

Jak definiuje się dyfrakcję?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Źródło: dostępny w internecie: <https://www.shutterstock.com/image-photo/fresnel-lens-lighthouse-beacon-rotated-on-4035514> [dostęp 23.04.2022].

## Czy to nie ciekawe?

Podczas jazdy we mgle kierowcy używają świateł przeciwmgłowych. Są one umieszczone nisko nad jezdnią, dzięki czemu oświetlają większy fragment drogi. Włączenie innych świateł o dużym zasięgu (drogowych) może spowodować ograniczenie widoczności – mocne światło wydostające się z reflektorów ulega dyfrakcji na malutkich kropelkach mgły i powoduje efekt białej, świetlistej ściany, przez którą nic nie widać.

### Twoje cele

- dowiesz, się czym jest dyfrakcja,
- poznasz warunki potrzebne do zajścia dyfrakcji,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz sposób działania sonaru oraz radaru.

# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

### Co znaczy dyfrakcja?

Źródłosłów łaciński tego wyrazu, czasownik *diffringo* (jego imiesłów przymiotnikowy bierny to *diffractus*), oznacza rozbić, rozproszyć, rozrzucić. *Dyfrakcja fali* rzeczywiście polega na zniesieniu pewnego obecnego w niej uporządkowania. Dość sugestywny jest także polski wyraz *ugięcie* fali, równoznaczny z dyfrakcją fali.

### Podstawowe właściwości fali

W e-materiale „*Fale na powierzchni wody*” (przypomnij go sobie w razie potrzeby) mowa jest o [powierzchni falowej](#) i przykładowych jej kształtach. W przypadku punktowego źródła rozchodzi się wokół niego fala kolista. Z kolei dla uzyskania fal płaskich na wodzie, choćby w ograniczonym obszarze, niezbędne są źródła rozciągłe, w kształcie odcinka. Często przywoływanymi przykładami powierzchni falowych są tzw. grzbiety fal oraz ich doliny.

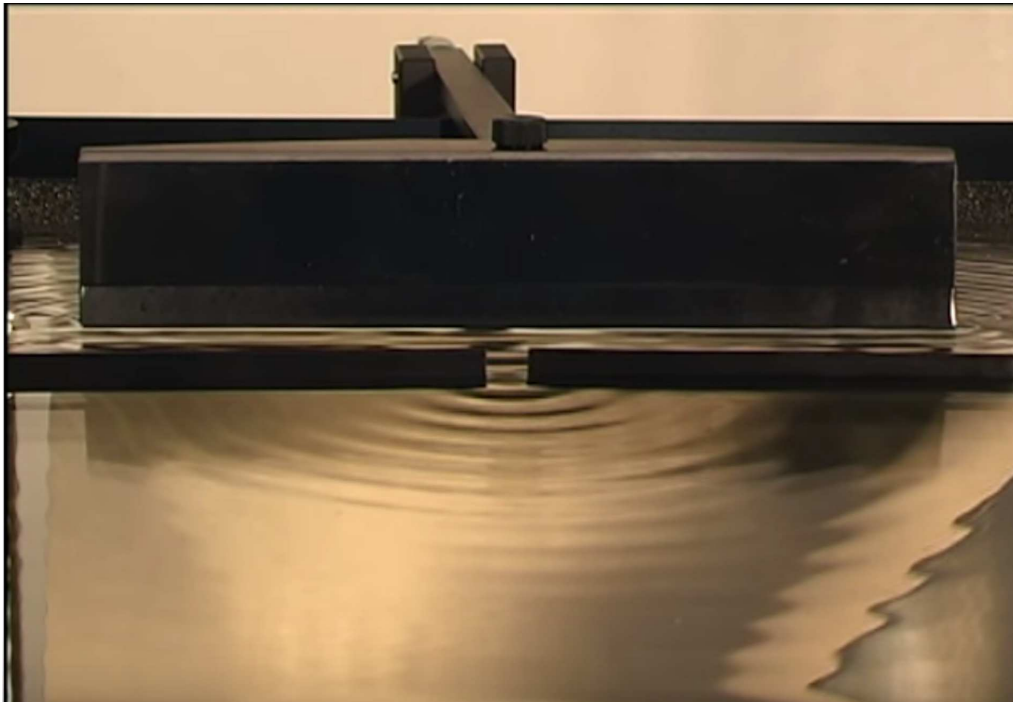
Odległość pomiędzy dwiema kolejnymi powierzchniami falowymi, w których ruch punktów jest opóźniony o jeden okres fali  $T$  (np. pomiędzy dwoma kolejnymi grzbiętami fali) to długość fali  $\lambda$ , zależna od okresu i od prędkości rozchodzenia się fali  $v$ :

