

Scenariusz lekcji fizyki

klasa III liceum IV etap edukacyjny — zakres rozszerzony

Zgodność z podstawą programową:

Rozporządzenie MEN z 23 MI 2008r. Dz. U. Nr 4 2009r. Załącznik 4

Dział: 10. Fale elektromagnetyczne i optyka

Temat: Polaryzacja światła.

Cele zajęć:

Cel ogólny:

I. znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.

Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.

Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników, przyswojenie przez UU określonego zasobu wiedzy, wykorzystania wiedzy do formułowania wniosków opartych na obserwacjach, umiejętność pisanie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych, uświadomienie sensu przestrzegania zasad bezpieczeństwa.

Cele operacyjne:

10.5 Uczeń opisuje i wyjaśnia zjawisko polaryzacji światła przy odbiciu i przy przejściu przez polaryzator, wie co to jest polaryzator, polaroid, polarymetr, polaryskop, wie jak rozróżnić światło spolaryzowane od niespolaryzowanego, umie zaplanować i przeprowadzić doświadczenie z wykorzystaniem polaryzacji światła, zna zjawiska polaryzacyjne w przyrodzie: zjawisko elastooptyczne, polaryzacja promieniowania słonecznego; potrafi wykorzystać programy edukacyjne w Internecie.

Cel wychowawczy:

kształcenie naukowego poglądu na świat, promocja zasad bezpieczeństwa, bezpieczeństwo prowadzenia pojazdów na lądzie i na wodzie (okulary polaryzacyjne tłumią refleksy na jezdni), umiejętność pracy zespołowej.

Metoda nauczania: doświadczenia praktyczne, pogadanka wspomagana komputerem.

Forma pracy: pokaz, wykład, praca w grupach.

Pomoce dydaktyczne: kryształ kalcytu, nikol, komplet do polaryzacji światła, polaryskop, komputer.

Przebieg zajęć.

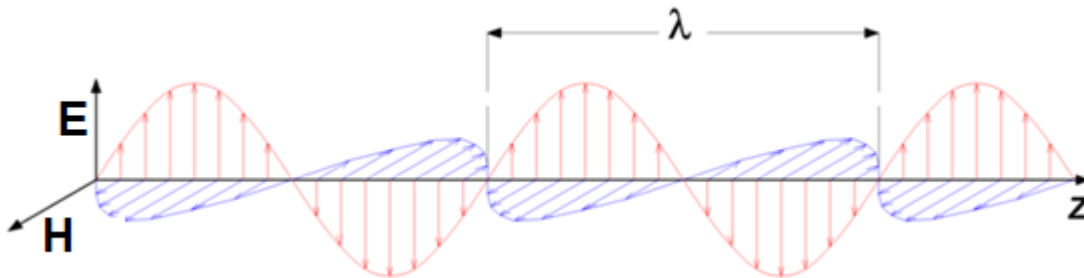
Faza przygotowawcza. Sprawy porządkowe.

Przypomnienie wiadomości o falach i ich rodzajach.

N. Jak dzielimy fale ze względu na kierunek drgań? U. Ze względu na kierunek drgań fale dzielimy na poprzeczne i podłużne.

N. Jakie są typowe własności zjawiska falowego? U. Sprawdzamy czy przy tym zjawisku zachodzi dyfrakcja albo interferencja.

N. Co to jest światło? U. Jest falą elektromagnetyczną. Jest to fala poprzeczna: wektory natężenia pola elektrycznego \mathbf{E} i magnetycznego \mathbf{H} są prostopadłe do kierunku rozchodzenia się fali świetlnej.



Rys. 1: Fala elektromagnetyczna o długości λ rozchodząca się w kierunku osi z .

