

Ognisko i ogniskowa zwierciadła wklęsłego. Konstrukcja obrazów wytworzonych przez zwierciadła wklęsłe

Wstęp do tematu: Ognisko i ogniskowa zwierciadła wklęsłego. Konstrukcja obrazów wytworzonych przez zwierciadła wklęsłe. Zasób zawiera: ogólny wstęp do tematu, fotografię reflektorów samochodowych, odwołanie do wcześniejszej wiedzy ucznia oraz cele lekcji sformułowane w języku ucznia.

Zasób zawiera: określenie zwierciadła wklęsłego; fotografie dwóch zwierciadeł wklęsłych; animację dotyczącą sposobu tworzenia powierzchni zwierciadła wklęsłego o kształcie paraboloidy; animację dotyczącą zwierciadła kulistego wklęsłego.

Zasób zawiera: schemat zwierciadła kulistego wklęsłego wraz z zaznaczonymi parametrami; schemat ognisko zwierciadła kulistego wklęsłego; określenia pojęć: promień krzywizny zwierciadła, oś optyczna, ognisko zwierciadła, ogniskowa zwierciadła; ciekawostki dotyczące kuchni słonecznej i teleskopów; fotografię teleskopu i kuchni słonecznej.

Zasób zawiera: aplikację, która pokazuje jak powstaje obraz w zwierciadle wklęsłym, określenie promieni, które służą do konstrukcji; animację pt. Promienie konstrukcyjne; opis doświadczenia, którego celem jest analiza sposobu powstawania obrazów w zwierciadle kulistym wklęsłym, tabelaryczne zestawienie pt. Cechy obrazu w zwierciadłach kulistych wklęsłych; ciekawostkę dotyczącą zwierciadeł wypukłych wraz z fotografią odbicia w bombce choinkowej jako przykładu odbicia w zwierciadle kulistym wypukłym; polecenie dla ucznia.

Zasób zawiera: określenie powiększenia obrazu wraz ze wzorem; polecenie dla ucznia (zadanie tekstowe rachunkowe).

Zasób zawiera siedem sformułowań podsumowujących i pracę domową składającą się z czterech poleceń.

Zasób zawiera objaśnienia pojęć: bryła obrotowa, ognisko zwierciadła, ogniskowa zwierciadła, oś optyczna, powiększenie, promień krzywizny zwierciadła, zwierciadło wklęsłe.

Zasób zawiera zestaw trzech zadań interaktywnych różnego typu.

Ognisko i ogniskowa zwierciadła wklęsłego. Konstrukcja obrazów wytworzonych przez zwierciadła wklęsłe

Wiesz, jak wygląda twoje odbicie w lustrze. Jak jednak wyglądałoby ono, gdybyś stanął przed wielkim zwierciadłem, którego powierzchnia odbijająca jest wewnętrzną częścią sfery? Czy potrafiłbyś geometrycznie skonstruować powstały obraz?



Jak wygląda obraz w krzywym zwierciadle?

Źródło: BodHack (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 3.0.

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

- definicję zwierciadła płaskiego i przykłady jego zastosowania;
- treść prawa odbicia;
- zastosowanie prawa odbicia do geometrycznej konstrukcji obrazu w zwierciadle płaskim;
- definicję obrazu prostego i pozornego;
- opis zjawiska rozproszenia światła przy odbiciu od chropowatej powierzchni.

Nauczysz się

- określenia zwierciadła wklęsłego;
- definicji podstawowych parametrów układu optycznego zwierciadła wklęsłego, takich jak oś optyczna, promień, ognisko i ogniskowa;
- zastosowań zwierciadła wklęsłego;
- opisywać obrazy powstające w zwierciadle wklęsłym przy różnych odległościach przedmiotu od niego;

- konstruować obrazy przedmiotu przy jego różnych odległościach od zwierciadła.

Zwierciadła wklęsłe

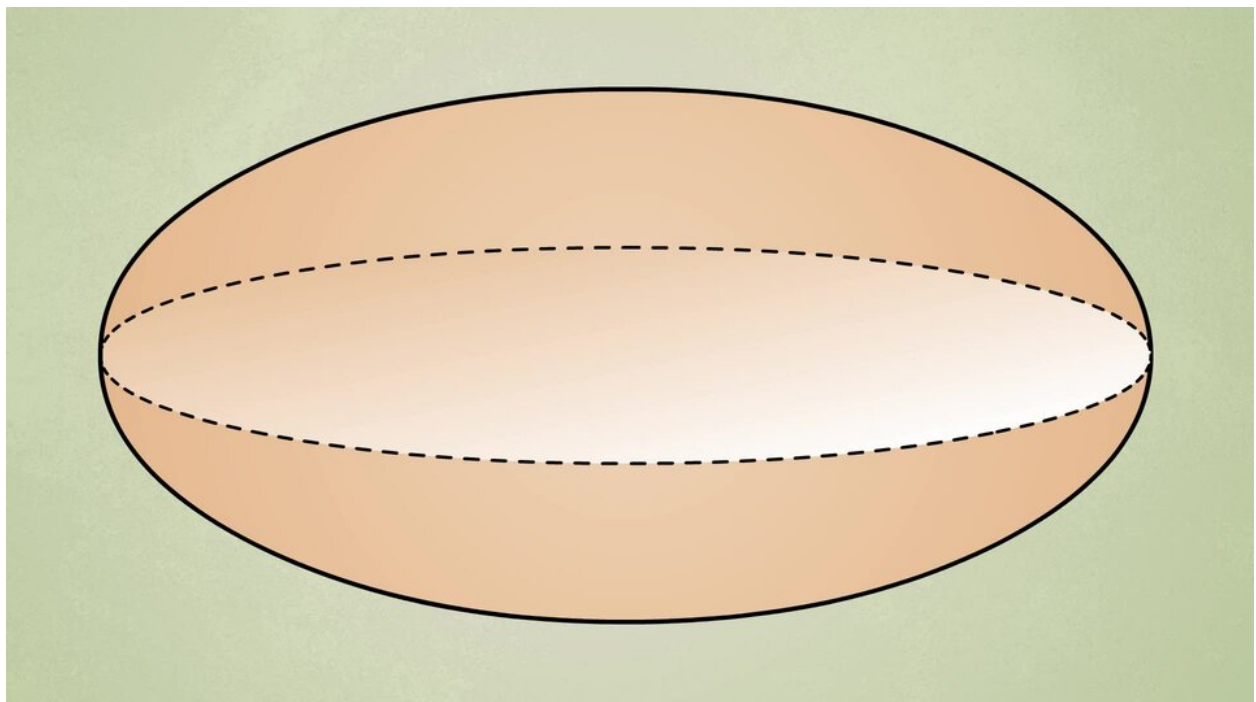
Gdy obserwujesz uważnie wewnętrzną powierzchnię metalowej łyżki, chochli bądź szklanego reflektora latarki, możesz zauważyć, że są one wklęsłe i dobrze odbijają padające promienie świetlne. Są one przykładem [zwierciadeł wklęsłych](#).



Zwierciadła wklęsłe w codziennym życiu

Źródło: SplitShire (<https://pixabay.com>), pcnetcomtp (<https://pixabay.com>), Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0, domena publiczna.

