



## Zwierciadło kuliste wklęsłe - bieg promieni i konstrukcja obrazu

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Zwierciadło kuliste wklęsłe - bieg promieni i konstrukcja obrazu

### Czy to nie ciekawe?

Dziewczyny sięgają po nie malując się, mężczyźni czasem używają go w trakcie golenia, a stomatolodzy czy laryngolodzy nie wyobrażają sobie nawet najprostszego badania bez jego użycia. O czym mowa? O lusterku powiększającym. Jak to się dzieje, że powstający w nim obraz wygląda tak, a nie inaczej oraz w jaki sposób można go skonstruować? O tym w niniejszym materiale.



Rys. a. Lusterko stomatologiczne.

## Twoje cele

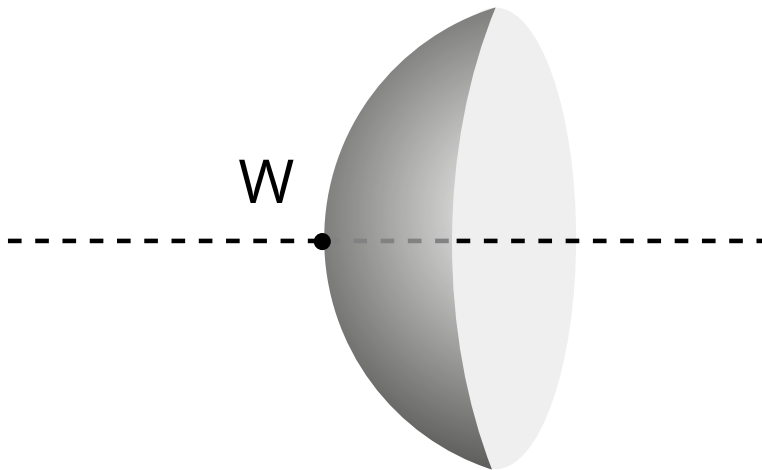
Czytając e-materiał:

- dowiesz się, jak wygląda zwierciadło kuliste,
- poznasz podstawowe cechy zwierciadła kulistego: promień krzywizny i ogniskową oraz związek między nimi,
- dowiesz się, jak konstruować obrazy powstające w zwierciadle w zależności od odległości przedmiotu od jego powierzchni oraz określać cechy tych obrazów,
- przeanalizujesz cechy obrazu otrzymanego w zwierciadle wklęsłym.

# Przeczytaj

---

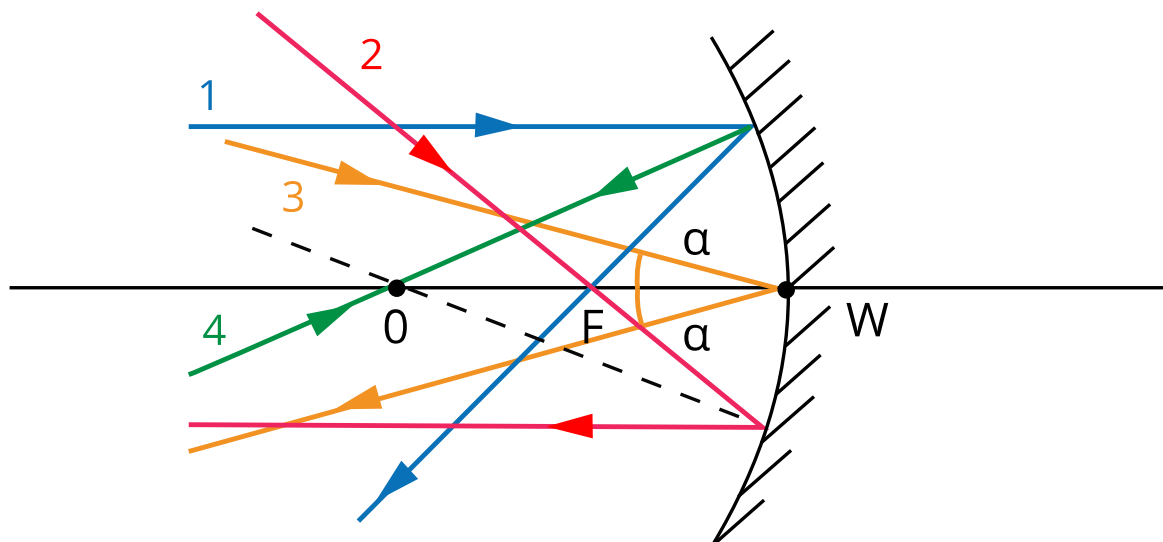
## Warto przeczytać



Rys. 1. Zwierciadło kuliste wklęsłe powstaje poprzez odcięcie fragmentu sfery i pokrycie go od wewnętrznej strony warstwą odbijającą

W niniejszym materiale przyjrzymy się temu, jak powstają obrazy w zwierciadłach kulistych wklęsłych (Rys. 1.) oraz w jaki sposób ich cechy są zależne od odległości przedmiotu od powierzchni odbijającej. Najpierw jednak przypomnijmy sobie, że promienie odbijają się od zwierciadła zgodnie z prawem odbicia, tj. kąt padania równy kątowi odbicia, a promień padający, promień odbity i normalna leżą w jednej płaszczyźnie. Spośród promieni padających na zwierciadło wyróżnimy cztery, których bieg posłuży nam do konstrukcji obrazu (Rys. 2.):