Podanie tematu i omówienie celów lekcji

Faza realizacji

N. Skąd wiadomo, kiedy mamy do czynienia z falą poprzeczną, a kiedy z falą podłużną?

U. Badamy polaryzację światła. Fala poprzeczna ulega polaryzacji.

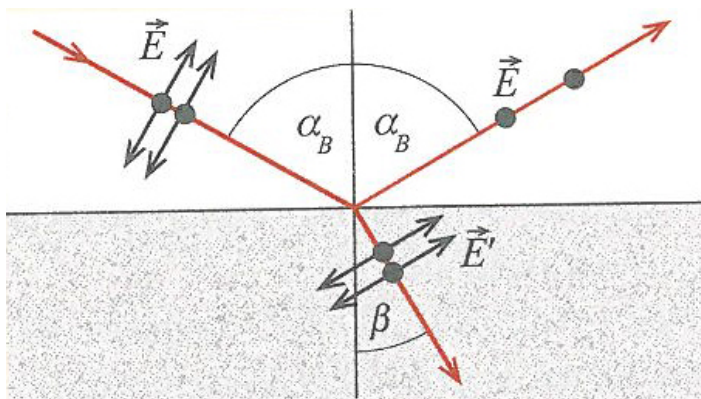
Fala spolaryzowana ma wyróżnioną płaszczyznę drgań, z łaciny *polus* – biegun, przez francuskie *polarisation*.

Płaszczyznę prostopadłą do wektora \mathbf{E} przyjęto nazywać płaszczyzną polaryzacji fali. Jeżeli kierunek wektora \mathbf{E} nie zależy od czasu, pole \mathbf{E} drga wzdłuż linii prostej, to falę nazywamy spolaryzowaną liniowo. Dla fali płaskiej oznacza to, że kierunki wektorów \mathbf{E} są jednakowe w całej przestrzeni. Światło naturalne jest niespolaryzowane.

N. Jakie są sposoby polaryzacji fal świetlnych?

U. Metody polaryzacji oparte są na asymetrii odbicia, załamania, pochłaniania

Polaryzacja przez odbicie od ośrodków dielektrycznych np. szyby, polaryzator odbiciowy.



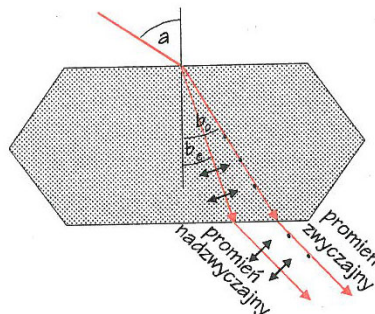
Rys. Polaryzacja fali świetlnej przez odbicie pod kątem Brewstera α_B .

W 1848r. D. Brewster stwierdził, że polaryzacja przez odbicie zachodzi, gdy promienie odbity i załamany tworzą kąt 90° . Korzystając z prawa załamania $\sin \alpha / \sin \beta = n$ oraz warunku $\alpha + \beta = 90^\circ$ otrzymujemy prawo Brewstera

$$\operatorname{tg} \alpha = n.$$

Wiązka padająca na płytkę szklaną o współczynniku załamania $n = 1,5$ zostanie spolaryzowana, gdy kąt padania będzie równy $56,3^\circ$.

Polaryzacja przez załamanie, w niektórych kryształach np. kalcytu, kwarcu, korundu następuje rozdzielenie promienia światła na dwa promienie nadzwyczajny E, fr extraordinaire i zwyczajny O, fr ordinaire, nosi to nazwę dwójłomności. W substancji dwójłomnej istnieje pewien stopień uszeregowania niesymetrycznych cząsteczek. Zjawisko to odkrył w 1669r E. Batholin, a wyjaśnił 1815r A. Fresnel. Dwójłomne są też substancje niekryształiczne np. w mięśniach łańcuchy białek są ułożone wzdłuż włókna i ten kierunek jest fizycznie wyróżniony.



W 1928r E.Landa podał pomysł na **polaroid** utworzony przez kryształki herapatytu, jednosiarczanu chininy, zatopione w przezroczystej błonie z tworzywa sztucznego. Kryształki mają kształt igiełek.

Od 1938r. zamiast kryształków zaczęto używać cząsteczek np. barwnika.

