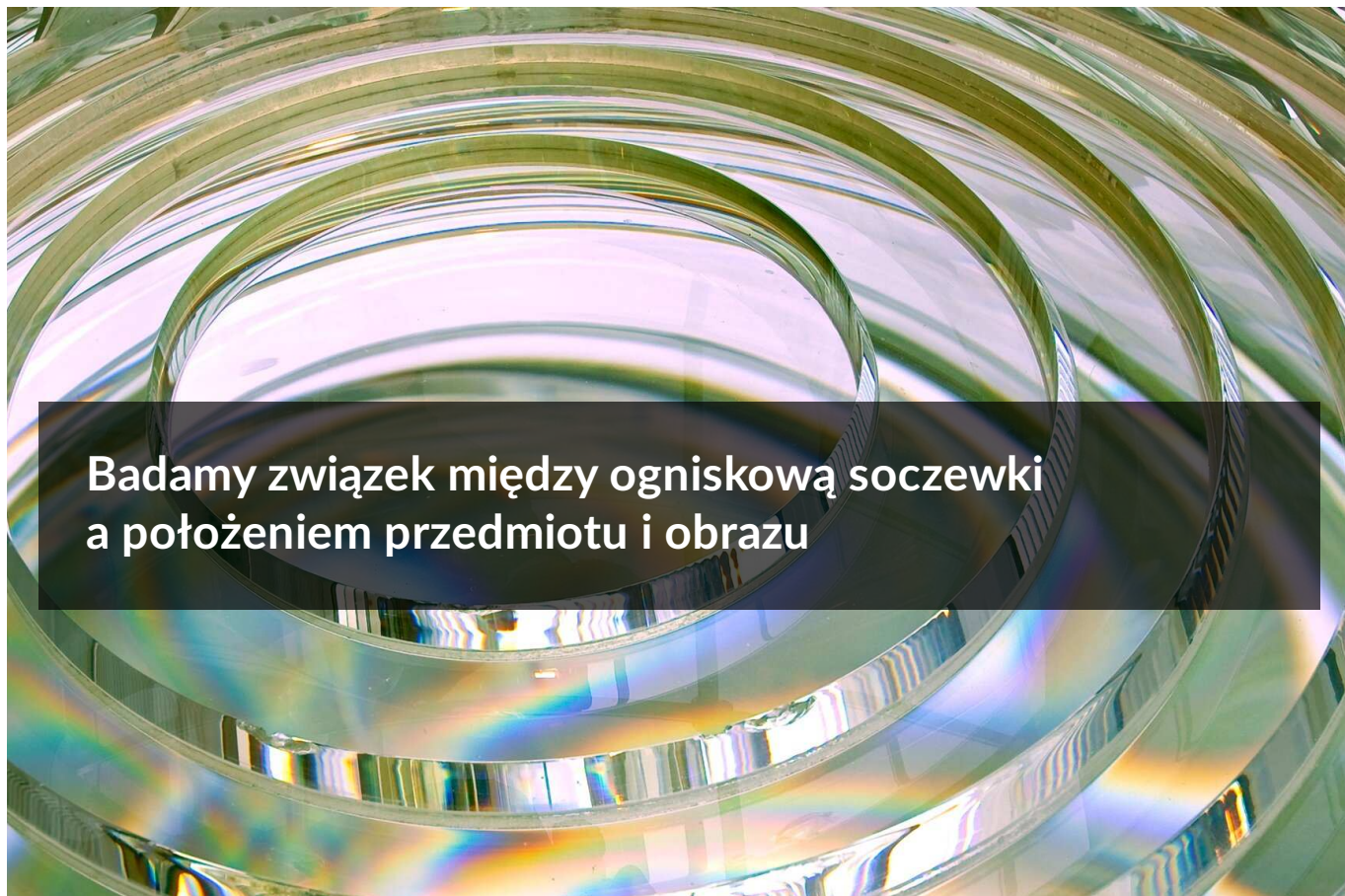




Badamy związek między ogniskową soczewki a położeniem przedmiotu i obrazu

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium WL-S](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

