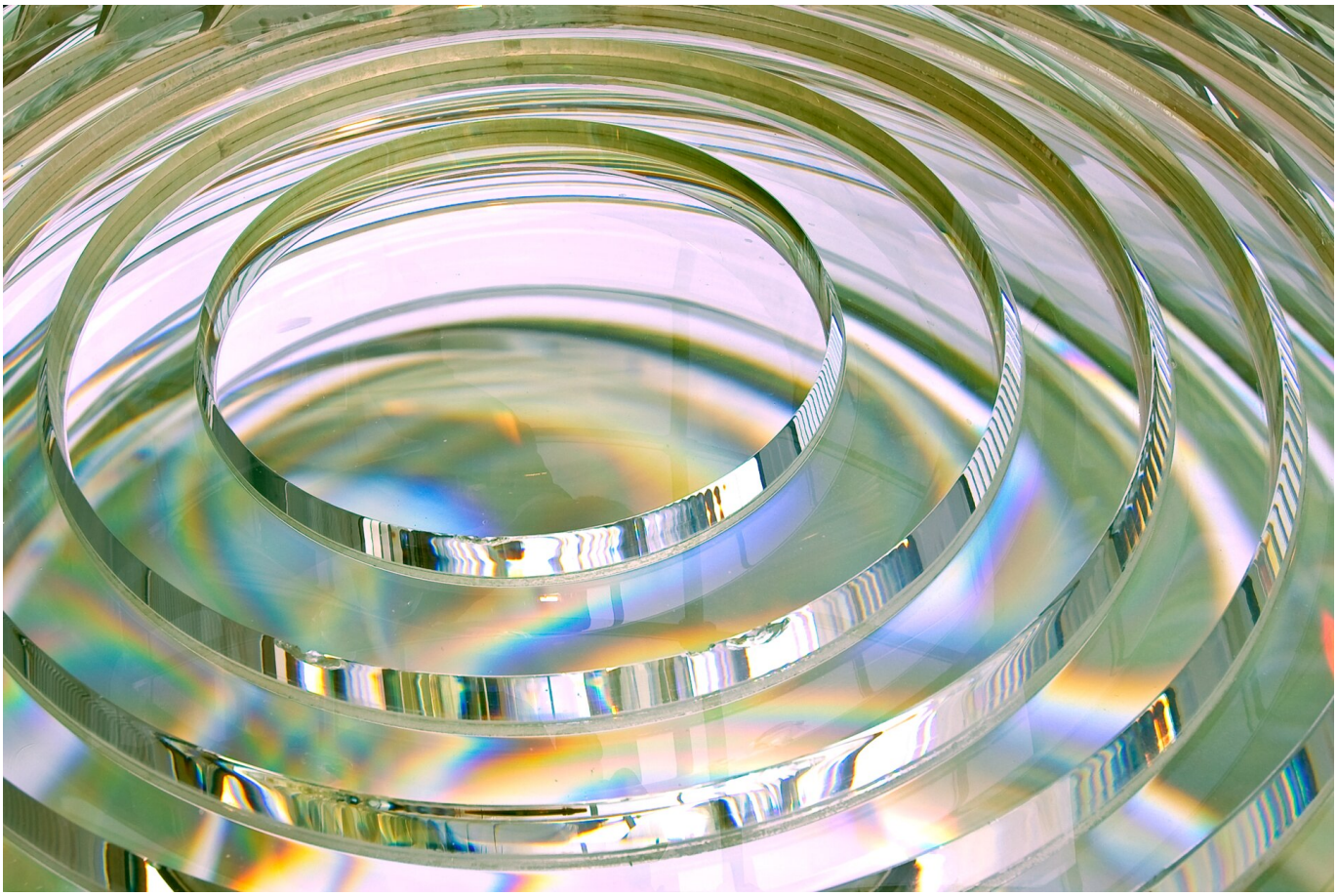
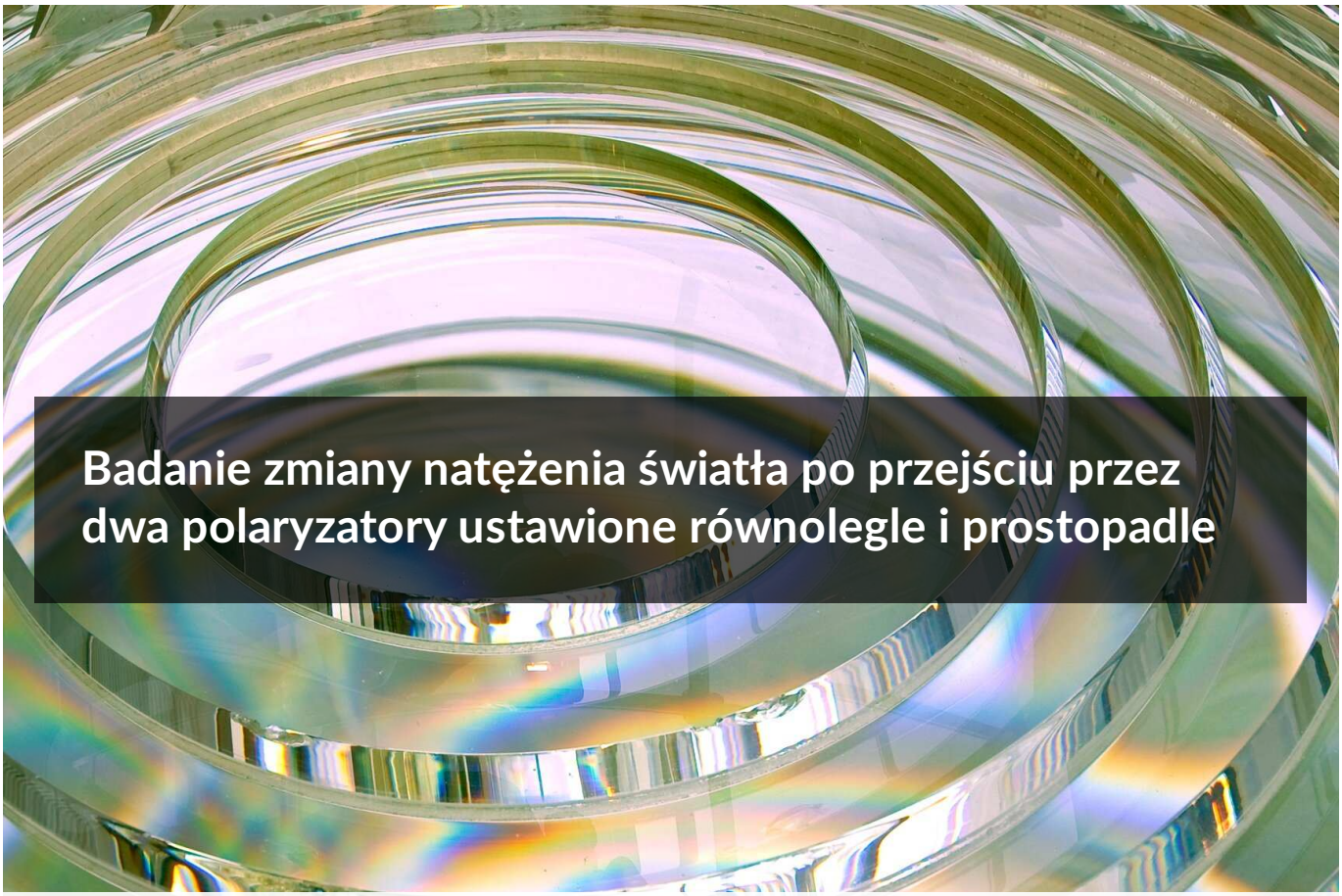


Badanie zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Wirtualne laboratorium WL-I
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Źródło: dostępny w internecie: https://www.shutterstock.com/image-photo/fresnel-lens-lighthouse-beacon-rotated-on-4035514 [dostęp 6.12.2022].

