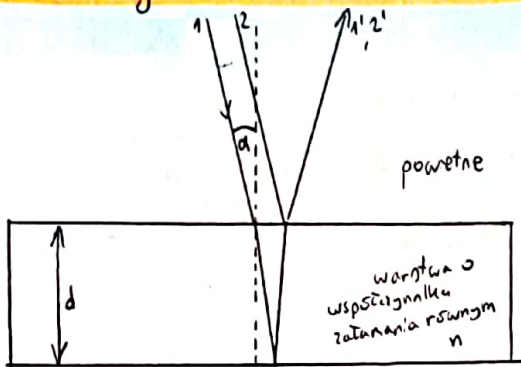
*maksyma analogicznie jak w dyfrakcji na 2 szereblinach: $d \sin \theta = n \lambda$



← Rozkład natężenia promieni ugiętych na siatce dyfrakcyjnej

- * główne promienie ugięte równomiernie: $I_0 \sin^2 \theta$
- * promienie poboczne to wynik interferencji podgrup szereblin (tzn. co 2/co 3 szerebliny)

Interferencja w cienkich warstwach



* światło padające na cienką przezroczystą/półprzezroczystą warstwę ulega odbiciu od górnej i dolnej warstwy, OBIE ODBITE WYJAZU INTERFERUJĄ

Przypadek, gdy $\alpha = 0^\circ$ (prostopadle pada światło)

- promień załamany jest też prostopadły

* promień krótszy niż od raz odbi, u od górnej powierzchni będzie interferował z tym co odbi, u od dolnej i odbi, u z powrotem.

PRĘDKOŚĆ ŚWIATŁA WELNATORZ PŁYTKI $v_n = \frac{c}{n}$, dł. fali w płycie: $\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$

* promień odbity od górnej powierzchni odbi, u od ośrodku o gęstości n = ZMIENIE FAZY o 180°

MINIMA gdy: droga promienia wewnątrz płytki jest całkowitą wielokrotnością długości fali λ_n

$$2dn = m \cdot \lambda$$

MAKSIMA gdy: (dodano do drogi promień, który ucieka do płytki)

$$2dn = (m + \frac{1}{2}) \lambda$$

$$2d = m \lambda_n + \frac{\lambda_n}{2}$$

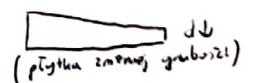
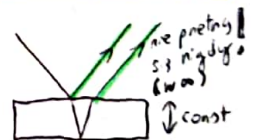
Ogólne przypadki gdy $\alpha \neq 0^\circ$ warunki na MAKSIMA:

$$2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = (m + \frac{1}{2}) \lambda$$

gdy: $d = \text{const}$ **PRĄŻKI JEDNAKOWEGO NACHYLENIA**

- kolejne promienie ugięte o ten sam kąt światła padają z

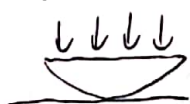
gdy: $\alpha = \text{const}$ **PRĄŻKI JEDNAKOWEJ GRUBOŚCI**



prążki stałego nachylenia



prążki jednakowej grubości



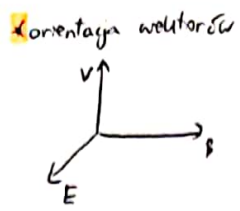
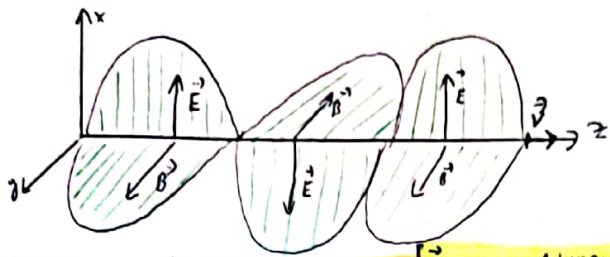
WIDOK z GÓRY



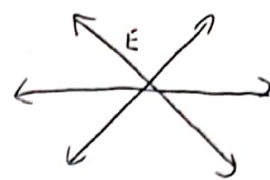
PIERŚCIEŃ NEWTONA

Polaryzacja światła

- * prędkość światła $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ [w próżni]
- * fale świetlne to fale elektromagnetyczne



* wektor E przyjmuje dowolne orientacje wobec wektora przemieszczania (ŚWIATŁO NATURALNE)



Wektory:

- \vec{E} - natężenia pola elektro.
- \vec{B} - indukcji magnetycznej.
- v - prędkość

