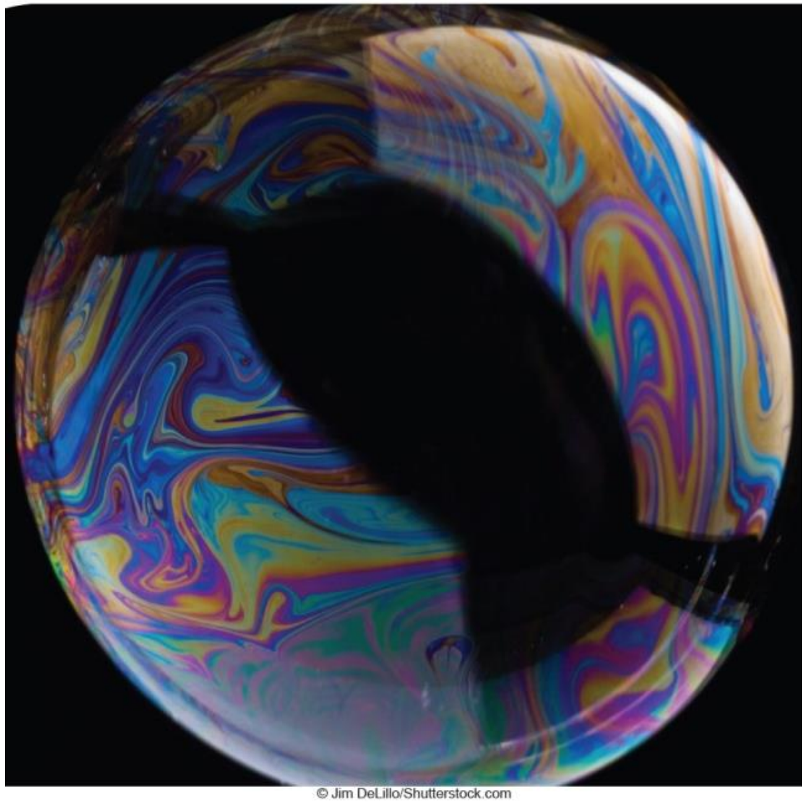
Plāno kārtiņu Interference

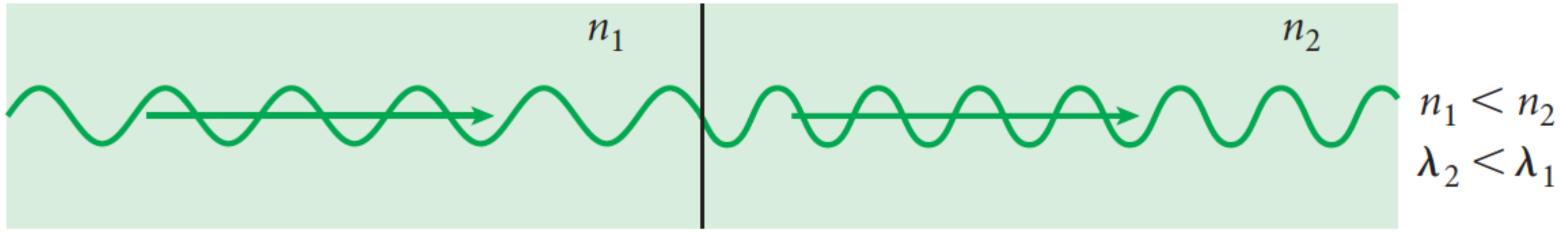
- Cits interferences parādību radīšanas veids ir daļēja gaismas atstarošana no plāno kārtiņu priekšējā un aizmugurējā slāņa.
- Plāna kārtiņa ir optiski dzidrs materiāls, kura biezums ir **salīdzināms** ar gaismas viļņu garumu.
- Plāno kārtiņu piemēri ir ziepju burbuļu sienas.
- Kad gaisma, kas atstarojas no priekšējās virsmas, interferē ar atstaroto gaismu no plēves aizmugures, mēs redzam krāsu, kas atbilst konkrētam gaismas viļņa garumam, kas konstruktīvi interferē.



