

Bieg promieni w soczewce skupiającej i rozpraszającej. Konstrukcja obrazów powstających przy użyciu soczewek

Wstęp do tematu: Konstrukcja obrazów powstających w soczewkach. Zasób zawiera: ogólny wstęp do tematu, fotografię soczewki dwuwypukłej, odwołanie do wcześniejszej wiedzy ucznia oraz cele lekcji sformułowane w języku ucznia.

Zasób zawiera: informacje na temat osi optycznej w soczewkach różnego typu; ilustrację dotyczącą parametrów układu optycznego soczewki; ilustrację przedstawiającą środek soczewki dwuwypukłej; ilustrację i zdjęcie soczewki skupiającej; określenie ogniska i ogniskowej soczewki; polecenie dla ucznia.

Zasób zawiera: opis doświadczenia, którego celem jest obserwacja obrazów powstających przy użyciu soczewki; ilustrację promieni konstrukcyjnych; tabelaryczne zestawienie pt. Cechy obrazu powstałego w soczewce skupiającej.

Zasób zawiera: ilustrację promieni konstrukcyjnych w soczewkach rozpraszających; cechy obrazów; dwa polecenia dla ucznia.

Zasób zawiera: osiem sformułowań podsumowujących i pracę domową (dwa polecenia).

Zasób zawiera objaśnienia pojęć: ognisko pozorne soczewki, ognisko soczewki, ogniskowa soczewki, oś optyczna soczewki.

Zasób zawiera dwa zadania interaktywne (zdania do uzupełnienia i wybór prawda/fałsz).

Bieg promieni w soczewce skupiającej i rozpraszającej. Konstrukcja obrazów powstających przy użyciu soczewek

Z pewnością zastanawiałeś się, dlaczego gdy patrzysz przez lupę z bliskiej odległości, to tekst jest powiększony, natomiast gdy obserwujesz przez nią odległy obiekt, to obraz ulega obróceniu. Podstawą działania soczewek jest zjawisko załamania światła. W tym materiale dowiesz się, co to są soczewki i jak konstruować powstające w nich obrazy oraz określać ich cechy.



Tradycyjna soczewka dwuwypukła (taka jak stosowana w szklach powiększających), zbliżona do oglądanego obiektu, powiększa go, a z daleka tworzy obraz odwrócony.

Źródło: Steven Smith, dostępny w internecie: flickr.com, licencja: CC BY 2.0.

Przed przystąpieniem do zapoznania się z tematem, należy znać poniższe zagadnienia

- zjawisko załamania światła;
- które promienie bierze się pod uwagę przy konstrukcji obrazów w zwierciadłach wklęsłych;
- cechy obrazu uzyskiwanego w zwierciadłach.

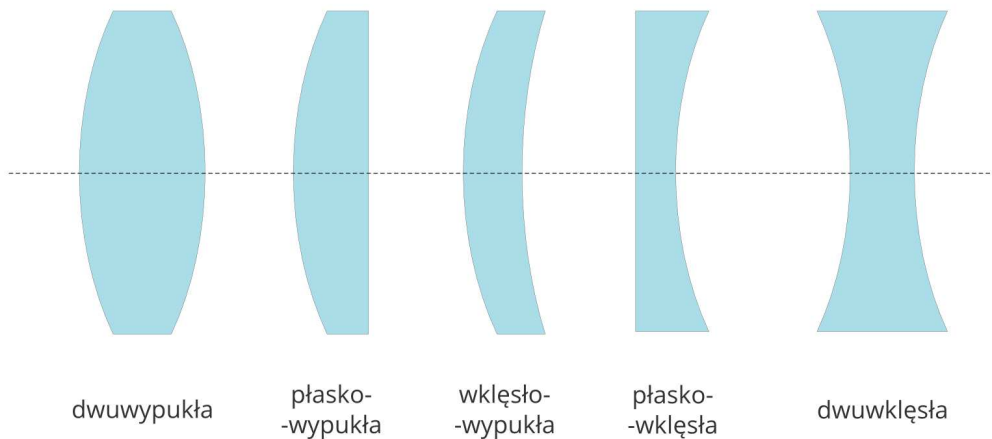
Nauczysz się

- co to jest soczewka;
- klasyfikować soczewki ze względu na ich kształt i właściwości optyczne;
- podać przykłady przyrządów i układów optycznych wykorzystujących soczewki;
- konstruować obrazy powstające za pomocą soczewek wklęsłych i wypukłych;
- wymieniać cechy obrazów powstających w soczewkach.

Załamanie światła w soczewkach

Soczewka jest specjalnie oszlifowaną bryłą z przezroczystego materiału, która została ograniczona powierzchniami kulistymi, parabolicznymi lub walcowymi.

Typy soczewek sferycznych

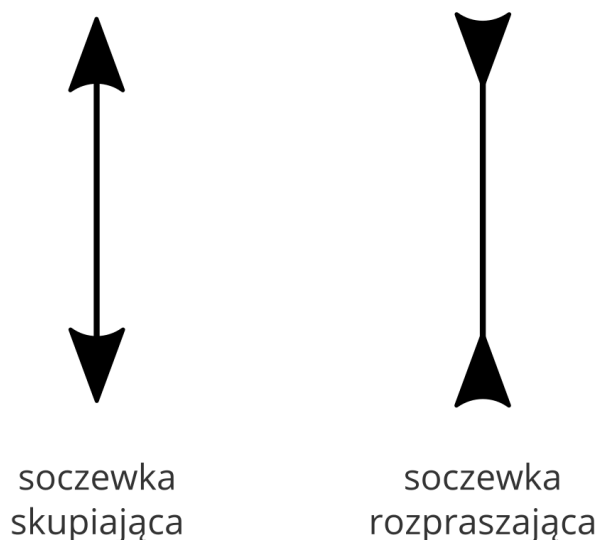


Klasyfikacja soczewek ze względu na kształt ograniczających je powierzchni

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Soczewki najczęściej wykonane są ze szkła, tworzywa sztucznych, niektórych minerałów (kwarc, szafir), a także z parafiny.