$$\lambda = vT .$$

Linie prostopadłe do powierzchni falowych to promienie fali. Wyznaczają one kierunek rozchodzenia się fali kolistej czy płaskiej. Przytoczona w przywołanym e-materiale zasada Huygensa, opisująca propagację fal, pozwala oczekiwać, że gdy pojedyncza fala rozchodzi się w jednorodnym ośrodku, to kształt jej powierzchni falowych nie ulega zmianie.

### Dyfrakcja: zmiana kształtu fali i nowe kierunki jej rozchodzenia się

Jednak zmiana kształtu fali jest możliwa, gdy w ośrodku znajdują się przeszkody, ogólniej: niejednorodności, które wpływają na propagację fali. Przyjrzyj się - pod tym kątem - zdjęciu z e-materiału „*Fale na powierzchni wody*” (Rys. 1). Krawędź deski (na dalszym planie) rytmicznie uderzająca w powierzchnię wody jest źródłem fali płaskiej. Po dotarciu do bariery (na bliższym planie) fala ta przeszła przez szczelinę w środku i rozeszła się (na planie najbliższym) jako fala bardziej podobna do kolistej niż do płaskiej. **Taką zmianę kształtu przypisujemy zjawisku dyfrakcji.**



Rys. 1. Fala płaska na wodzie, po przejściu przez otwór w barierze, zmienia kształt na kolisty.

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

Zwróć też uwagę na kierunek rozchodzenia się fali. Przed przejściem przez szczelinę poruszała się wyłącznie w kierunku obserwatora. Po przejściu przez szczelinę pojawiły się nowe kierunki propagacji, związane właśnie z obecnością przegrody i szczeliny oraz z jej rozmiarem. **Takie nowe kierunki wiążemy ze zjawiskiem dyfrakcji.**

#### **Ważne!**

Trzeba pamiętać, że dyfrakcja nie polega wyłącznie na **zmianie** dotychczasowego kierunku biegu fali na inny. Taka zmiana kierunku propagacji jest raczej cechą odbicia lub **załamania fali**. Więcej o tych zjawiskach dowiesz się z e-materiału „*Opisujemy zjawisko odbicia i załamania fali na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się fal*”.

### **Długość fali a charakterystyczny rozmiar przeszkody (niejednorodności)**

Na Rys. 2. przedstawiono, dla fali rozchodzącej się na powierzchni wody, efekt jej dyfrakcji na szczelinie. Na zdjęciu wykonanym z góry fala płaska rozchodzi się od lewego jego brzegu w prawo, trafia na szczelinę o szerokości  $d$  około dwu-trzykrotnie większej niż długość fali  $\lambda$  (zweryfikuj tę relację na zdjęciu!) i ugina się na niej.



Rys. 2. Dyfrakcja fali na powierzchni wody po przejściu przez szczelinę o szerokości rzędu trzech długości fali  
Źródło: tylko do użytku edukacyjnego na [zpe.gov.pl](http://zpe.gov.pl).

Na Rys. 1. szerokość  $d$  jest niewiele większa niż  $\lambda$  (zweryfikuj to także!), na Rys. 2. szczelina jest więc relatywnie szersza. Skutkiem tego jest nieco bogatszy obraz fali ugiętej. Zwróć uwagę na takie jego cechy:

1. W bezpośredniej bliskości za szczeliną rozpoznawalny jest fragment fali podobnej do płaskiej, rozchodzącej się w prawo. W miarę rosnącej odległości od szczeliny fragment ten przybiera kształt fali kulistej.
2. W kierunkach „w prawo, w górę” i „w prawo, w dół” rozchodzą się fale podobne do kulistej.
3. W każdym z tych poprzecznych kierunków widoczne są także dwa „pasy rozdzielające”, tym wyraźniejsze, im dalej od szczeliny. Mają one kolor pośredni pomiędzy jasnymi grzbietami a ciemnymi dolinami fal. Są to pasy stosunkowo niskiej amplitudy drgań powierzchni wody; w modelowych warunkach mogłoby tam dojść do całkowitego zaniku falowania. Więcej o tej możliwości, związanej z [interferencją fal](#), przeczytasz w e-materiale „*Jak wyjaśnić zjawisko interferencji fal?*”.