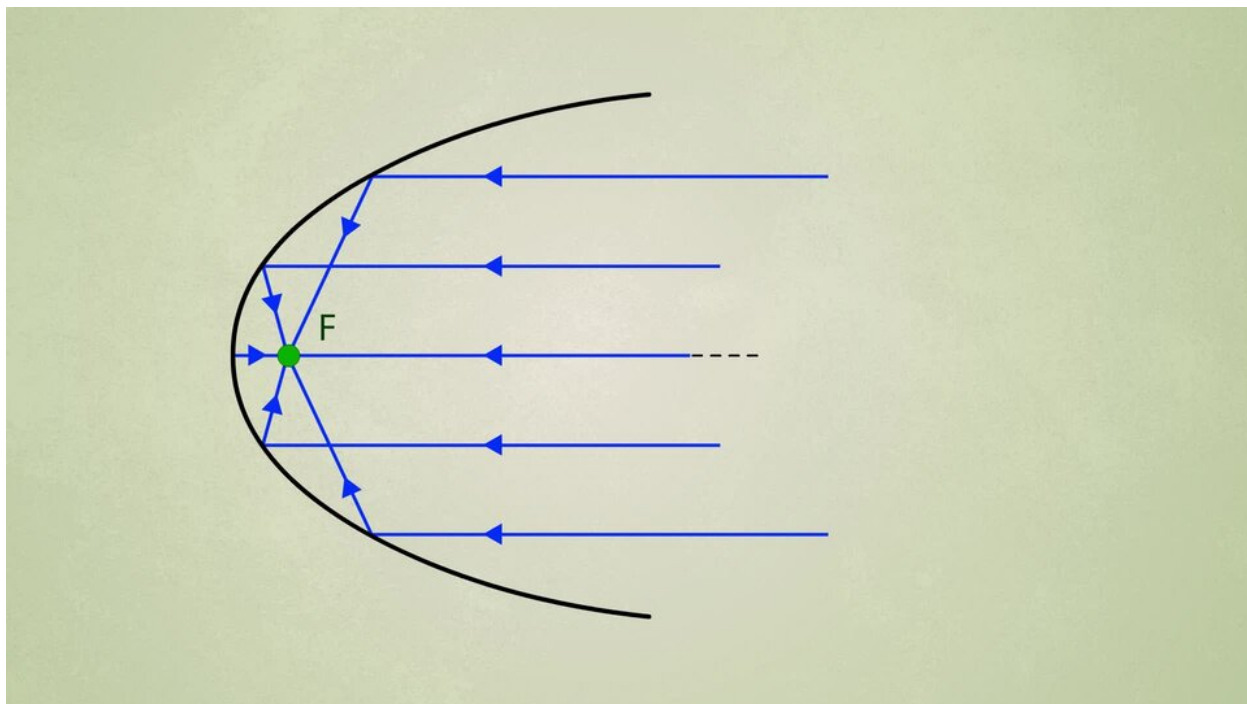
Powierzchnia zwierciadeł wklęsłych jest częścią wewnętrznej powierzchni sfery lub innej [bryły obrotowej](#). Zwierciadła latarek i reflektorów samochodowych mają zwykle kształt powierzchni parabolicznych.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RtsxTuVsJgYT>

Film. Sposób tworzenia powierzchni zwierciadła wklęsłego o kształcie paraboloidy.

Gdy zaczniesz obracać okrąg wokół jego średnicy, wówczas otrzymasz sferę (powierzchnię kuli). Gdy „odetniesz” jej fragment i sprawisz, by jej wewnętrzna część bardzo dobrze odbijała światło, wówczas uzyskasz wklęsłe zwierciadło kuliste (sferyczne).



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R6l3KuZYV7HwV>

Zwierciadło kuliste

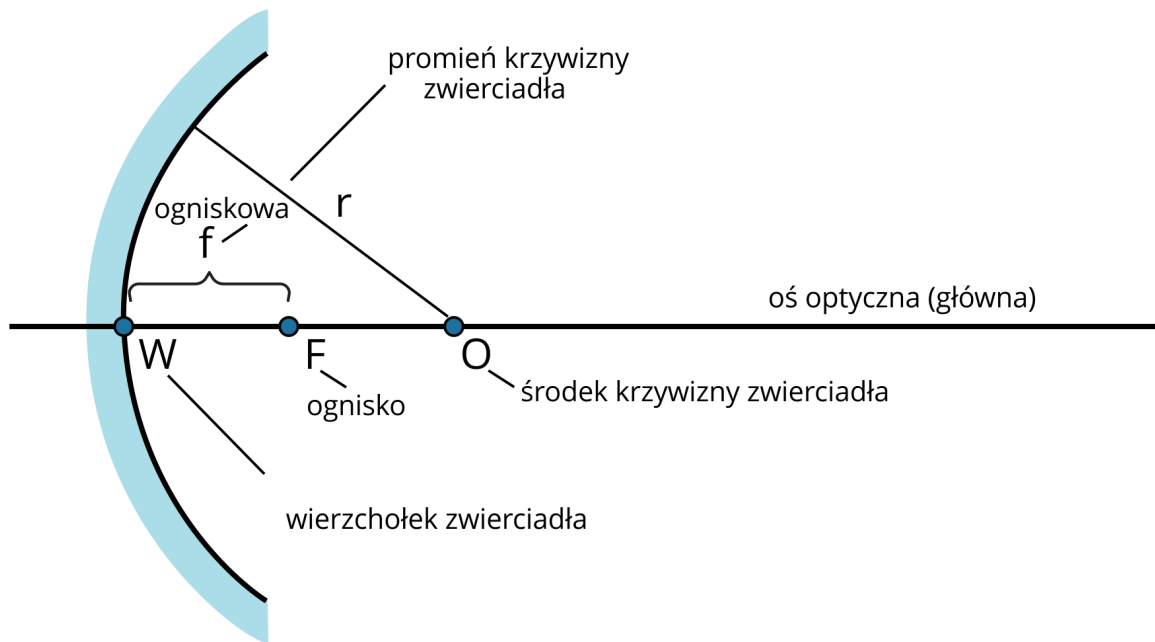
Źródło: Tomorrow Sp.z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Film dotyczący zwierciadła kulistego

Aby omówić cechy zwierciadeł wklęsłych, bieg promieni oraz nauczyć się konstruować obrazy w zwierciadłach wklęsłych, będziemy posługiwać się zwierciadłem parabolicznym, ponieważ w takim zwierciadle promienie odbite od zwierciadła skupiają się w ognisku.

Pojęcia i wielkości opisujące zwierciadło kuliste wklęsłe

Do opisu i wyjaśnienia powstawania obrazu przy użyciu zwierciadła kulistego wklęsłego potrzebne będą pewne pojęcia. Ich ilustrację możemy zobaczyć na poniższym rysunku:

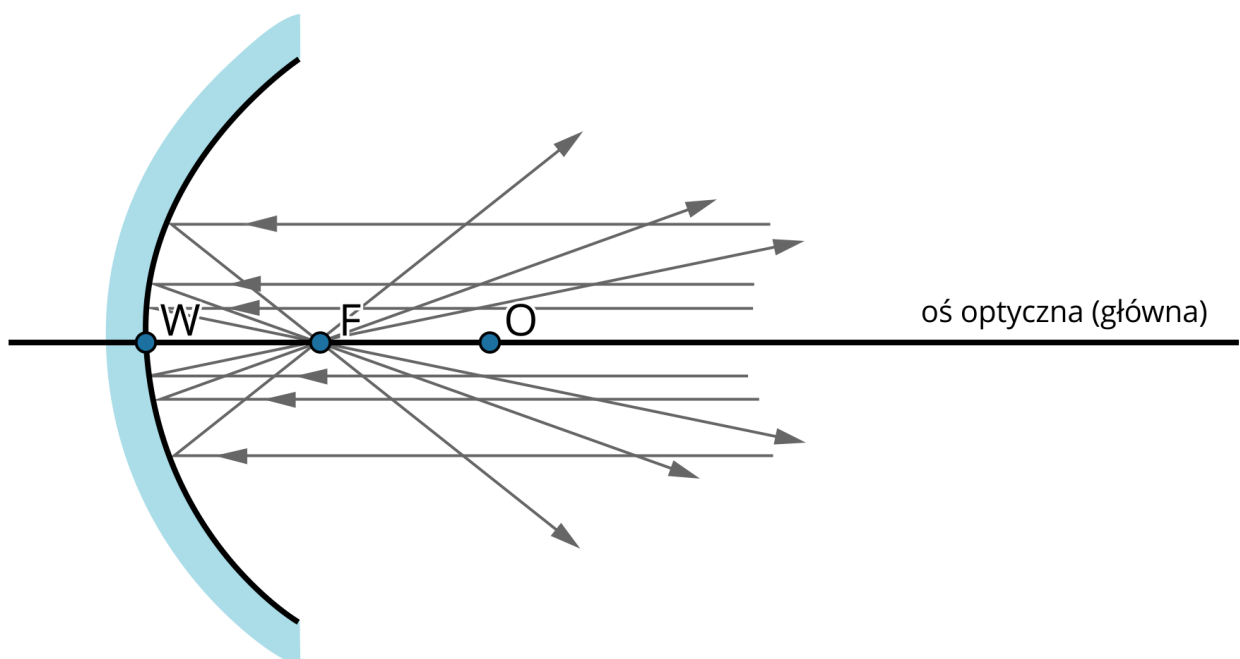


Konstrukcja zwierciadła wklęsłego

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY-SA 3.0.

Jednym z parametrów opisujących zwierciadło wklęsłe jest **promień krzywizny zwierciadła**. **Oś optyczna** to prosta przechodząca przez **środek krzywizny zwierciadła** O , pokrywająca się z jego osią symetrii. Promień krzywizny to odcinek między punktem O a punktem, w którym oś optyczna przechodzi przez powierzchnię zwierciadła (niekiedy nazywany wierzchołkiem zwierciadła).

Ognisko zwierciadła F jest punktem geometrycznym, w którym przecinają się wszystkie promienie odbite od powierzchni zwierciadła wklęsłego, które padały na niego przed odbiciem równoległe do jego osi optycznej. Ognisko leży dokładnie w połowie promienia krzywizny zwierciadła.



Ognisko zwierciadła to punkt, w którym przecinają wszystkie promienie, biegnące przed odbiciem równolegle do osi optycznej zwierciadła

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ponieważ punkt F nazywa się ogniskiem zwierciadła, to długość odcinka łączącego ten punkt z powierzchnią zwierciadła W wzdłuż osi optycznej nazywamy **ogniskową zwierciadła**.

Między ogniskową f a promieniem krzywizny r zwierciadła kulistego wklęsłego istnieje następująca zależność:

$$f = \frac{r}{2}$$

Jednostką ogniskowej f w układzie SI jest metr.

Ciekawostka

Kuchnia słoneczna.

W krajach, w których nie ma energii elektrycznej lub dostęp do niej jest utrudniony, za to dostęp do energii słonecznej jest praktycznie nieograniczony, stosuje się zwierciadła wklęsłe w celu skupienia promieni słonecznych do podgrzewania posiłków.



Kuchnia słoneczna, czyli sposób na obiad prawie za darmo

Źródło: Todd Huffman (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 3.0.

Korzystając z faktu, że promienie słoneczne biegnące równolegle do osi optycznej przecinają się po odbiciu od zwierciadła w jednym punkcie – jego ognisku, możemy wykorzystać ich energię do przygotowania potraw. Wystarczy, że w ognisku zwierciadła umieścimy naczynie pokryte ciemną emalią, a będzie ono pochłaniało energię promieniowania świetlnego i podgrzewało jedzenie. Taka kuchenka jest wystarczająca do tego, aby zagotować wodę i ugotować dowolną potrawę. W okolicach równika energia

promieniowania słonecznego jest na tyle duża, że z pewnością jesteśmy w stanie nawet coś upiec.

Innym przykładem wykorzystania zwierciadeł wklęsłych jest teleskop.



Do dzisiaj jednym z podstawowych narzędzi do prowadzenia obserwacji nieba jest teleskop

Źródło: AlphaOrionis42 (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

Gdyby nie zwierciadła wklęsłe, nie byłibyśmy w stanie prowadzić obserwacji nieba i badać ciał niebieskich oddalonych od nas o miliony lat świetlnych.

Zadania teleskopów to:

- zbieranie większej ilości światła – powierzchnia obiektywu jest wiele razy większa od powierzchni źrenicy oka, co pozwala na oglądanie ciał bardzo odległych, od których tego światła przychodzi niezwykle mało;
- zwiększanie odległości kątowej pomiędzy obiektami lub fragmentami obiektów, co pozwala na obserwację ich struktury.

Teleskop, przyrząd, który jako pierwszy zbudował Isaac Newton i który jest używany do dziś, składa się ze zwierciadła wklęsłego skupiającego dobiegające do niego promienie. Padają one potem na kolejne zwierciadło (płaskie) zmieniające kierunek biegu promieni świetlnych do okularu, a potem do naszego oka. Teleskopy tego typu używane są zarówno przez astronomów amatorów, jak i w największych obserwatoriach astronomicznych świata. Największe zwierciadła teleskopów na świecie mają średnice 5 lub 6m. Są one wykonane z jednego bloku szkła. Większe teleskopy mają średnice dochodzące do 10m, ale składają się z wielu segmentów. Projektowany największy teleskop (nazwany Ekstremalnie Wielkim Teleskopem – *Extremely Large Telescope* ELT) ma mieć średnicę 39m i składać się będzie z prawie 800 luster, każde o maksymalnej przekątnej 1,4 m i grubości 5 cm.

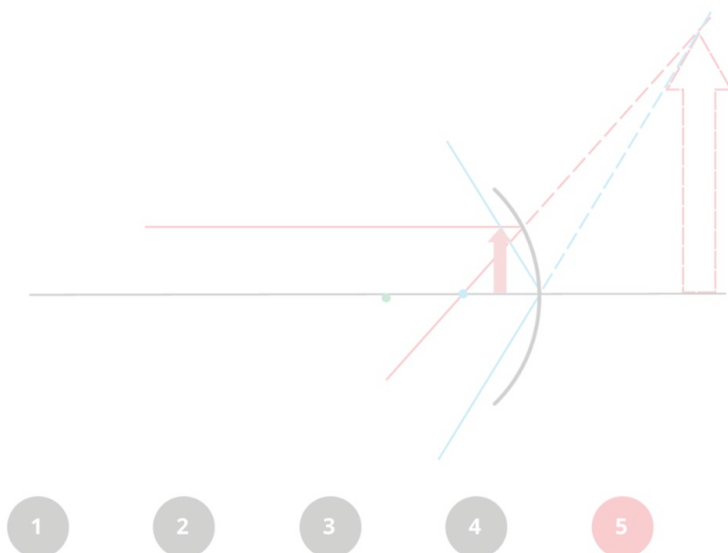
Powstawanie obrazu w zwierciadłach wklęsłych

Jak powstaje obraz w zwierciadle wklęsłym kulistym? Zmieniając odległość zwierciadła od przedmiotów, uzyskamy różne obrazy – odwrócone, proste, pomniejszone, powiększone. W niektórych sytuacjach nie uzyskamy żadnego obrazu.