Czy to nie ciekawe?

Idąc do kina na film 3D otrzymujemy specjalne okulary, które przepuszczają tylko wybrane składowe padającego światła. Dzięki temu, do jednego z naszych oczu dociera inny obraz niż do drugiego. Wykorzystuje się tutaj zjawisko polaryzacji. W niniejszym materiale dowiesz się, na czym ono polega.

Rys. a. Okulary polaryzacyjne wykorzystywane w kinie 3D

Źródło: D-Kuru, dostępny w internecie: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glasses_for_RealD_Cinema-fs_PNr%C2%B00272.jpg [dostęp 6.12.2022], licencja: CC BY-SA 3.0.

Twoje cele

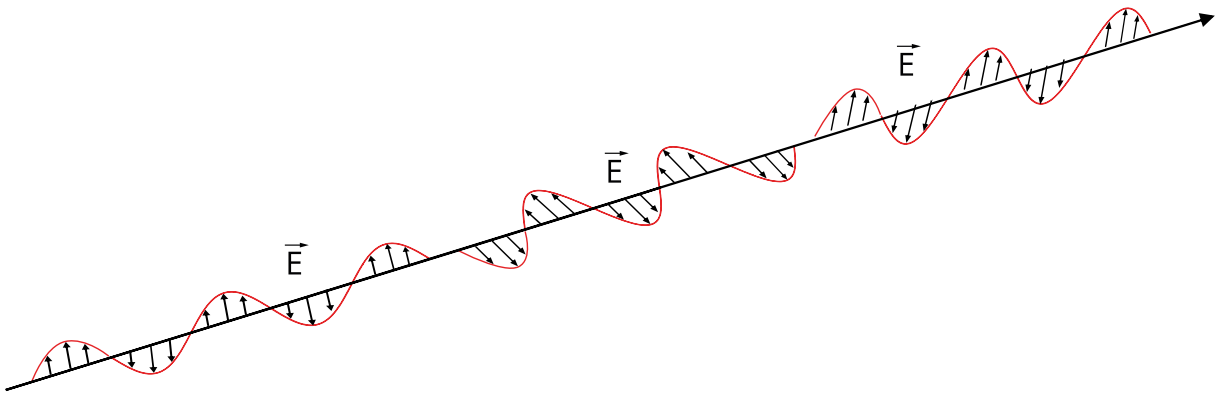
Zapoznanie z treścią materiału sprawi, że:

- utrwalisz wiadomości o świetle niespolaryzowanym,
- ustalisz, co dzieje się ze światłem po przejściu przez polaryzator,
- przeanalizujesz, jak zmienia się natężenie światła po przejściu przez układ dwóch polaryzatorów.

Przeczytaj

Warto przeczytać

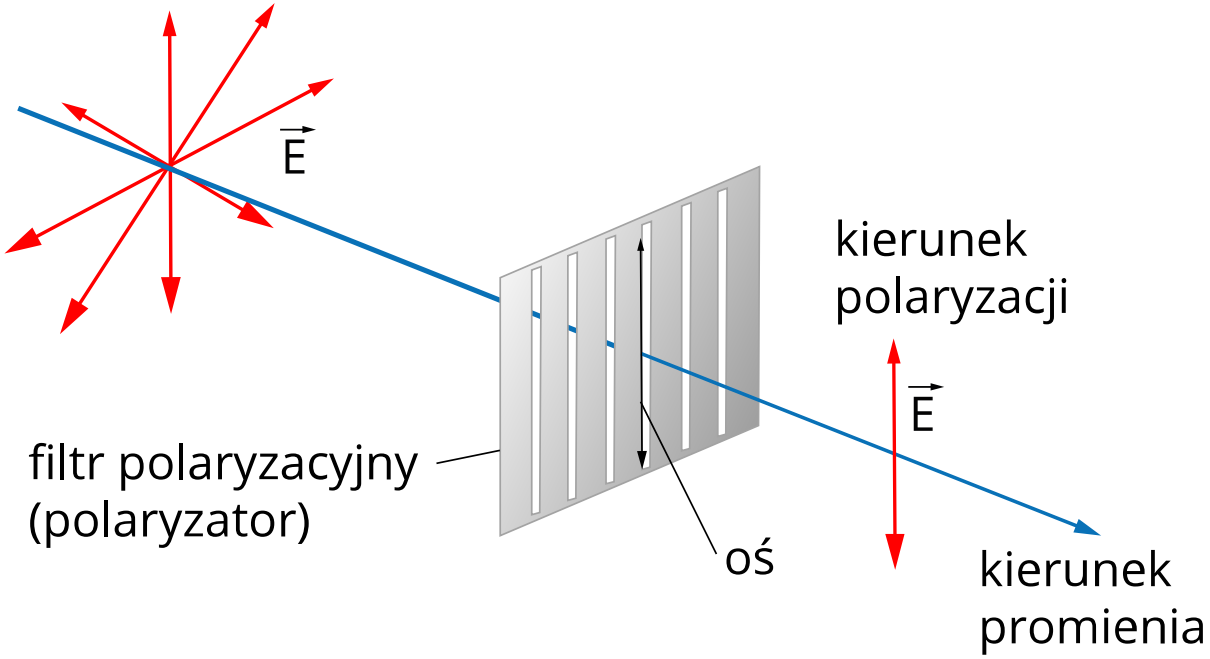
Zarówno światło słoneczne, jak i pochodzące z żarówki, jest niespolaryzowane. Oznacza to, że wektory natężenia pola elektrycznego $\vec{E}$ są ułożone w przypadkowych kierunkach, prostopadłych do kierunku rozchodzenia się danej fali (Rys. 1.). Opisując polaryzację fali elektromagnetycznej, czyli rozchodzących się zaburzeń pola elektrycznego i magnetycznego, mówi się zwyczajowo wyłącznie o jej składowej elektrycznej, gdyż składowa magnetyczna jest do niej prostopadła i zgodna w fazie, więc jej zmiany następują analogicznie.



Rys. 1. Kierunki wektorów natężenia w wiązce światła słonecznego czy emitowanego przez żarówki ułożone są przypadkowo – prostopadle do kierunku rozchodzenia się fali

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Jednym ze sposobów „uporządkowania” takiej fali jest skierowanie jej na polaryzator, czyli swego rodzaju filtr optyczny przepuszczający tylko jeden kierunek drgań (Rys. 2.).