Celofan jest polaryzatorem. Zbudowany jest z długich, włóknistych cząsteczek. W czasie produkcji łańcuchowe cząsteczki celulozy ustawiają się w pewnym kierunku tzw. osi optycznej.

Polaryzator siatkowy zbudowany 1963r. przez G. Birda i M. Parrisha. Stanowi go siatka dyfrakcyjna o 20 000 szczelin na 1mm, pokryta atomami złota.

Filtry polaryzacyjne w fotografii



Rys. Wynik działania polaryzatora na odbicie od przybrzeżnej równiny błotnej. Na rysunku po lewej stronie ustawiony pionowo polaryzator przepuszcza przede wszystkim odbicia. Obrócenie polaryzatora o 90° (po stronie prawej) wycina prawie wszystkie tak spektakularne refleksy.



Rys. Działanie filtru polaryzacyjnego (zdjęcie prawe) przy fotografii nieba.

N. Jak zbudowany jest polaryskop?

U. Polaryskop składa się z dwóch ustawionych jeden za drugim polaroidów. Polaroid bliżej źródła światła nazywamy **polaryzatorem P**, a drugi od obserwatora **O analizatorem A**. Między polaryzator i analizator wstawiamy model **M**. Polaryzator wydziela z fali składową spolaryzowaną wzdłuż wyróżnionego kierunku polaryzatora. Polaryskopy wykorzystuje się w badaniach modeli np.: mostu, szybu kopalni, zapory wodnej wykonanych z przezroczystej masy, żywicy. Po obciążeniu modelu w świetle spolaryzowanym widoczne są powstające napięcia mechaniczne, można zmierzyć odkształcenia wewnętrzne w celu ograniczenia możliwości pęknięć, załamania, katastrof, awarii.

N. omawia prosty model zjawiska elastooptycznego.

Inne zastosowania polaryzatorów: w komórkach Kerra do modulowania

laserowych wiązek światła, w mikroskopie polaryzacyjnym pozwala fotografować np. włókna chromosomowe, układzie oświetlającym do kierowania wzrostem roślin, urządzeniach do szacowania kierunków pól magnetycznych w odległych mgławicach, okulary polaryzacyjne, w polarymetrach.

W komórkach Kerra pole elektryczne wywołuje dwójłomność w pewnych cieczach np. nitrobenzen, o cząsteczkach stanowiących dipol elektryczny.

Wykorzystuje się jako wyłącznik światła, w ekranach LCD light crystal display. W polaryzacyjnych okularach przeciwsłonecznych używanych przez kierowców, rybaków, wioślarzy stosuje się polaroid zorientowany tak, że oś przepuszczania jest pionowa. Wówczas drgania poziome są pochłaniane co tłumi np. refleksy od kałuż wody na jezdni.

Zjawisko skręcenia płaszczyzny polaryzacji występuje u substancji aktywnych optycznie mających asymetryczne cząsteczki w kształcie spirali, linii śrubowej, np. terpentyna, olej kukurydziany, płytką kwarcu wyciętą prostopadle do osi optycznej kryształu, roztwór cukru, kwas winowy.

Polarymetr jest to przyrząd stosowany do pomiarów kąta skręcenia. Może służyć do wyznaczania stężenia roztworu przez pomiar skręcenia płaszczyzny polaryzacji ze wzoru $\alpha = k c l$,

gdzie c - stężenie roztworu, l - grubość warstwy roztworu,

k —współczynnik zdolności skręcającej roztworu . Używany jest np. w cukrowniach jako sacharymetr. W 2001r. została przyznana Nagroda Nobla za syntezę związków organicznych w celu wytwarzania substancji optycznie czynnych. Zjawisko polaryzacji światła występuje w przyrodzie.

