

# FIZYKA II

Vitalii Dugaev

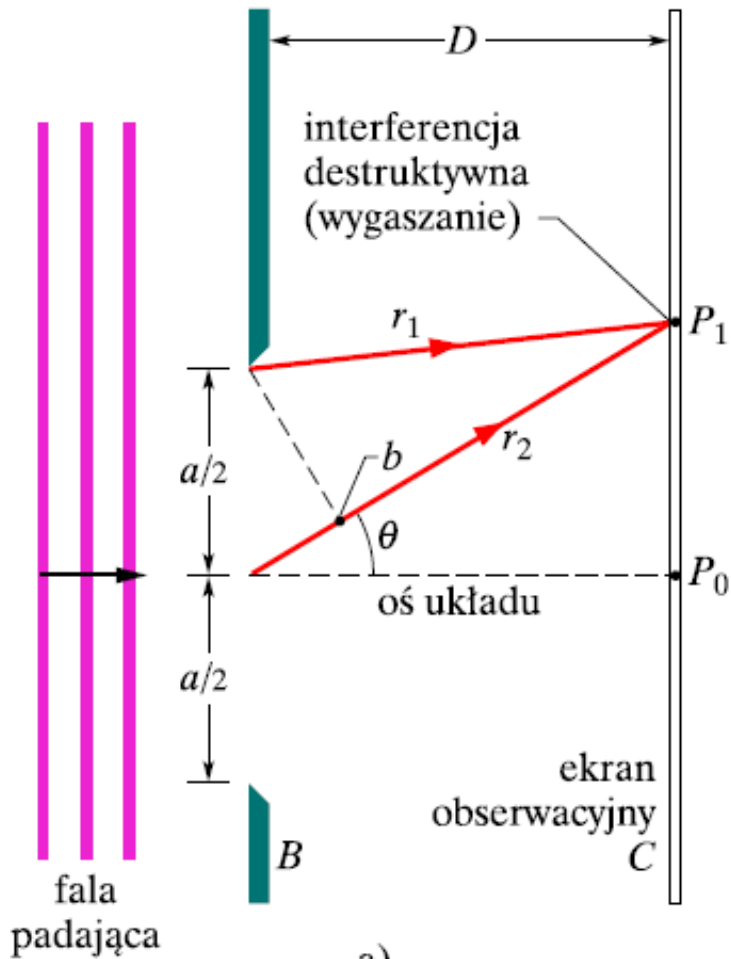
*Katedra Fizyki i Inżynierii Medycznej  
Politechnika Rzeszowska*