Zadaniem soczewki jako prostego urządzenia optycznego jest załamywanie przechodzącego przez nią światła. Soczewki mogą zarówno skupiać, jak i rozpraszać światło. Odpowiednio nazywamy je [soczewkami skupiającymi](#) oraz [rozpraszającymi](#).



Symbole soczewek skupiającej i rozpraszającej

Przykładem soczewki skupiającej jest soczewka dwuwypukła, rozpraszającej – dwuwklęsła. W przypadku soczewek przeznaczonych do stosowania w otoczeniu gazowym (czyli w powietrzu, a nie np. pod wodą) soczewki skupiające są cieńsze przy krawędziach i grubsze na środku, a soczewki rozpraszające odwrotnie – cieńsze w środku niż na brzegach.

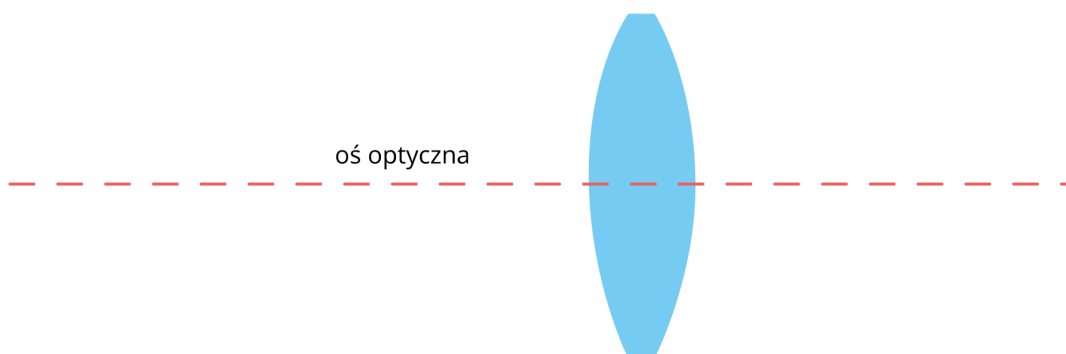
Ćwiczenie 1

Zastanów się, czy gdyby soczewka wykonana z materiału, w którym światło miałoby taką samą prędkość jak w wodzie, została zanurzona w wodzie, załamywałaby promienie świetlne? Odpowiedź uzasadnij.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

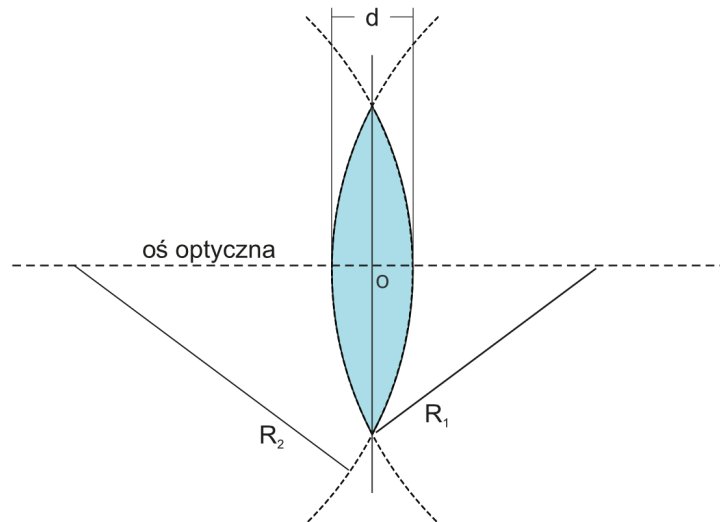
Parametry układu optycznego soczewki

Podstawowym zadaniem soczewek w układach optycznych jest symetryczne względem ich **osi optycznej** skupianie bądź też rozpraszanie padających na nie promieni światła. W przypadku soczewki dwuwypukłej lub dwuwklęsłej oś optyczna to linia łącząca środki sfer ograniczających soczewkę. Oś ta stanowi jednocześnie oś symetrii soczewki.



Oś optyczna soczewki dwuwypukłej

Na osi optycznej leży środek soczewki – można go wyznaczyć graficznie, jak przedstawiono na poniższym rysunku. R_1 oraz R_2 to promienie krzywizny soczewki, a d to jej grubość. Punkt O jest środkiem soczewki.



Sposób wyznaczenia środka soczewki dwuwypukłej

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

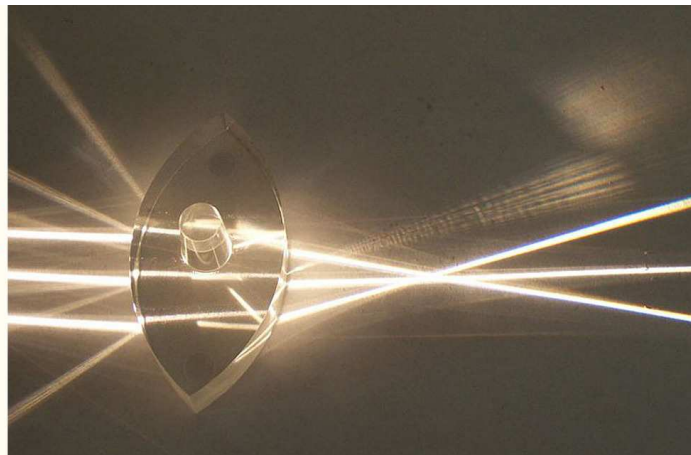
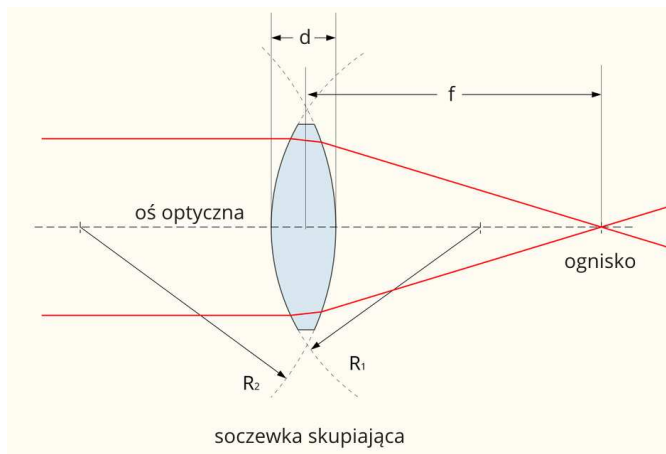
Światło podczas przejścia przez soczewkę ulega dwukrotnie załamaniu – raz, gdy wchodzi do soczewki, drugi raz, gdy ją opuszcza.