Biolog K. von Frisch stwierdził, że pszczoły wykrywają kierunek drgań światła spolaryzowanego liniowo. Biologowie pracujący na Morzu Śródziemnym i oceanografowie w wodach okalających Bermudy znaleźli przyczynę polaryzacji podwodnej światła. Jest nią rozpraszanie światła na zawiesinach w wodzie. Rozwielitka w wodzie porusza się w kierunku prostopadłym do kierunku drgań światła. Podobnie zachowują się ostrogon z rodzaju *Limulus*, skorupiaki z rodziny *Mysidae* i inne gatunki. Polaryzacja ułatwia im orientację pod wodą.

W 1966r. Th. Ramskou wysunął teorię, że Wikingowie nawigowali po morzach za pomocą kamieni słonecznych, kryształów kalcytu. Potwierdził to G. Horwath z Uniwersytetu Eotvos w Budapeszcie.

Podział klasy na grupy.

N. rozdaje karty pracy i monitoruje pracę UU.

Karta pracy I

Doświadczenie 1.

Płaszczyzny polaryzacji obu polaroidów wzajemnie skrzyżujemy przez obrót jednego z nich Co obserwujemy?

Na początku patrząc na źródło światła uzyskujemy jasne pole widzenia, następnie w miarę obrotu pole widzenia ciemnieje, polaryskop nie przepuszcza światła. Wiązka spolaryzowana liniowo nie będzie przepuszczana przez polaroid, gdy oś polaroidu będzie prostopadła do kierunku polaryzacji.

Karta pracy II

Doświadczenie 2

Jeżeli między dwa skrzyżowane polaroidy wstawiamy model elastooptyczny np, żywicy epoksydowej lub linijkę, , ekerkę z pleksiglasu. Co zobaczymy? Obraz składający się z izochrom i izoklin, barwnych i ciemnych linii.

Zjawisko elastooptyczne polega na tym, że ciało izotropowe pod względem optycznym nabiera własności anizotropowych pod wpływem wymuszonych w nim odkształceń. Wykryte zostało przez Seebecka w 1813r., a zostało zbadane przez Wertheima i Maxwella, którzy stwierdzili liniowy związek między różnicą odkształceń głównych, a różnicą współczynników załamania $n_1 - n_2 = C (\epsilon_1 - \epsilon_2)$.

Zjawisko to łączy wydawałoby się odległe działy mechanikę i optykę, zostało wykorzystane do badań rozkładu naprężeń w modelach np. śmigieł, zapór wodnych, szybów kopalni, wałów korbowych, wirników turbin, części dźwigów. Badania naprężeń w elementach o nieregularnym kształcie wykonuje się przed podjęcie ich budowy. Skały wykazują efekt elastooptyczny w zakresie fal radiowych.

Karta pracy III

Doświadczenie 3

Krzyżujemy dwa polaroidy. Następnie między dwa polaryzatory wstawiamy substancję aktywną optycznie np. naczynie z roztworem cukru. Co obserwujemy?

Następuje rozjaśnienie pola widzenia. Roztwór cukru o stężeniu $0,25 \text{ g/cm}^3$ i o grubości naczynia 10 cm skręca płaszczyznę polaryzacji o ok. 30° .

Karta pracy IV

W 1844 roku Wilhelm Karl von Haidinger odkrył zjawisko, które świadczy o tym, że polaryzację światła można wykryć gołym okiem.

Ustaw przed oczyma polaryzator liniowy. Spójrz przez niego na niebo. Po 5 sekundach obróć polaryzator o 90° . Co widzisz?

Widoczna jest figura Haidingera, niewielka, barwy żółtej, o kształcie dwóch trójkątów zestawionych wierzchołkami, symetryczna względem środka, długa oś figury prostopadła do osi przepuszczania polaryzatora.



Rys. Symulacja wystąpienia figury Haidingera (szczotki Heidingera) dla światła spolaryzowanego pionowo. Żółta pozioma poprzeczka z rozmytymi końcami (stąd nazwa szczotka), co się kojarzy z hantlem albo z dwoma trójkątami zsuniętymi wierzchołkami widoczna jest na tle niebieskiego nieba. Zajmuje ona na ogół 3 – 5 stopni pola widzenia. Kierunek polaryzacji światła jest prostopadły do poziomej poprzeczki.