#### **Jakościowy związek obrazu dyfrakcyjnego ze stosunkiem rozmiaru przeszkody i długości fali**

Zwykle stosuje się następującą praktyczną regułę: niech wielkość  $u$  oznacza stosunek rozmiaru  $d$  przeszkody (niejednorodności) w ośrodku i długości fali  $\lambda$ ,

$$u = \frac{d}{\lambda} .$$

Zależnie od wartości  $u$  wyróżniamy:

- 1. Obszar „czystej dyfrakcji”.** Gdy  $u < 1$ , od przeszkody rozchodzi się (przechodzi lub odbija się) fala praktycznie kulista, niezależnie od kształtu fali padającej. Fala taka

interferuje, w sposób zauważalny, jedynie z falą padającą. W miarę wzrostu rozmiaru przeszkody lub malenia długości fali, czyli zbliżania się  $u$  do jedności, pojawia się coraz bardziej czytelna struktura interferencyjna w fali ugiętej.

**2. Obszar „dyfrakcji z interferencją”.** Gdy  $u > 1$ , aż po wartości rzędu  $u = 100$ , od przeszkody rozchodzi się fala, która jest wynikiem interferencji zachodzącej w obrębie fali ugiętej. Niezależnie od tego fala ta może nakładać się na falę padającą. Im większa wartość  $u$ , tym struktura interferencyjna staje się coraz drobniejsza i przez to mniej czytelna.

**3. Obszar „braku dyfrakcji”.** W miarę wzrostu wartości  $u$ , w okolicach  $u = 100$ , zanikają charakterystyczne cechy ugięcia. Fala zachowuje swój kształt po odbiciu, a fala przechodząca zachowuje swój kierunek propagacji. Efekty związane z interferencją zanikają zupełnie. Obszar ten nazywany jest czasami *przybliżeniem geometrycznym* rozchodzenia się fali.

Podane tu zakresy wartości  $u$  są orientacyjne - granice pomiędzy wyróżnionymi obszarami nie są ostre i wymagają każdorazowo odpowiedniego zbadania.

## Podsumowanie

Dyfrakcja jest charakterystyczna dla falowego opisu zjawiska. Związana jest z niejednorodnościami ośrodka, od najdrobniejszych, w skali atomowej, aż po makroskopowe, w postaci przeszkód częściowo pochłaniających lub odbijających falę i częściowo ją przepuszczających. Dyfrakcja objawia się zmianą kształtu fali ugiętej oraz pojawianiem się nowych kierunków jej propagacji w niejednorodnym ośrodku. Więcej na temat dyfrakcji znajdziesz w e-materiale „*Jak w sposób jakościowy opisać dyfrakcję fali na przeszkodzie?*”.

Zjawiska, do których stosujemy opis falowy, są bardzo różnorodne. Obejmują optykę oraz inne fale elektromagnetyczne, akustykę, czyli dźwięki, ultradźwięki i infradźwięki, a także wiele innych rodzajów fal mechanicznych, jak na przykład fale sejsmiczne w skorupie ziemskiej. Zakres długości fal, z jakimi mamy do czynienia, obejmuje wiele rzędów wielkości. Podobnie, rozmiary niejednorodności i przeszkód, na których może występować dyfrakcja, są bardzo silnie zróżnicowane. To powoduje, że poznanie ogólnej definicji dyfrakcji może mniej znaczyć niż zapoznanie się z konkretnymi przykładami jej występowania, jak i z praktycznymi jej zastosowaniami.

## Dyfrakcja: zjawiska, przykłady i zastosowania

**Zapoznaj się z wybranymi przykładami występowania i zastosowania dyfrakcji w różnych zjawiskach.**

Miej na uwadze, że przykłady te nie wyczerpują wszystkich znanych przypadków dyfrakcji różnych rodzajów fal.

## Granice optyki geometrycznej

### Dyfrakcja światła na szczelinie

### Dyfrakcja na przeszkodzie

### Dyfrakcja światła na zawieszinie i promieni X na atomach

### Dyfrakcja dźwięku

### Sonary, radary, delfiny

### Nietoperze - dwie fazy polowania

## Słowniczek

### załamanie fali

(*ang.: refraction*, od łacińskiego *refringere* – przełamać) – zjawisko polegające na zmianie kierunku rozchodzenia się fali wskutek zmiany prędkości jej propagacji. Zmiany te mogą wynikać ze zmian właściwości ośrodka lub z przejścia fali do innego ośrodka. W tym ostatnim przypadku promień fali gwałtownie zmienia swój kierunek w punkcie przejścia do nowego ośrodka i odnosimy wrażenie, że fala rozchodzi się po linii łamanej.

