

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA**  
**WYDZIAŁ CHEMICZNY**

KATEDRA FIZYKOCHEMII I TECHNOLOGII  
POLIMERÓW

---

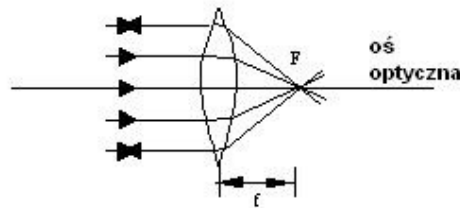
***LABORATORIUM Z FIZYKI***

***Wyznaczanie ogniskowej soczewki za  
pomocą ławy optycznej***

## Wstęp

Jednym z najprostszych urządzeń optycznych powszechnego użytku jest bez wątpienia soczewka cienka. Rozwój urządzeń optycznych, których głównym elementem są soczewki, przypada na wiek XVI oraz XVII i dotyczy takich przedmiotów jak okulary, aparaty fotograficzne, szkła powiększające, teleskopy, lornetki, mikroskopy. Soczewkę nazywamy cienką, gdy jej grubość jest mała w porównaniu z promieniem krzywizny. Najczęściej spotykany typ soczewki to soczewka sferyczna, której przynajmniej jedna powierzchnia jest wycinkiem sfery. Każda z powierzchni takiej soczewki może być wypukła, wklęsła lub płaska i stąd mówi się o soczewkach dwuwypukłych, płasko-wklęsłych itd. Stosuje się również soczewki będące wycinkiem walca nazywane soczewkami cylindrycznymi, niemniej jednak naszą uwagę skupimy na soczewkach sferycznych.. Na rysunku 1 przedstawiono bieg promieni (równoległych do osi optycznej soczewki) przez soczewkę sferyczną obustronnie wypukłą.

Zakładamy, że soczewka wykonana jest ze szkła lub przezroczystego plastiku, tak że współczynnik załamania materiału soczewki jest większy niż otoczenia. Oś optyczna soczewki, jest to prosta przechodząca przez środek soczewki i prostopadła do jej obu powierzchni (Rys 1). Z prawa Snelliusa wynika, że każdy promień na rysunku 1 ulega załamaniu w kierunku osi optycznej. Ogniskiem  $F$  soczewki zbierającej nazywamy punkt, w którym skupia się wiązka promieni po przejściu przez soczewkę. W soczewce rozpraszającej w ognisku przecinają się przedłużenia promieni przechodzących. **Błąd!**



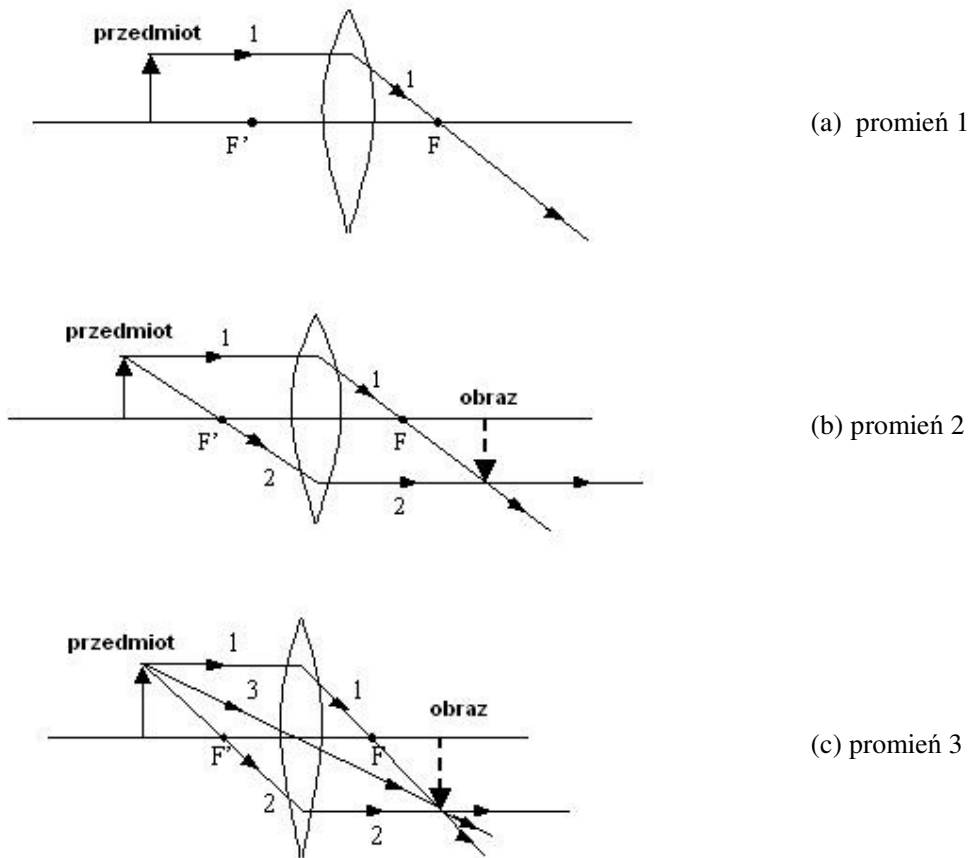
Rys. 1. Bieg promienia przechodzącego przez cienką soczewkę skupiającą.