Plāno kārtiņu Interference

- Gaisama, kas pārvietojas optiskajā vidē ar gaismas laušanas indeksu n_1, kas ieiet otrajā optiskajā vidē ar gaismas laušanas indeksu n_2.
- Gaismu var pārraidīt caur robežvirsmu.
  - Šajā gadījumā **gaismas fāze netiek mainīta**.
- Gaismu var atstarot no robežvirsmas.
  - Šajā gadījumā gaismas fāzi var mainīt atkarībā no laušanas indeksa attiecības abām vidēm.
  - Ja $n_1 < n_2$, atstarotā viļņa fāze tiks mainīta par **pusi viļņa garuma**.
  - Ja $n_1 > n_2$, tad fāzes izmaiņas **nebūs**.

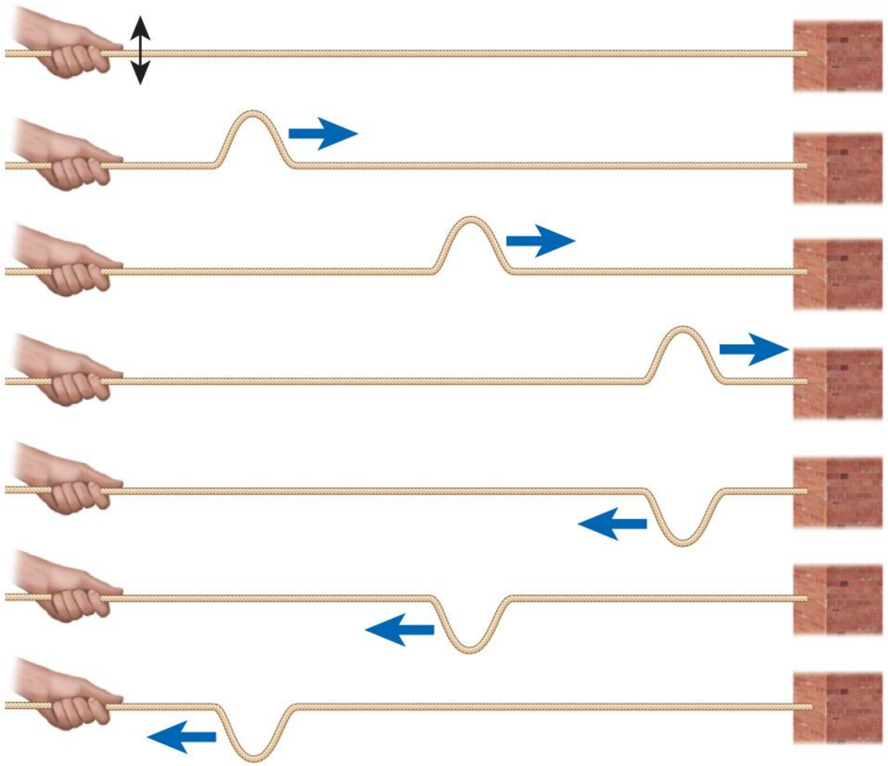
Transmisija
Nav fāzu
izmaiņas



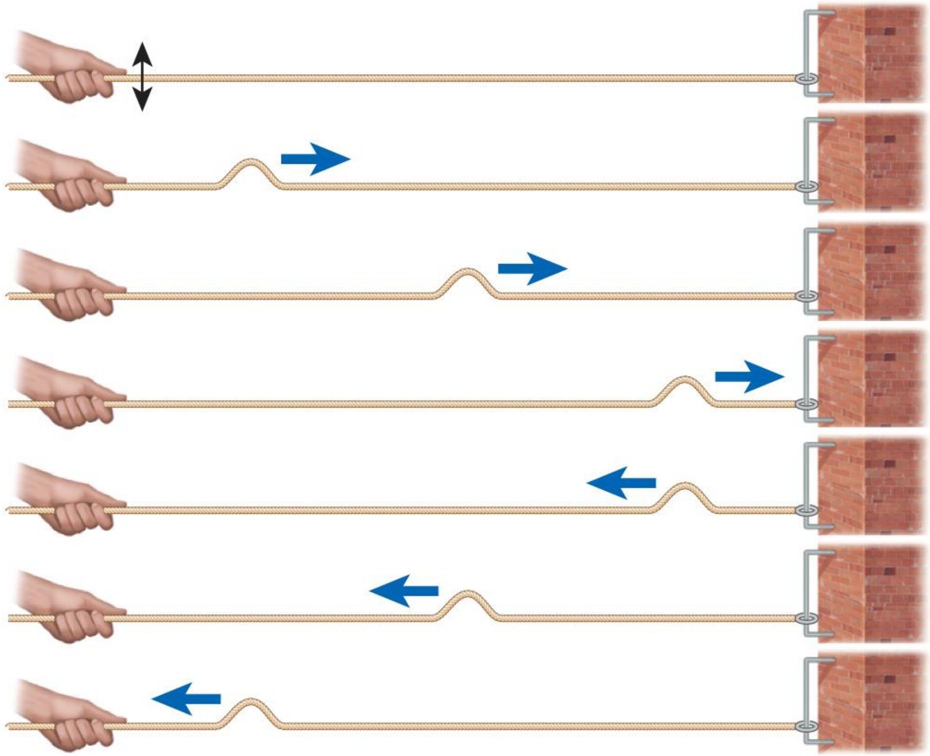
Plāno kārtiņu Interference

- Šīs fāzes maiņas cēlonis atstarošanā izriet no elektromagnētisko viļņu teorijas.
- Mēs to varam aplūkot ar mehānisku viļņu analoģiju
- Gaismas atstarošana optiski mazāk blīvā (zemāka n vērtība) robežās ar optiski blīvāku (augstāka n vērtība) vidi atbilst situācijai uz cietā savienojuma, bet apgrieztā gadījumā - uz elastīgā savienojuma.