Rys. 2. Przechodząc przez polaryzator światło ulega zjawisku polaryzacji – przepuszczana zostaje jedynie składowa fali równoległa do kierunku polaryzacji. Odbywa się to kosztem zmniejszenia natężenia światła
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Po przejściu nieuporządkowanej fali świetlnej przez polaryzator, uzyskamy falę, w której drgania wektora natężenia pola będą zachodziły w jednym kierunku – zgodnym z ustawieniem polaryzatora. O takim świetle powiemy, że jest spolaryzowane liniowo (oznacza to, że w trakcie propagacji wektor natężenia pola leży w jednej płaszczyźnie).

Efektem ubocznym swoistego „uporządkowania" fali jest zmniejszenie natężenia światła w zależności od kąta miedzy płaszczyzną polaryzacji padającego światła oraz płaszczyzną polaryzacji polaryzatora. Zależność tę opisuje prawo Malusa, zgodnie z którym: *natężenie światła spolaryzowanego liniowo po przejściu przez polaryzator równe jest iloczynowi natężenia światła padającego i kwadratu cosinusa kąta między płaszczyzną polaryzacji światła padającego a płaszczyzną polaryzacji światła po przejściu przez polaryzator*:

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

gdzie:

I_0 – natężenie światła padającego,

θ – kąt między płaszczyzną polaryzacji światła padającego i płaszczyzną polaryzacji polaryzatora.

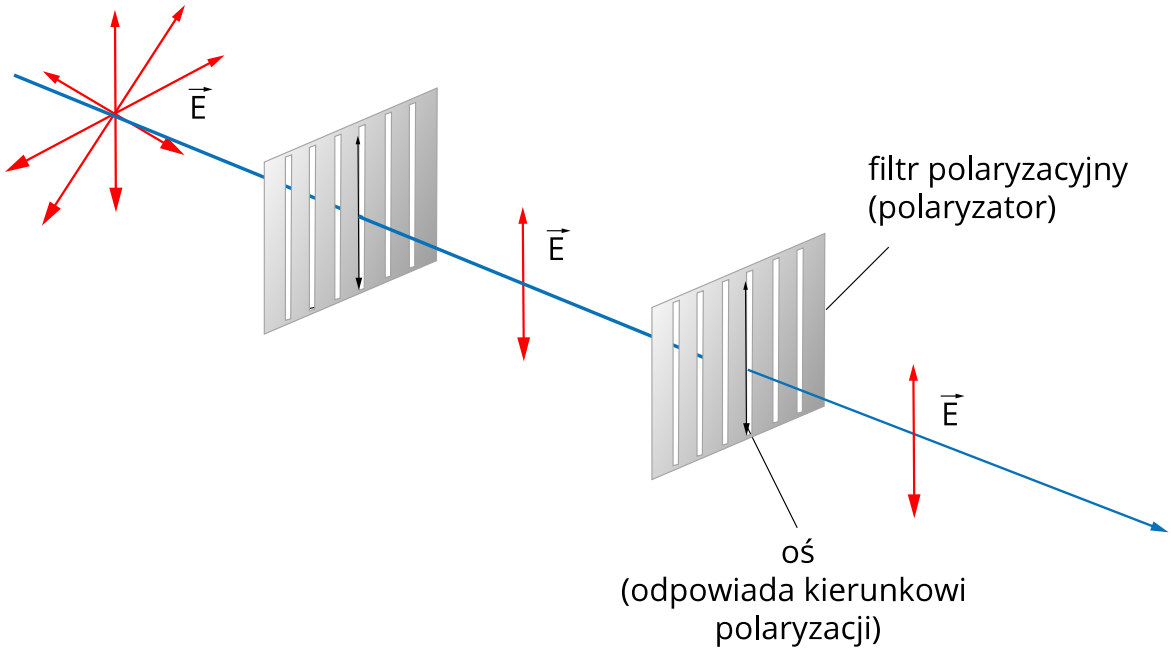
Jeśli na drodze światła niespolaryzowanego umieścimy polaryzator, jego natężenie spadnie o połowę. Dlaczego? Każdy wektor natężenia pola można rozłożyć na dwa prostopadłe do siebie kierunki: jeden zgodny z orientacją polaryzatora, a drugi do niej prostopadły. Tylko składowe mające orientację równoległą do osi polaryzatora przez niego przejdą. Składowe prostopadłe są wygaszane. Wszystkie pozostałe składowe są wycinane w stopniu zależnym od tego, pod jakim kątem padają. Średnia wartość $\cos^2 \theta$ wynosi 0,5. Z tego względu:

$$I = \frac{1}{2} I_0$$

Zależność tę można stosować jedynie wówczas, gdy padające światło jest niespolaryzowane.

Rozważmy, co otrzymamy, gdy światło niespolaryzowane przejdzie przez dwa polaryzatory.

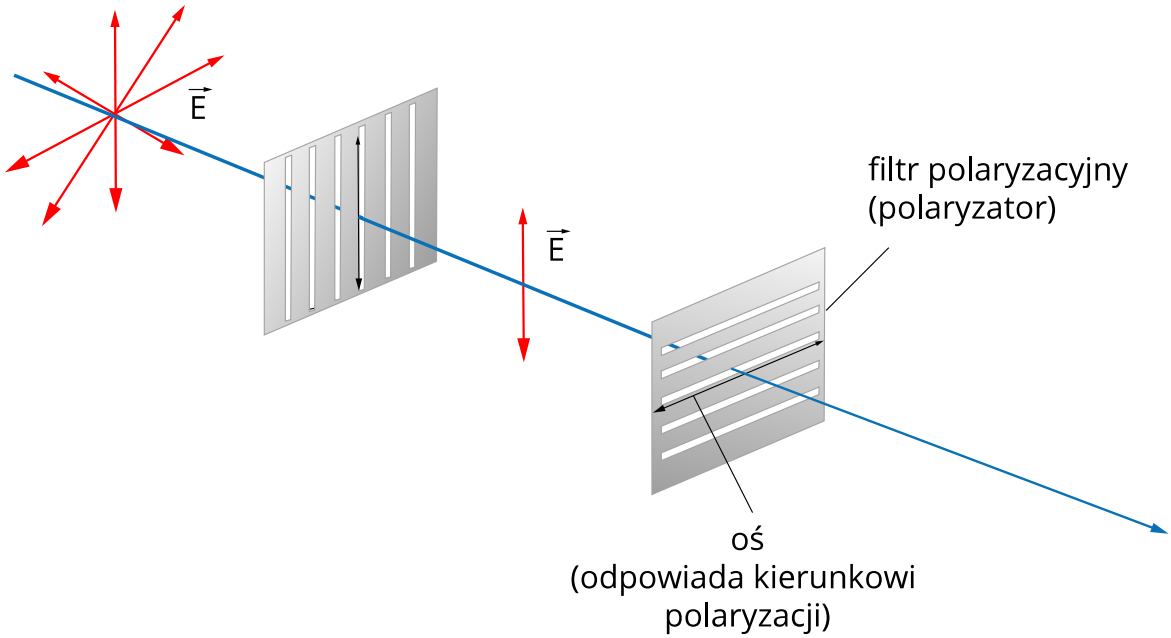
a) Jeśli kierunki polaryzacji obu polaryzatorów są równoległe (Rys. 3.), to kąt θ będzie miał miarę 0°, zatem $\cos^2 \theta$ przybierze wartość 1, a natężenie światła nie ulegnie zmianie.



