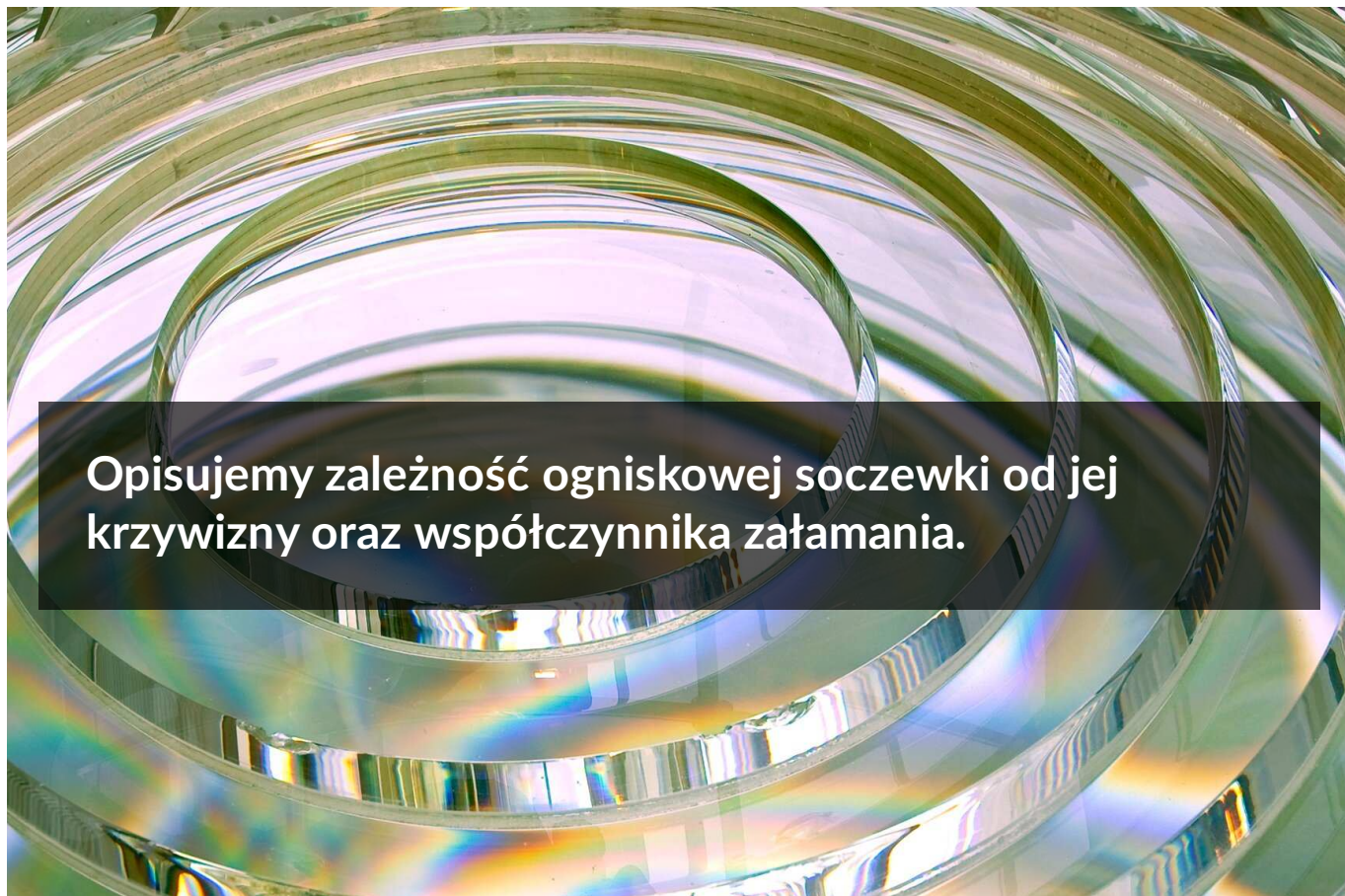


Opisujemy zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny oraz współczynnika załamania.

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Opisujemy zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny oraz współczynnika załamania.

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdjęcie/soczewki-fresnela-beacon-latarnia-morska-gm98731954-3896761> [dostęp 7.03.2022].