---

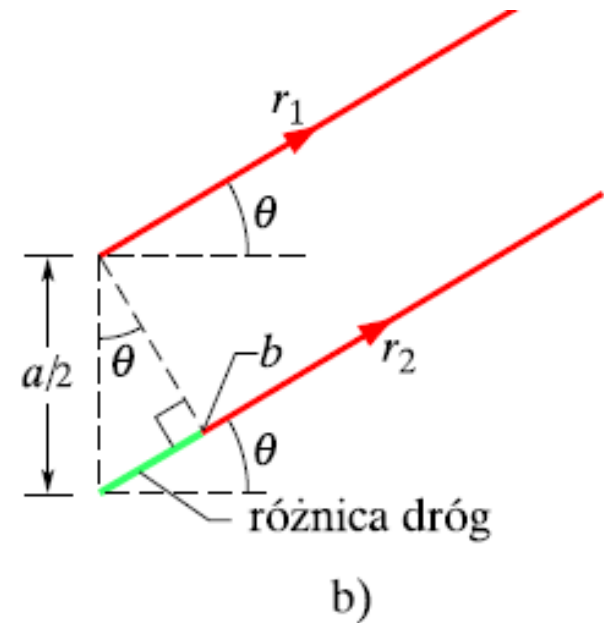
Semestr letni, rok 2017/2018



# Dyfrakcja na pojedynczej szczelinie

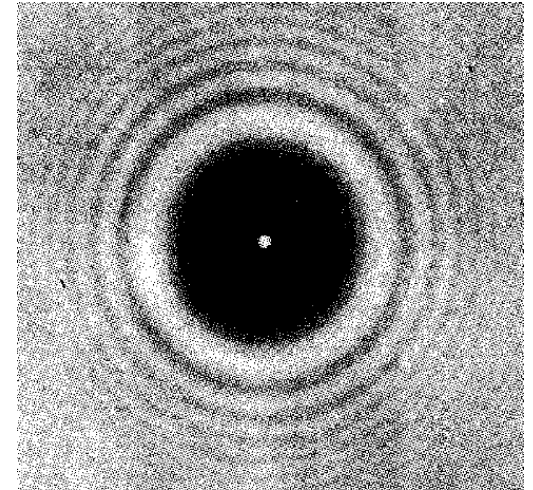
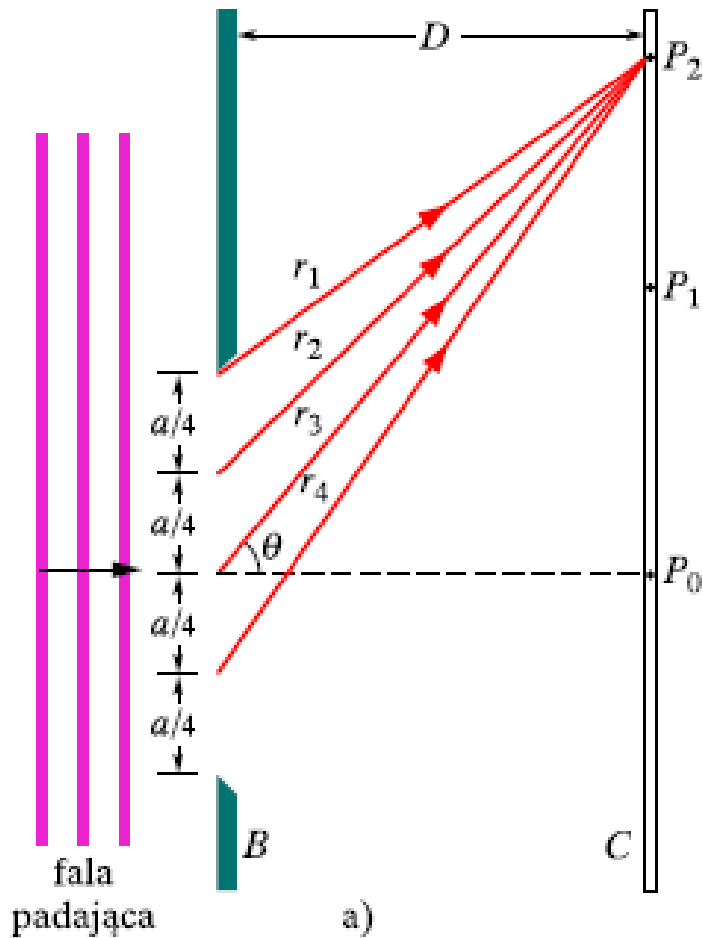


$a$  – szerokość szczeliny  
 $D \gg a$



$$\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$$

$$a \sin \theta = \lambda \quad (\text{pierwsze minimum})$$



W doświadczeniu nad dyfrakcją na pojedynczej szczelinie ciemne prążki powstają tam, gdzie różnica dróg ( $a \sin \theta$ ) między skrajnymi promieniami wychodzącymi ze szczeliny są równe  $\lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$

# Natężenie światła w obrazie interferencyjnym

Fale świetlne z dwóch szczelin:

$$E_1 = E_0 \sin \omega t$$

$$E_2 = E_0 \sin(\omega t + \phi)$$

Amplituda fali  $E_1 + E_2$ :

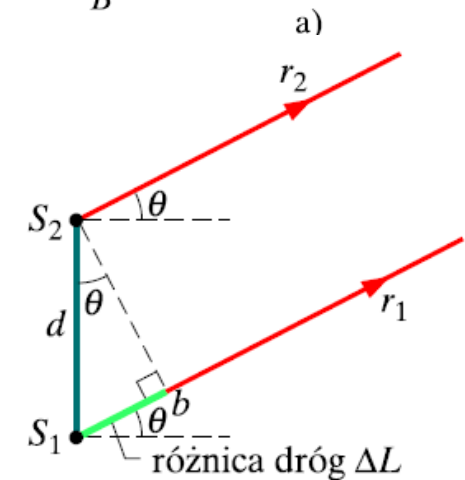
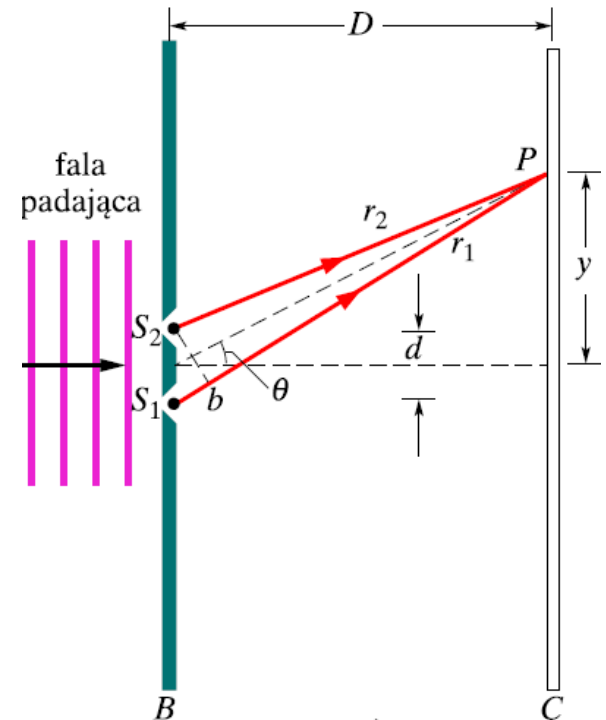
$$E = 2E_0 \cos(\phi/2)$$