Ćwiczenie 2

Wyjaśnij, dlaczego światło podczas wchodzenia lub wychodzenia z soczewki ulega załamaniu?

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Gdy promienie świetlne biegnące równolegle do osi optycznej przejdą przez soczewkę skupiającą, przecinają się w jednym punkcie leżącym na osi optycznej. Punkt ten nazywamy **ogniskiem soczewki** i oznaczamy literą F . Odległość tego punktu od środka S soczewki nazywamy **ogniskową** f .



Soczewka skupiająca

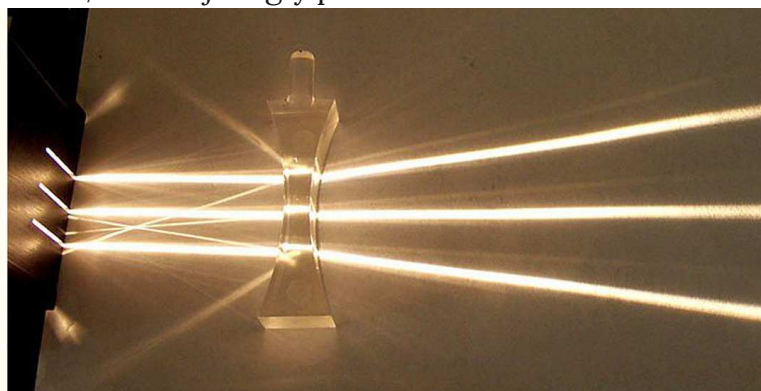
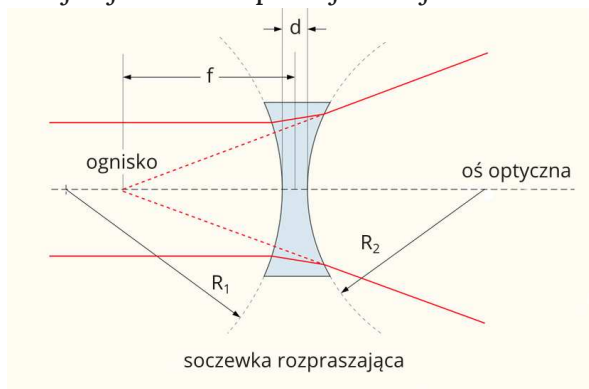
Źródło: PanzerMaus (<https://commons.wikimedia.org>), Leridant (<https://commons.wikimedia.org>), Krzysztof Jaworski.

Zapamiętaj!

Ogniskiem F soczewki skupiającej nazywamy punkt, w którym przecinają się wszystkie promienie wiązki światła po przejściu przez soczewkę, które przed wejściem do niej biegły równoległe do jej osi optycznej.

Ogniskową f soczewki nazywamy odległość ogniska F od środka soczewki O .

W przypadku soczewek rozpraszających, wiązka padającego światła jest rozbieżna – promienie po przejściu przez soczewkę rozpraszają się w taki sposób, że ich przedłużenia przecinają się w jednym punkcie. Jest to tzw. **ognisko pozorne** soczewki rozpraszającej. Znajduje się ono po tej samej stronie soczewki, z której biegły promienie.



Ognisko pozorne w soczewce rozpraszającej

Źródło: PanzerMaus (<https://commons.wikimedia.org>), Leridant (<https://commons.wikimedia.org>), Aleksandra Ryczkowska.

Jak powstaje obraz przy użyciu soczewek skupiających?

Aby przekonać się o tym, jakie obrazy otrzymujemy przy użyciu soczewek skupiających, przeprowadźmy doświadczenie.

Doświadczenie 1

Obserwacja obrazów powstających przy użyciu soczewki.

Co będzie potrzebne

- latarka;
- kawałek czarnego kartonika większy niż szkło latarki;
- nożyczki;
- taśma klejąca;
- duża lupa;
- biały kartonik (ekran).

Instrukcja

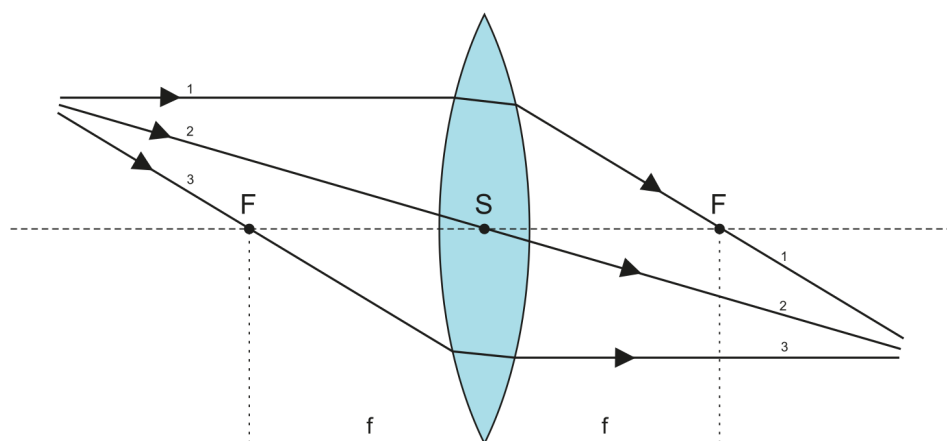
1. W czarnym kartoniku wytnij strzałkę.
2. Za pomocą taśmy klejącej przyklej czarny kartonik do szkła latarki.
3. Ustaw lupę, latarkę i ekran na osi optycznej lupy.
4. Zmieniaj położenie latarki i ekranu tak, aby uzyskać ostre obrazy.