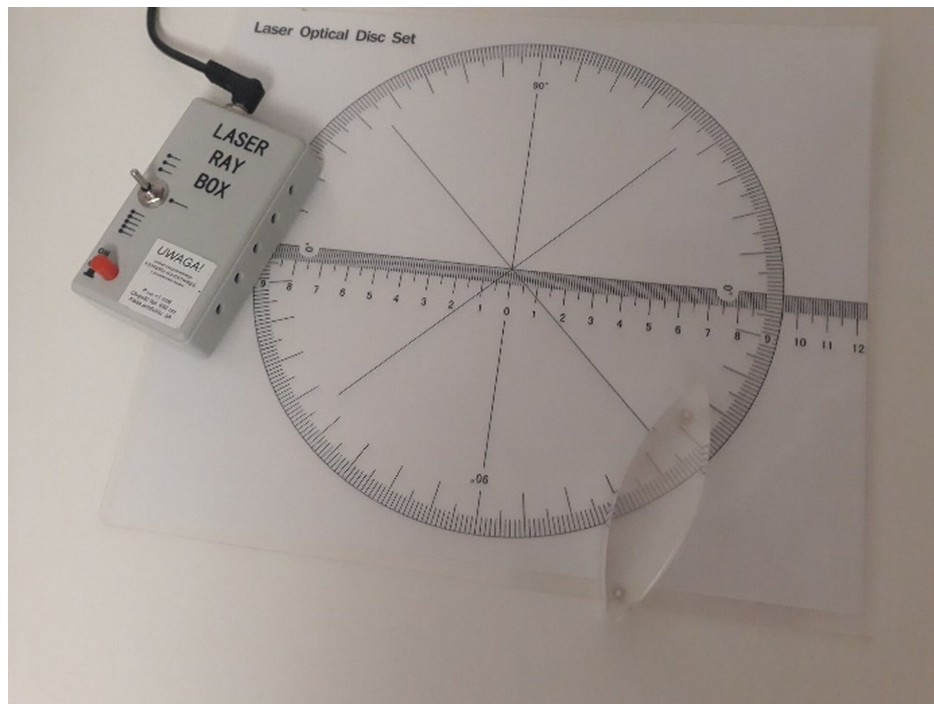


**Badamy związek między ogniskową soczewki  
a położeniem przedmiotu i obrazu**

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.shutterstock.com/image-photo/fresnel-lens-lighthouse-beacon-rotated-on-4035514> [dostęp 24.04.2022].

## Czy to nie ciekawe?

Jeśli posiadamy soczewkę o nieznaney nam zdolności skupiającej, możemy ją łatwo określić za pomocą prostego doświadczenia. Wystarczy użyć w tym celu soczewki, źródła światła, ekranu (którym może być ściana lub kartka) oraz miarki pozwalającej na odczytanie odległości. Jak to wykonać praktycznie? Będziesz wiedział po zapoznaniu się z tym materiałem.



Rys. a. Określenie zdolności skupiającej soczewki jest możliwe do wykonania z użyciem prostego układu pomiarowego.

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

### Twoje cele

Zapoznanie z treścią materiału sprawi, że:

- przypomnisz sobie równanie soczewki cienkiej,
- doświadczalnie wyznaczysz ogniskową soczewki,
- poznasz związek pomiędzy ogniskową a położeniem przedmiotu i obrazu,
- wykorzystasz równanie soczewki do obliczeń.

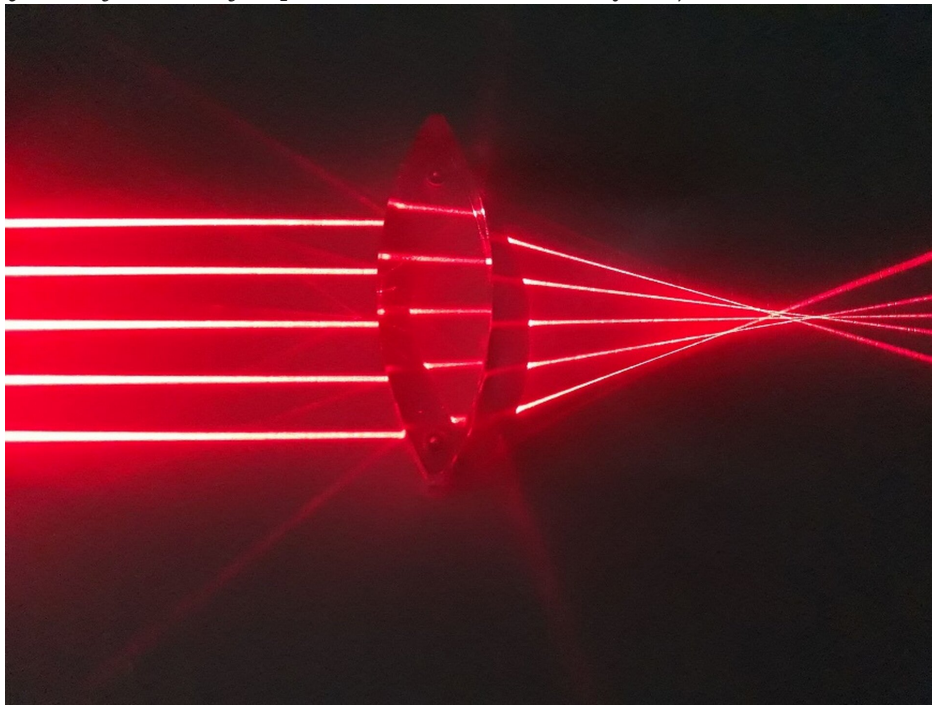
# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