Plāno kārtiņu Interference

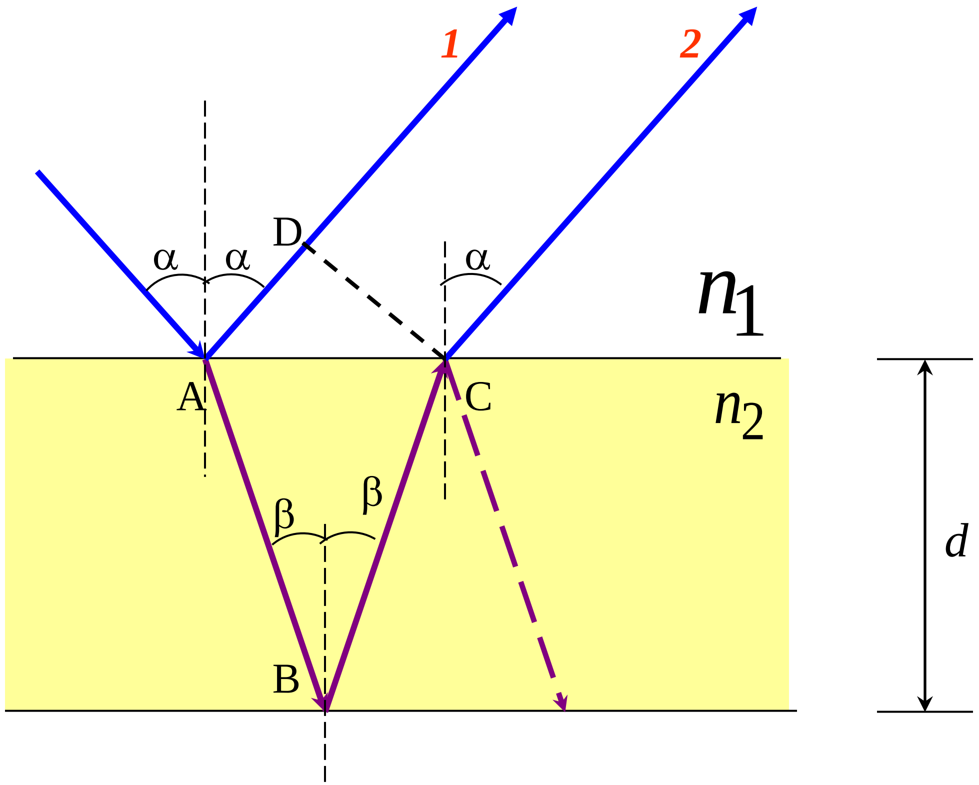


$n_1 < n_2$



$n_1 > n_2$

Plānu plakanparalēlu kārtiņu interference



Δs *stariem 1 un 2:*

$$s_2 = n_2(AB + BC)$$

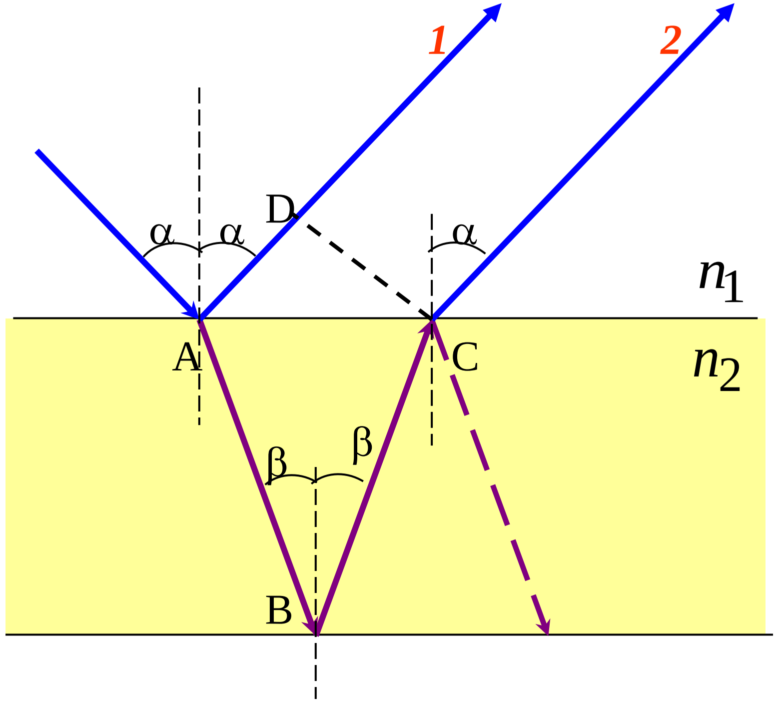
un

$$s_1 = n_1 AD$$

$n_2, n_1 -$ ***Gaismas laušanas koeficients***

$$AB + BC = 2AB = \frac{2d}{\cos\beta}$$

$$AD = AC\sin\alpha = 2d \cdot tg\beta \cdot \sin\alpha$$



$$\sin\alpha = \frac{n_2}{n_1}\cdot\sin\beta$$

$$AD = 2d\left(\frac{n_2}{n_1}\right)tg\beta\sin\beta$$

$$\Delta s = s_2 - s_1 = \frac{2dn_2}{\cos\beta} - \frac{2dn_2\cdot\sin^2\beta}{\cos\beta} = 2dn_2\cos\beta$$

$$\beta \to \alpha:$$

$$\cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \sqrt{1-\frac{n_1{}^2\sin^2\beta}{n_2^2}}$$

$$\Delta s = 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2\sin^2\alpha}$$

$$\Delta s = 2dn_1\sqrt{n_{21}^2 - \sin^2\alpha}$$

n_{21} – *Relatīvais gaismas laušanas koeficients* $= \dfrac{n_2}{n_1}$

$$\lambda_v = \frac{\lambda}{n_1}$$

$$\Delta s = 2d\sqrt{n_{21}^2 - \sin^2\alpha} = \pm(2k-1)\frac{\lambda_v}{2}, \quad k = 1, 2, 3 \ldots$$