### interferencja fal

(*ang.: wave interference*, od łacińskiego *interfere (interferire)* – wzajemnie działać (na siebie), wzajemnie się uderzać) – zjawisko polegające na nałożeniu się dwóch fal, rozchodzących się w tym samym ośrodku i wywołujących w nim odkształcenia tej samej natury.

### powierzchnia falowa

(*ang.: wavefront*) Zbiór punktów ośrodka, przez który przechodzi fala, znajdujących się w danej chwili w jednakowej fazie drgań; nazywana także powierzchnią stałej fazy, czołem fali, frontem falowym.

### Sonar

(*ang.: sonar*) – urządzenie używające fal dźwiękowych do m. in. wykrywania i określania pozycji przedmiotów.

### Radar

(*ang.: radar*) – urządzenie używające fal elektromagnetycznych do m. in. wykrywania i określania pozycji przedmiotów.

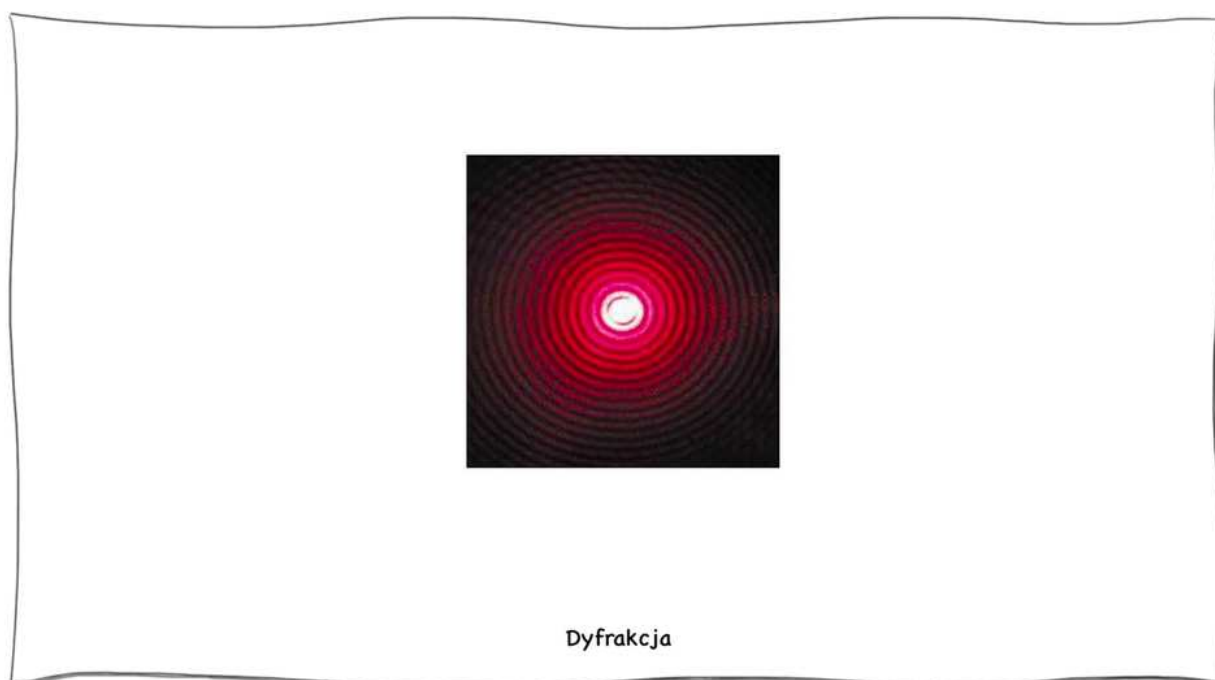
# Film samouczek

---

## Jak definiuje się dyfrakcję?

Obejrzyj film samouczek, w którym wyjaśniono zjawisko dyfrakcji fali w oparciu o zasadę Huygensa, a następnie wykonaj polecenia.

Trwa wczytywanie danych ..



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R109CH23Zf9RA>

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

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

---

### **Polecenie 1**

### **Polecenie 2**

Na przedmiot o długości  $L = 1 \mu\text{m}$  pada fala świetlna i ulega dyfrakcji, przy czym od przedmiotu rozchodzi się fala w dobrym przybliżeniu kulista. Czy fala padająca może mieć częstotliwość rzędu  $10^{14} \text{ Hz}$ ?