Rys. 3. Gdy kierunki polaryzacji obu polaryzatorów są zgodne, całe światło spolaryzowane przez pierwszy polaryzator przechodzi przez drugi z polaryzatorów

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

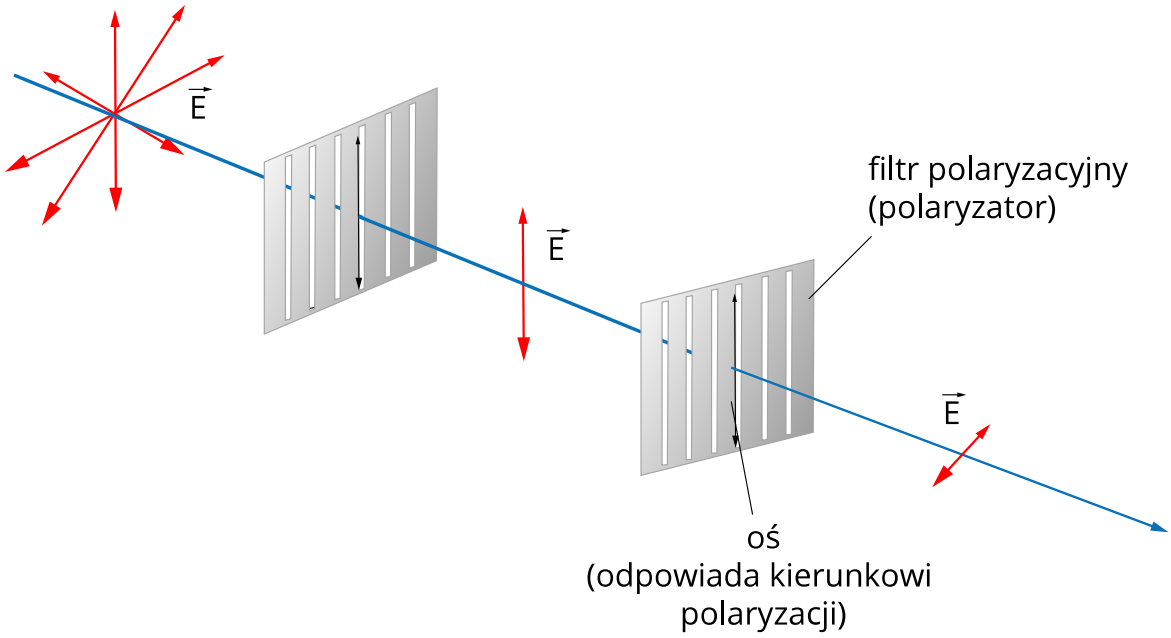
b) Jeśli kierunki polaryzacji obu polaryzatorów są prostopadłe (Rys. 4.), to kąt θ będzie miał miarę 90°, zatem $\cos^2\theta$ przybierze wartość 0, a fala ulegnie wygaszeniu (światło nie przejdzie więc przez drugi polaryzator). Drugi z polaryzatorów nazywany jest analizatorem.



Rys. 4. Po przepuszczeniu światła spolaryzowanego przez drugi polaryzator, skręcony o 90° do poprzedniego, światło zostanie wygaszone

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

c) Jeśli kierunki polaryzacji będą pod kątem $0^o < \theta < 90^o$ (Rys. 5), to natężenie światła zmniejszy się zgodnie z podaną wyżej zależnością.

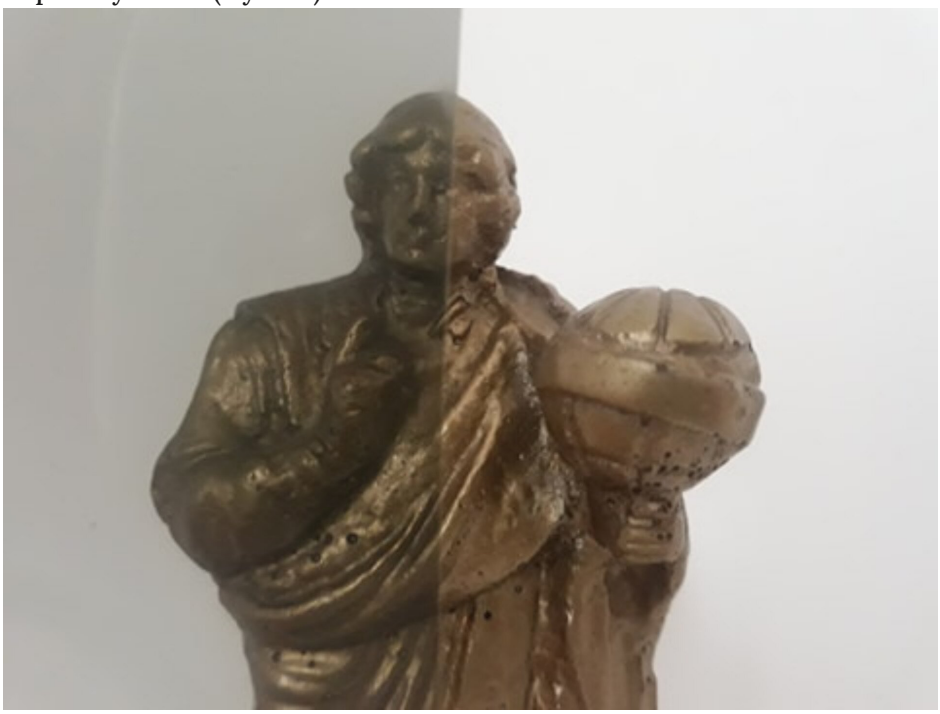


Rys. 5. Po przepuszczeniu światła spolaryzowanego przez drugi polaryzator, skręcony o kąt $0° < \theta < 90°$ do poprzedniego, światło zostanie częściowo wygaszone

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Przyjrzyjmy się jeszcze, jak to wygląda w praktyce. Spójrzmy na wizerunek Mikołaja Kopernika:

1. przez jeden polaryzator (Rys. 6.):



Rys. 6. Jeśli spojrzymy na figurkę przez jeden polaryzator, natężenie światła zmniejszy się. Oglądany obraz jest więc ciemniejszy

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

2. przez dwa polaryzatory ustawione równolegle (Rys. 7.):

Rys. 7. W przypadku równoległego ułożenia polaryzatorów, światło spolaryzowane przez pierwszy polaryzator przechodzi w całości przez drugi z polaryzatorów

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

3. przez dwa polaryzatory ustawione prostopadle (Rys. 8.):

Rys. 8. Prostopadłe ustawienie dwóch polaryzatorów powoduje wygaszenie fali świetlnej.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Obserwacje potwierdzają więc przytoczone wcześniej rozważania teoretyczne.

Słowniczek

Polaryzacja

(ang. *polarisation*) – 1) zjawisko polegające na uporządkowaniu relacji między kierunkiem oscylacji zaburzenia, a kierunkiem rozchodzenia się fali. 2) proces prowadzący do osiągnięciu określonego stanu polaryzacji.