– Interferences maksimums;

$$\Delta s = 2d\sqrt{n_{21}^2 - \sin^2\alpha} = \pm(2k)\frac{\lambda_v}{2}, \quad k = 0, 1, 2, \ldots$$

– Interferences minimums.

slido

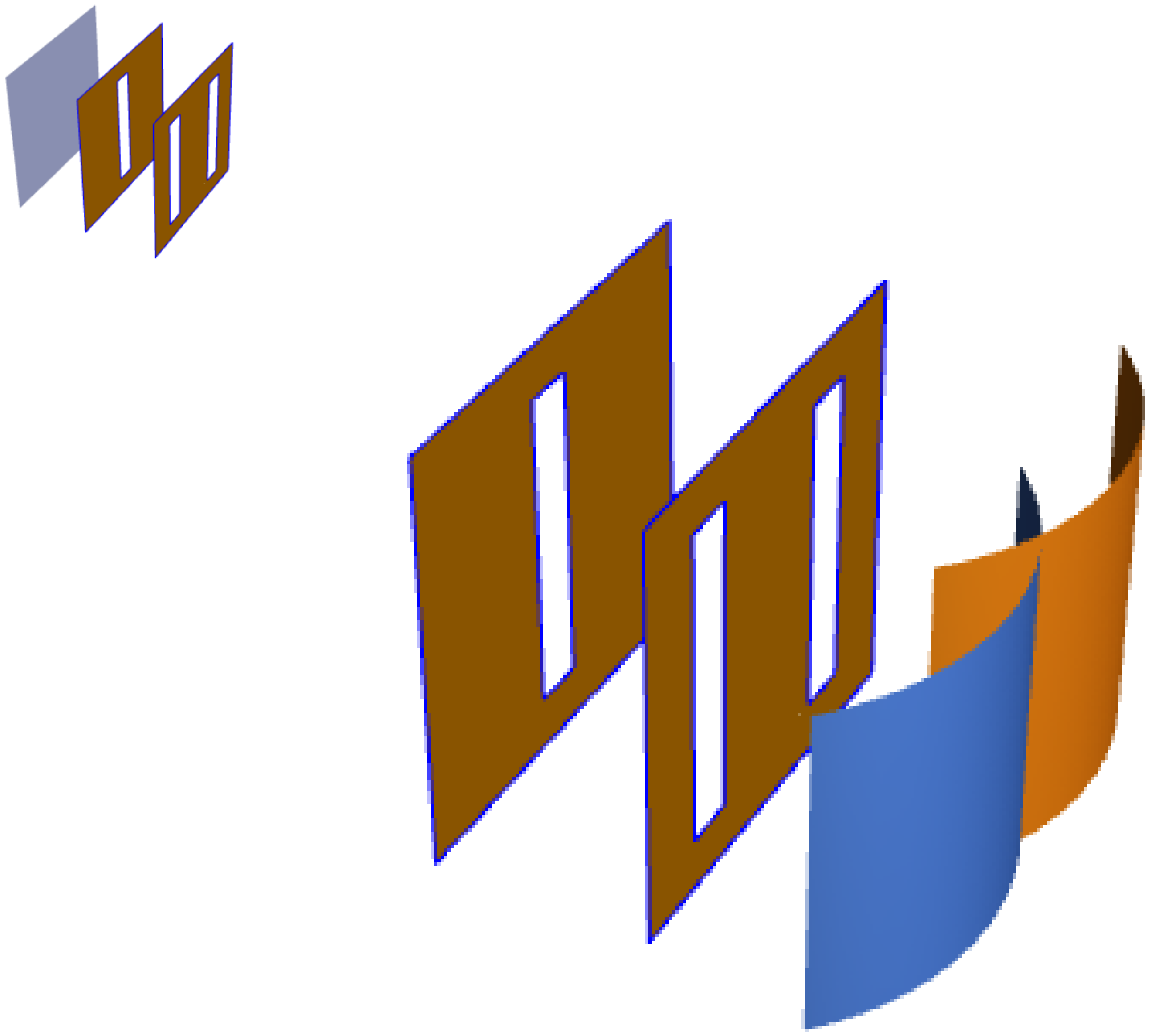
Kur ir redzama difrakcija?