Soczewki, czyli bryły wykonane z przezroczystego dla światła materiału, ograniczone przynajmniej z jednej strony powierzchnią kulistą, zmieniają kierunek biegu padających na nie promieni. W zależności od tego, z jakiego materiału są wykonane, jakie są ich promienie krzywizny oraz ośrodka, w którym się znajdują, soczewki mogą być:

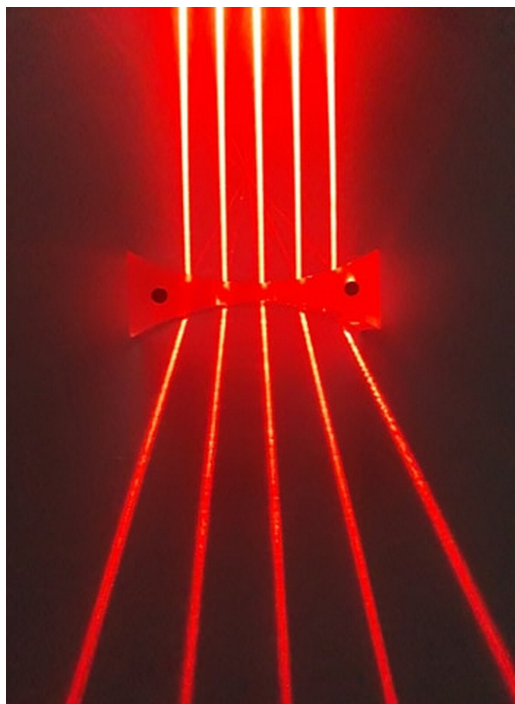
- skupiające (po przejściu przez nie równoległy do osi optycznej promień świetlny odchyła się do tej osi tak, jak przedstawiono to na Rys. 1.).



Rys. 1. Bieg promieni przechodzących przez soczewkę skupiającą.

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

- rozpraszające (po przejściu przez nie równoległy do osi optycznej promień świetlny odchyła się od tej osi tak, jak przedstawiono na Rys. 2.).



Rys. 2. Bieg promieni przechodzących przez soczewkę rozpraszającą.

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

Niezależnie jednak od tego, z jakim rodzajem soczewek mamy do czynienia, spełnione jest dla nich równanie łączące odległość przedmiotu  $x$ , obrazu  $y$  od soczewki oraz ogniskową  $f$ :

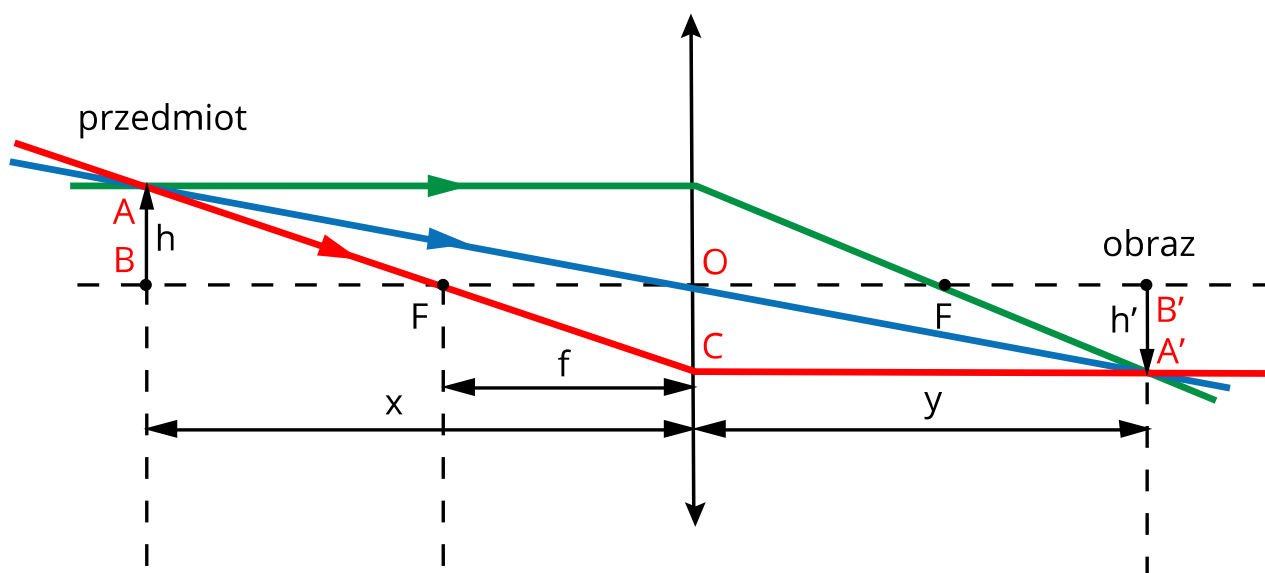
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$$

Wzór ten nazywany jest równaniem soczewki cienkiej, czyli takiej, której grubość jest znacznie mniejsza od obu promieni krzywizny powierzchni ograniczających soczewkę.