## Czy to nie ciekawe?

Soczewka jest podstawowym elementem optycznym. Możesz ją zobaczyć w okularach do korekcji wad wzroku, w aparacie fotograficznym, mikroskopie, teleskopie i wielu, wielu innych urządzeniach (Rys. a). Jej popularność i powszechność są tak ogromne, że stała się wręcz niezauważalna. Z tego też względu powinniśmy przyrzeć się jej bliżej. W niniejszym materiale zwrócimy uwagę na zależność pomiędzy ogniskową soczewki, a promieniem krzywizny i współczynnikiem załamania.



Rys. a. Szereg zastosowań soczewek w przyrządach optycznych [Źródło: Wikimedia Commons / Public domain]

## Twoje cele

Przeczytanie niniejszego materiału sprawi, że:

- dowiesz się, czym są i jaką rolę spełniają w optyce soczewki,
- poznasz najpopularniejszy podział soczewek,
- dowiesz się, czym jest zdolność skupiająca soczewki,
- przeanalizujesz, jak zmienia się ogniskowa soczewki w zależności od promienia jej krzywizny oraz współczynnika załamania,
- zastosujesz poznany wzór do rozwiązywania zadań rachunkowych.

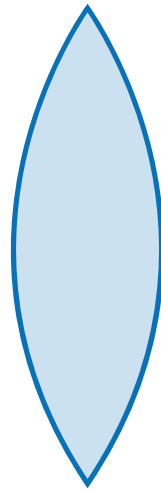
# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

Soczewka jest bryłą wykonaną z przezroczystego dla światła materiału (zwykle ze szkła lub sztucznego tworzywa), ograniczoną co najmniej z jednej strony powierzchnią sferyczną. Czasem zdarza się tak, że powierzchnia ta jest paraboliczna bądź walcowata, jednak takich przypadków rozpatrywać nie będziemy. Soczewki mogą mieć zatem różne kształty. Wśród najpopularniejszych ich typów wymienić można:

a) soczewki dwuwypukłe – ograniczone z obu stron powierzchniami kulistymi wypukłymi (Rys. 1.)



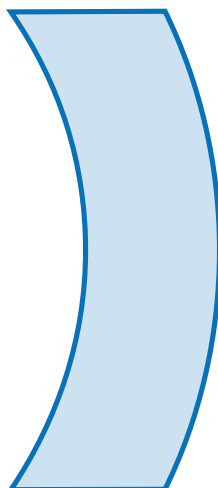
Rys. 1. Soczewka dwuwypukła

b) soczewki płasko-wypukłe – z jednej strony ograniczone powierzchnią płaską, z drugiej – kulistą wypukłą (Rys. 2.)



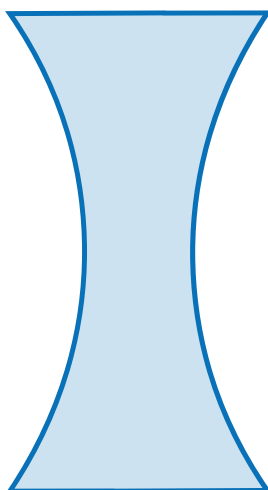
Rys. 2. Soczewka płasko-wypukła

c) soczewki wklęsło-wypukłe – ograniczone z jednej strony powierzchnią kulistą wklęsłą, z drugiej – kulistą wypukłą (Rys. 3.)



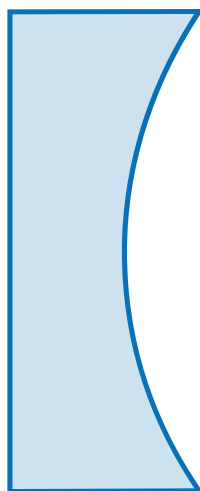
Rys. 3. Soczewka wklęsło-wypukła

d) soczewki dwuwklęsłe – z obu stron ograniczone powierzchnią kulistą wklęsłą (Rys. 4.)



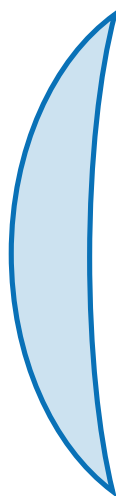
Rys. 4. Soczewka dwuwklęsła

e) soczewki płasko-wklęsłe – z jednej strony ograniczone powierzchnią płaską, z drugiej – kulistą wklęsłą (Rys. 5.)