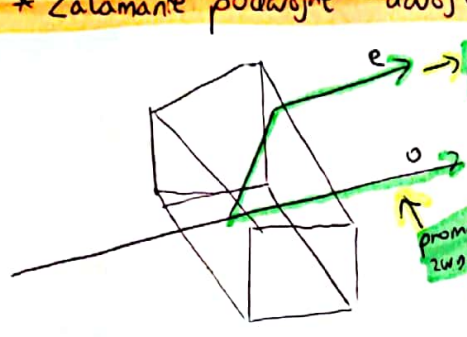
Światło spolaryzowane liniowo [\vec{E} NIE ZMIENIA KIERUNKU]

(wyznacza wektory położony do siebie prostopadłe)

* polaryzacja przez odbicie → W Optyce

* Złamanie podwójne - dwójłomność

* niektóre kryształy mają extra własności optyczne



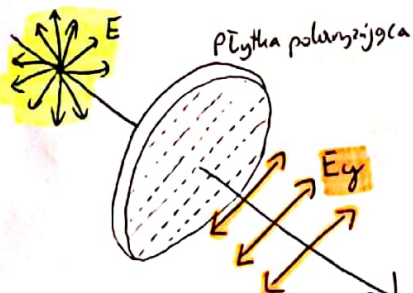
promień nadzwyczajny = NIESPEŁNIA

- * obie złamane wiążą się spolaryzowane liniowo
- * ich płaszczyzny drgań są prostopadłe

promień zwyczajny = SPEŁNIA PRAWO ZAŁAMANIA

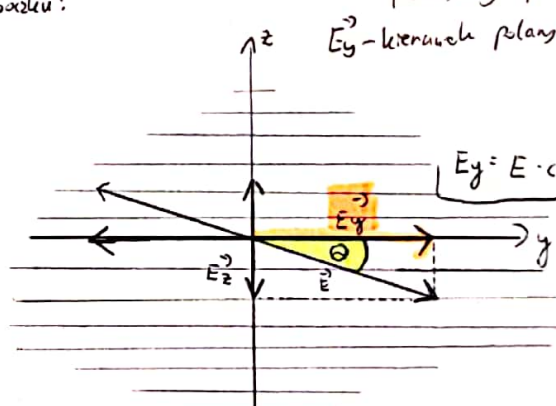
Polaryzacja c.d. liniowa

* wektor natężenia może drgać w dowolnym kierunku w zmiennym świetle (zarszuka się ońko)



z boku:

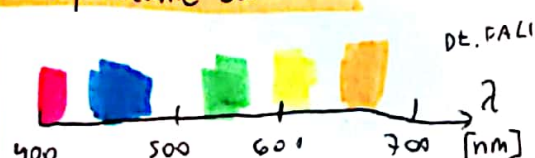
\vec{E} - płaszczyzna drgań
 θ - między płaszczyznami drgań, a kierunkiem polaryzacji płyty
 E_y - kierunek polaryzacji płyty



przechodzi jest tylko składowa E_y

E_z ulega w rozpraszaniu

Rozpraszanie światła



Natężenie światła rozprazanego

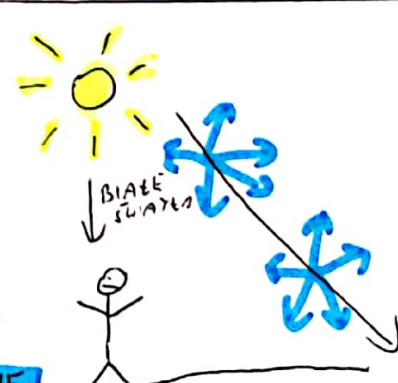
$I \sim \lambda^{-4}$ czyli najkrótsze fale mają największe natężenie

* W świetle widocznym najbardziej rozpraszana jest fioletowa i niebieska fala (NAJKRÓTSZE)

* promieniowanie fioletowe jest najmniej widoczne dla oka, nie słabo czuć = ROZDZIAŁ CIEPŁA WIDMA = BARWIE KIEBIEŚKIE

* jest ona rozpraszana we wszystkich kierunkach

* DLATEGO NIEBO JEST NIEBIESKIE



Fotometria - podstawowe wzorki

* natężenie źródła światła

$$I = \frac{\Delta W}{\Delta t \Delta \Omega}$$

co to znaczy?

- a) energia wysyłana przez źródło przypadająca na jednostkę czasu i jednostkę kąta bryłowego.
- b) moc na jednostkę kąta bryłowego

* strumen świetlny

$$\Phi = \int_{\Omega_0} I d\Omega$$

dla pełnego kąta bryłowego $\Phi = 4\pi I$

- miara jasności [np. żarówka 40W = 415 lm]
- całkowita moc przenoszona przez fale, propagujące się w kąt bryłowy Ω_0
- [LUMENY]

* oświetlenie powierzchni

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

- strumen na powierzchni A
- jednostka: lux (lx) = $\frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$