Należy pamiętać o następujących zasadach dotyczących znaków w tym równaniu:

- soczewkom rozpraszającym przypisujemy ujemną wartość ogniskowej  $f$ ,
- $x$  jest dodatnie dla każdego przedmiotu rzeczywistego,
- $y$  jest dodatnie dla obrazów rzeczywistych i ujemne dla obrazów pozornych.

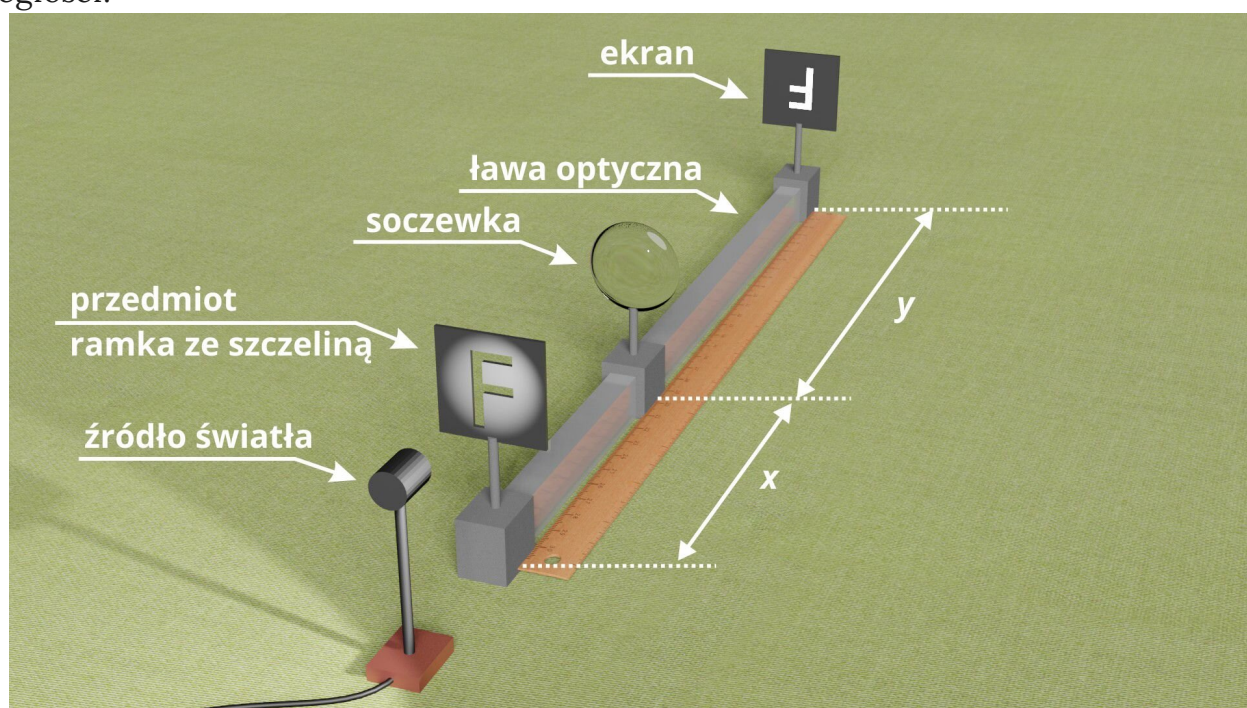
Na Rys. 3. przedstawiono konstrukcję obrazu w soczewce skupiającej i zaznaczono wielkości występujące w powyższym wzorze.



Rys. 3. Konstrukcja obrazu w soczewce skupiającej dla  $x > 2f$ . Na schemacie przyjęto następujące oznaczenia:  $x$  – odległość przedmiotu od soczewki,  $y$  – odległość obrazu od soczewki,  $f$  – ogniskowa,  $h$  – wysokość przedmiotu,  $h'$  – wysokość obrazu.

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

Spróbujemy doświadczalnie potwierdzić zapisaną wyżej zależność. W tym celu potrzebujemy: źródła światła, soczewki, ekranu oraz miarki pozwalającej na określenie odległości.



Rys. 4. Układ pomiarowy wykorzystywany do wyznaczania ogniskowej soczewki.