Ponadto, obrazy, które powstają, mogą być rzeczywiste bądź pozorne. Obraz rzeczywisty to taki, który powstaje z przecięcia promieni świetlnych odbitych od powierzchni zwierciadła. Z kolei obraz pozorny powstaje z przecięcia przedłużeń promieni świetlnych odbitych od zwierciadła. Na pytanie o to, jak powstają obrazy w zwierciadłach kulistych, znajdziesz odpowiedź posługując się poniższą aplikacją.

Ćwiczenie 1

Poniższa aplikacja przedstawia jak powstaje obraz w zwierciadle kulistym wklęsłym w zależności od odległości przedmiotu. Na jej podstawie wskaż, jakie są cechy powstających obrazów dla odpowiednich odległości.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/b/P19TvhzSL>

Obraz w zwierciadle wklęsłym

Źródło: Michał Szymczak, ContentPlus, licencja: CC BY-SA 3.0.

Przedmiot umieszczony w odległości większej niż promień krzywizny zwierciadła

obraz pozorny

obraz powiększony

obraz rzeczywisty

obraz odwrócony

Przedmiot umieszczony w odległości równej promieniowi krzywizny zwierciadła

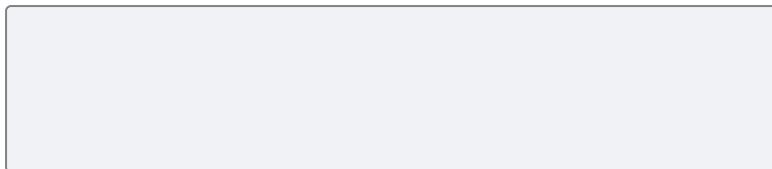
obraz powiększony

obraz odwrócony

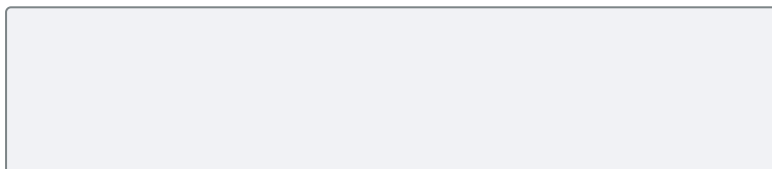
obraz rzeczywisty

Przedmiot umieszczony w odległości mniejszej niż promień krzywizny zwierciadła, ale większej niż ogniskowa

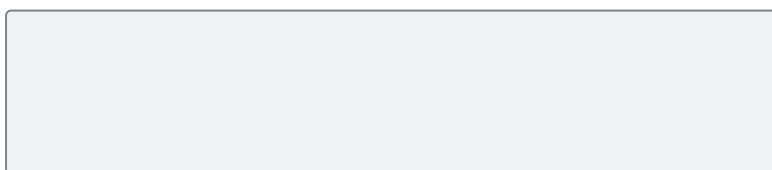
obraz odwrócony



Przedmiot umieszczony w odległości równej ogniskowej zwierciadła



Przedmiot umieszczony w odległości mniejszej niż ogniskowa zwierciadła



brak obrazu

obraz tej samej wielkości

obraz prosty

obraz rzeczywisty

obraz pomniejszony

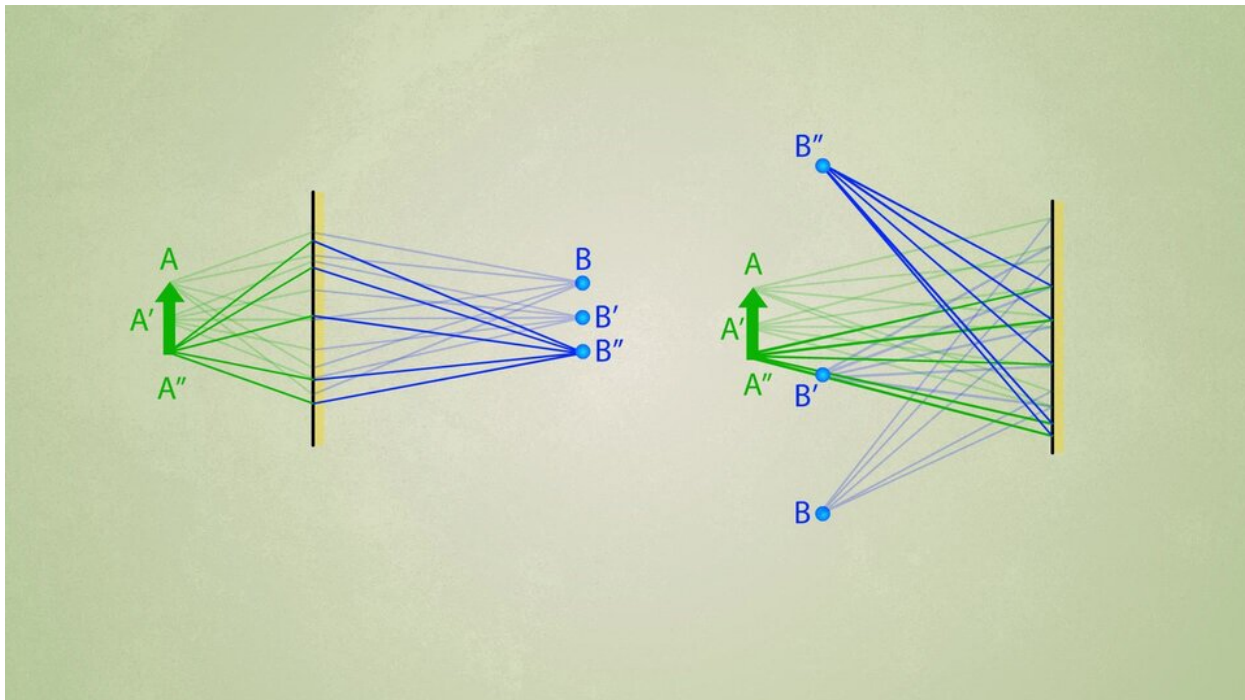
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Zapamiętaj!

Promień świetlny jest nieskończenie wąską wiązką światła, którą możemy przedstawiać jako linię. Służy do obrazowania tego, jak rozchodzi się światło.

Aby skonstruować obraz, między innymi w zwierciadłach, posługujemy się tzw. **promieniami konstrukcyjnymi**. W zwierciadle kulistym wklęsłym będą to:

1. promień równoległy do osi optycznej, który po odbiciu przechodzi przez ognisko zwierciadła F . Bieg tego promienia wynika z definicji ogniska;
2. promień zgodny z promieniem krzywizny zwierciadła, przechodzący przez środek krzywizny zwierciadła O , po odbiciu biegnie tym samym torem. Wynika to z faktu, że kąt padania na powierzchnię zwierciadła jest równy zero;
3. promień przechodzący przez ognisko zwierciadła F po odbiciu od zwierciadła biegnie równoległe do osi optycznej. Podobnie jak w punkcie 1) wynika to z definicji ogniska;
4. promień docierający do zwierciadła w jego wierzchołku odbija się pod takim samym kątem, pod jakim padł na zwierciadło. Wynika on z prawa odbicia światła.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/Rlvud3dorqUmd>

Promienie konstrukcyjne.

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

Film dotyczący promieni konstrukcyjnych.