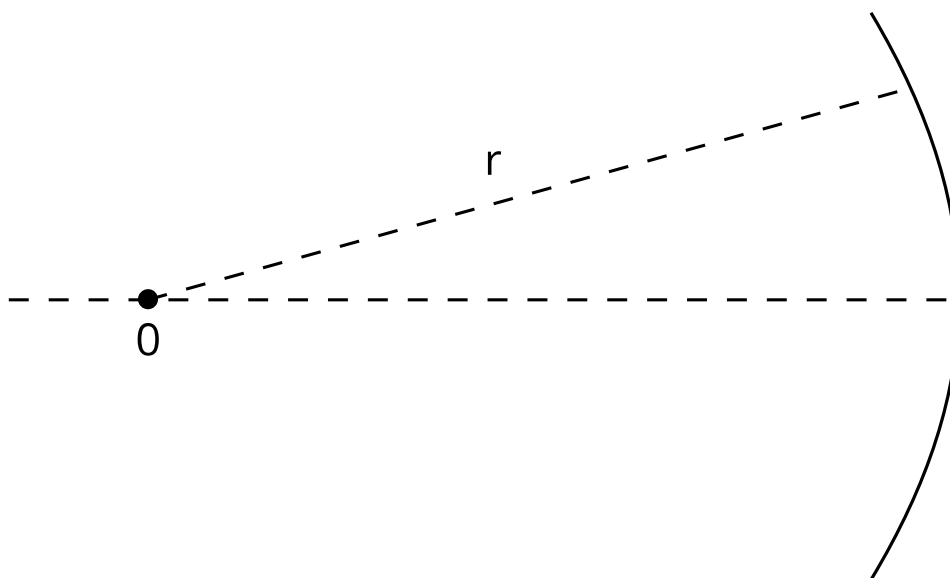
1. Promień równoległy do osi optycznej po odbiciu od zwierciadła przechodzi przez jego ognisko – promień 1.
2. Promień przechodzący przez ognisko po odbiciu od zwierciadła jest równoległy od jego osi optycznej – promień 2.
3. Promień padający na wierzchołek  $W$  zwierciadła pod dowolnym kątem  $\alpha$  odbija się pod takim samym kątem  $\alpha$  – promień 3.
4. Promień przechodzący przez punkt  $O$ , czyli środek krzywizny zwierciadła, pada na jego powierzchnię pod kątem  $0^\circ$ , odbija się pod tym samym kątem  $0^\circ$ , więc tor promienia odbitego jest taki sam jak tor promienia padającego – promień 4).



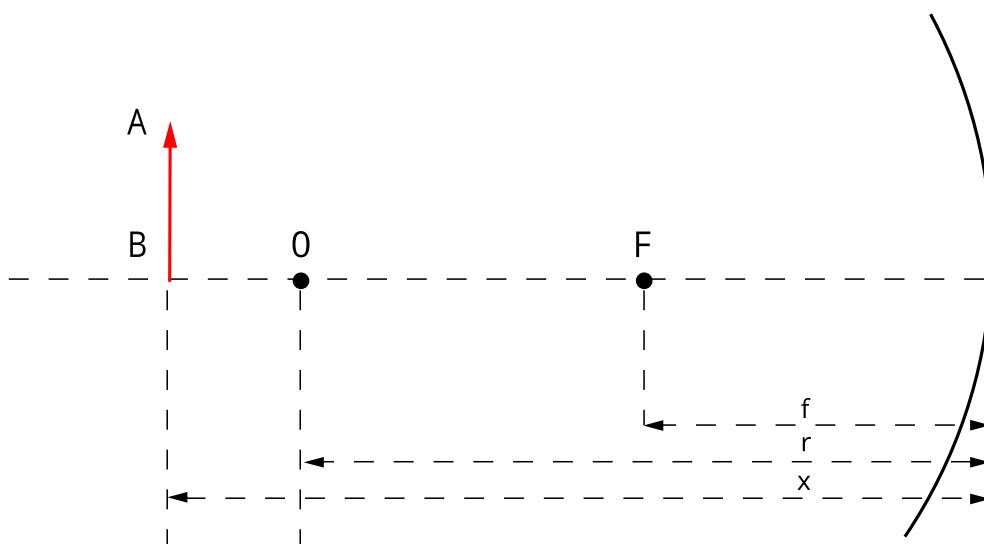
Rys. 2. Odbicie wybranych promieni od zwierciadła kulistego wklęsłego.

Wiedząc, w jaki sposób odbijają się promienie od zwierciadła kulistego wklęsłego, stwórzmy „przepis” na konstrukcję obrazu w tym zwierciadle:

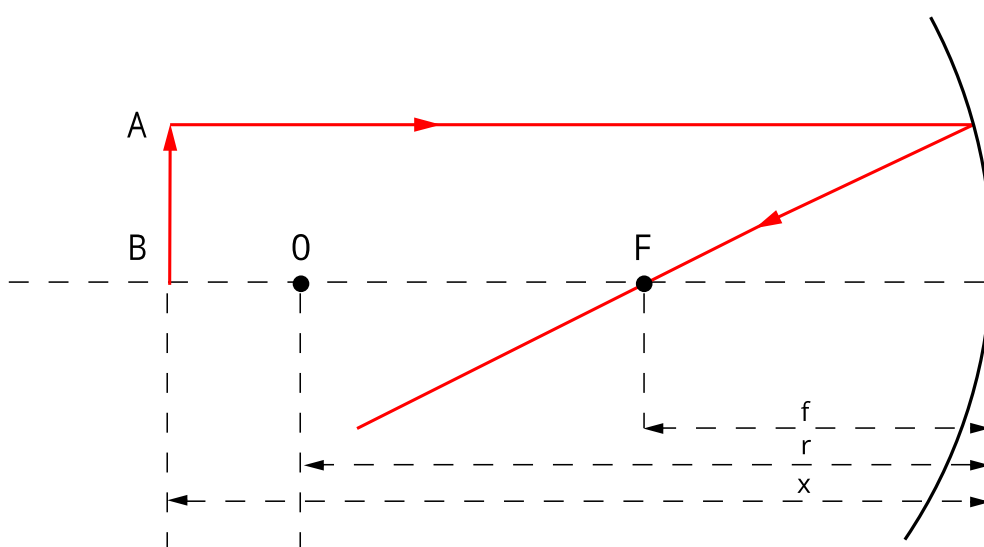
1. Zwierciadło rysujemy jako łuk o promieniu  $r$ .



2. Ustawiamy przed zwierciadłem przedmiot AB w postaci świecącej strzałki, który będziemy obrazować. Odległość tego przedmiotu od powierzchni odbijającej oznaczamy jako  $x$ , przez  $f$  oznaczamy ogniskową, zaś przez  $r$  – promień krzywizny. Uwzględniamy przy tym zależność  $f = \frac{1}{2}r$ .

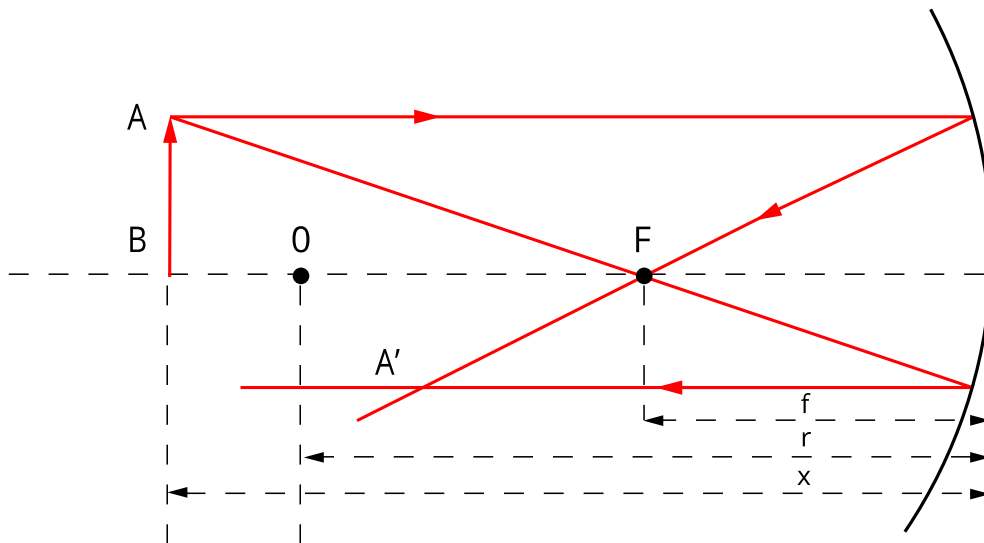


3. W celach konstrukcyjnych zajmujemy się skrajnym punktem naszego przedmiotu (oznaczonym literą A). Promieni padających na zwierciadło (wychodzących z punktu A) jest nieskończenie wiele. Wybierzemy dowolne dwa spośród czterech przedstawionych na Rys. 2.; pozwolą one na wyznaczenie położenia obrazu. Niech pierwszym z nich będzie promień równoległy do osi wychodzący z punktu A. Po odbiciu od powierzchni zwierciadła promień ten przechodzi przez jego ognisko.

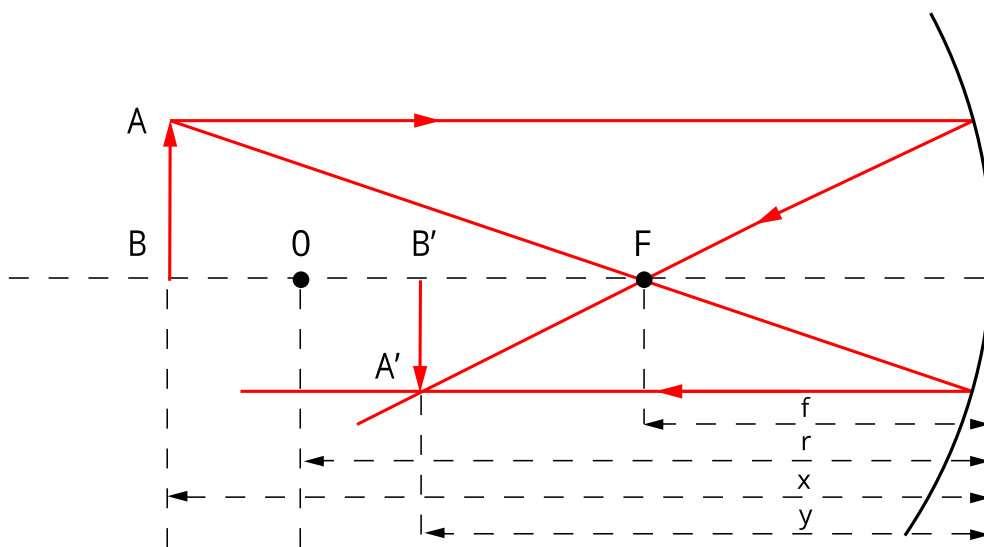


4. W następnej kolejności rozpatrujemy bieg promienia wychodzącego z punktu A i biegnącego przez ognisko. Po odbiciu od powierzchni zwierciadła promień ten

będzie równoległy do osi optycznej.