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

Umieśćmy przedmiot świecący (źródło światła) i ekran w odległości około metra od siebie, a następnie – pomiędzy nimi wstawmy soczewkę tak, by otrzymany na ekranie obraz był ostry i pomniejszony. Zanotujmy odległości przedmiotu i ekranu od soczewki. Przesuńmy teraz soczewkę o około 10 cm w stronę przedmiotu (alternatywą jest tutaj zmiana położenia przedmiotu przy stałej pozycji soczewki), ponownie znajdziemy ostry obraz i zanotujmy odległości. Powtórzmy czynność kilkakrotnie.

Czy możemy zauważyć jakąś zależność pomiędzy tymi wielkościami? Oczywiście – spełniają one równanie soczewki. Na ich podstawie możemy wyznaczyć ogniskową soczewki, a tym samym jej **zdolność skupiającą**. Jeśli wielkość ta jest nam znana – możemy otrzymany w wyniku doświadczenia wynik porównać z wartością rzeczywistą.

## Słowniczek

### 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. Gdy ogniskowa jest wyrażona w metrach, to zdolność skupiająca jest wyrażona w dioptriach.

# Wirtualne laboratorium WL-S

---

## Wirtualne laboratorium optyki

| Pojedynczy pomiar |
|-------------------|
|                   |

## Doświadczenie 1

### Problem badawczy

Celem doświadczenia jest zaplanowanie i przeprowadzenie pomiaru ogniskowej soczewki na podstawie położenia obiektu i jego obrazu.

### Hipoteza

Znajomość dwóch odległości: przedmiotu od soczewki oraz obrazu od soczewki skupiającej wystarczy, by wyznaczyć jej ogniskową.

### Co będzie potrzebne

Zapoznaj się ze sprzętem opisanym w Instrukcji, w sekcji „Wypożyczenie Laboratorium”. Odnies się do problematyki niepewności pomiaru odległości, czyli wielkości mierzonych bezpośrednio w Twoim doświadczeniu.

Wstaw do tekstu właściwe uzupełnienia.

Każdy pomiar odległości za pomocą ławy optycznej jest obarczony niepewnością graniczną równą  czyli  cm. W przypadku ograniczenia się do jednego pomiaru niepewność standardowa jest równa niepewności  podzielonej przez pierwiastek z , a niepewność całkowita jest równa niepewności .

Odczyty dokonane z dokładnością większą niż rozdzielczość, np. do  cm, są dopuszczalne. Przy takim odczycie niepewność graniczna .

standardowej

granicznej

całkowitej

dwóch

dokładności, z jaką dokonano odczytu

rozdzielczości miarki na tej ławie

standardowej

trzech

1

pozostaje niezmienną

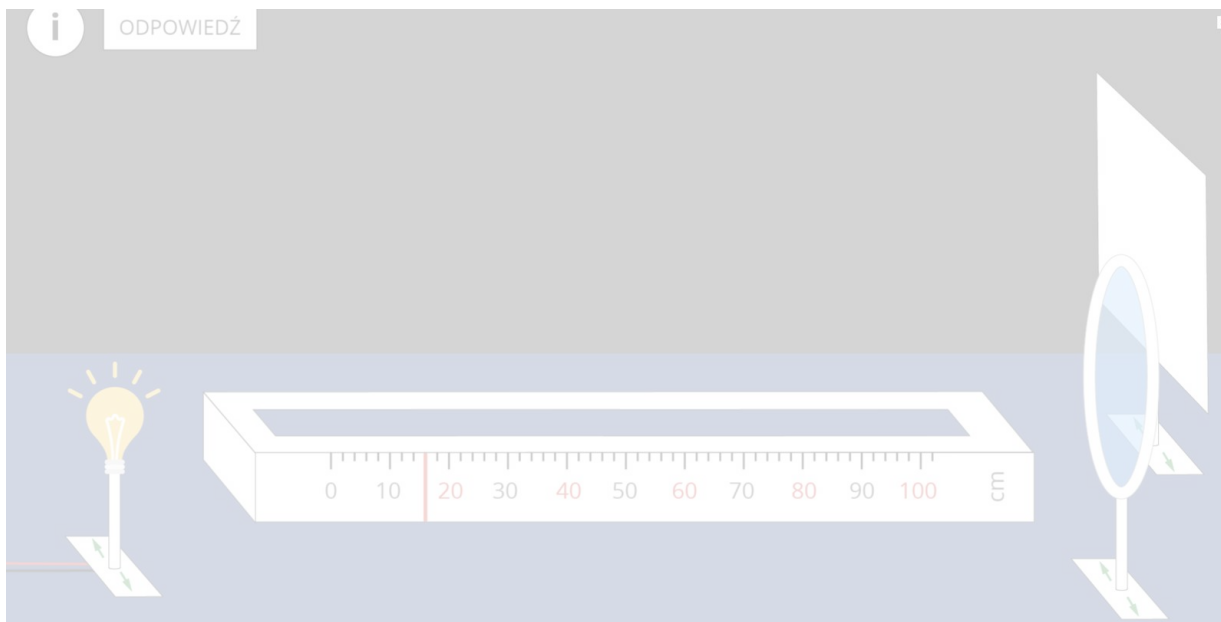
zostaje zmniejszona

2

pięciu

### Instrukcja

Przeprowadź pomiar zgodnie ze wskazówkami zawartymi w Wirtualnym Laboratorium.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DjIQpLLs5>