Doświadczenie 1

Analiza sposobu powstawania obrazów w zwierciadle kulistym wklęsłym. Jeśli nie masz zwierciadła wklęsłego, możesz przejść do Ćwiczenia 1, które polega na konstruowaniu obrazów, a potem wrócić i sprawdzić, czy Twoje rezultaty są zgodne z teorią.

Co będzie potrzebne

- zwierciadło kuliste wklęsłe
- niewielki przedmiot

Instrukcja

Umieść po kolei przedmiot:

1. W ognisku zwierciadła.
2. Za środkiem krzywizny zwierciadła.
3. Między środkiem krzywizny zwierciadła a ogniskiem.
4. Między ogniskiem a powierzchnią zwierciadła.

Czy i jaki obraz zaobserwujesz na powierzchni zwierciadła przy każdym położeniu?

Podsumowanie

W zależności od położenia przedmiotu powstaje jego różny obraz obserwowany w zwierciadle kulistym wklęsłym. Jest to być obraz rzeczywisty (powstający przez przecięcie promieni świetlnych odbitych od zwierciadła) bądź pozorny (powstały przez przecięcie się przedłużeń promieni świetlnych odbitych od zwierciadła), pomniejszony lub powiększony, odwrócony lub prosty, jak to ma miejsce w przypadku, gdy przedmiot znajduje się między ogniskiem

powierzchnią zwierciadła.

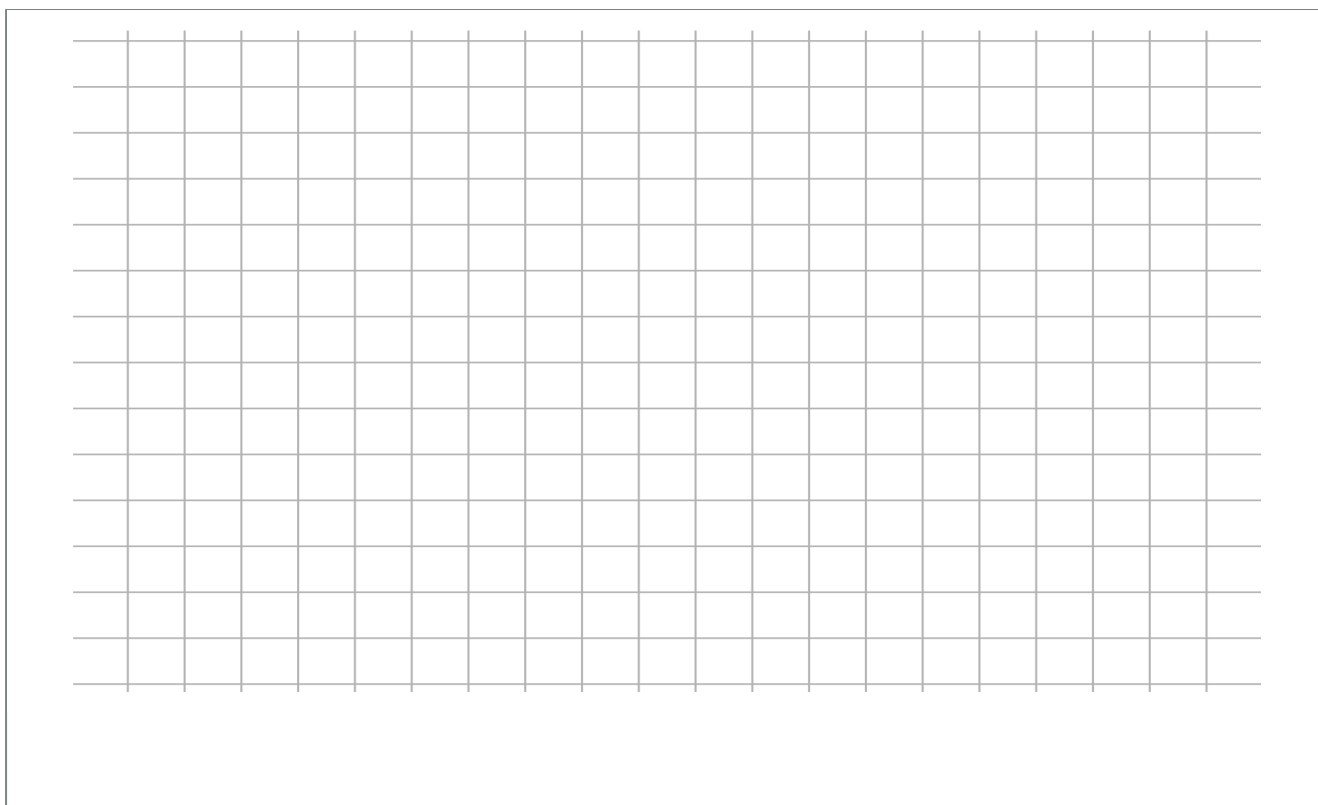
Obraz punktu powstaje w miejscu, gdzie się przetną promienie po odbiciu od zwierciadła (obraz rzeczywisty) lub tam, gdzie przetną się przedłużenia promieni odbitych (obraz pozorny – podobnie jak w zwierciadle płaskim).

Praktykę już znasz, teraz czas poznać od strony teoretycznej, jak powstają poszczególne obrazy. Czekam na Ciebie pięć zadań konstrukcyjnych. Jednak zanim do nich przystąpisz, musisz się przygotować: narysuj oś optyczną, zaznacz środek krzywizny O i z tego punktu zakresz przy pomocy cyrkla łuk okręgu. Zaznacz położenie ogniska F . Niech przedmiotem, którego obraz będziesz konstruował, stanie się odcinek AB (prostopadły do osi optycznej, punkt B leży na tej osi). Wykonaj konstrukcję obrazu punktu B . Na końcu sprawdź, czy otrzymane obrazy spełniają relacje podane w tabelce pod ostatnim ćwiczeniem.