Podsumowanie

Zmieniając wzajemne położenie ekranu i latarki względem lupy, uzyskiwałeś różne obrazy – raz powiększone, raz pomniejszone, odwrócone i proste. Jak zauważyłeś, soczewka skupiająca

wcale nie musi powiększać obserwowanego przedmiotu. Dlaczego tak się dzieje?

Podobnie jak w przypadku zwierciadeł, w odpowiedzi na pytanie postawione w podsumowaniu doświadczenia pomocne okażą się konstrukcje geometryczne obrazów wykorzystujące charakterystyczne dla soczewek promienie.



Promienie wykorzystywane do konstrukcji obrazu w soczewkach skupiających.

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

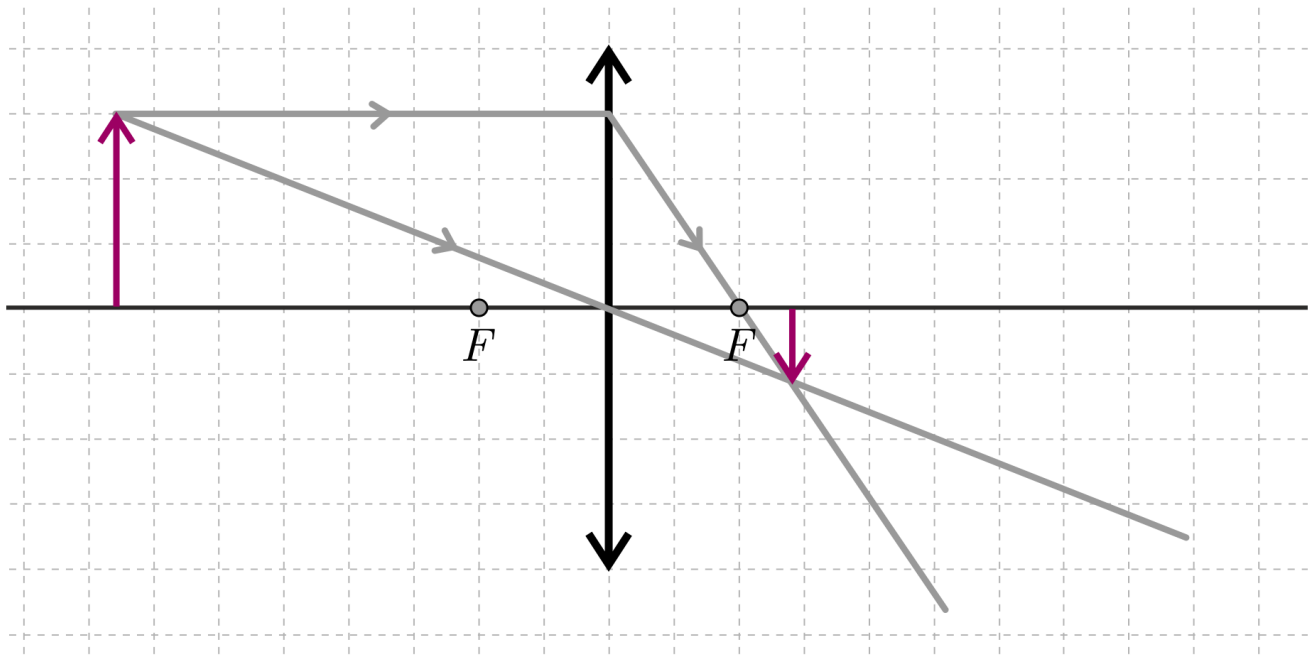
Zapamiętaj!

W przypadku, gdy musimy skonstruować obraz powstający przy użyciu soczewek skupiających, zwykle wybieramy dwa z trzech wymienionych poniżej promieni:

1. promień równoległy do osi optycznej – po przejściu przez soczewkę przechodzi przez ognisko;
2. promień przechodzący przez ognisko – po przejściu przez soczewkę wychodzi równoległy do osi optycznej;
3. promień przechodzący przez środek soczewki – po przejściu przez soczewkę jego kierunek nie ulega zmianie.

To ostatnie zdanie jest prawdziwe w odniesieniu do soczewek cienkich, a takich będziemy używać w naszych doświadczeniach. Pomijamy wtedy grubość soczewki i rysujemy ją w postaci odcinka zakończonego strzałkami.

Obraz punktu powstaje na przecięciu się co najmniej dwóch promieni lub ich przedłużeń. Skonstruuj obraz dla odległości obiektu od soczewki większej niż dwie ogniskowe ($x > 2f$):