Rys. 5. Soczewka płasko-wklęsła

f) soczewki wypukło-wklęsłe – z jednej strony ograniczone powierzchnią kulistą wypukłą, z drugiej – kulistą wklęsłą (Rys. 6.)



Rys. 6. Soczewka wypukło-wklęsła

Chcąc opisać takie soczewki powinniśmy przyjąć pewną konwencję, która pozwoli nam tego dokonać. Ustalmy, że:

1. Prosta przechodząca przez środki powierzchni ograniczających soczewkę nazywać będziemy osią optyczną soczewki.
2. W przypadku, gdy mamy do czynienia z powierzchnią wypukłą, przyjmujemy, że promień jej krzywizny jest dodatni, zaś dla powierzchni wklęsłej – przyjmujemy promień ujemny.
3. Gdy powierzchnia ograniczająca soczewkę będzie płaska, założymy, że jej promień krzywizny jest nieskończony, zatem (jak wiadomo z matematyki) wyrażenie  $1/R$  przyjmie wartość 0.

Warto przypomnieć sobie także, że równoległa wiązka promieni świetlnych padająca na soczewkę, po przejściu przez nią, może skupić się w punkcie zwanym **ogniskiem** (oznaczanym literą  $F$ ). Taką soczewkę nazywamy skupiającą. W sytuacji, gdy promienie po przejściu przez soczewkę, oddalają się od osi optycznej (czyli wiązka jest rozbieżna), to ich przedłużenia przecinają się w **ognisku** pozornym. Soczewkę taką nazywamy rozpraszającą. Światło może padać na soczewkę zarówno z prawej, jak i z lewej strony. Każda soczewka ma zatem dwa **ogniska** leżące na osi optycznej, po obu jej stronach, w takiej samej odległości od środka. Odległość **ogniska** od środka soczewki nazywana jest **ogniskową**, oznaczana jako  $f$  i wyrażana w metrach. Soczewka skupiająca ma **ogniskową** dodatnią, a rozpraszająca ujemną.

Soczewkę charakteryzuje jeszcze jedna wielkość, a mianowicie jej **zdolność skupiająca** (zbierająca)  $Z$ :

$$Z = \frac{1}{f} \quad (1)$$

Zdolność skupiająca jest odwrotnością ogniskowej. Jej podstawową jednostką jest  $\frac{1}{\text{m}}$ , określaną popularnie jako dioptria.

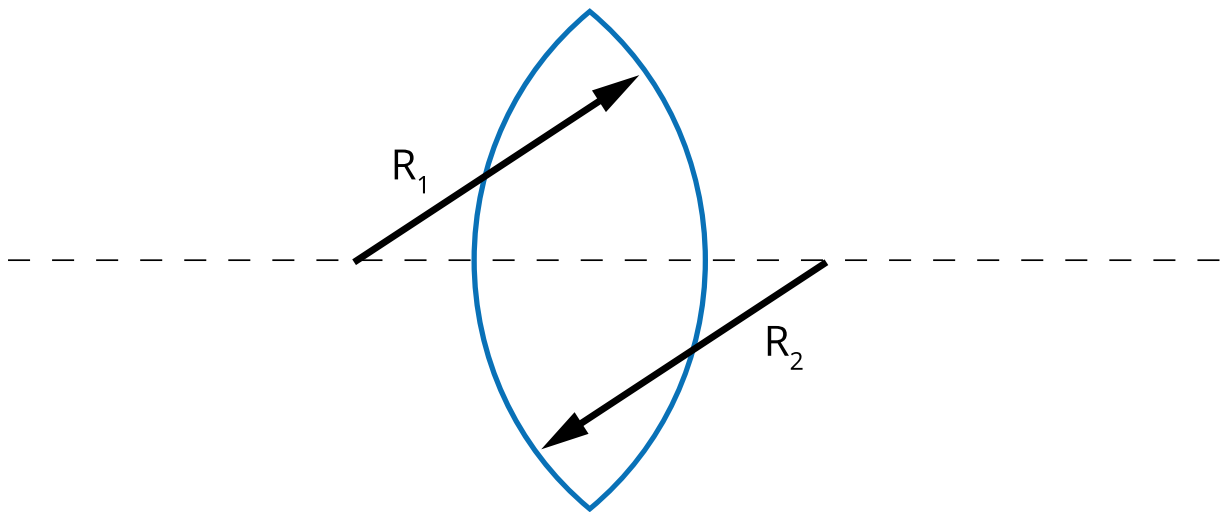
Zdolność skupiającą soczewki określa się również bardziej rozbudowanym wzorem, łączącym w sobie zarówno oba promienie krzywizny soczewki  $R_1$  oraz  $R_2$ , jak i współczynniki załamania ośrodka, z którego dana soczewka została wykonana  $n_{\text{soczewki}}$  i ośrodka ją otaczającego  $n_{\text{otoczenia}}$ . Wzór ten przyjmuje postać:

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_{\text{soczewki}}}{n_{\text{otoczenia}}} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (2)$$

Stosuje się go do soczewek cienkich, czyli takich, których grubość jest znacznie mniejsza od promienia krzywizny powierzchni ograniczającej soczewkę.

Dla przykładu, dostosowując się do zaproponowanej wyżej konwencji, możemy zapisać:

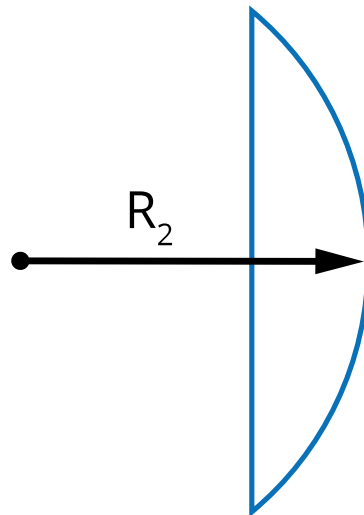
- dla soczewki dwuwypukłej:



Rys. 7. W przypadku soczewki dwuwypukłej promienie krzywizn przyjmują wartości większe od zera, zatem czynnik  $\left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$  jest dla soczewki dwuwypukłej zawsze dodatni

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_{\text{soczewki}}}{n_{\text{otoczenia}}} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

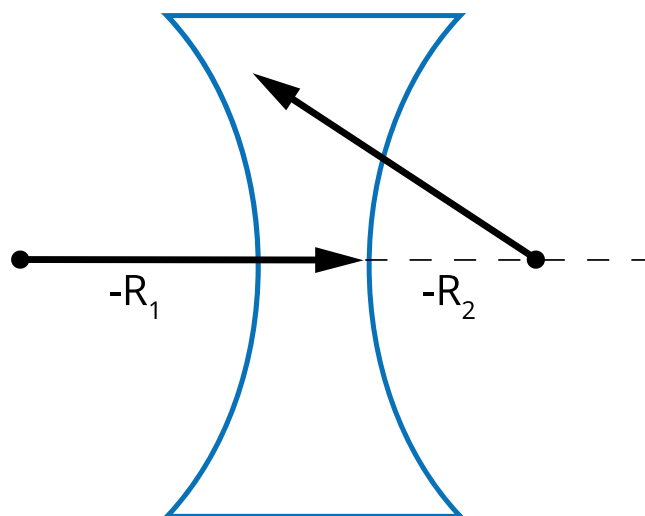
- dla soczewki płasko-wypukłej:



Rys. 8. W przypadku soczewki płasko-wypukłej  $R_1 = \infty$ , zaś  $R_2 > 0$ , zatem  $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 0 + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_2} > 0$ , więc czynnik zawierający promienie jest dodatni

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_{\text{soczewki}}}{n_{\text{otoczenia}}} - 1 \right) \left( 0 + \frac{1}{R_2} \right)$$

- dla soczewki dwuwklęsłej:

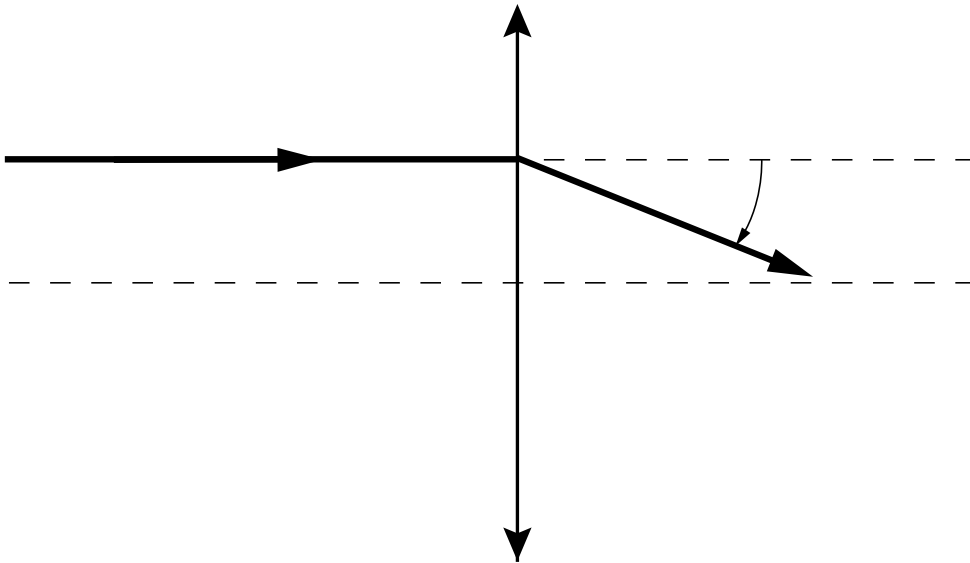


Rys. 9. W przypadku soczewki dwuwklęsłej oba promienie przyjmują wartości ujemne, zatem  $-\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} < 0$ , więc czynnik zawierający promienie jest mniejszy od zera

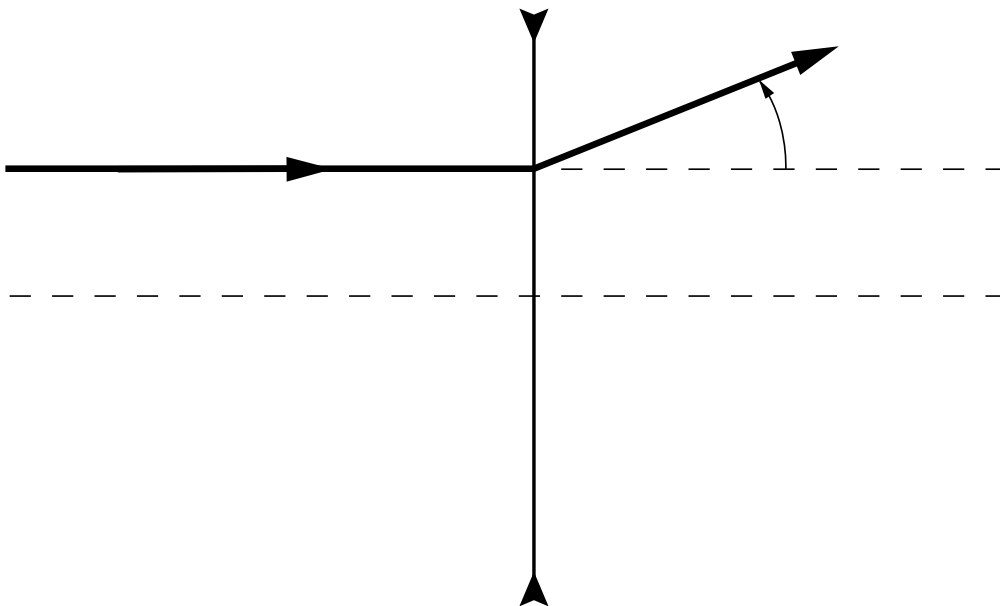
$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_{\text{soczewki}}}{n_{\text{otoczenia}}} - 1 \right) \left( -\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Jak już wcześniej wspomniano, ogniskowa soczewki nie zależy wyłącznie od krzywizny powierzchni, ale również od rodzaju materiału, z którego dana soczewka została wykonana – a ściślej rzecz ujmując – od jego współczynnika załamania. Jeśli  $n_{\text{soczewki}} < n_{\text{otoczenia}}$ , to wyrażenie zawarte w pierwszym nawiasie przyjmie wartość mniejszą od zera. Jeśli iloczyn obu nawiasów, będący odwrotnością ogniskowej, przyjmie wartość dodatnią – mamy wówczas do czynienia z soczewką skupiającą, jeśli zaś wartość mniejszą od zera – z soczewką rozpraszającą. Co to oznacza? Otóż, w przypadku soczewki skupiającej promień

światłny po przejściu przez nią zostanie odchylony w kierunku osi optycznej (Rys. 10.).  
W przypadku soczewki rozpraszającej promień zostanie odchylony w kierunku przeciwnym (Rys. 11.).