Prezentacja wyników pracy UU i ich ocena.

Podsumowanie.

N. Na czym polega polaryzacja światła?

Jakie są sposoby polaryzacji światła?

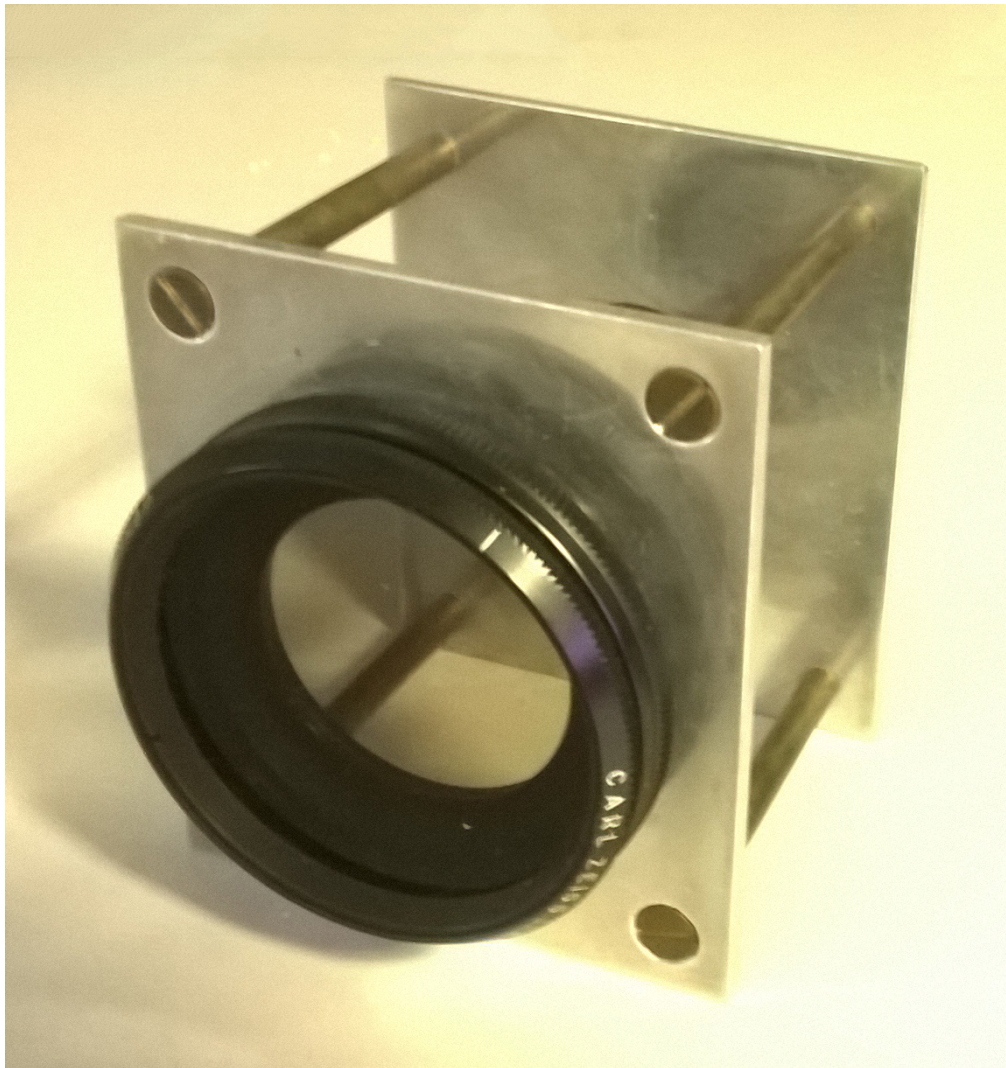
Dlaczego światło nie przechodzi przez dwa skrzyżowane polaryzatory?