Polaryzacja liniowa

(ang. *linear polarisation*) – zjawisko polegające na uporządkowaniu oscylacji końców wektora elektrycznego, w taki sposób, że zakreśla on na płaszczyźnie linię prostą.

Wirtualne laboratorium WL-I

Badanie zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory przy różnych ustawieniach płaszczyzn polaryzacji

W wirtualnym laboratorium możesz zbadać, w trzyczęściowym eksperymencie, jak zmienia się natężenie światła niespolaryzowanego przechodzącego przez jeden lub dwa polaryzatory.

Pierwsze dwa eksperymenty mają charakter obserwacji zjawiska polaryzacji. Wyniki swoich działań i przemyśleń wpiszesz do wspólnego Dziennika obserwacji.

Trzeci eksperyment polega na przeprowadzeniu serii pomiarów i porównaniu wyników z treścią prawa Malusa.

Doświadczenie 1
Obserwacja zmian natężenia światła niespolaryzowanego po przejściu przez polaryzator.

Problem badawczy

Celem obserwacji jest zbadanie wpływu polaryzatora na natężenie przechodzącego światła niespolaryzowanego.

Hipoteza

Polaryzator obniża natężenie światła niespolaryzowanego w jednakowym stopniu, niezależnie od orientacji płaszczyzny polaryzacji polaryzatora.

Co będzie potrzebne

Zapoznaj się z wyposażeniem laboratorium. Zwróć uwagę na obecność dwóch polaryzatorów i zastanów się, jak można je w tej obserwacji wykorzystać.

Instrukcja

Przeprowadź obserwację. Zastosuj trzypunktową instrukcję postępowania zamieszczoną w Wirtualnym Laboratorium.
Opisz swoje czynności i poczynione obserwacje w Dzienniku obserwacji.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DErBXkZs4

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Polaryzacja światła - Dziennik obserwacji

Data DD-MM-RRRR

Doświadczenie 1.

Opis obserwacji, spostrzeżenia, konkluzje

Doświadczenie 2.

Opis obserwacji, spostrzeżenia, konkluzje

Podsumowanie

Przedstaw odpowiedzi na postawione w instrukcji pytania.
Rozstrzygnij hipotezę badawczą.

Ćwiczenie 1

Wykorzystaj polaryzator nr 2 i powtórz przeprowadzone obserwacje. Zapisz stwierdzone podobieństwa i różnice w porównaniu z polaryzatorem nr 1.

Wskaż najbardziej trafny komentarz na temat dwóch polaryzatorów w tej obserwacji.

- ◯ Wystarczyłby jeden polaryzator do osiągnięcia postawionego celu. Obecność drugiego nie ma żadnego uzasadnienia naukowego dla tej obserwacji.
- ◯ Wystarczyłby jeden polaryzator do osiągnięcia postawionego celu. Jednak obecność drugiego można w tej obserwacji wykorzystać w naukowy sposób.
- ◯ Jeden polaryzator nie zapewniłby osiągnięcia postawionego celu. Stąd konieczność dysponowania dwoma polaryzatorami.

Zapisz, w Dzienniku obserwacji, argumenty przemawiające za wybranym przez Ciebie wskazaniem oraz, ewentualnie, za wskazaniem właściwym.

Doświadczenie 2
Obserwacja zmian natężenia światła niespolaryzowanego po przejściu przez układ dwóch polaryzatorów.

Problem badawczy

Celem obserwacji jest jakościowe zbadanie wpływu polaryzatora na natężenie przechodzącego światła spolaryzowanego.

Hipoteza

- Natężenie światła spolaryzowanego po przejściu przez polaryzator jest obniżane w stopniu zależnym od orientacji osi polaryzacji polaryzatora względem płaszczyzny spolaryzowania światła.
- Dwie skrajne orientacje tej osi, przy których natężenie przechodzącego światła jest, odpowiednio, maksymalne oraz zerowe, różnią się o 90°.

Co będzie potrzebne

Wykorzystaj dostępne wyposażenie wirtualnego laboratorium.
Przygotuj się do rozstrzygnięcia problemu przydatności kątowej podziałki na obu polaryzatorach z punktu widzenia realizacji celu postawionego w tym doświadczeniu.

Instrukcja

Przeprowadź obserwację. Zastosuj trzypunktową instrukcję postępowania zamieszczoną w Wirtualnym Laboratorium.
Opisz swoje czynności i poczynione obserwacje w Dzienniku obserwacji, wspólnym dla pierwszych dwóch doświadczeń.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DErBXkZs4

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Podsumowanie

Przedstaw odpowiedzi na postawione w instrukcji pytania.

Rozstrzygnij obie części hipotezy badawczej.

Ćwiczenie 2

W wykonanym doświadczeniu do dyspozycji masz dwa polaryzatory. Często przypisuje się im różne nazwy, odzwierciedlające nieco różne ich role.
Polaryzator nr 1, na który pada światło z żarówki, nazywamy *polaryzatorem*. Pozwala on uzyskać wiązkę spolaryzowaną liniowo.
Polaryzator nr 2, na który pada światło już spolaryzowane, nazywamy *analizatorem*. Pozwala on wykryć, czy padające nań światło jest rzeczywiście spolaryzowane i określić płaszczyznę jego polaryzacji.

W wirtualnym laboratorium zarówno *polaryzator* jak i *analizator* są wyposażone w podziałkę umożliwiającą nastawienie i pomiar kąta pomiędzy osiami ich polaryzacji. Jest to niewątpliwie przydatne w doświadczeniu 3.
A jak jest w tym doświadczeniu? Czy do jego wykonania wystarczyłyby dwie folie polaryzacyjne, bez żadnej skali, za pomocą których wykonano ilustracje 6, 7 i 8 w części „Przeczytaj”?

Wskaż najbardziej trafne uzupełnienie zdań dotyczących wyposażenia w tym eksperymencie *polaryzatora* i *analizatora* w skalę do pomiaru kąta obrotu osi polaryzacji.

Polaryzator w tym eksperymencie…

- nie musi mieć skali; jest ona zupełnie zbędna. ☐
- nie musi mieć skali; jest ona jednak przydatna. ☐
- musi mieć skalę; bez niej nie jest możliwe osiągnięcie celu eksperymentu. ☐

Analizator w tym eksperymencie…

- nie musi mieć skali; jest ona zupełnie zbędna. ☐
- nie musi mieć skali; jest ona jednak przydatna. ☐
- musi mieć skalę; bez niej nie jest możliwe osiągnięcie celu eksperymentu. ☐

Polecenie 1

Zamień rolami polaryzator i analizator i ponownie przeprowadź obserwację. Zapisz, w Dzienniku obserwacji, stwierdzone podobieństwa i różnice w porównaniu z pierwotnym przeznaczeniem obu polaryzatorów.

Podaj argumenty przemawiające za celowością takiego postępowania.

Doświadczenie 3
Badanie stosowalności prawa Malusa

Problem badawczy

Celem eksperymentu jest pomiar natężenia światła, początkowo niespolaryzowanego, po przejściu przez układ dwóch polaryzatorów, w funkcji kąta pomiędzy osiami ich polaryzacji.