Natężenie światła w punkcie P:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{E^2}{E_0^2}$$

$$I = 4I_0 \cos^2(\phi/2)$$

$$\phi = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta$$

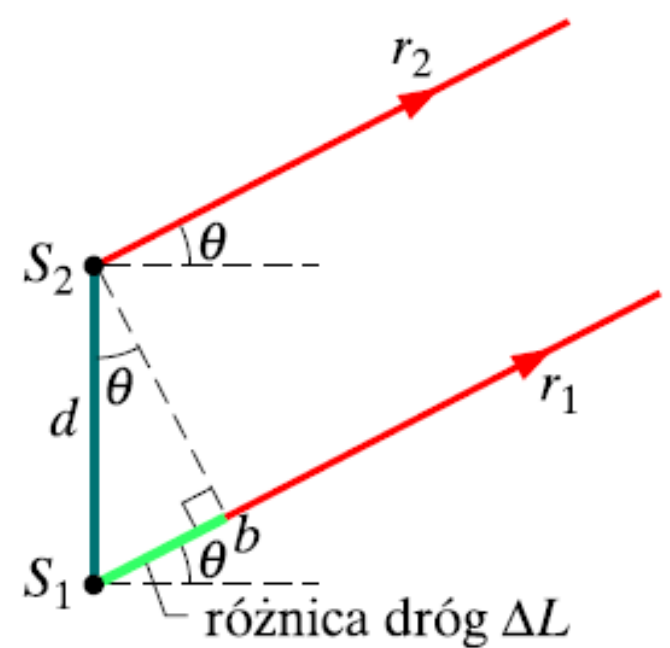


b)

$$\Delta L = d \sin \theta$$

$$\Delta L / \lambda = \phi / 2\pi$$

$$\phi = 2\pi \Delta L / \lambda = 2\pi d \sin \theta / \lambda$$



b)

Maksima natężenia:

$$\frac{1}{2}\phi = m\pi, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

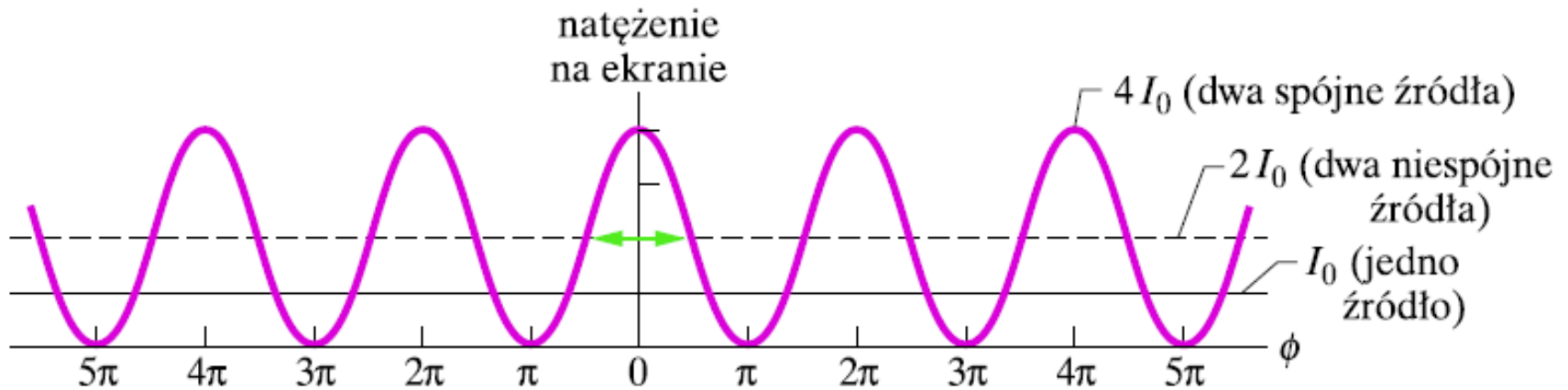
$$d \sin \theta = m\lambda, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