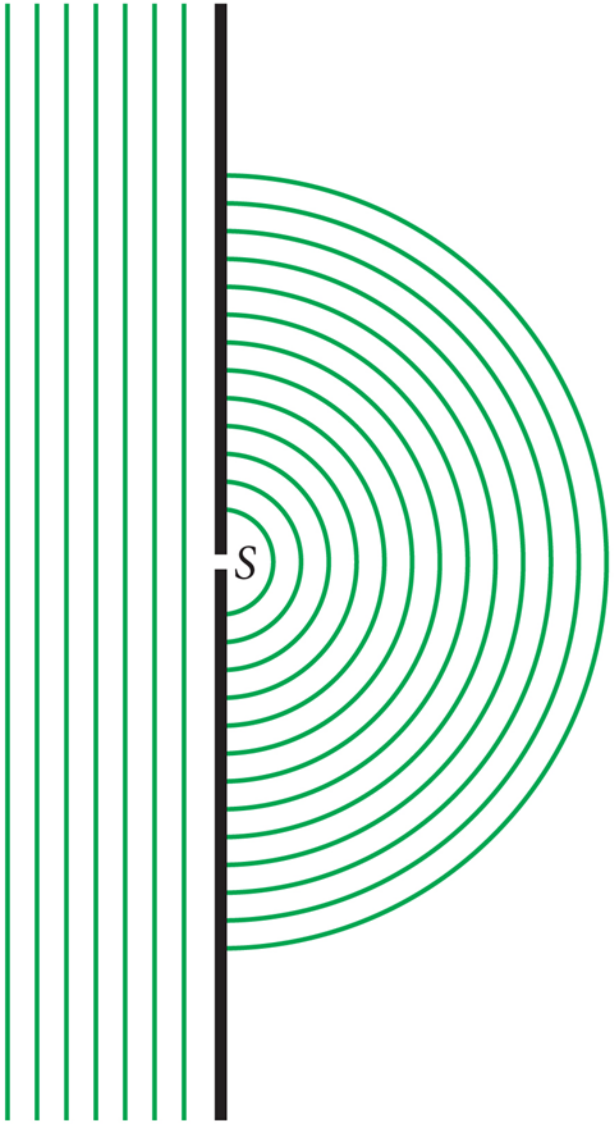
ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