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

Zwróć uwagę, że poza niepewnością odczytu odległości, w doświadczeniu występuje jeszcze tzw. **niepewność eksperymentatora** (e-materiał „Niepewność całkowita”, wątek „Szacowanie niepewności metodą B”).

Dlaczego tak jest? Umieszczasz na ławie trzy elementy: żarówkę, soczewkę i ekran. Dwa z nich umieszczasz w położeniach niezależnych od siebie, praktycznie dowolnych. (Wybór tej pary zależy od przyjętej przez Ciebie metody postępowania.) Można więc przyjąć, zgodnie z wynikiem polecenia 1, że odległość pomiędzy tymi elementami jest odczytywana z niepewnością graniczną wynikającą z rozdzielczości skali na ławie, równą 2 cm. Trzeci element umieszczasz w położeniu **specyficznym**, które musisz dobrać zależnie od położenia elementów już umieszczonych.

Rozważ, czy pomiar odległości pomiędzy trzecim elementem a którymkolwiek z pierwszych dwóch jest obarczony taką samą niepewnością, większą, czy mniejszą? Czy niepewność ta zależy od rozmiaru obrazu? Zapisz swoje poglądy i krótko je uzasadnij.

## Podsumowanie

Przedstaw wynik pomiaru. Oszacuj niepewność standardową  $u(f)$  wykonanych pomiarów. Uwzględnij przy tym, że ogniskowa jest w tym eksperymencie mierzona pośrednio zgodnie z zależnością

$$f = \frac{x \cdot y}{x + y}$$

Niezbędne wiadomości odszukaj w e-materiale „Niepewność wielkości mierzonej pośrednio”.

Odnieś się do postawionej hipotezy badawczej. Porównaj przy tym uzyskaną wartość ogniskowej z wartością wzorcową podaną w laboratorium.

**Seria pojedynczych pomiarów.**

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Wybierz wszystkie odpowiedzi, które prawidłowo określają zależność pomiędzy odległością przedmiotu  $x$ , odległością obrazu  $y$  i ogniskową soczewki  $f$ .

☐  $f = \frac{xy}{x+y}$

☐  $x = \frac{fy}{y-f}$

☐  $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$

☐  $\frac{1}{y} = \frac{x-f}{fx}$

## Ćwiczenie 2



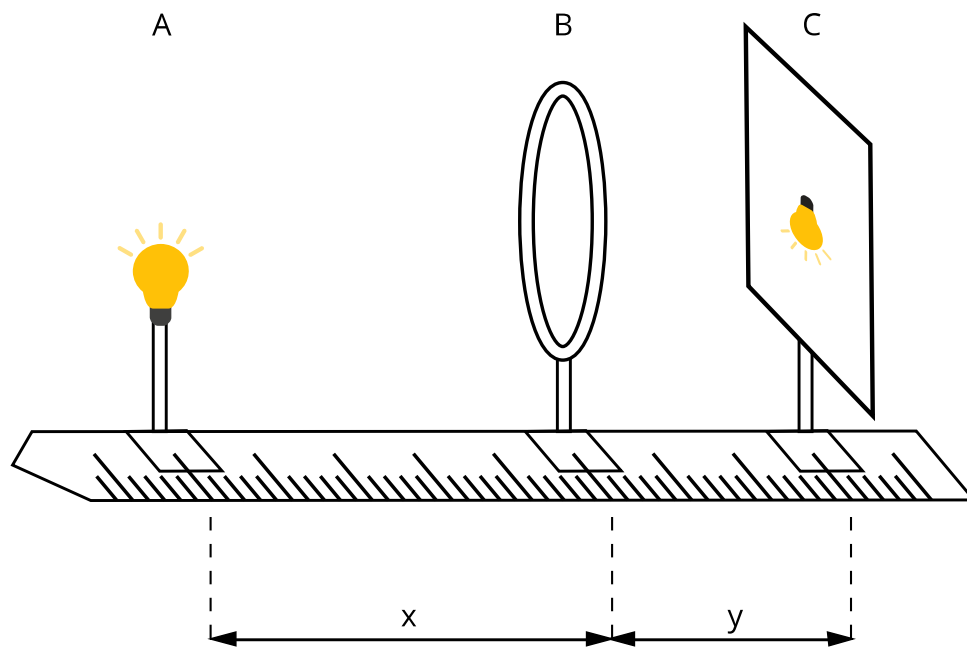
Od czego zależy ogniskowa soczewek cienkich? Wybierz wszystkie poprawne odpowiedzi.