Minima natężenia:

$$\frac{1}{2}\phi = (m + \frac{1}{2})\pi, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

$$d \sin \theta = (m + \frac{1}{2})\lambda, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

## Natężenie na ekranie:

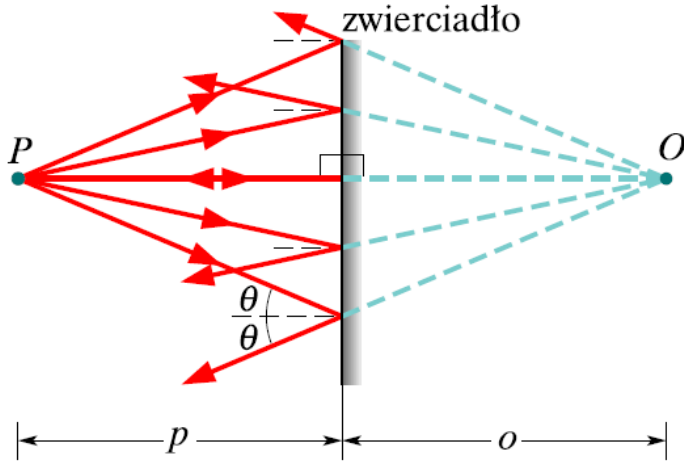


	2	1	0	0	1	2	$m$ (maksima)				
2	1	0	0	1	2	$m$ (minima)					
2,5	2	1,5	1	0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	$\Delta L/\lambda$

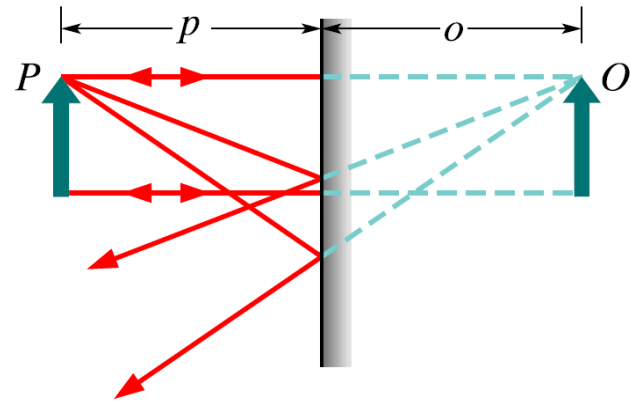
W rzeczywistości trzeba wziąć do uwagi szerokość otworu  $a$ , kiedy warunek  $a \ll \lambda$  nie jest spełniony

# Obrazy

## Zwierciadła płaskie

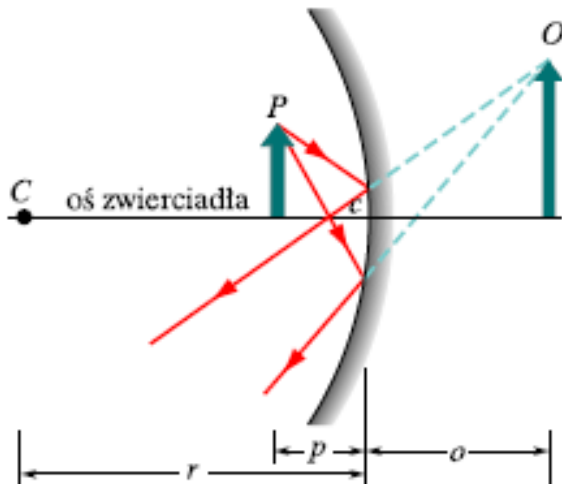


Rozciągnięty przedmiot i jego obraz:



$P$  – przedmiot  
 $O$  – obraz

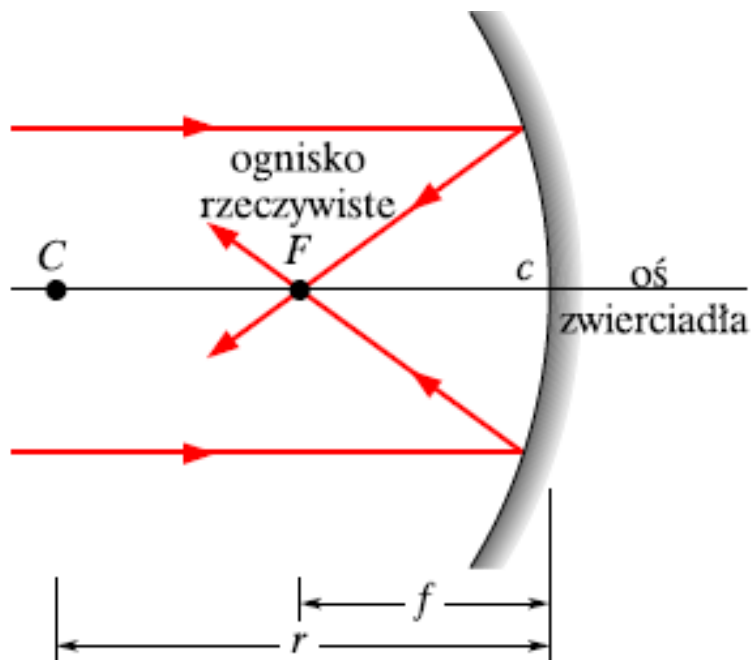
## Zwierciadła sferyczne



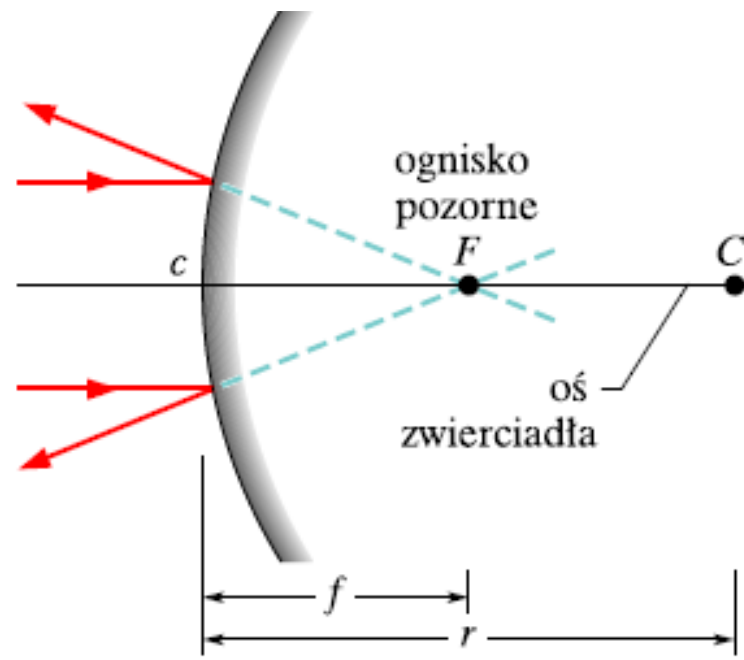
$r$  – promień krzywizny  
 $C$  – środek krzywizny

[Film 1](#)  
[Film 2](#)

## Ogniska zwierciadeł sferycznych



zwierciadło wklęsłe



zwierciadło wypukłe

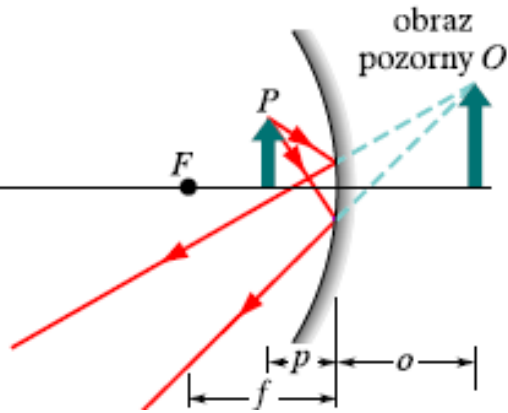
Ogniskowa:

$$f = \frac{1}{2}r$$

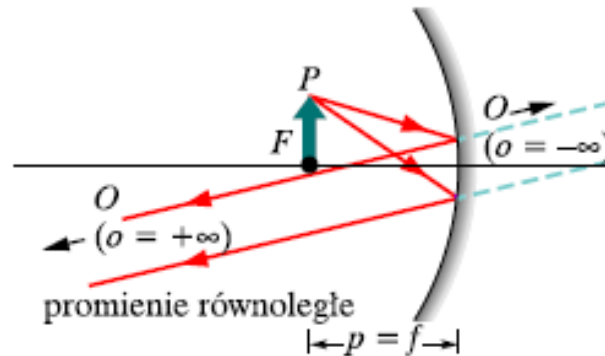


## Obrazy wytwarzane przez zwierciadła sferyczne

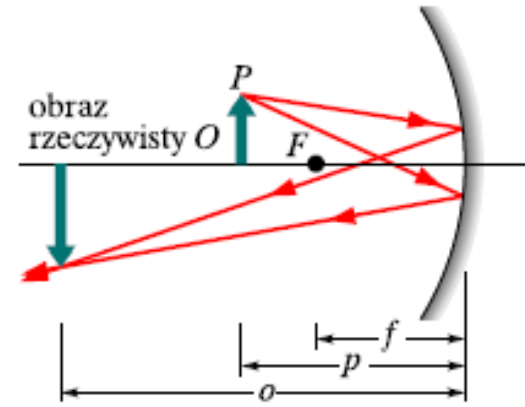
Obrazy rzeczywiste powstają po tej samej stronie zwierciadła, po której znajduje się przedmiot, a obrazy pozorne powstają po jego przeciwnej stronie