Hipoteza

Zmierzona zależność będzie jakościowo zgodna z przewidywaniem prawa Malusa

$$I(\theta) = I_0 \cos^2 \theta$$

gdzie:

I_0 – natężenie padającego światła, spolaryzowanego liniowo po przejściu przez polaryzator nr 1;

θ – kąt między płaszczyzną polaryzacji światła padającego i osią polaryzacji polaryzatora nr 2;

$I(\theta)$ - natężenie światła przechodzącego przez polaryzator nr 2.

Co będzie potrzebne

Wykorzystaj dostępne wyposażenie wirtualnego laboratorium.

Instrukcja

Przeprowadź pomiary zgodnie z instrukcją w wirtualnym laboratorium. Nastawiaj kąty θ w dziedzinie nie węższej niż <0; 90°>, nie rzadziej niż co 10°.
Wynik dla $\theta = 0$ wpisz w przygotowane miejsca w Dzienniku, zaś pozostałe dane wpisz do tabeli „Wyniki pomiarów”.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DErBXkZs4

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Dziennik pomiarów - Prawo Malusa

Data DD-MM-RRRR

Początkowe natężenie światła I_0 $\left(\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}\right)$

Niepewność standardowa $u(I_0)$ $\left(\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}\right)$

Wyniki pomiarów

L.p.	θ (stopnie)	$u(\theta)$ (stopnie)	I $\left(\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}\right)$	$u(I)$ $\left(\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}\right)$	η	$u(\eta)$

Rozstrzygnięcie hipotezy

Dla zainteresowanych

L.p.	θ (stopnie)	$u(\theta)$ (stopnie)	$y = \cos^2\theta$	η	$\delta = y - \eta$	$u(\delta) = u(\eta)$

Interpretacja i konkluzje

Podsumowanie

Polecenie 2

1. Uzupełnij tabelę „Wyniki pomiarów” o niepewności pomiaru kąta θ oraz natężenia światła I, zgodnie ze wskazówkami w instrukcji.
2. Uzupełnij tabelę „Wyniki pomiarów” o wartości współczynnika przepuszczalności η (czytaj „eta”) zdefiniowanego jako iloraz $\frac{I}{I_0}$

$$\eta = \frac{I}{I_0}$$

oraz o niepewność $u(\eta)$. Niepewność tę oblicz tak jak w przypadku każdej wielkości mierzonej pośrednio. W razie potrzeby zajrzyj do e-materiału „Niepewność wielkości mierzonej pośrednio”.

3. Sporządź wspólny wykres dwóch zależności: $\eta(\theta)$, zgodnie z uzyskanymi wynikami pomiarów oraz funkcji $y(\theta) = \cos^2\theta$. Dla pierwszej zależności rozważ celowość naniesienia odcinków niepewności pomiarowych zarówno dla kątów θ jak i dla współczynników η. W razie potrzeby zajrzyj do e-materiału „Przedstawianie niepewności pomiarowych w formie graficznej”.
4. Oceń jakościowo zgodność przebiegu obu zależności. W ocenie uwzględnij niepewności wielkości θ oraz η i rozstrzygnij hipotezę badawczą. Zapisz swoją argumentację

Polecenie 3

Dla zainteresowanych

Przeprowadź bardziej zaawansowaną analizę zgodności uzyskanych wyników z prawem Malusa. W tym celu:

1. Wprowadź pomocniczą wielkość δ będącą różnicą pomiędzy wielkościami y i η:

$$\delta = y - \eta.$$

2. Przypisz tak utworzonej wielkości niepewność $u(\delta)$ równą niepewności $u(\eta)$. Sprowadza się to do przyjęcia, że wartość y jest dana dokładnie.

$$u(\delta) = u(\eta)$$

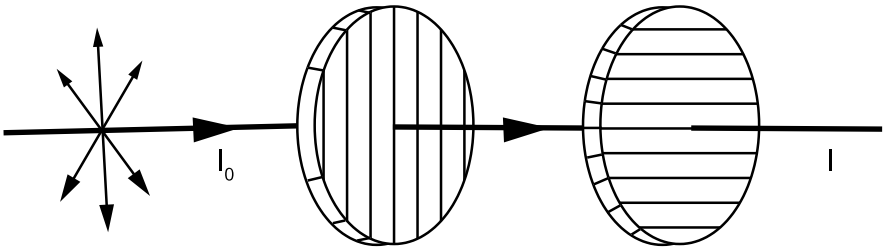
3. Wykorzystaj drugą tabelę w Dzienniku pomiarów i wypełnij ją wynikami obliczeń. Sporządź wykres zależności δ od kąta θ. Nanieś na wykres odcinki niepewności $u(\delta)$.
4. Zbadaj, czy prosta o równaniu $\delta = 0$ jest dobrze dopasowana do punktów na wykresie. Skorzystaj z e-materiałów „Jak dopasować prostą do wyników pomiarów?” oraz „Na ile dokładnie można dopasować prostą do wyników pomiarów?”.
   Zapisz swoje konkluzje w przygotowanym polu. Uzasadnij przy tym, że dobre dopasowanie prostej $\delta = 0$ potwierdza postawioną hipotezę.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

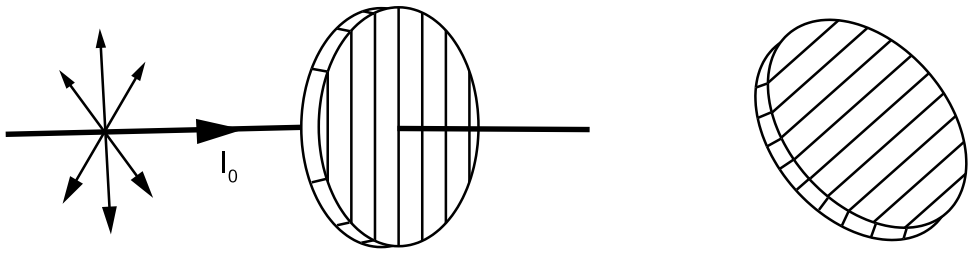
Jaka część natężenia światła padającego I_0 przejdzie przez układ dwóch polaryzatorów ustawionych tak, jak na rysunku?



- 100% I_0
- 75% I_0
- 50% I_0
- 25% I_0
- 0% I_0

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Ćwiczenie 2



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Pod jakim kątem należy ustawić drugi polaryzator, aby światło przechodzące przez niego stanowiło 25% natężenia światła padającego na pierwszy polaryzator I_0? Wynik zapisz w stopniach w postaci liczby całkowitej.

Odp. _____ °.