Ogniskową  $f$  soczewki nazywamy odległość ogniska od powierzchni środkowej, czyli powierzchni prostopadłej do osi optycznej przechodzącej przez środek geometryczny soczewki. Jeżeli znamy  $f$  w łatwy sposób można wyznaczyć obraz przedmiotu. Obraz

uzyskany za pomocą cienkiej soczewki wykreślamy stosując konstrukcję przedstawioną na rys.2. W konstrukcji tej pod uwagę bierzemy trzy promienie:

- biegnący przez środek optyczny soczewki, który nie zmienia kierunku;
- równoległy do osi optycznej, który po załamaniu przechodzi przez ognisko  $F'$ ;
- biegnący przez ognisko, który po załamaniu biegnie równoległe do osi optycznej.

W praktyce jednoznaczne położenie obrazu określają dwa z tych promieni.

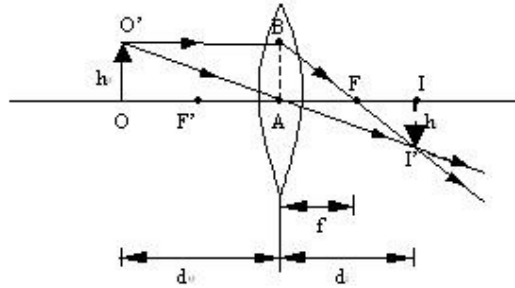


Rys.2 Sposób wyznaczania obrazu za pomocą promieni przechodzących przez soczewkę skupiającą.

Obraz powstający w wyniku przecięcia się promieni po przejściu przez soczewkę nazywamy *rzeczywistym*. W przypadku gdy promienie po przejściu przez soczewkę stają się rozbieżne, obraz powstaje w wyniku przecięcia się promieni przedłużonych i obraz taki nazywamy *pozornym*.

Wyprowadzimy równanie soczewki cienkiej, które opisuje związek ogniskowej soczewki z odległością przedmiotu i obrazu od soczewki. Niech  $d_0$  będzie odległością przedmiotu od

środka soczewki,  $d_i$  odległością obrazu od środka soczewki, natomiast  $h_0$  i  $h_i$  odpowiadają wielkości przedmiotu i wielkości obrazu.



Rys 3. Rysunek pomocniczy do wyprowadzenia równania cienkiej soczewki skupiającej.

Na rysunku 3 przedstawiono bieg promieni przez cienką soczewkę sferycznie obustronnie wypukłą. Trójkąty  $FI'I$  i  $FBA$  są podobne, ponieważ kąt  $AFB$  jest równy kątowi  $IFI'$ ; dlatego:

$$\frac{h_i}{h_0} = \frac{d_i - f}{f} \quad (1)$$

gdzie długość  $AB = h_0$ . Trójkąty  $OAO'$  i  $IAI'$  są podobne, dlatego:

$$\frac{h_i}{h_0} = \frac{d_i}{d_0} \quad (2)$$

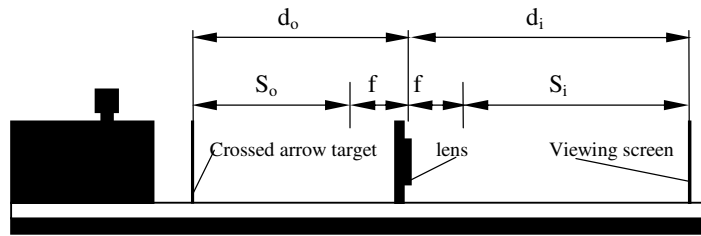
Przyrównujemy do siebie prawe strony równań (1) i (2), dzielimy przez  $d_i$ , a następnie po przekształceniu otrzymujemy:

$$\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} \quad (3)$$

Równanie (3) nazywamy równaniem soczewki cienkiej. Powiększeniem liniowym  $m$  nazywamy stosunek wielkości obrazu do wielkości przedmiotu  $m = h_i/h_0$ . Jak wynika z rysunku 3 otrzymujemy:

$$m = \frac{h_i}{h_0} = -\frac{d_i}{d_0} \quad (4)$$

## Wykonanie ćwiczenia



Rys 3. Zestaw pomiarowy.

Zestaw pomiarowy składa się z ławy optycznej, którą stanowi metalowa szyna o dł. ok. 1,5 m, zaopatrzona w milimetrową skalę. Na jednym końcu skali znajduje się jasno oświetlony przedmiot w nieprzezroczystej tarczy. Badaną soczewką umieszczamy w odpowiedniej podstawce, którą można przesuwac wzdłuż ławy. Obraz rzeczywisty, który daje soczewka powstaje na ekranie znajdującym się na drugim końcu ławy.

Przesuwamy wzdłuż ławy optycznej podstawkę z umieszczoną na niej soczewką zbierającą i szukamy takiego jej położenia, przy którym powstający na ekranie obraz, powiększony lub pomniejszony, jest najostrzejszy. Notujemy odległość przedmiotu od soczewki, odległość obrazu (ekranu) od soczewki, mierzymy linijką o podziałce milimetrowej wielkość powstałego na ekranie obrazu oraz wielkość samego przedmiotu. Pomiar powtarzamy sześć razy.

## Wyniki pomiarów oraz obliczenia

Dane z pomiarów należy zebrać w tabeli 1.

Tabela 1

Data			Calculations			
$d_o$ [mm]	$d_i$ [mm]	$h_i$ [mm]	$1/d_i + 1/d_o$	$f$ [mm]	$h_i/h_o$	$-d_i/d_o$
500						
450						
400						
350						
300						
250						

200						
150						
100						
75						
50						

Obliczyć odległość ogniskową soczewki  $f$  oraz powiększenie liniowe  $m$ . Oszacować błąd pomiaru za pomocą odchylenia standardowego. Końcowy wynik zapisać w postaci:

$$f = \bar{f} \pm S_{\bar{f}} \quad (5)$$

$$m = \bar{m} \pm S_m \quad (6)$$

### Pytania

1. Bazując na równaniu soczewki wyjaśnij co stanie się z  $d_i$  jeśli zwiększymy  $d_0$ ? Co stanie się z  $d_i$  jeśli  $d_0$  będzie bardzo duże?
2. Jaka wartość  $d_0$  sprawi, że nie będzie można dostać obrazu na ekranie? Użyj równania soczewki do wyjaśnienia pytania.
3. Jakie znasz rodzaje równań soczewek?
4. Jaki parametr decyduje o rodzaju otrzymanego obrazu?
5. Jakie rodzaje obrazów otrzymujemy w mikroskopie, kinie i w oku ludzkim.
6. Omów rodzaje obrazu powstającego po przejściu światła przez soczewkę. Podaj warunki, w jakich one powstają.
7. Wyprowadź równanie soczewki uwzględniające współczynnik załamania światła materiału soczewki.
8. Podaj rodzaje obrazu, jaki może powstać w zależności od położenia przedmiotu względem soczewki. Jaki obraz powstaje na ekranie w kinie?
9. Wyjaśnij zjawisko korekty wzroku przez okulary.
10. Wyprowadź prawo załamania światła z zasady Fermata.

### Literatura

1. Dryński T., Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, PWN, Warszawa, 1959
2. Resnick R., Halliday D., Fizyka, Tom 2, PWN, Warszawa, 1989
3. Szydłowski H., Pracownia fizyczna, PWN, Warszawa, 1994