Przedmiot między wklęsłym zwierciadłem a ogniskiem



Przedmiot w ognisku



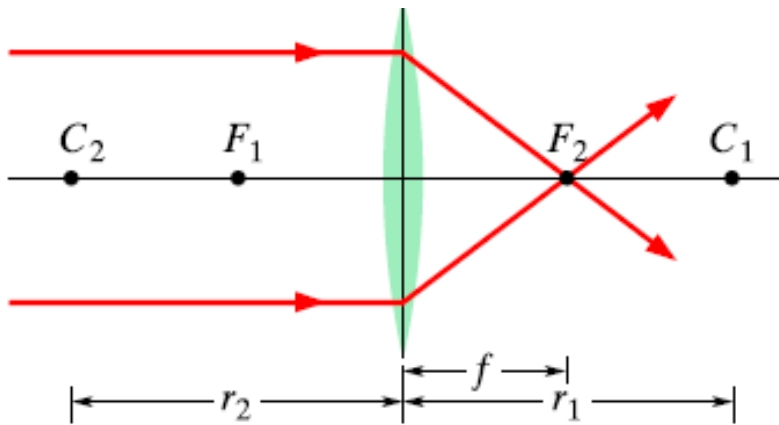
Przedmiot za ogniskiem

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{o} = \frac{1}{f}$$

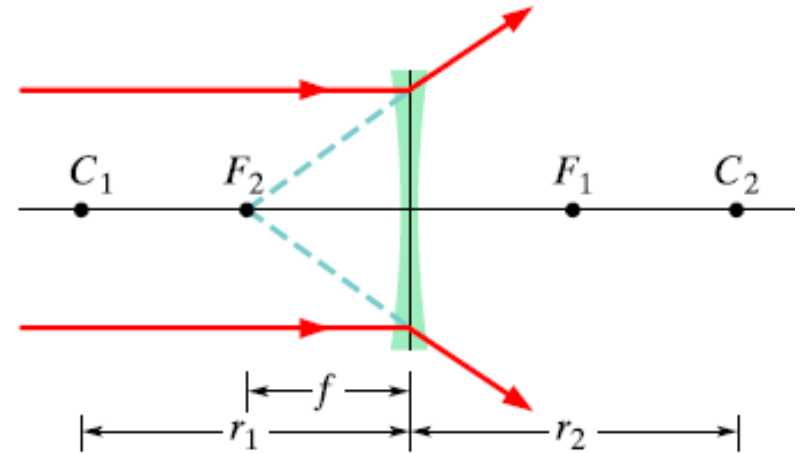
(z zwierciadło sferyczne)

Powiększenie liniowe:  $m = -\frac{o}{p}$

## Cienki soczewki

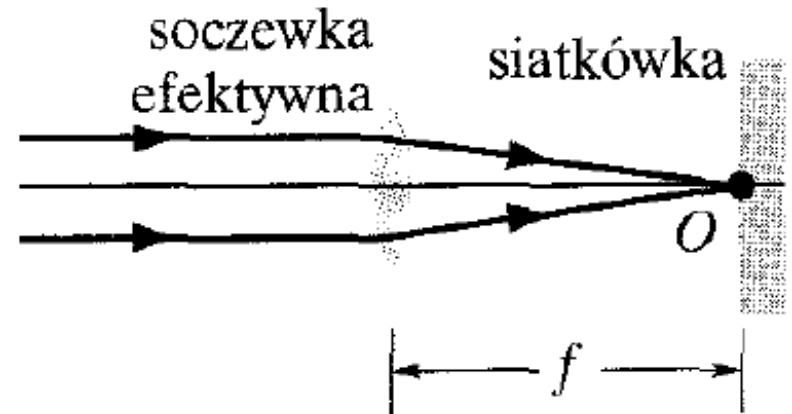
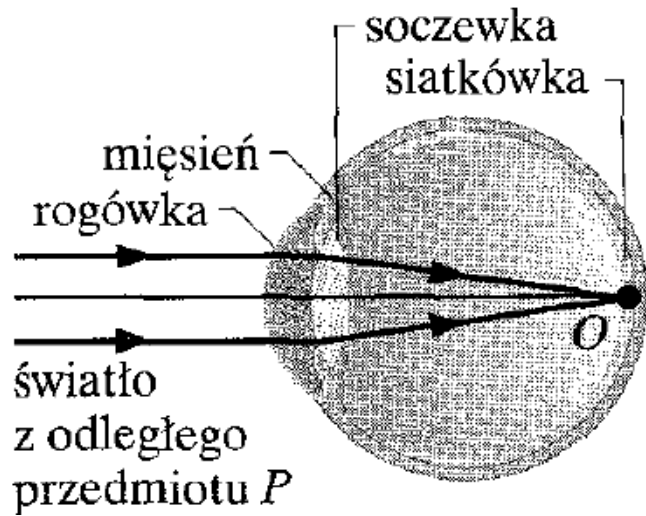