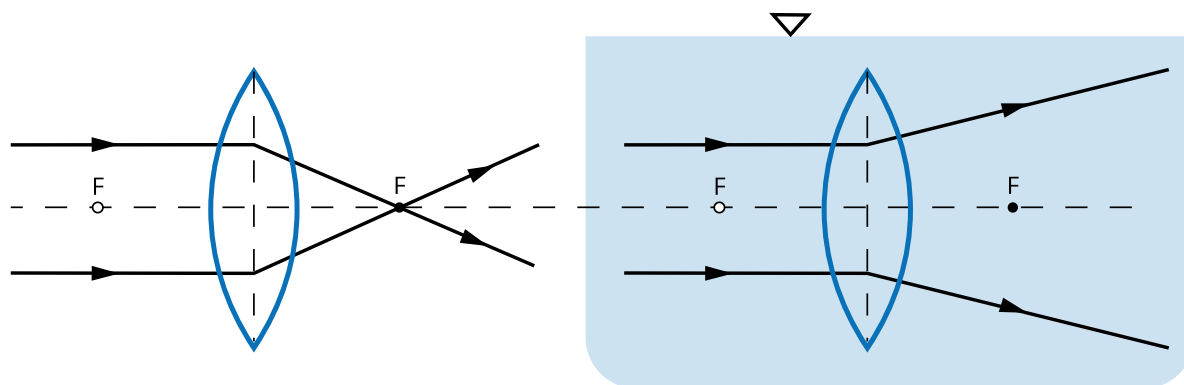


Rys. 10. Bieg promienia przechodzącego przez soczewkę skupiającą



Rys. 11. Bieg promienia przechodzącego przez soczewkę rozpraszającą

Warto także zwrócić uwagę na to, że soczewka może być skupiająca bądź rozpraszająca zależnie od ośrodka, w którym się znajduje. Tym samym soczewka, która w powietrzu jest soczewką skupiającą, po zanurzeniu w odpowiedniej cieczy, może stać się rozpraszającą (Rys. 12.).



Rys. 12. Po zanurzeniu w cieczy o współczynniku załamania większym od współczynnika załamania soczewki, soczewka, która w powietrzu była skupiająca, stała się rozpraszająca

## Słowniczek

### Ognisko

(*ang.: focus*) punkt układu optycznego, leżący na osi optycznej, charakteryzujący się tym, że promienie początkowo równoległe do osi optycznej po przejściu przez soczewkę przecinają się w nim.

### Ogniskowa

(*ang.: focus length*) odległość pomiędzy ogniskiem a środkiem soczewki mierzona wzdłuż osi optycznej.

### Zdolność skupiająca soczewki

(*ang.: optical power*) wielkość fizyczna równa co do wartości odwrotności ogniskowej soczewki.

# Film samouczek

---

## Zależność ogniskowej soczewki od ośrodka

Niniejszy film pozwoli Ci zrozumieć, jak zmienia się ogniskowa soczewki (a zarazem jej zdolność skupiająca) po zmianie ośrodka, w którym ta soczewka się znajduje. Obejrzyj film i wykonaj polecenia.

Trwa wczytywanie danych..