Konstrukcja obrazu dla $x > 2f$

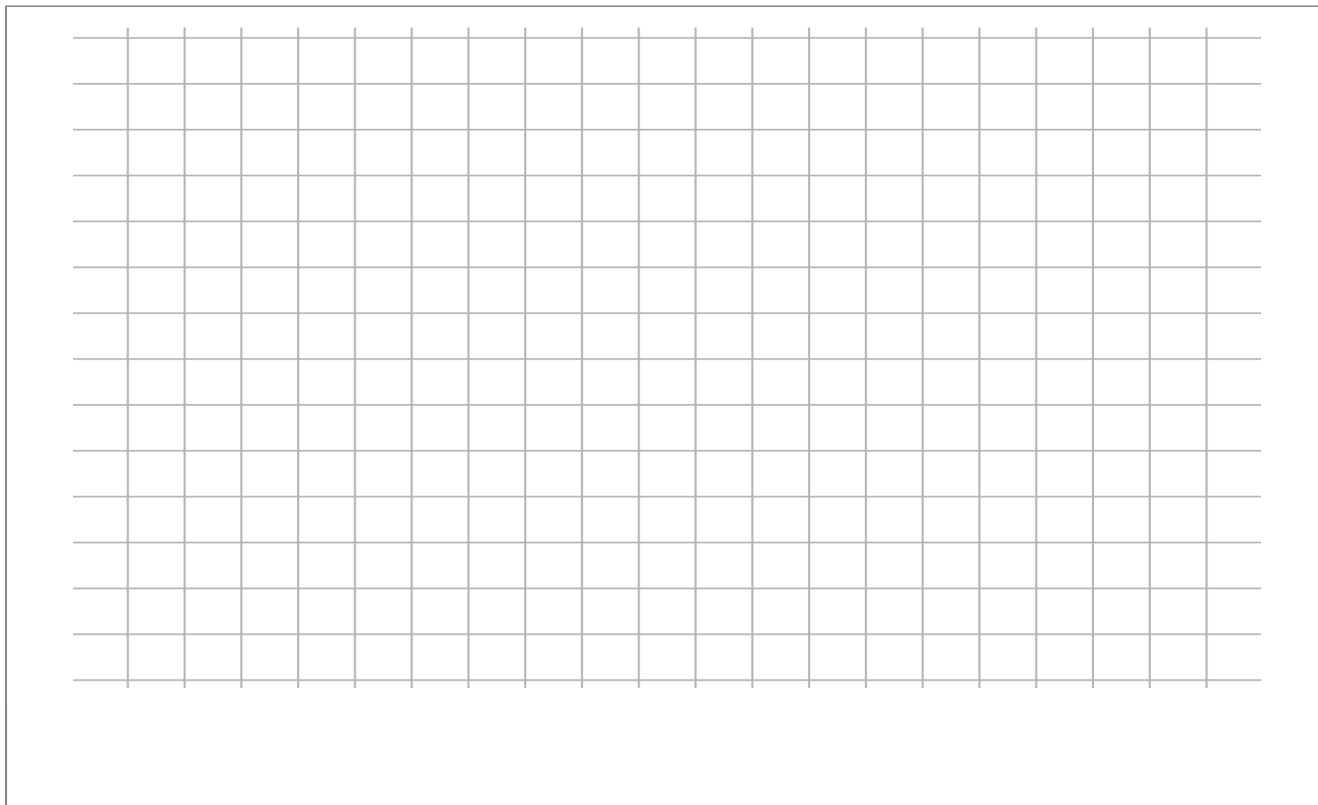
Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Zauważ, że obraz ten jest:

- rzeczywisty,
- odwrócony,
- pomniejszony.

Ćwiczenie 3

Wykonaj konstrukcje obrazu w soczewce skupiającej dla odległości przedmiotu: $x = 2f$, $2f > x > f$, $x = f$, $0 < x < f$. Zapisz cechy obrazów powstających za każdym razem.



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Zestawienie położenia obrazu w zależności od położenia przedmiotu oraz cech powstających obrazów znajduje się w poniższej tabelce.

Cechy obrazu powstałego w soczewce skupiającej

Położenie przedmiotu x	Położenie obrazu y	Cechy obrazu
$x > 2f$	$f < y < 2f$	odwrócony, rzeczywisty, pomniejszony
$x = 2f$	$y = 2f$	odwrócony, rzeczywisty, takiej samej wielkości
$2f > x > f$	$y > 2f$	odwrócony, rzeczywisty, powiększony
$x = f$	promienie po przejściu przez soczewkę są w stosunku do siebie równoległe	brak obrazu

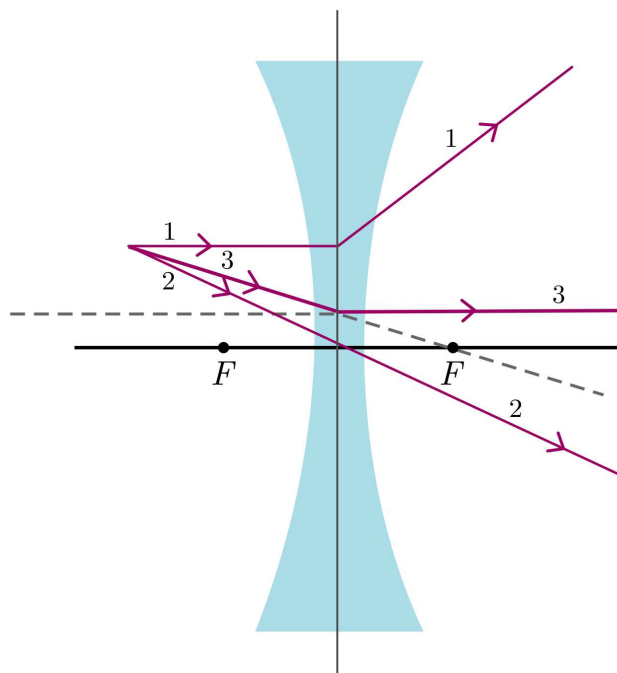
Położenie przedmiotu x	Położenie obrazu y	Cechy obrazu
$x < f$	obraz powstaje po tej samej stronie, po której znajduje się przedmiot	prosty, pozorny, powiększony

Zapamiętaj!

Obraz rzeczywisty punktu powstaje w miejscu przecięcia się promieni załamanych w soczewce. Często jednak dzieje się tak, że promienie załamane są rozbieżne. Wtedy zawsze przecinają się ich przedłużenia i powstaje wówczas obraz pozorny. W przypadku, gdy promienie załamane są w stosunku do siebie równoległe, obraz w ogóle nie powstanie.

Jak powstaje obraz przy użyciu soczewki rozpraszającej? Ognisko pozorne

W przypadku soczewki rozpraszającej konstrukcja obrazu wygląda nieco inaczej. Wiązka promieni równoległe padających na soczewkę po jej opuszczeniu jest rozbieżna. Jak już wspominaliśmy, przecięciu ulegają wówczas jedynie przedłużenia promieni załamanych w tzw. **ognisku pozornym**.