$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{o}$$



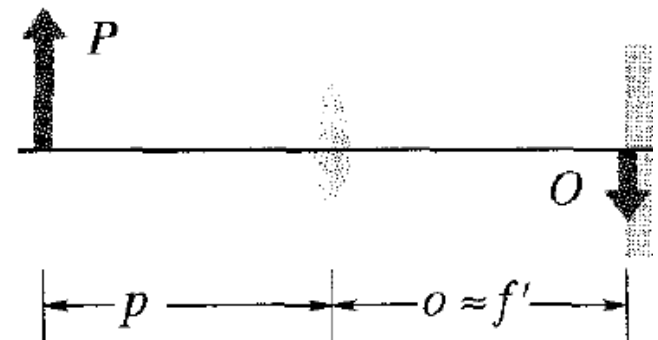
$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

# Budowa oka ludzkiego



$$\frac{1}{p} + \frac{1}{o} = \frac{1}{f}$$

(wzór soczewkowy Gaussa)



# Fizyka kwantowa

---

Kwant – elementarna porcja. Jest związana z wielkością, która istnieje tylko w pewnych porcjach

Hipoteza Einsteina: światło jest skwantowane (istnieje w elementarnych porcjach – kwantach światła)

## Foton – kwant światła

Energia fotonu:  $E = h\nu$

Pęd fotonu:  $p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$

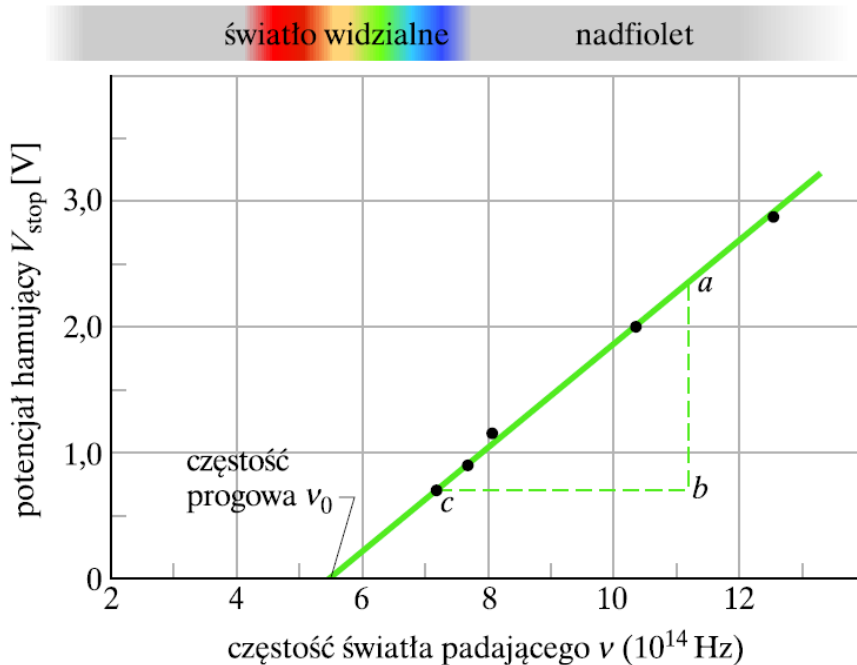
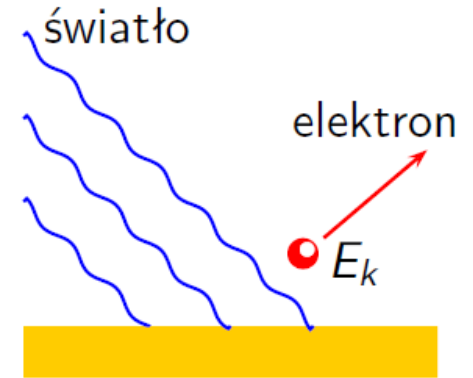
Stała Plancka:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