☐ od odległości przedmiotu od soczewki☐ od materiału, z którego ta soczewka została wykonana☐ od promieni krzywizny tej soczewki☐ od odległości obrazu od soczewki

### Ćwiczenie 3



Na ławie optycznej umieszczono przedmiot świecący, soczewkę o zdolności skupiającej 2 dioptrie oraz ekran. W jakiej odległości od soczewki należy umieścić przedmiot, by obraz na ekranie nie powstał?



☐ 75 cm

☐ 2 m

☐ 50 cm

☐ 10 cm

☐ obraz powstaje zawsze

☐ 12 cm

☐ 20 cm

#### Ćwiczenie 4



Na ławie optycznej ustawiono przedmiot w odległości 60 cm od soczewki o zdolności skupiającej równej 5 dioptrii. W jakiej odległości od soczewki należy ustawić ekran, aby uzyskać na nim ostry obraz tego przedmiotu? Wynik podaj w centymetrach w zaokrągleniu do liczb całkowitych.

$y =$   cm.

#### Ćwiczenie 5



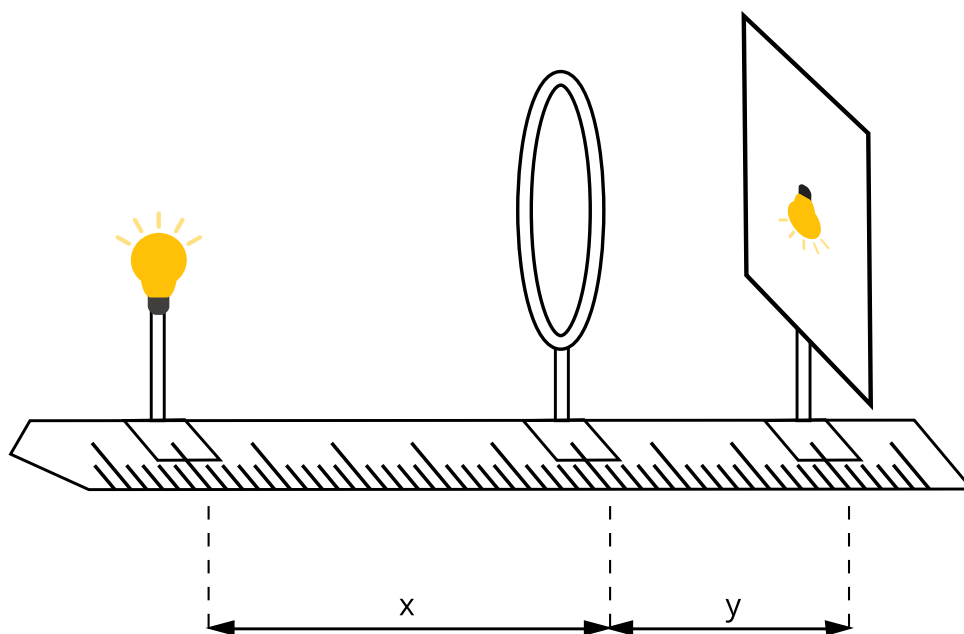
Do oglądania małych obiektów używa się szkieł powiększających. Wyznacz zdolność skupiającą soczewki, której należałoby użyć, aby móc oglądać czterokrotnie powiększony obraz przedmiotu znajdującego się w odległości 5 cm od soczewki. Wynik podaj w dioptriach.

$Z =$   dioptrii.

## Ćwiczenie 6



Za pomocą układu przedstawionego na rysunku wykonano doświadczenie mające na celu pomiar ogniskowej soczewki. Pierwszy pomiar wykazał, że jeśli przedmiot znajduje się w odległości 38 cm od soczewki, to jego ostry obraz powstaje w odległości 143 cm od tej soczewki. W jakiej odległości powinien powstać ostry obraz, jeśli przedmiot ustawimy 90 cm od soczewki? Wynik podaj w centymetrach w zaokrągleniu do liczb całkowitych.



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

$y =$   cm.

## Ćwiczenie 7



Obiektywy najprostszych aparatów w smartfonach zbudowane są z soczewki o dużej zdolności skupiającej. Wiedząc, że zdolność skupiająca takiej soczewki wynosi 500 dioptrii, a turysta znajduje się w odległości 10 m od fotografowanego zabytku, wyznacz wielkość fotografowanego obiektu na matrycy aparatu, jeśli wiadomo, że jego wysokość w rzeczywistości wynosi 5 m. Wynik podaj w milimetrach w zaokrągleniu do liczb całkowitych.