Promienie wykorzystywane do konstrukcji obrazu w soczewkach rozpraszających.

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Zapamiętaj!

W celu przeprowadzenia konstrukcji obrazu w soczewce rozpraszającej (tak samo jak w skupiającej) wystarczy dwa promienie:

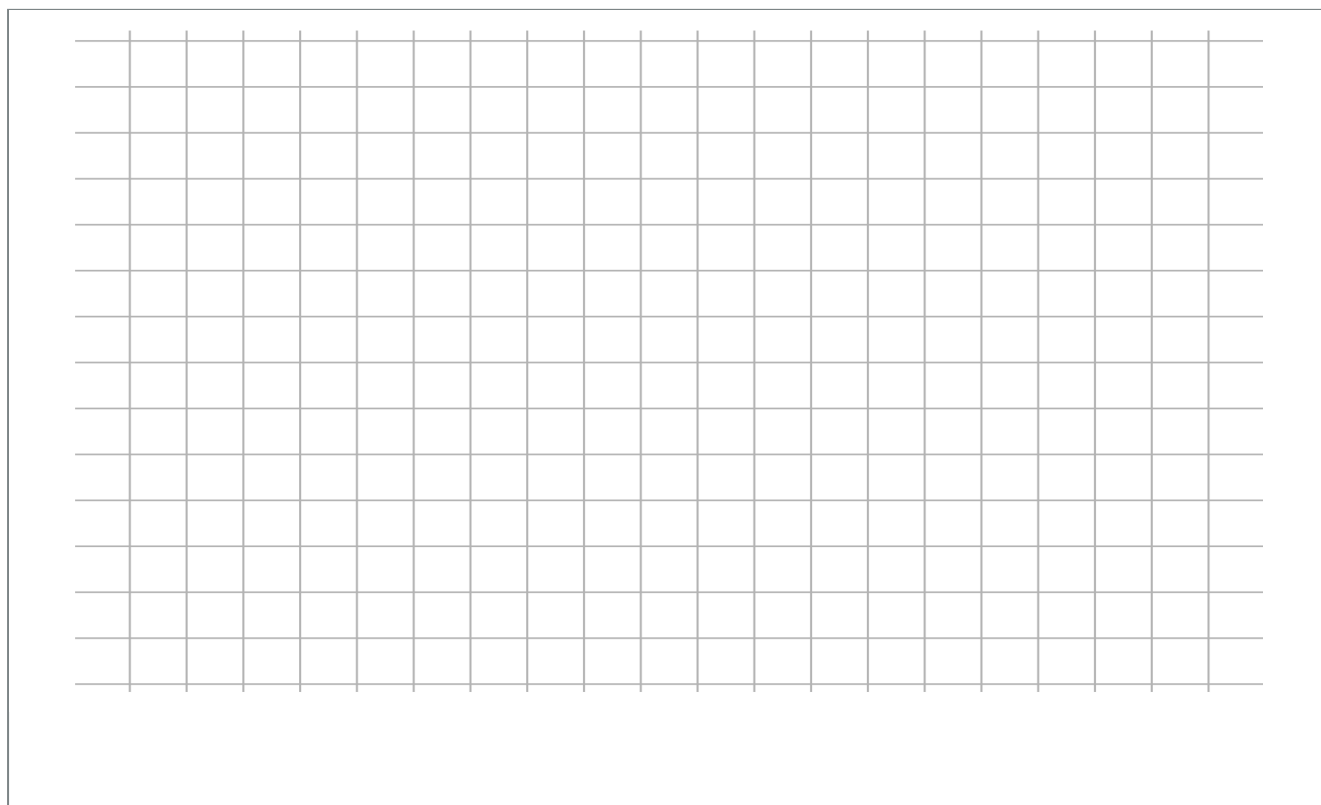
1. promień padający równolegle do osi optycznej – po przejściu przez soczewkę biegnie tak, że jego przedłużenie przechodzi przez ognisko pozorne;
2. promień przechodzący przez środek soczewki – po przejściu przez soczewkę nie zmienia kierunku biegu;
3. promień, którego przedłużenie przechodzi przez ognisko po przeciwnej stronie soczewki – po przejściu przez soczewkę biegnie równolegle do głównej osi optycznej.

Zapamiętaj!

W soczewkach rozpraszających powstający obraz jest zawsze prosty, pomniejszony i pozorny.

Ćwiczenie 4

Wykonaj konstrukcje obrazu w soczewce rozpraszającej dla odległości przedmiotu $x < f$.
Podaj cechy powstałego obrazu.



Ćwiczenie 5

Uzupełnij luki w zdaniach wybierając prawidłowe odpowiedzi spośród podanych.

Aby w soczewce skupiającej uzyskać obraz rzeczywisty i odwrócony, to przedmiot musi znajdować się .

Aby w soczewce skupiającej uzyskać obraz pozorny, to przedmiot musi znajdować się .