### **Polecenie 3**

Podaj przykład przedmiotu o rozmiarach takich, jak opisany w poprzednim poleceniu.

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7

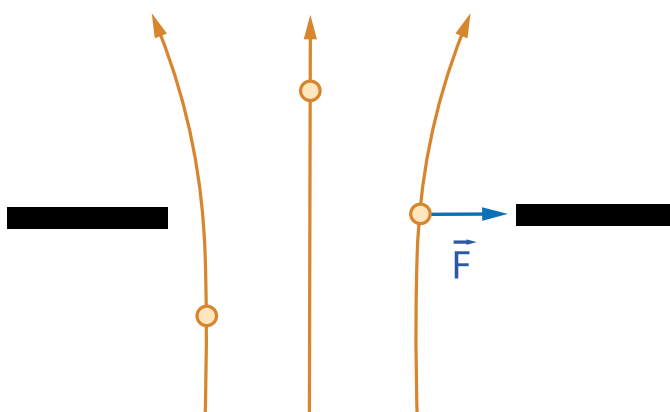


## Ćwiczenie 8



Izaak Newton był twórcą korpuskularnej (cząsteczkowej) teorii światła. Zjawisko dyfrakcji na szczelinie próbował tłumaczyć krótkozasięgowym oddziaływaniem cząsteczek światła z krawędziami szczeliny (Rys. poniżej). Oddziaływanie to powinno być przyciągające, przy czym jego natężenie powinno maleć w miarę oddalania się od krawędzi szczeliny.

Rozstrzygnij, czy taki model mógłby wyjaśnić powstanie obrazu przedstawionego na Rys. 5. w sekcji „Dyfrakcja światła na szczelinie” w części „Przeczytaj”. Odpowiedź uzasadnij.



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

# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Jerzy Ginter, Michał Kurek
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Dyfrakcja fali</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy
<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>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość;</p> <p>15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>IX. Fale i optyka. Uczeń:</p> <p>2) opisuje jakościowo dyfrakcję fali na szczelinie.</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 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, na czym polega zjawisko dyfrakcji;</li> <li>2. poda warunki potrzebne do zajścia dyfrakcji;</li> <li>3. przeanalizuje i zinterpretuje sposób działania sonaru oraz radaru.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	IBSE (Inquiry-Based Science Education - nauczanie/uczenie się przedmiotów przyrodniczych przez odkrywanie/dociekanie naukowe) - bazujące na konstruktywistycznej teorii uczenia się oraz nauczania problemowego
<b>Metody nauczania:</b>	pokaz, wykład informacyjny, burza mózgów
<b>Formy zajęć:</b>	praca indywidualna
<b>Środki dydaktyczne:</b>	laser, przezroczysty pojemnik z wodą, odrobina mleka
<b>Materiały pomocnicze:</b>	e-materiały: „Jak definiuje się dyfrakcję?”, „Podstawowe pojęcia służące do opisu fal”
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	
<p>Nauczyciel na początku lekcji przeprowadza doświadczenie numer 2: promień lasera przepuszcza przez naczynie z wodą, a następnie powtarza doświadczenie po dolaniu odrobiny mleka. Pyta uczniów, jakie zauważają różnice w zachowaniu światła.</p>	
<b>Faza realizacyjna:</b>	
<p>W formie burzy mózgów nauczyciel pyta uczniów, co mogło być przyczyną zmiany zachowania światła. Następnie analizuje przedstawione pomysły wraz z uczniami. Nauczyciel omawia zjawisko dyfrakcji fal oraz warunki, jakie muszą być spełnione, aby do dyfrakcji doszło.</p> <p>Uczniowie oglądają film samouczek i wykonują powiązane z nim polecenia.</p>	
<b>Faza podsumowująca:</b>	
<p>W ramach utrwalenia zdobytych wiadomości i zrozumienia zjawiska dyfrakcji uczniowie rozwiązują zadania 1, 3 i 5 z zestawu ćwiczeń e-materiału.</p>	
<b>Praca domowa:</b>	
<p>W ramach pracy domowej uczniowie rozwiązują zadania 2, 4 oraz 8 z zestawu ćwiczeń e-materiału.</p>	

<b>Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium</b>	Multimedium może posłużyć także do wyjaśnienia, na czym polega zasada Huygensa.
---	---