$h_0 =$   mm.

## Ćwiczenie 8



Uporządkuj czynności, które wykonano w celu wyznaczenia zdolności skupiającej soczewki.

między przedmiotem a ekranem umieszczono soczewkę tak, aby powstały na ekranie obraz był ostry



pomiar powtórzono kilkakrotnie



na ławie optycznej ustawiono w znanej odległości od siebie: przedmiot będący źródłem światła i ekran



zmierzono odległość między przedmiotem a soczewką oraz między soczewką a ekranem



korzystając z równania soczewki wyznaczono wartość ogniskowej tej soczewki oraz jej zdolność skupiającą



# Dla nauczyciela

---

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Imię i nazwisko autora:</b>            | Ewelina Kędzierska                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Przedmiot:</b>                         | fizyka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Temat zajęć:</b>                       | <b>Doświadczalne wyznaczanie ogniskowej soczewki</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>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 rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>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.</p> <p>X. Optyka i fale. Uczeń:</p> <p>20) doświadczalnie:</p> <p>f) bada związek między ogniskową soczewki a położeniami przedmiotu i obrazu.</p> |
| <b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b> | <p><b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li><li>• kompetencje cyfrowe,</li><li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</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. zapisze równanie soczewki i zinterpretuje oznaczenia wielkości w nim występujących;</li> <li>2. doświadczalnie sprawdzi zależność pomiędzy ogniskową soczewki a położeniem przedmiotu i obrazu;</li> <li>3. wykorzysta zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań dotyczących równania soczewki.</li> </ol> |
| <b>Strategie nauczania:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | IBSE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Metody nauczania:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | merytoryczna dyskusja wprowadzająca, obserwacja, doświadczenie                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Formy zajęć:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | praca indywidualna, dyskusja grupowa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Środki dydaktyczne:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | soczewka, ekran (kartka lub ściana), źródło światła, soczewki, metrówka                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Materiały pomocnicze:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | kalkulator bądź komputer z arkuszem kalkulacyjnym                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>PRZEBIEG LEKCJI</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Faza wprowadzająca:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>Nauczyciel rozpoczyna lekcję poprzez zaciekawienie uczniów tematem. Rozmawia z uczniami na temat soczewek oraz ich zastosowania w życiu człowieka i w urządzeniach.</p> <p>Następnie, zadaniem nauczyciela jest rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązanie do tej wiedzy w merytorycznej dyskusji wprowadzającej. W tej części powinien on sprowokować uczniów do tego, by przypomnieli sobie podstawowe informacje na temat rodzajów soczewek, terminologii (ognisko, ogniskowa), cech obrazu (pozorny, rzeczywisty, odwrócony, powiększony, itp.).</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Faza realizacyjna:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

- Konstruowanie wiedzy z zakresu nowego tematu:

- nauczyciel prosi uczniów o zaproponowanie metody pozwalającej na wyznaczenie ogniskowej soczewki,
- uczniowie proponują rozwiązanie problemu,
- nauczyciel prosi uczniów o wskazanie, co będzie im potrzebne do wykonania tego doświadczenia, a następnie przygotowuje potrzebne materiały,
- nauczyciel wskazuje uczniów, którzy wykonają doświadczenie w klasie, a także ucznia, który będzie zapisywał wyniki w arkuszu kalkulacyjnym (lub na tablicy),
- uczniowie wykonują doświadczenie; w razie pytań, nauczyciel służy pomocą.

Jeśli w szkole nie ma warunków do wykonania doświadczenia, należy tę część lekcji przeprowadzić z użyciem wirtualnego laboratorium dołączonego do niniejszego materiału.

- Kolejny etap lekcji obejmuje rekonstruowanie wiedzy uczniów:

- uczniowie wyznaczają ogniskową użytej soczewki, a następnie wyciągają wnioski z przeprowadzonego doświadczenia (np. dotyczące problemów z uzyskaniem dużej dokładności pomiaru, różnych możliwości ustawienia soczewki i przedmiotu pozwalających na uzyskanie ostrego obrazu, ustalenia najlepszej kombinacji tych ustawień),
- nauczyciel sprawdza poprawność uczniowskiego rozumowania i koryguje ewentualne błędy.

#### **Faza podsumowująca:**

Uczniowie wykorzystując zdobytą wiedzę rozwiązują zadania: 1, 3, 6 z zestawu ćwiczeń. 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 wirtualnym laboratorium i odtworzenie z jego pomocą doświadczenia przeprowadzonego w szkole, a następnie wykonanie trzech zadań dołączonych do niniejszego materiału.

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

Wirtualne laboratorium może być wykorzystane do samodzielnej pracy ucznia podczas lekcji lub po jej przeprowadzeniu.