w odległości większej niż środek krzywizny soczewki

w dowolnej odległości od soczewki

w odległości większej niż ognisko soczewki

pomiędzy środkiem soczewki a ogniskiem

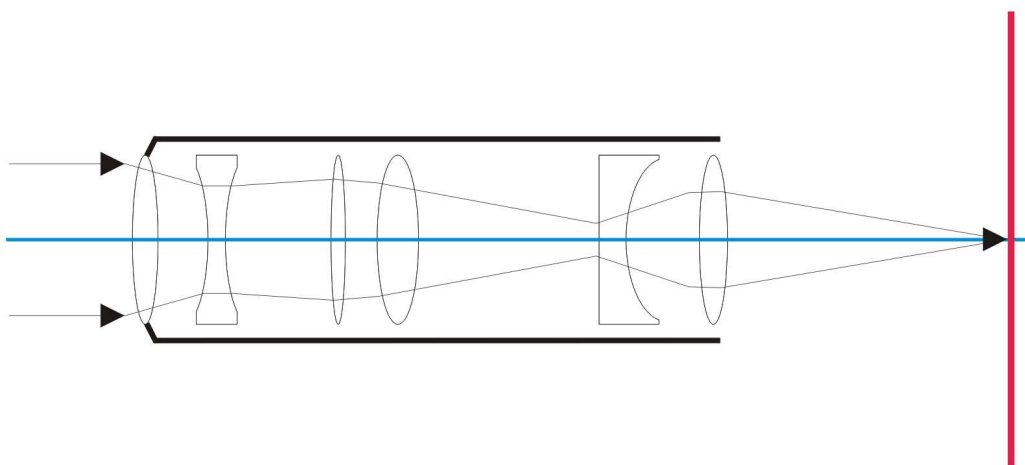
pomiędzy ogniskiem a środkiem krzywizny soczewki

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Zastosowanie soczewek

Soczewki ze względu na swoje własności znalazły szerokie zastosowanie jako elementy złożonych układów optycznych. Jednym z układów optycznych w których wykorzystana jest soczewka jest ludzkie oko.

Wzorując się na budowie oka, skonstruowano aparat fotograficzny, którego **obiektyw** jest złożony z kilku, a nawet kilkunastu soczewek.



Obiektyw aparatu fotograficznego może liczyć nawet kilkanaście soczewek. Promienie wpadające do obiektywu po przejściu przez zespół soczewek skupiają się na matrycy (czerwony odcinek na rysunku). W ten sposób powstają zdjęcia.

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Lupa jest prostym przyrządem optycznym, który pozwala na uzyskanie co najmniej trzykrotnie powiększonych obrazów przedmiotów. Lupa jest zwykłą soczewką skupiającą. Wykorzystujemy ją np. w filatelistyce lub numizmatyce, drukarstwie, jubilerstwie czy też zegarmistrzostwie.

Mikroskop optyczny jest kolejnym przyrządem, w którym wykorzystujemy soczewki. Zadaniem mikroskopu jest obserwacja pod dużym powiększeniem blisko położonych przedmiotów o niewielkich rozmiarach.



Film dostępny pod adresem [/preview/resource/R1OVy67A7tdDN](#)

Mikroskop optyczny znalazł szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu i nauki, w tym w biologii

Źródło: YouTube, kanał „Biologia LO zakres podstawowy”, film Lekcja 3. Obserwacje mikroskopowe, licencja: CC-BY.

Film przedstawiający obserwacje mikroskopowe przy różnych powiększeniach.

W mikroskopie stosujemy układ dwóch soczewek – obiektyw i okular. Ich odpowiednie zestawienie pozwala uzyskiwać nawet 1500 – krotne powiększenia. Aby zrozumieć, jak wielkie jest to powiększenie, wyobraźmy sobie, że obserwujemy przedmiot o długości 1 cm . W mikroskopie jego obraz mógłby mieć rozmiar aż 15 m.

Teleskop soczewkowy (refraktor) jest rzadko już dziś stosowanym przyrządem astronomicznym, złożonym w całości z soczewek. Podobnie jak luneta, zbudowana po raz pierwszy przez Galileusza w 1609 r. składa się ona z tubusu, w którym znajduje się skupiająca soczewka obiektywu i rozpraszająca soczewka okularu.

Dzięki takiej lunecie Galileusz odkrył, że Księżyc posiada góry i kratery oraz obszary, które badacz zinterpretował jako morza. Przy jej pomocy odkrył także cztery księżyce Jowisza.

Obecnie do obserwacji astronomicznych używamy tzw. reflektorów, w których do zbierania światła wykorzystuje się zestawy zwierciadeł i wspomagających je soczewek.

Ćwiczenie 6

Wybierz spośród podanych poniżej te przyrządy, które do swojego działania wykorzystują soczewki. Wybierz wszystkie poprawne odpowiedzi.

☐ halogenowe reflektory samochodowe

☐ okulary korekcyjne

☐ mikroskop optyczny

☐ monitor komputerowy

☐ projektor

☐ teleskop

☐ luneta

☐ aparat fotograficzny

☐ kamera

☐ okulary przeciwsłoneczne

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Ogniskiem F soczewki skupiającej nazywamy punkt, w którym przecinają się promienie światła po przejściu przez soczewkę, które przed wejściem do niej były równoległe do osi optycznej.
- Ogniskową f soczewki nazywamy odległość ogniska F od środka soczewki S .

- W przypadku gdy musimy skonstruować obraz w soczewkach skupiających, zwykle wybieramy dwa z trzech wymienionych poniżej promieni:
 - promień równoległy do osi optycznej – po przejściu przez soczewkę przechodzi przez ognisko;
 - promień przechodzący przez ognisko – po przejściu przez soczewkę wychodzi równoległy do osi optycznej;
 - promień przechodzący przez środek soczewki – po przejściu przez soczewkę nie ulega odchyleniu (charakterystyczne dla cienkich soczewek).
- Cechy obrazu powstałego w soczewkach skupiających zależą od odległości przedmiotu od soczewki.
- Obrazy rzeczywiste powstają w miejscu przecięcia się promieni załamanych. Często jednak dzieje się tak, że promienie załamane są rozbieżne. Wtedy jednak przecinają się ich przedłużenia, powstaje wówczas obraz pozorny. W przypadku gdy promienie po wyjściu z soczewki są w stosunku do siebie równoległe, obraz w ogóle nie powstanie.
- W przypadku soczewki rozpraszającej konstrukcja obrazu wygląda inaczej w porównaniu z soczewkami skupiającymi. Wiązka promieni biegnących równoległe do osi optycznej po przejściu przez soczewkę jest zawsze rozbieżna. Przecięciu ulegają wówczas przedłużenia promieni załamanych w punkcie leżącym na osi optycznej, nazywanym ogniskiem pozornym.
- Aby dokonać konstrukcji obrazu w soczewce rozpraszającej wystarczą dwa promienie:
 - promień padający równoległe do osi optycznej – po przejściu przez soczewkę jego przedłużenie przechodzi przez ognisko pozorne;
 - promień przechodzący przez środek soczewki – po przejściu przez soczewkę promień nie ulega odchyleniu.
- W soczewkach rozpraszających obraz, który powstaje, jest zawsze prosty, pomniejszony i pozorny.