Ćwiczenie 2

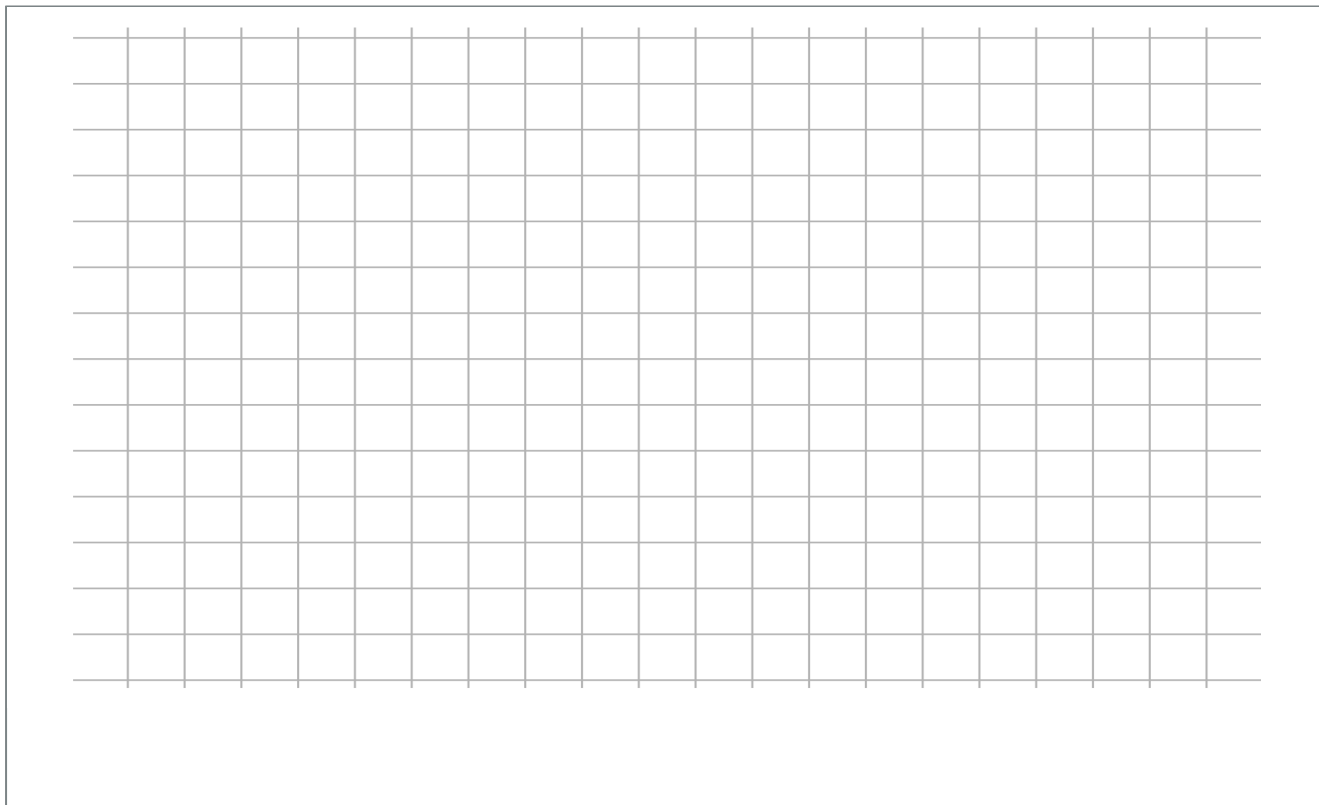


Skonstruuj obraz odcinka AB i podaj jego cechy. Punkt A umieść na osi optycznej. Odcinek AB umieść w odległości $x > 2f$.



Ćwiczenie 3

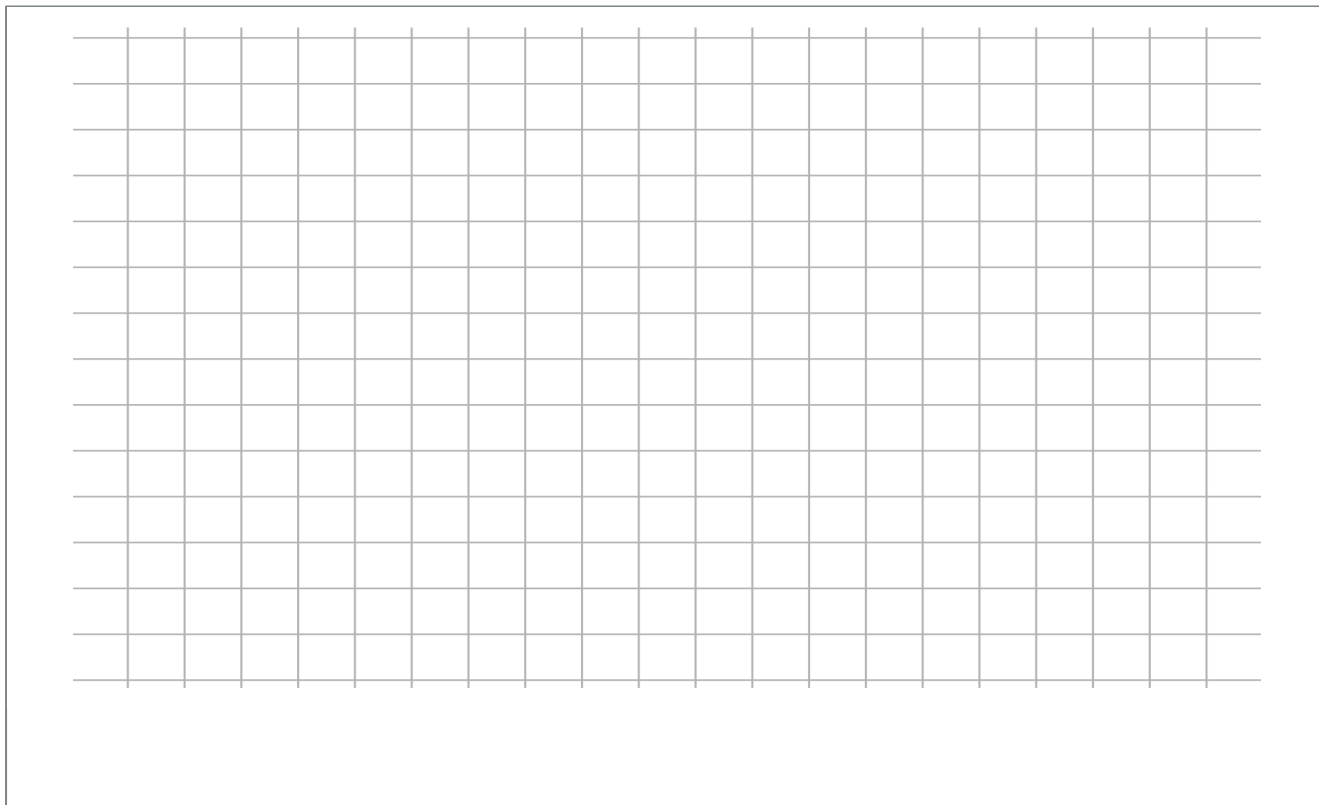
Skonstruuj obraz odcinka AB i podaj jego cechy. Punkt A umieść na osi optycznej. Odcinek AB umieść w odległości $x = 2f$.