Praca domowa.

Opisać doświadczenia

Polaryzacja w astronomii

Polaryzacja światła jest ważnym zjawiskiem w astronomii. I tak mierzy się polaryzację liniową i kołową promieniowania słonecznego. Obserwuje się również polaryzację światła innych gwiazd. Między innymi, obserwowalną polaryzację światła wywołuje jego rozpraszanie na pyłe międzygwiezdny. Światło spolaryzowane wysyłane jest przez gwiazdy typu Ap (peculiar A type stars). Polaryzacja światła występuje również w spójnych (czyli koherentnych) źródłach astronomicznych, takich jak masery metanolowe i niespójnych, takich jak . promieniowanie pulsarów. W marcu 2014r. detektor BICEP Background Imagine of Cosmic Extragalactic Polarisation 2 odkrył polaryzację promieni tła.



Polaryskop liniowy sporządzony z polaryzacyjnych filtrów fotograficznych

Prosty model fizyczny zjawiska elastooptycznego

W zjawisku elastooptycznym niewidoczne okiem napięcia mechaniczne przekształcają się w widzialne obrazy świetlne. Otóż, w przezroczystych przedmiotach poddanych odkształceniom występuje zjawisko dwójłomności wymuszonej. Prześledźmy drogę światła od źródła światła \mathcal{Z} , przez polaryzator, model elastooptyczny M i analizator do obserwatora O . Rozważmy ośrodek M złożony z pałeczkowatych cząsteczek, który znajduje się między dwoma skrzyżowanymi polaroidami. Model M ma dwa kierunki główne, jeden w kierunku odkształcenia, a drugi do niego prostopadły. Elektromagnetyczna budowa materii powoduje oddziaływanie ośrodka z światłem. Przez polaryzator przechodzi część niespolaryzowanej wiązki, drgającej równolegle do osi polaroidu, w wyniku wiązka jest spolaryzowana liniowo. Wektor świetlny o amplitudzie A promienia opuszczającego polaryzator P rozkłada się w ciele M na składowe w kierunkach głównych $A_1 = A \cos \phi$, $A_2 = A \sin \phi$. Po przejściu przez

ośrodek dwójłomny M o grubości d występuje przesunięcie fazowe δ , $A_1 = A_2 + \delta$. Dla fali pierwszej $\Delta_1 = 2\pi d n_1 / \lambda$. Dla fali drugiej $\Delta_2 = 2\pi d n_2 / \lambda$, definiujemy $\delta = \Delta_1 - \Delta_2$, oznaczając $\Psi = \omega t - kx + \Delta_2$ możemy zapisać amplitudy fal po wyjściu z ośrodka M