5. W miejscu przecięcia się promieni odbitych od zwierciadła otrzymujemy obraz punktu  $A$  i oznaczmy go jako  $A'$ , zaś jego odległość od zwierciadła – literą  $y$ .



Analogiczną konstrukcję możemy przeprowadzić dla dowolnego punktu przedmiotu. W efekcie otrzymamy, punkt po punkcie, obraz całego przedmiotu. Wyjątkiem jest punkt  $B$ , leżący na osi optycznej zwierciadła. Nie jest możliwe **konstrukcyjne** określenie położenia punktu  $B'$ ; wiemy o nim jedynie, że także leży na osi optycznej.

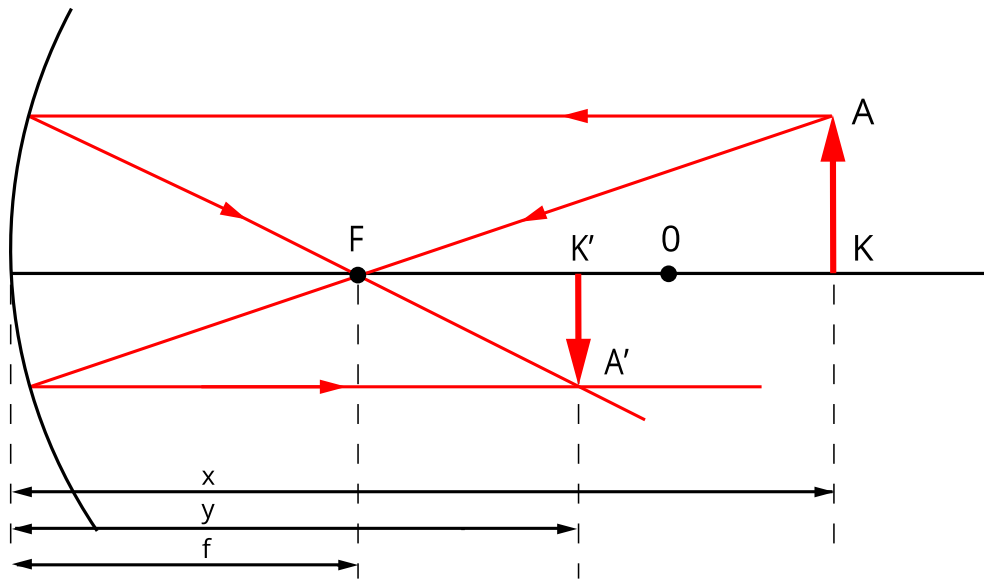
## Trzy cechy obrazu

Obraz powstający w zwierciadle opisujemy podając trzy jego cechy. Może on być:

1. rzeczywisty albo pozorny;
  2. prosty (nieodwrócony) albo odwrócony;
  3. powiększony, pomniejszony albo tej samej wielkości.
- **Obraz rzeczywisty** powstaje w miejscu przecięcia się promieni odbitych od zwierciadła w przypadku, gdy wiązka odbita od zwierciadła jest zbieżna. Obraz taki powstaje na ekranie (na przykład na kartce), jest zatem obecny obiektywnie, niezależnie od obserwatora.
  - **Obraz pozorny** powstaje w miejscu przecięcia się przedłużeń promieni odbitych od zwierciadła w przypadku, gdy wiązka odbita od zwierciadła jest rozbieżna. Nie powstaje on zatem obiektywnie na ekranie. Może jedynie powstać w mózgu człowieka, wskutek przetworzenia bodźców wzrokowych wywołanych padaniem promieni świetlnych na oko.
  - **Obraz prosty** (nieodwrócony) ma tę samą orientację „góra-dół” co przedmiot.
  - **Obraz odwrócony** ma przeciwną orientację „góra-dół” niż przedmiot.
  - **Obraz powiększony** to taki, którego rozmiar poprzeczny do osi optycznej zwierciadła jest większy niż analogiczny rozmiar przedmiotu (iloraz wysokości obrazu i wysokości przedmiotu jest większy od jednośc),
  - **Obraz zmniejszony** to taki, którego rozmiar poprzeczny do osi optycznej zwierciadła jest mniejszy niż analogiczny rozmiar przedmiotu (iloraz wysokości obrazu i wysokości przedmiotu jest mniejszy od jednośc),
  - **Obraz tej samej wielkości, co przedmiot** oznacza, że iloraz wysokości obrazu i wysokości przedmiotu jest równy jednośc.