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

Ćwiczenie 4

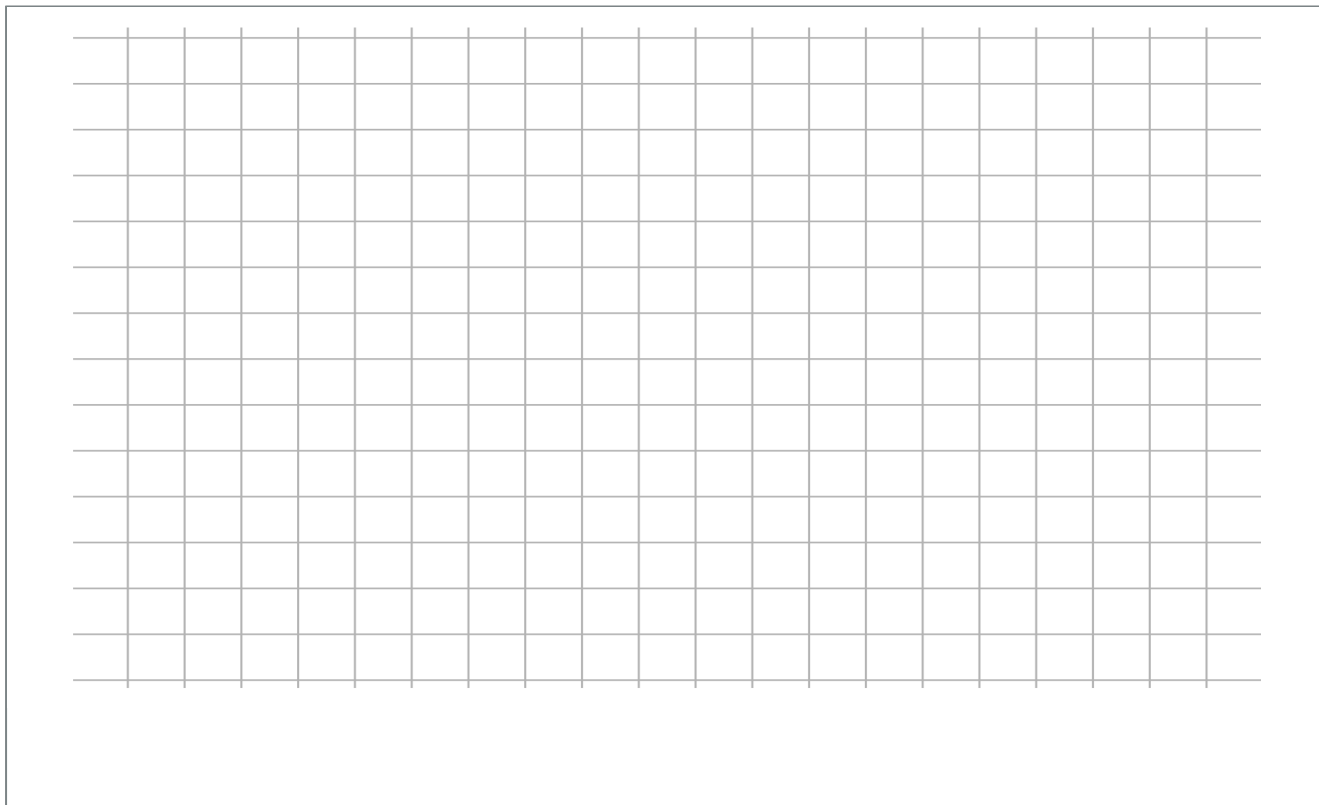
Skonstruuj obraz odcinka AB i podaj jego cechy. Punkt A umieść na osi optycznej. Odcinek AB umieść w odległości $2f > x > f$.



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

Ćwiczenie 5

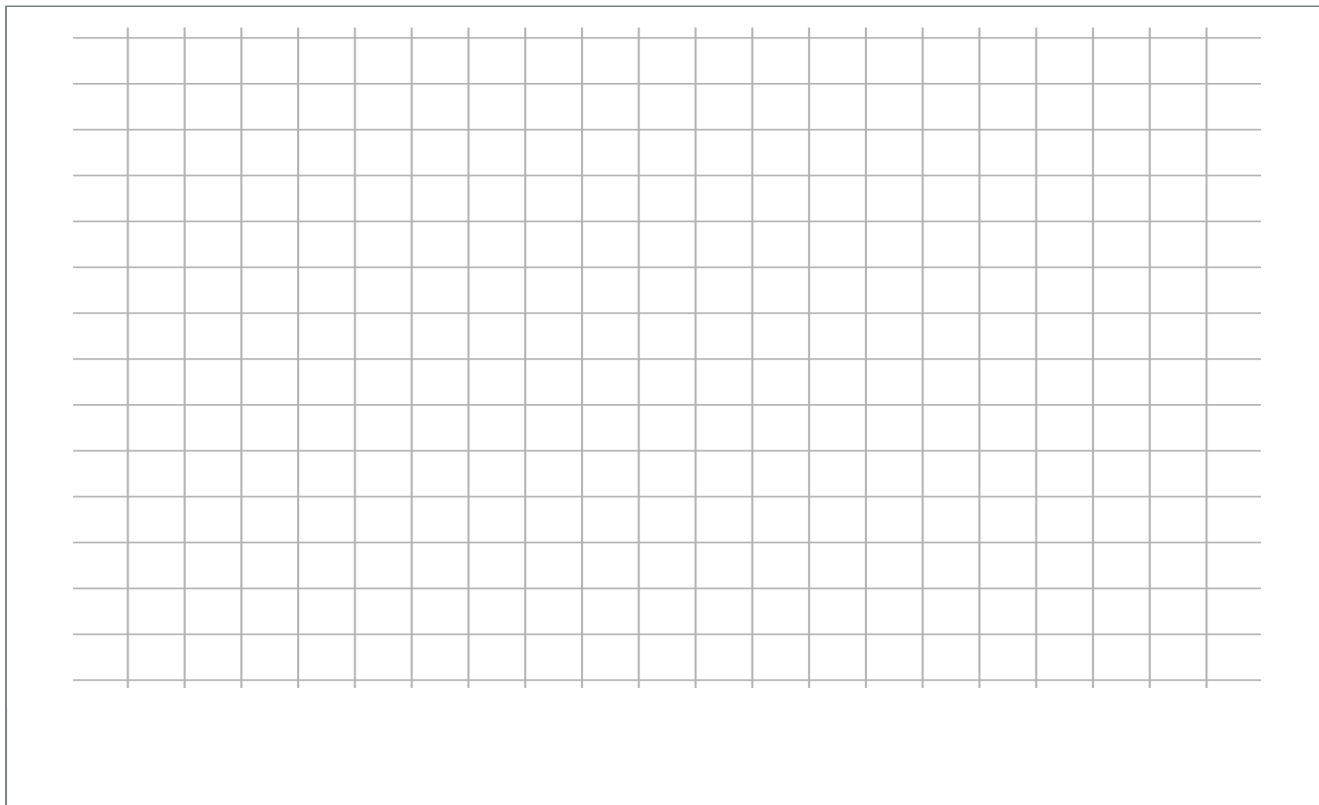
Skonstruuj obraz odcinka AB i podaj jego cechy. Punkt A umieść na osi optycznej. Odcinek AB umieść w odległości $x = f$.



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

Ćwiczenie 6

Skonstruuj obraz odcinka AB i podaj jego cechy. Punkt A umieść na osi optycznej. Odcinek AB umieść w odległości $x < f$.



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

Cechy obrazu w zwierciadłach kulistych wklęsłych

Położenie przedmiotu (x)	Położenie obrazu (y)	Cechy obrazu powstałego w zwierciadle wklęsłym
odległość przedmiotu mniejsza od ogniskowej $x < f$	obraz za zwierciadłem	pozorny, prosty, powiększony
odległość przedmiotu równa się ogniskowej $x = f$	po odbiciu promienie świetlne biegną równoległe do siebie	brak obrazu
odległość przedmiotu jest większa od ogniskowej i mniejsza od podwójnej ogniskowej $f < x < 2f$ lub $f < x < r$	$y > r$	rzeczywisty, odwrócony, powiększony

Położenie przedmiotu (x)	Położenie obrazu (y)	Cechy obrazu powstałego w zwierciadle wklęsłym
odległość przedmiotu równa jest podwójnej ogniskowej $x = 2f$ lub $x = r$	$y = r$	rzeczywisty, odwrócony, ma takie same rozmiary jak przedmiot
odległość przedmiotu większa od podwójnej ogniskowej $x > 2f$ lub $x > r$	$f < y < r$	rzeczywisty, odwrócony, pomniejszony

Ciekawostka

Zwierciadło wypukłe.

W tym podrozdziale poznaliście zwierciadła wklęsłe. Ale nie jest to jedyny typ zwierciadeł o krzywej powierzchni, od której odbija się światło. Z pewnością nie raz zdarzyło ci się przeglądać w bombce choinkowej. Jest to także zwierciadło. Jeżeli bombka ma kształt kuli, to jest to zwierciadło kuliste wypukłe.



Odbicie w bombce choinkowej jako przykład odbicia w zwierciadle kulistym wypukłym

Źródło: Andy / Andrew Fogg (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 3.0.