# Zjawisko fotoelektryczne

## Eksperyment:

- Kinetyczna energia wybijanych elektronów nie zależy od natężenia światła
- Istnieje zależność energii elektronów od częstotliwości:



Progowa długość fali  $\lambda_0 = c/\nu_0$  nie zależy od natężenia światła

**Zjawisko fotoelektryczne nie jest zgodne z fizyką klasyczną**

$$E_{k \max} = eV_{\text{stop}}$$

# Równanie Einsteina

---

Zachowanie energii w zjawisku fotoelektrycznym:

$$h\nu = E_{k \max} + \Phi$$

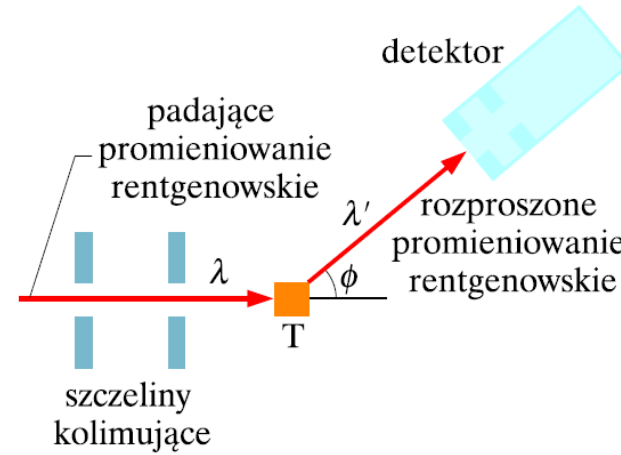
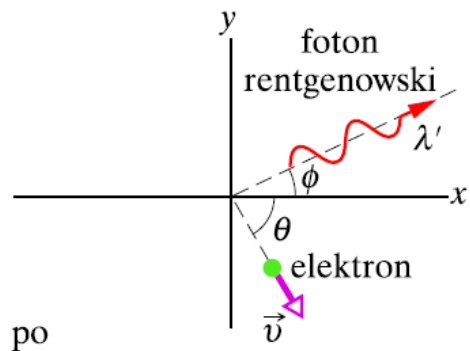
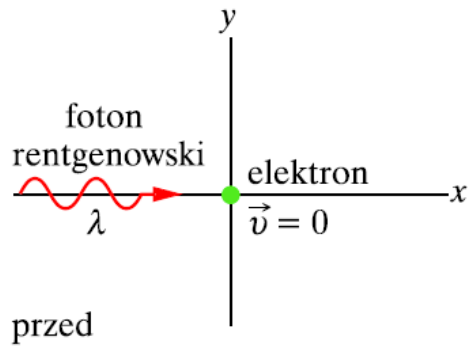
(Einstein, 1905)

$\Phi$  – praca wyjścia elektronu

***Fizyka kwantowa wyjaśniła zjawisko fotoelektryczne***

(nagroda Nobla, 1921)

# Pęd fotonu a doświadczenie Comptona



Zachowanie energii i pędu:

$$h\nu = h\nu' + E_k$$

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \cos \phi + \gamma m v \cos \theta$$

$$0 = \frac{h}{\lambda'} \sin \phi + \gamma m v \sin \theta$$

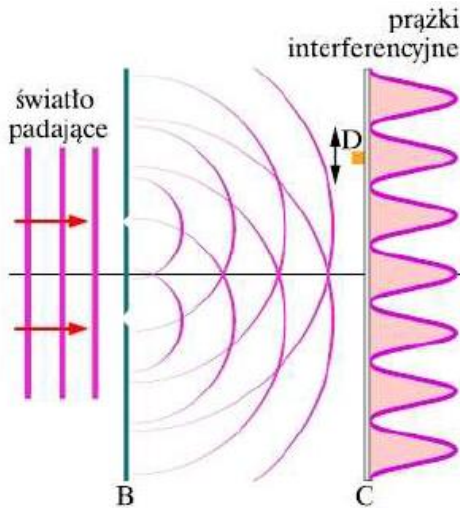
Przesunięcie Comptonowskie zależy od kąta  $\phi$

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos \phi)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

# Elektrony i fale materii

Światło jako fala w doświadczeniu Younga:



Światło jako cząstka w doświadczeniu fotoelektrycznym i w rozpraszaniu Comptonowskim

***Każda cząstka także jest falą, ale energię i pęd przekazuje w postaci cząstki*** (L. de Broglie, 1924)

Długość fali de Broglie'a:  $\lambda = \frac{h}{p}$

***Eksperyment potwierdza dualizm korpuskularno-falowy materii***