Ćwiczenie 3

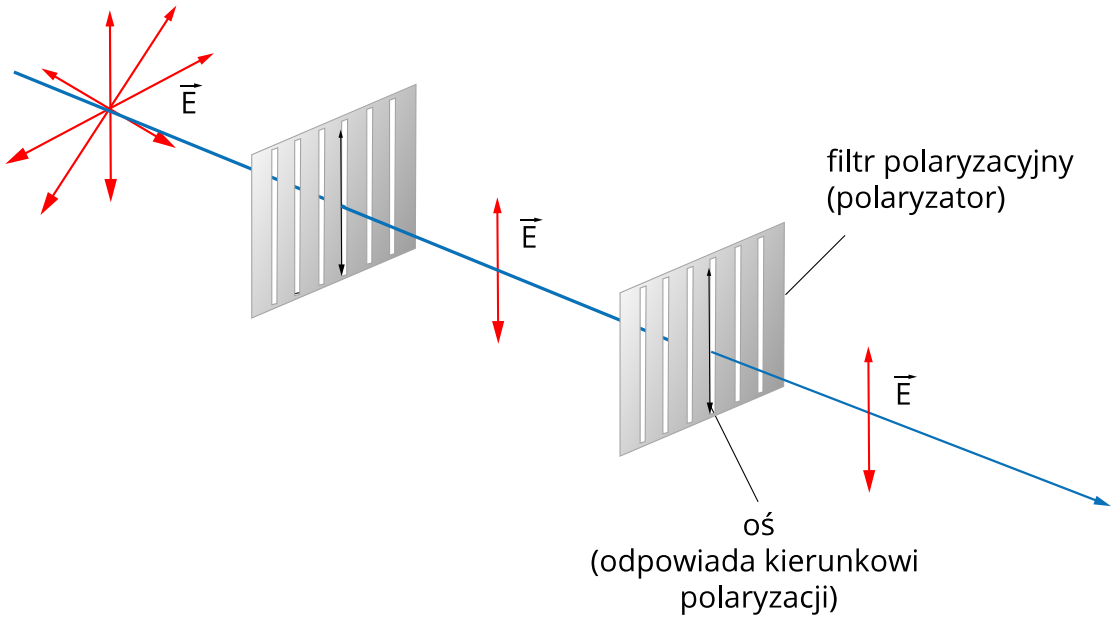
Połącz fotografie z odpowiadającymi im schematami opisującymi przedstawioną sytuację.

A

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

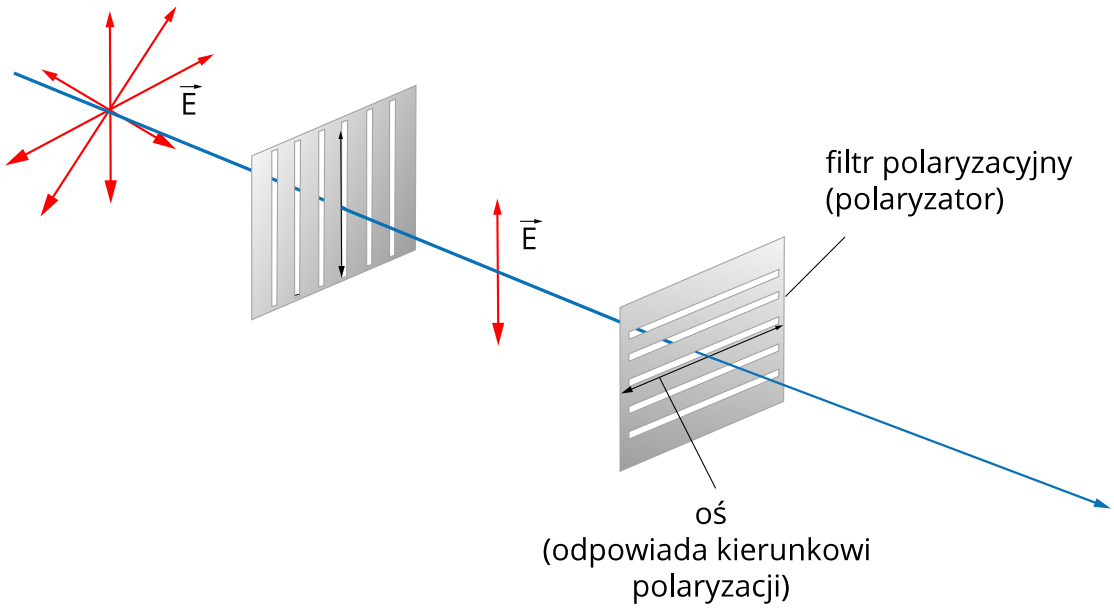
B

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.



1

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.



2

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Odp. A _____, B _____

Ćwiczenie 4

Dwa identyczne polaryzatory ustawiono jeden za drugim, przy czym drugi polaryzator był obrócony względem pierwszego o 60°. Jaką część natężenia światła padającego I_0 będzie stanowiło natężenie światła po przejściu przez te polaryzatory?

- 100% I_0
- 75% I_0
- 50% I_0
- 25% I_0
- 12,5% I_0
- 0% I_0

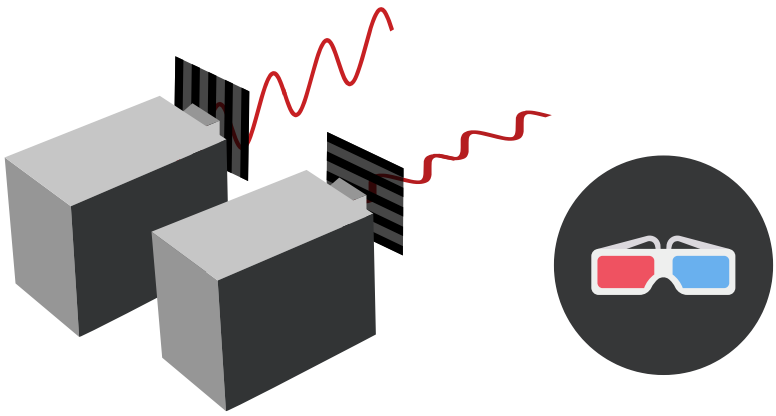
Ćwiczenie 5

Zapoznaj się z fragmentem tekstu dotyczącym zastosowania filtrów polaryzacyjnych w fotografii, a następnie określ prawdziwość poniższych zdań.

Filtr polaryzacyjny jest jedną z najbardziej popularnych modyfikacji optycznych, stosowanych przez fotografów produktowych oraz krajobrazowych. Pierwsi używają go w celu, w jakim został stworzony, czyli do niwelowania odbić powstających na powierzchniach szklistych, odbijających światło (niemetalicznych); drudzy patrzą na "podkręcone" niebo, wyraźniejsze chmury oraz malownicze kontrasty.
Techniczne działanie filtra polaryzacyjnego polega na częściowym pochłanianiu światła rozproszonego w atmosferze (ang. haze). W fotografii krajobrazowej jego działanie można porównać do efektu, uzyskiwanego przez filtr czerwony przy zdjęciach czarno-białych. Działanie filtra jest najmocniejsze wtedy, gdy promienie słońca padają pod kątem 90 stopni do fotografowanej sceny. Filtr polaryzacyjny wzmacnia również nasycenie barw obiektów nieprzeźroczystych, czyli takich, przez które nie przechodzi światło, jak tkaniny i rośliny. [źr. https://fotoblogia.pl/9227,co-to-jest-i-do-czego-sluzy-filtr-polaryzacyjny]

Zdanie	Prawda	Fałsz
Filtry stosowane są w fotografii między innymi po to, by niwelować odbicia.	○	○
Filtr polaryzacyjny najmocniej działa, jeśli promienie słońca padają równolegle do fotografowanej sceny.	○	○
Filtr polaryzacyjny wzmacnia nasycenie barw obiektów nieprzeźroczystych.	○	○

Ćwiczenie 6



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Na podstawie grafiki i znajdujących się pod nią informacji, a także ogólnej wiedzy na temat polaryzacji, określ prawdziwość poniższych zdań.