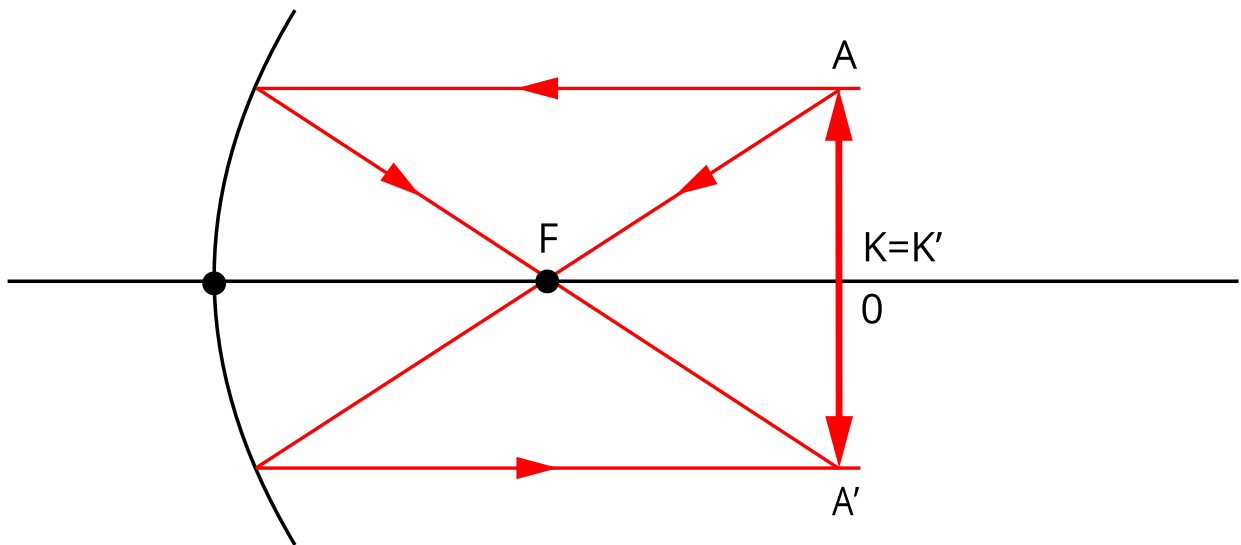
Gdy odległość przedmiotu od zwierciadła jest większa niż  $2f$  (jak to zostało pokazane w powyższym sposobie tworzenia obrazu), otrzymujemy obraz zmniejszony. Jednak powiększenie zależy od odległości przedmiotu od zwierciadła ( $x$ ). Odległość ta warunkuje również inne cechy tego obrazu. Jakie? Prześledźmy to na schematycznych rysunkach:

$$x > 2f$$



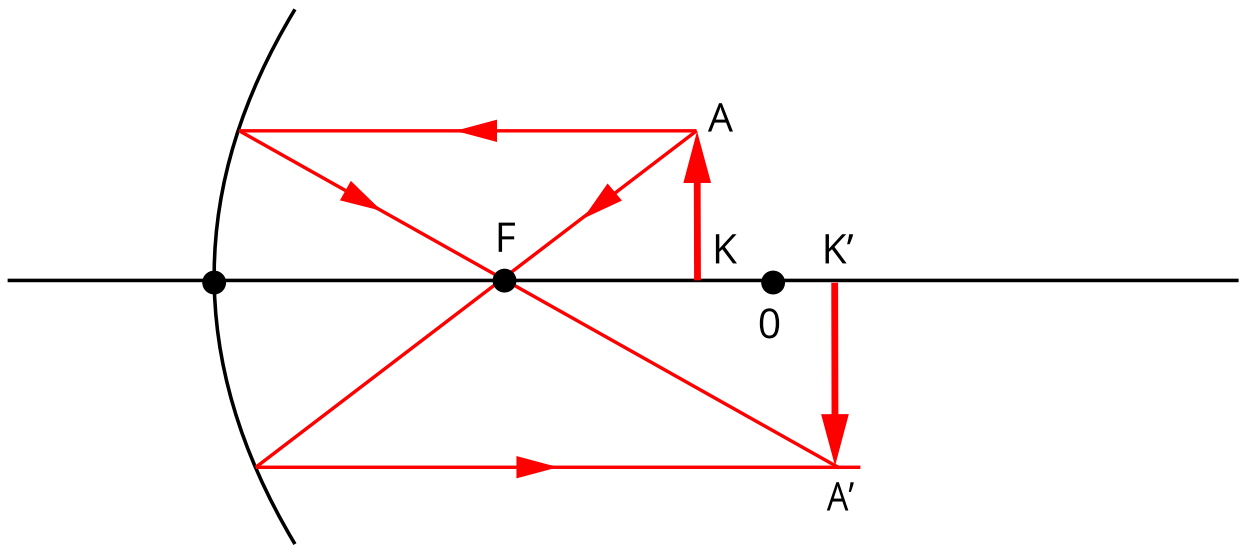
Rys. 3. Obraz rzeczywisty, zmniejszony, odwrócony.