Słownik

ognisko pozorne soczewki

punkt przecięcia się przedłużeń promieni załamanych po przejściu przez soczewkę rozpraszającą.

ognisko soczewki

punkt, w którym po przejściu przez soczewkę przecinają się wszystkie promienie biegnące równoległe do osi optycznej tej soczewki.

ogniskowa soczewki

odległość ogniska F od środka soczewki O .

oś optyczna soczewki

linia przechodząca przez środki sfer ograniczających soczewkę.

lupa

prosty przyrząd optyczny składający się zwykle z jednej soczewki skupiającej, który pozwala obserwować kilkukrotnie powiększony pozorny obraz przedmiotu

mikroskop optyczny

przyrząd optyczny składający się z obiektywu i okularu, którego zadaniem jest obserwacja z dużym powiększeniem blisko położonych przedmiotów o niewielkich rozmiarach

soczewka rozpraszająca

soczewka rozpraszająca padające na nią światło

soczewka skupiająca

soczewka skupiająca padające na nią światło

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 7



Uzupełnij luki w zdaniach, wpisując odpowiednie słowa.

Prosta przechodząca przez środki sfer ograniczających soczewkę to .

Długość odcinka łączącego środek soczewki z ogniskiem to . Punkt leżący na osi optycznej, w którym przecinają się wszystkie promienie równoległe do osi optycznej, po przejściu przez soczewkę to .

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8



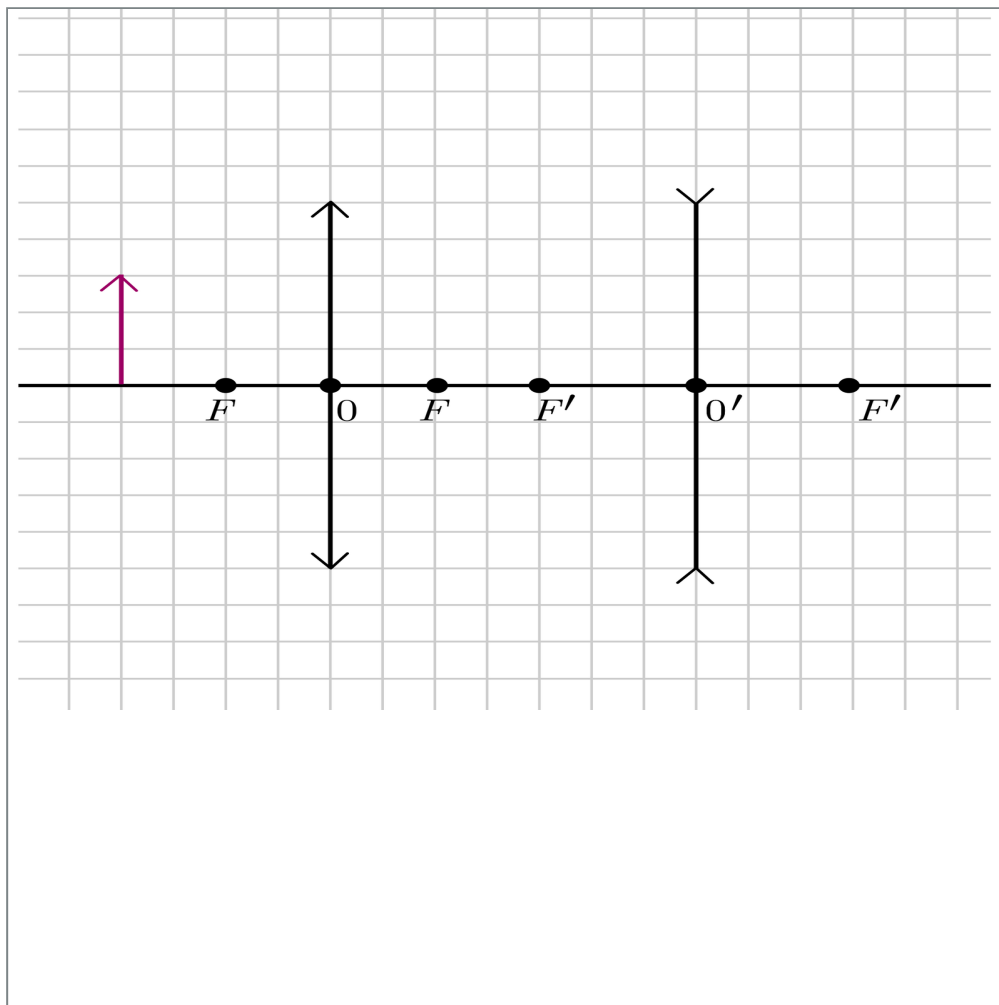
Oceń prawdziwość poniższych zdań. Przy każdym zdaniu w tabeli zaznacz „Prawda” albo „Fałsz”.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Gdy obserwowany przedmiot znajduje się w ognisku soczewki, wówczas powstaje obraz odwrócony o tych samych rozmiarach co przedmiot.	☐	☐
Gdy przedmiot znajduje się w odległości równej podwojonej ogniskowej soczewki skupiającej, wówczas powstaje obraz odwrócony o tych samych rozmiarach co przedmiot.	☐	☐
Gdy przedmiot znajduje się w odległości większej od podwojonej ogniskowej od środka soczewki, wówczas powstały obraz jest pomniejszony i prosty.	☐	☐

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 9

Skonstruuj obraz przedmiotu po przejściu przez układ soczewek przedstawiony poniżej. Podaj jego cechy.



Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.