Zdanie	Prawda	Fałsz
W kinie IMAX wykorzystywane jest zjawisko polaryzacji liniowej.	○	○
Do prawego i lewego oka docierają inne obrazy, a mózg łączy je w jeden i na podstawie różnic perspektywy określa wielkość i odległość obiektu dając efekt 3D.	○	○
Po przejściu przez polaryzatory znajdujące się w okularach natężenie światła się zwiększa.	○	○

Ćwiczenie 7

Wiązka spolaryzowanego liniowo światła przechodzi przez polaryzator w taki sposób, że kąt między płaszczyznami polaryzacji wiązki i polaryzatora wynosi θ. Natężenie światła po przejściu przez polaryzator wynosi I. Jaki kąt między tymi płaszczyznami zmniejszy natężenie wyjściowej wiązki o połowę?

Ćwiczenie 8

Jakie będzie natężenie światła po przejściu przez drugi polaryzator, jeśli jego płaszczyzna polaryzacji jest ustawiona pod kątem 45° do płaszczyzny polaryzacji pierwszego. Wynik zapisz w procentach w zaokrągleniu do liczb całkowitych.

Odp.: _____ %

Ćwiczenie 9

Jaki powinien być kąt pomiędzy kierunkami płaszczyzny polaryzacji dwóch polaryzatorów, by po przejściu przez nie natężenie zmniejszyło się o 80%? Szukaną wartość odczytaj z zamieszczonego poniżej fragmentu tablic trygonometrycznych i zapisz w stopniach w zaokrągleniu do liczb całkowitych.

stopnie	sin α	cos α	tg α	ctg α
40°	0,6428	0,766	0,8391	1,1918
41°	0,6561	0,7547	0,8693	1,1504
42°	0,6691	0,7431	0,9004	1,1106
43°	0,682	0,7314	0,9325	1,0724
44°	0,6947	0,7193	0,9657	1,0355
45°	0,7071	0,7071	1	1
46°	0,7193	0,6947	1,0355	0,9657
47°	0,7314	0,682	1,0724	0,9325
48°	0,7431	0,6691	1,1106	0,9004
49°	0,7547	0,6561	1,1504	0,8693
50°	0,766	0,6428	1,1918	0,8391
51°	0,7771	0,6293	1,2349	0,8098
52°	0,788	0,6157	1,2799	0,7813
53°	0,7986	0,6018	1,327	0,7536
54°	0,809	0,5878	1,3764	0,7265
55°	0,8192	0,5736	1,4281	0,7002
56°	0,829	0,5592	1,4826	0,6745
57°	0,8387	0,5446	1,5399	0,6494
58°	0,848	0,5299	1,6003	0,6249
59°	0,8572	0,515	1,6643	0,6009
60°	0,866	0,5	1,7321	0,5774

Odp.: $\square^{\circ}$

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Ewelina Kędzierska
Przedmiot:	fizyka
Temat zajęć:	**Badanie zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle**
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony

Podstawa programowa:	**Cele kształcenia – wymagania ogólne** II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. **Zakres podstawowy** **Treści nauczania – wymagania szczegółowe** I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość; 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. IX. Fale i optyka. Uczeń: 9) doświadczalnie: a) obserwuje wygaszanie światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione prostopadle. **Zakres rozszerzony** **Treści nauczania – wymagania szczegółowe** I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. X. Fale i optyka. Uczeń: 20) doświadczalnie: a) obserwuje zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równolegle i prostopadle.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	**Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:** • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. wskaże różnice między światłem niespolaryzowanym i spolaryzowanym; 2. wyjaśni, co dzieje się ze światłem po przejściu przez polaryzator; 3. opisze, jak zmienia się natężenie światła po przejściu przez układ dwóch polaryzatorów.
Strategie nauczania:	IBSE
Metody nauczania:	merytoryczna dyskusja wprowadzająca, obserwacja, rozmowa kierowana, eksperyment
Formy zajęć:	praca indywidualna, dyskusja grupowa
Środki dydaktyczne:	tablica multimedialna / rzutnik
Materiały pomocnicze:	polaryzatory, okulary polaryzacyjne z kina 3D
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel rozpoczyna lekcję poprzez zaciekawienie uczniów tematem. Można tutaj porozmawiać na temat kina IMAX lub filtrów polaryzacyjnych stosowanych w okularach przeznaczonych na przykład dla zawodowych kierowców czy wędkarzy. Jeśli ktoś w klasie jest fanem fotografii, można poruszyć temat fotografii. Następnie, zadaniem nauczyciela jest rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązanie do tej wiedzy w merytorycznej dyskusji wprowadzającej.	
Faza realizacyjna:	

- Konstruowanie wiedzy z zakresu nowego tematu:

– nauczyciel rozdaje uczniom po dwa polaryzatory i prosi, by spojrzeli przez jeden z nich na wybrany przedmiot znajdujący się w klasie (jeśli nie ma wystarczającej ilości polaryzatorów, uczniowie przekazują je sobie, aby każdy dokonał obserwacji),
– nauczyciel pyta uczniów, co zaobserwowali,
– uczniowie odpowiadają na pytanie nauczyciela,
– następnie nauczyciel prosi uczniów, by spojrzeli na przedmiot przez dwa polaryzatory ustawione równolegle, a następnie ustawili je do siebie prostopadle i spojrzeli ponownie,
– nauczyciel prosi uczniów o sformułowanie wniosków z obserwacji,
– uczniowie opisują to, co zaobserwowali,
– nauczyciel omawia doświadczenie,
– uczniowie wyciągają wnioski z eksperymentu,
– nauczyciel podsumowuje wypowiedzi uczniów, a następnie zapisuje na tablicy prawo Malusa,
– uczniowie zadają także pytania dotyczące kwestii niezrozumiałych,
– nauczyciel odpowiada na pytania uczniów.

- Kolejny etap lekcji obejmuje rekonstruowanie wiedzy uczniów:

– uczniowie wykonują zadania wskazane przez nauczyciela (mogą to być zadania dołączone do niniejszego materiału),
– nauczyciel sprawdza poprawność uczniowskich rozwiązań.

Faza podsumowująca:

Nauczyciel przeprowadza z uczniami rozmowę, podczas której omawiają rozwiązywane w trakcie lekcji zadania. Dodatkowo powinien sprowokować uczniów do wskazania problemów napotkanych w czasie samodzielnej pracy.

Praca domowa:

Zadaniem uczniów jest zapoznanie się z dołączonym do niniejszego materiału wirtualnym laboratorium oraz wyselekcjonowanie kluczowych informacji i sporządzenie notatki z zajęć.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium	Wirtualne laboratorium może być wykorzystane do samodzielnej pracy ucznia na lekcji.