$$x = 2f$$



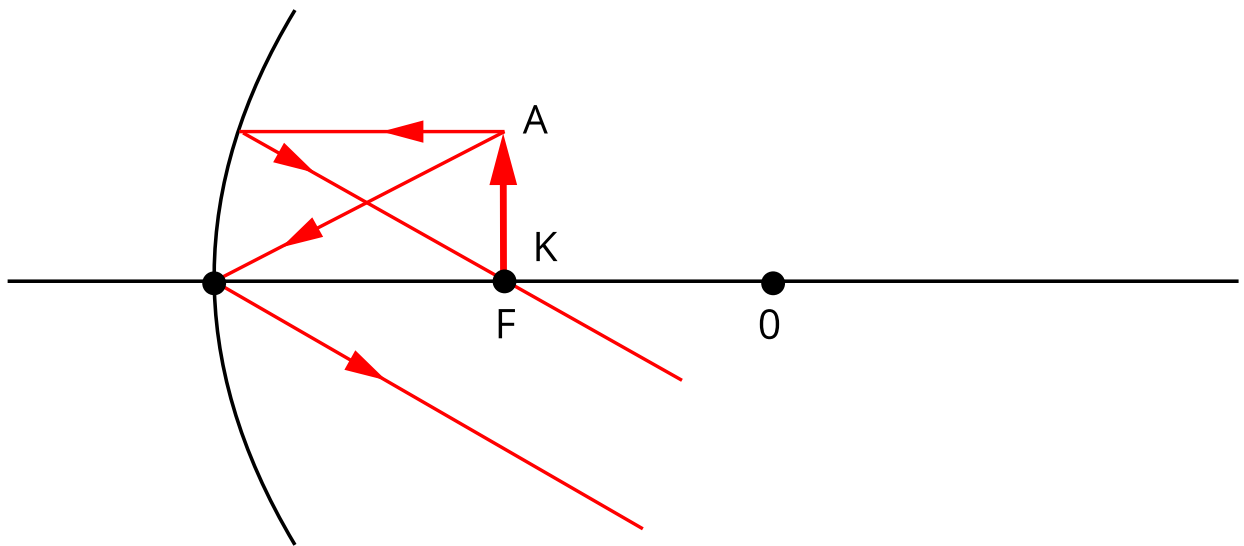
Rys. 4. Obraz rzeczywisty, tej samej wielkości co przedmiot, odwrócony.

$$f < x < 2f$$



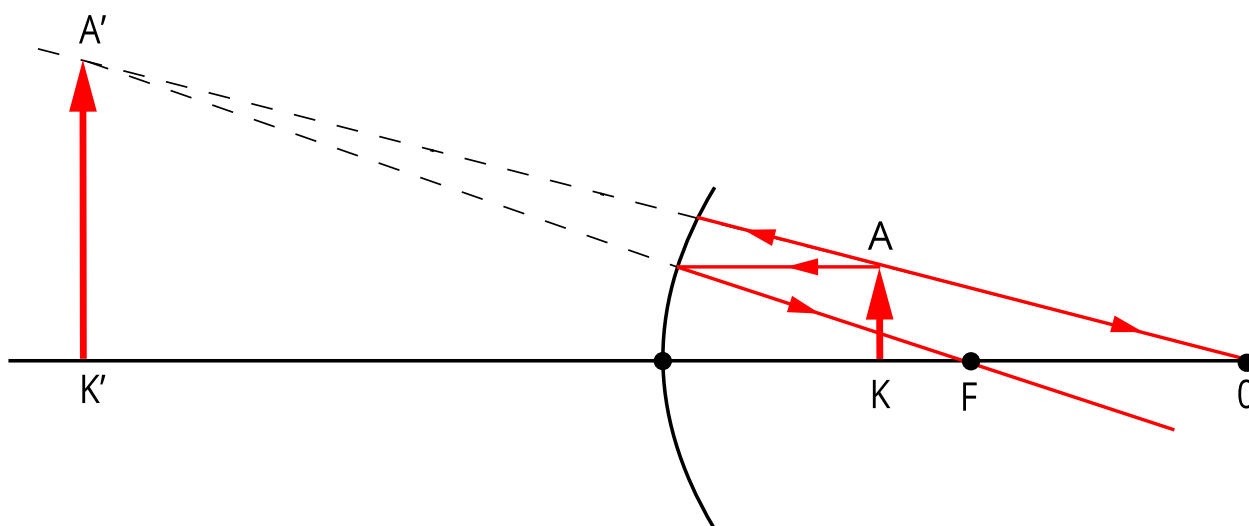
Rys. 5. Obraz rzeczywisty, powiększony, odwrócony.

$$x = f$$



Rys. 6. Obraz nie powstaje.

$$0 < x < f$$



Rys. 7. Obraz pozorny, powiększony, prosty .

Możemy to przedstawić w tabeli:

odległość przedmiotu od powierzchni zwierciadła	cechy obrazu
$x > 2f$	rzeczywisty, zmniejszony, odwrócony
$x = 2f$	rzeczywisty, tej samej wielkości co przedmiot, odwrócony
$f < x < 2f$	rzeczywisty, powiększony, odwrócony
$x = f$	obraz nie powstaje
$0 < x < f$	pozorny, powiększony, prosty

## Słowniczek

### Pozorny obraz

(*ang.: virtual image*) obraz powstający w miejscu przecięcia się przedłużeń promieni odbitych od zwierciadła w przypadku, gdy wiązka odbita od zwierciadła jest rozbieżna. Obraz pozorny jest niewidoczny na ekranie, ale może zostać odwzorowany na siatkówce oka, kliszy aparatu fotograficznego, itp., dzięki właściwościom skupiającym oka, obiektywu.

### Rzeczywisty obraz

(*ang.: real image*) obraz powstający w miejscu przecięcia się promieni odbitych od zwierciadła w przypadku, gdy wiązka odbita od zwierciadła jest zbieżna. Jest możliwy do

| odwzorowania na ekranie (na przykład na kartce); powstaje niezależnie od obserwatora.