Nie tylko powierzchnia bombki choinkowej może być zwierciadłem wypukłym, może nim być również dobrze sferyczna część chochli lub łyżki.

Powiększenie

Obraz otrzymany za pomocą zwierciadła wklęsłego może być mniejszy od przedmiotu, większy od niego lub być takiej samej wielkości. Mówimy, że obraz może mieć różne powiększenie.

Zapamiętaj!

Powiększenie p definiujemy jako stosunek wysokości powstałego obrazu h_2 do wysokości przedmiotu h_1 .

$$p = \frac{h_2}{h_1}$$

Nazywamy je powiększeniem liniowym, jest ono wielkością bezwymiarową.

Powiększenie można także powiązać z odległością przedmiotu d_p oraz jego obrazu d_o od powierzchni zwierciadła.

$$p = -\frac{r-d_o}{d_p-r}$$

Odległości przedmiotu i jego obrazu od powierzchni zwierciadła można połączyć jeszcze z ogniskową. Wyraża to poniższa relacja.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_p} + \frac{1}{d_o}$$

Ćwiczenie 7



Wpisz w lukę odpowiedź.

Obraz pewnego przedmiotu w zwierciadle kulistym wklęsłym ma wysokość 5 cm, powiększenie wynosi 0,5. Wysokość tego przedmiotu wynosi cm.

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

Podsumowanie

- Zwierciadło kuliste wklęsłe jest zwierciadłem, którego powierzchnia odbijająca promienie świetlne jest wewnętrzną powierzchnią części kuli.
- Układ optyczny zwierciadła kulistego (sferycznego) wklęsłego opisuje:
 - oś optyczna – prosta przechodząca przez środek krzywizny zwierciadła, czyli przez środek sfery, z której powstało. Łączy ona środek krzywizny zwierciadła z jego wierzchołkiem;

- promień krzywizny zwierciadła – odcinek między środkiem krzywizny zwierciadła a punktem, w którym oś optyczna przechodzi przez powierzchnię zwierciadła;
- ognisko zwierciadła – punkt na osi optycznej, w którym przecinają się promienie odbite od zwierciadła, które były przed odbiciem równoległe do osi optycznej. Punkt ten leży w połowie promienia krzywizny zwierciadła;
- ogniskowa – długość odcinka położonego na osi optycznej i łączącego ognisko z powierzchnią zwierciadła.
- Ogniskową f z promieniem zwierciadła wklęsłego r kulistego łączy związek $f = \frac{r}{2}$. Jednostką ogniskowej f w układzie SI jest metr.
- Promień świetlny jest linią, wzdłuż której rozchodzi się światło jest nieskończenie wąską wiązką światła, którą możemy przedstawiać jako linię. Służy do obrazowania tego, jak rozchodzi się światło.
- W celu geometrycznej konstrukcji obrazu, między innymi w zwierciadłach, posługujemy się tzw. promieniami konstrukcyjnymi. W zwierciadle kulistym wklęsłym będą to:
 - promień równoległy do osi optycznej, który po odbiciu przechodzi przez ognisko zwierciadła F ;
 - promień zgodny z promieniem krzywizny zwierciadła, przechodzący przez środek krzywizny zwierciadła O , po odbiciu powraca tym samym torem, którym przybył;
 - promień przechodzący przez ognisko zwierciadła F , po odbiciu opuszcza zwierciadło torem równoległym do osi optycznej;
 - promień, który dociera do wierzchołka zwierciadła W i odbija się pod tym samym kątem, pod którym padł na zwierciadło
- Zwierciadła wklęsłe znalazły zastosowanie jako reflektory w lampach samochodowych, latarkach, antenach i teleskopach astronomicznych.
- Powiększenie p definiujemy jako stosunek wysokości powstałego obrazu przedmiotu h_2 do wysokości przedmiotu h_1 .
- Powiększenie jest wielkością bezwymiarową.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 8



Jaki obraz powstaje w zwierciadle wklęsłym kulistym, gdy przedmiot umieścimy między ogniskiem a wierzchołkiem zwierciadła?

☐ rzeczywisty, odwrócony, pomniejszony

☐ rzeczywisty, odwrócony, powiększony

☐ pozorny, prosty, powiększony

☐ obraz nie powstanie

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

Ćwiczenie 9



Ile wynosi powiększenie p , jeśli przedmiot wynosi 2 cm, a jego obraz 6 cm?

☐ $\frac{1}{3}$

☐ 8

☐ 3

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

Ćwiczenie 10



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

Zdanie	Prawda	Fałsz
Odbicie światła od zakrzywionych powierzchni wykorzystujemy między innymi w latarkach i reflektorach.	☐	☐
Latarka równie dobrze działałaby, gdyby zamiast powierzchni wklęsłej do odbicia światła użyto zwierciadła płaskiego.	☐	☐
Gdy użyjemy w latarce wypukłej powierzchni w celu odbicia światła, otrzymamy dokładnie taki sam efekt, co w przypadku odbicia od powierzchni wklęsłej.	☐	☐

Źródło: Dariusz Kajewski <Dariusz.Kajewski@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 11

Dopasuj odpowiednie nazwy parametrów układu optycznego zwierciadła wklęsłego kulistego do ich definicji.

Ogniskowa	Punkt, w którym skupiają się promienie równoległe do osi optycznej po odbiciu od zwierciadła.
Promień krzywizny	Promień sfery, której fragmentem jest powierzchnia zwierciadła.
Ognisko	Prosta przechodząca przez środek krzywizny zwierciadła, leżąca na promieniu krzywizny.
Oś optyczna	Odcinek łączący ognisko z powierzchnią zwierciadła, leżący na osi optycznej.

Źródło: Dariusz Kajewski <Dariusz.Kajewski@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 12



Dokończ zdanie

Do konstrukcji obrazów w zwierciadłach kulistych wklęsłych



muszą zostać wzięte pod uwagę co najmniej trzy promienie

wystarczy dokładnie jeden promień

wystarczą dwa promienie

Źródło: Dariusz Kajewski <Dariusz.Kajewski@up.wroc.pl>.

Słownik

bryła obrotowa

bryła geometryczna powstała wskutek obrotu figury płaskiej wokół pewnej osi.

ognisko zwierciadła

punkt na osi optycznej, w którym skupiają się promienie odbite od zwierciadła, które biegły przed odbiciem równoległe do osi optycznej. Punkt ten leży w połowie promienia krzywizny zwierciadła.

ogniskowa zwierciadła

odległość ogniska od zwierciadła.

oś optyczna

prosta przechodząca przez środek krzywizny zwierciadła, czyli przez środek sfery, z którego powstało, oraz przez wierzchołek zwierciadła.

powiększenie

stosunek p wysokości powstałego obrazu h_2 do wysokości przedmiotu h_1 . Jest to wielkość bezwymiarowa. Gdy wartość ta jest większa od jedności ($p > 1$), to obraz jest powiększony, natomiast gdy jest mniejsza od jedności ($p < 1$), to obraz jest pomniejszony.

promień krzywizny zwierciadła

odcinek między środkiem krzywizny zwierciadła a punktem, w którym oś optyczna przebija powierzchnię zwierciadła.

zwierciadło wklęsłe

część wewnętrznej, gładko wypolerowanej powierzchni sfery, elipsoidy lub innej bryły obrotowej, wykonanej zwykle z metalu lub szkła pokrytego cienką warstwą metalu.

środek krzywizny zwierciadła

punkt będący środkiem sfery, której fragmentem jest zwierciadło kuliste.