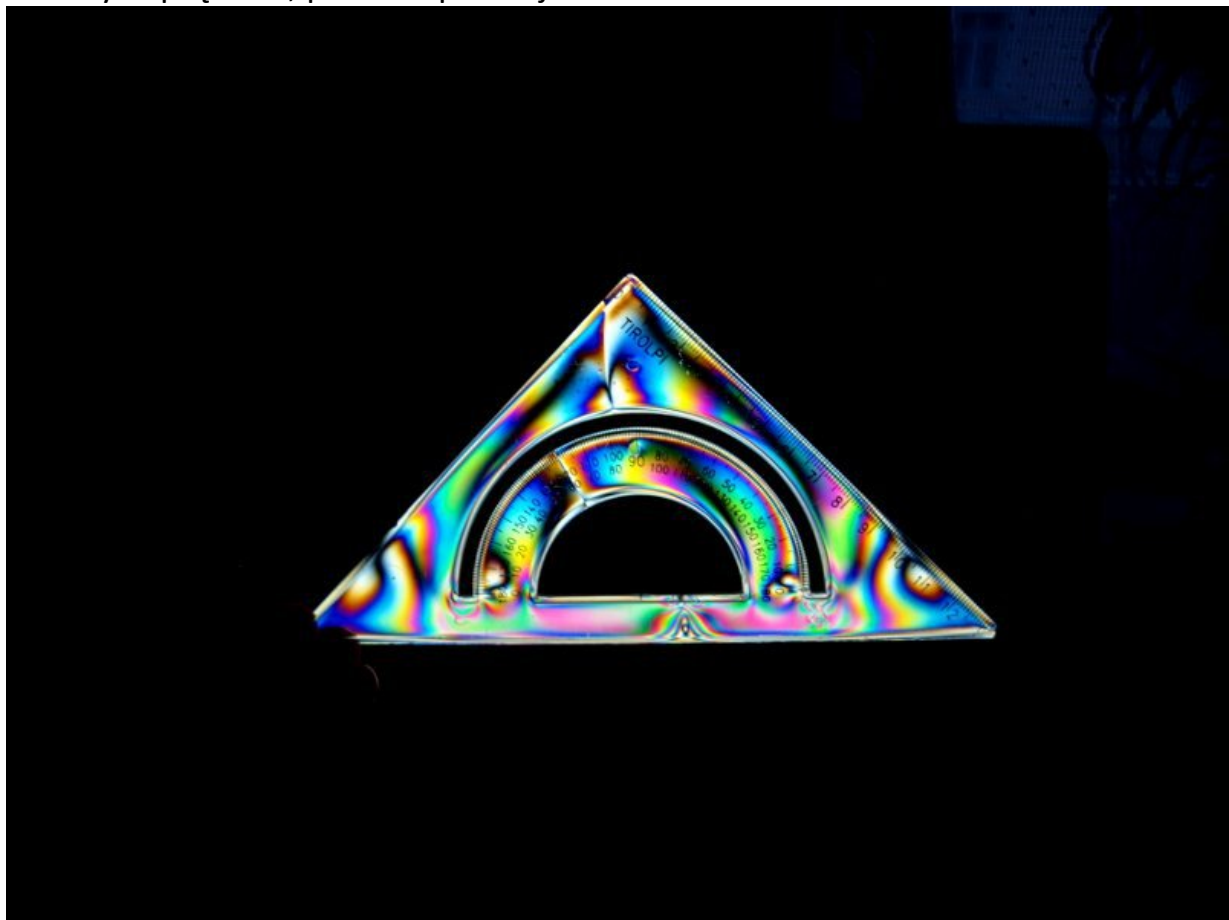
$$a_1' = A_1 \cos(\Psi + \delta), \quad a_2' = A_2 \cos \Psi.$$

n_1, n_2 współczynniki załamania światła w kierunkach głównych. Obie fale padają na analizator. Z pierwszej z nich przechodzi rzut na płaszczyznę polaryzacji analizatora, składowa $a_1' \sin \phi$ z drugiej fali - $a_2' \cos \phi$. W sumie obie fale nakładają się w oku obserwatora O

$$A_1 \cos(\Psi + \delta) \sin \phi - A_2 \cos \Psi \cos \phi = A \sin 2\phi \sin(\delta/2) \sin(\omega t - kx + \delta/2).$$

Jest to fala sinusoidalna o amplitudzie $A \sin 2\phi \sin(\delta/2)$.

W punktach, w których $\sin 2\phi = 0$ oraz $\sin \delta/2 = 0$ następuje wygaszenie fal. Obszar ciemny nie daje różnicy faz, wolny od napięć. Linia łącząca punkty, w których $\phi = 0$ lub $\pi/2$ nosi nazwę izoklin. Linie łączące punkty, w których $\sin \delta/2 = 1$, tzn. $\delta/2 = \pi/2 + 2m\pi$, gdzie m liczba całkowita, noszą nazwę izochrom, czyli linii o jednakowej barwie. W świetle białym izochromy stanowią układ barwnych prążków, por. fot. poniżej.



winiar z  wykop.pl

Fot. Obraz elastooptyczny widziany w świetle spolaryzowanym, w polaryskopie. Model wykonany z plastiku, w którym panują zamrożone napięcia.