# Symulacja interaktywna

---

## Powstawanie obrazu w zwierciadle kulistym wklęsłym

Symulacja przedstawia konstrukcję obrazu w zwierciadle kulistym wklęsłym o ogniskowej  $f = 12$  cm. Wykorzystaj następujące możliwości techniczne symulacji:

- zbliżanie / oddalanie przedmiotu od zwierciadła;
- zmiana wysokości przedmiotu;
- powiększanie / pomniejszanie (tzw. zoomowanie) widoku względem punktu wskazanego przez kursor na ekranie, za pomocą kółka myszy;
- odczytywanie wartości  $x$  (odległość przedmiotu od zwierciadła);
- wybór sposobu konstrukcji obrazu:

**konstrukcja 1** wykorzystuje promienie: przechodzący przez ognisko oraz równoległy do osi optycznej;

**konstrukcja 2** wykorzystuje promienie: przechodzący przez środek zwierciadła oraz odbijający się w jego wierzchołku;

- odczytywanie wartości  $y_1$  i  $y_2$  (odległość obrazu od zwierciadła), dla każdej konstrukcji oddzielnie).

Zauważysz zapewne, że symulacja napotyka „trudności” w konstrukcji obrazu, gdy przedmiot znajduje się w pobliżu ... no właśnie: w pobliżu jakiego punktu specyficznego zwierciadła - jego wierzchołka, jego ogniska czy jego środka?

Zwróć uwagę na różnicę w położeniach  $y_1$  i  $y_2$  obrazów uzyskanych za pomocą obu konstrukcji. Różnica ta nie jest stała: zbadaj, od jakich czynników zależy ta różnica położenia; kiedy jest pomijalnie mała, a kiedy jest bezdyskusyjnie widoczna.




### Polecenie 1

## Polecenie 2

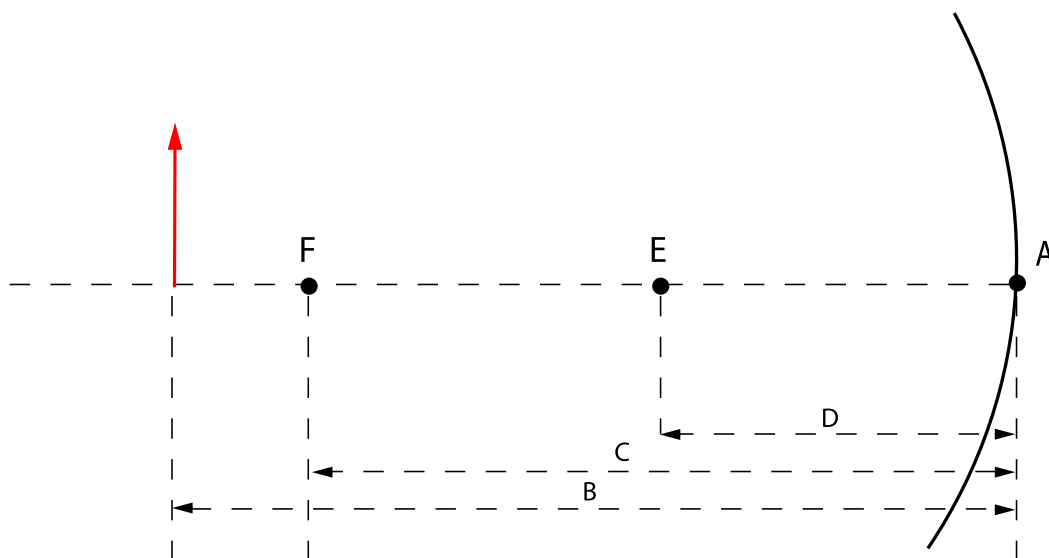
Odległości  $y_1$  i  $y_2$  są różne wskutek występowania tzw. aberracji sferycznej. O tej właściwości zwierciadeł sferycznych, na ogół niepożądaney, możesz się więcej dowiedzieć w e-materiale „Zwierciadło kuliste wklęsłe i paraboliczne”.

Rozstrzygnij, która z konstrukcji zapewnia uzyskanie obrazu wolnego od efektów aberracji sferycznej.

# Sprawdź się

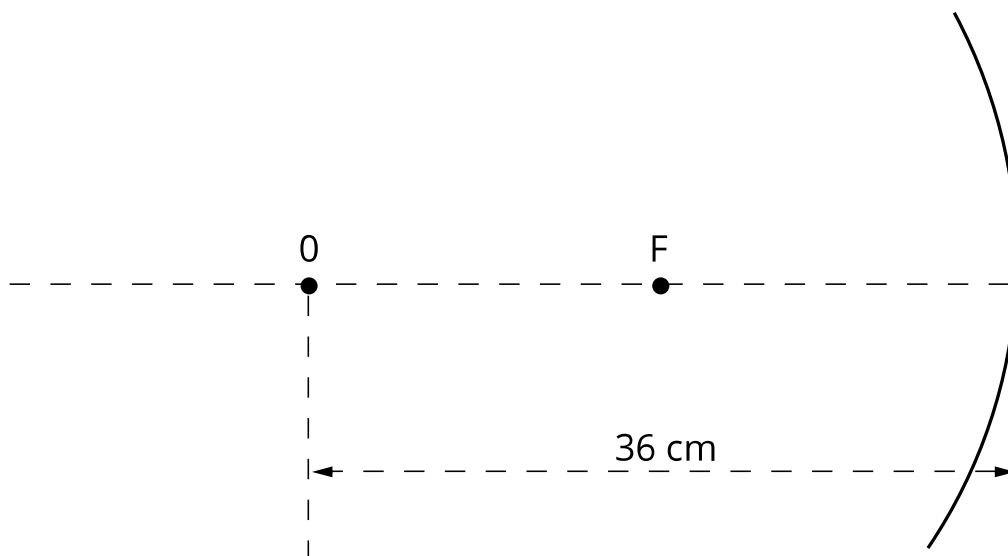
Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