Polecenie 1

Polecenie 2

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Ewelina Kędzierska
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Opisujemy zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny oraz współczynnika załamania</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
<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><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności;</p> <p>16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych;</p> <p>X. Fale i optyka. Uczeń:</p> <p>17) opisuje jakościowo zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny oraz współczynnika załamania; stosuje do obliczeń pojęcie zdolności skupiającej wraz z jej jednostką.</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. wyjaśni, czym są i jaką rolę spełniają w optyce soczewki.</li> <li>2. przedstawi najpopularniejszy podział soczewek.</li> <li>3. wyjaśni konwencję stosowania znaków w przypadku soczewek.</li> <li>4. omówi, czym jest zdolność skupiająca soczewki.</li> <li>5. przeanalizuje, jak zmienia się ogniskowa soczewki w zależności od promienia jej krzywizny oraz współczynnika załamania.</li> <li>6. zastosuje poznany wzór do rozwiązywania zadań rachunkowych.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	ISBE
<b>Metody nauczania:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- merytoryczna dyskusja wprowadzająca,</li> <li>- obserwacja,</li> <li>- podsumowująca rozmowa kierowana.</li> </ul>
<b>Formy zajęć:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dyskusja grupowa,</li> <li>- praca indywidualna.</li> </ul>
<b>Środki dydaktyczne:</b>	tablica multimedialna / rzutnik.
<b>Materiały pomocnicze:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lupa,</li> <li>- świeczka,</li> <li>- zestaw do prezentacji doświadczeń z optyki.</li> </ul>
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	

Pierwszym celem, jak i kluczowym aspektem działań nauczyciela, jest wprowadzenie do tematu i zaciekawienie uczniów poprzez odniesienie do życia codziennego, np. opowiedzenie im o tym, gdzie w otaczającej ich rzeczywistości mogą spotkać soczewki – pokazanie kilku przykładów w klasie (np. soczewki okularowe uczniów itp.).

Uczeń, po takim wstępie, powinien wiedzieć, że nie uczy się o czymś, co jest oderwane od rzeczywistości.

Nauczyciel pokazuje uczniom, w jaki sposób działają soczewki z wykorzystaniem zestawu bądź (jeśli takowego nie ma w szkolnej pracowni) świeczki i lupy.

Następnie, nauczyciel rozpoznaje wiedzę wyjściową uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązuje do tej wiedzy w merytorycznej dyskusji wprowadzającej. Nauczyciel prowokuje uczniów do tego, by przypomnieli sobie podstawowe informacje na temat rozchodzenia się światła.

### **Faza realizacyjna:**

- Konstruowanie wiedzy z zakresu nowego tematu:
  - nauczyciel mówi uczniom czym jest soczewka, a następnie pokazuje im możliwe kształty soczewek,
  - uczniowie, na podstawie informacji uzyskanych od nauczyciela, próbują nazwać kolejne z prezentowanych im soczewek,
  - nauczyciel zapisuje uczniom równanie łączące ze sobą wielkości – ogniskową oraz promień krzywizn soczewki i współczynniki załamania: materiału, z którego wykonana jest soczewka oraz otoczenia; przedstawia uczniom konwencję znaków stosowaną w zadaniach,
  - uczniowie analizują postaci wzoru dla każdego, wymienionego wcześniej, kształtu soczewki,
  - nauczyciel prowokuje uczniów, by zastanowili się, jak zmieni się ogniskowa (zdolność skupiająca) soczewki, po tym, jak zostanie ona włożona do cieczy o większym współczynniku załamania niż współczynnik załamania materiału, z którego ta soczewka została wykonana.
  
- Rekonstruowanie wiedzy uczniów poprzez wspólne wykonanie zadań z części „Sprawdź się”:
  - uczniowie wykonują wspólnie z nauczycielem na tablicy zadanie 7,
  - uczniowie wykonują samodzielnie zadanie 8, następnie dobierają się w pary lub zespoły trzyosobowe w celu wzajemnego sprawdzenia rozwiązań i wytłumaczenia sobie rzeczy niejasnych,
  - nauczyciel omawia na tablicy rozwiązanie zadania 8.

### **Faza podsumowująca:**

Nauczyciel przypomina uczniom najważniejsze informacje z lekcji. Uczniowie (jeśli zachodzi taka potrzeba) zadają pytania w celu wytłumaczenia niejasnych kwestii.

**Praca domowa:**

Zadania 1-6 z części „Sprawdź się”.

**Wskazówki  
metodyczne opisujące  
różne zastosowania  
danego multimedium:**

Należy zachęcić uczniów do zapoznania się w domu z załączonym do materiału filmem samouczkiem przed lub po lekcji. Należy jednak wcześniej wytłumaczyć im, czego dotyczy multimedium.