## Ćwiczenie 2



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

## Ćwiczenie 3



## Ćwiczenie 4



## Ćwiczenie 5



## Ćwiczenie 6



## Ćwiczenie 7



## Ćwiczenie 8



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

## Ćwiczenie 9



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Ewelina Kędzierska
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Bieg promieni i konstrukcja obrazu w zwierciadle kulistym wklęsłym</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy (rozszerzenie zapisu podstawy programowej dla tego zakresu).
<b>Podstawa programowa:</b>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b></p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p><b>Zakres podstawowy</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i doбира zakresy osi;</p> <p>7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;</p> <p>IX. Fale i optyka. Uczeń:</p> <p>5) opisuje zjawiska jednoczesnego odbicia i załamania światła na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się światła; opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia.</p>

<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul>
<b>Cele operacyjne:</b>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. określi, co to jest zwierciadło kuliste wklęsłe i jak powstaje,</li> <li>2. skonstruuje obrazy powstające w zwierciadle dla różnych odległości przedmiotu od jego powierzchni,</li> <li>3. opíše cechy obrazów powstających w zwierciadłach kulistych wklęsłych,</li> <li>4. wykorzysta zdobytą wiedzę do rozwiązywania problemów i sytuacji nietypowych związanych z odbiciem światła od zwierciadła wklęsłego.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	IBSE
<b>Metody nauczania:</b>	Merytoryczna dyskusja wprowadzająca, obserwacja, doświadczenia, podsumowująca rozmowa kierowana.
<b>Formy zajęć:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- praca w parach,</li> <li>- praca indywidualna.</li> </ul>
<b>Środki dydaktyczne:</b>	tablica multimedialna/rzutnik
<b>Materiały pomocnicze:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- świeczka,</li> <li>- kartka,</li> <li>- zwierciadło kuliste wklęsłe.</li> </ul> <p>Uwaga! Wymagana jest zaciemniana pracownia.</p>
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	

Nauczyciel rozpoczyna lekcję poprzez zaciekawienie uczniów tematem – efekt ten może uzyskać poprzez odniesienie do życia codziennego, przywołanie zastosowań zwierciadeł kulistych wklęsłych.

W merytorycznej dyskusji wprowadzającej nauczyciel nawiązuje do wiedzy uczniów i zachęca ich do samodzielnego przypomnienia informacji na temat rozchodzenia się fali świetlnej i prawa odbicia, na temat zwierciadeł kulistych wklęsłych – sposobów ich uzyskiwania oraz wielkości charakteryzujących te zwierciadła.

### **Faza realizacyjna:**

1. Konstruowanie wiedzy z zakresu nowego tematu:

- nauczyciel za pomocą świeczki, zwierciadła kulistego wklęsłego i kartki pokazuje uczniom sposób powstawania obrazu rzeczywistego oraz to, jak cechy tego obrazu zmieniają się wraz ze zmianą odległości świeczki od powierzchni odbijającej,
- uczniowie wyciągają wnioski z zaprezentowanego doświadczenia,
- nauczyciel podaje uczniom „przepis” na konstrukcję obrazu w zwierciadle wklęsłym oraz wykonuje z uczniami rysunek dla  $x > 2f$ ,
- nauczyciel omawia z uczniami cechy obrazów powstających w zwierciadłach kulistych oraz dokładnie tłumaczy ich sens.

2. Kolejny etap lekcji obejmuje rekonstruowanie wiedzy uczniów:

- uczniowie na podstawie informacji uzyskanych od nauczyciela samodzielnie mierzą się z problemem, którym jest skonstruowanie obrazów dla:  $x = 2f$ ;  $2f > x > f$ ;  $x = f$ ;  $f > x > 0$ ,
- uczniowie dobierają się w pary i sprawdzają sobie nawzajem narysowane konstrukcje próbując omówić ewentualne problemy,
- nauczyciel pochodzi do każdej z par i sprawdza wyniki pracy.

### **Faza podsumowująca:**

Nauczyciel przeprowadza z uczniami rozmowę, podczas której omawiają uzyskane w czasie lekcji obrazy podając ich cechy. Wspólnie z uczniami wykonuje zadania 7-9 z Zestawu ćwiczeń. Dodatkowo powinien sprowokować uczniów do wskazania problemów napotkanych w czasie samodzielnej pracy.

### **Praca domowa:**

Zapoznanie się uczniów z symulacją interaktywną dołączoną do e-materiału w celu utrwalenia omawianych zagadnień oraz wykonanie zadań 1-6 z Zestawu ćwiczeń.

<b>Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:</b>	Symulacja może być wykorzystana w pracy samodzielnej ucznia przed lekcją lub po niej.
--	---