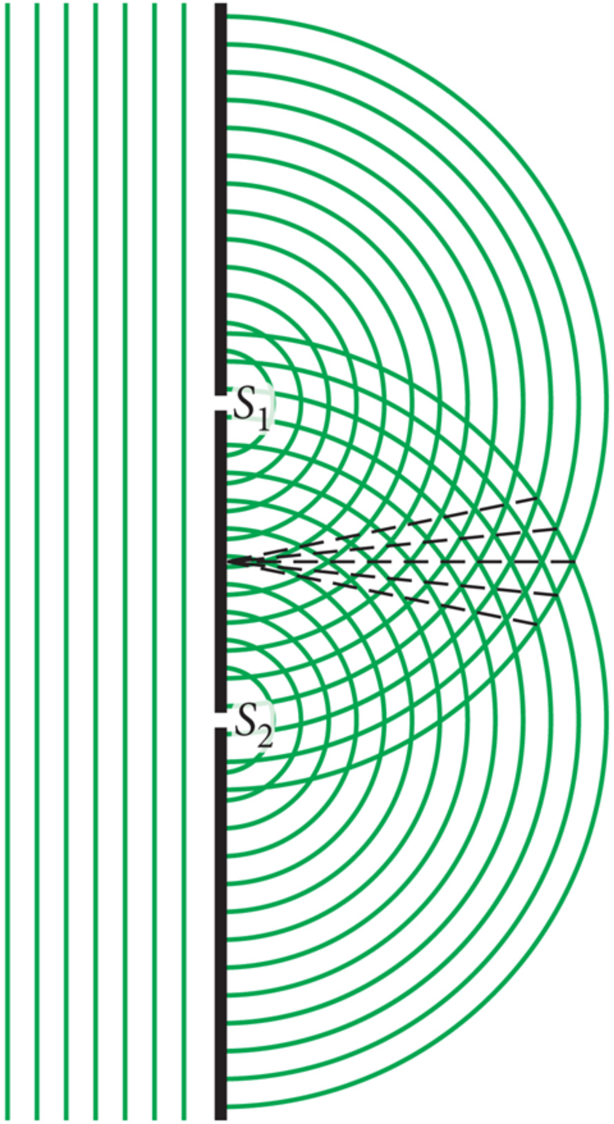
Gaismas Difrakcija

L. da Vinci (1452-1519)

Gaismas Difrakcija – acīmredzama viļņu liekšanās ap maziem šķēršļiem un viļņu izplatīšanās gar mazām atverēm.



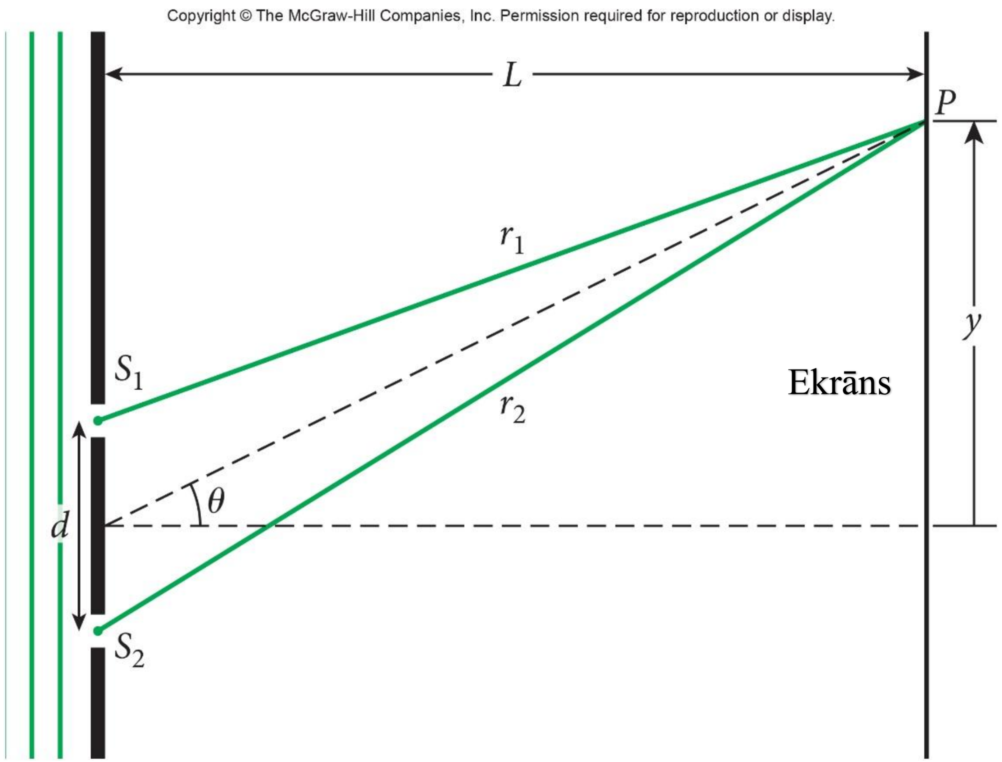

S
(a)


S_1
S_2
(b)

Dubultspraugu eksperiments

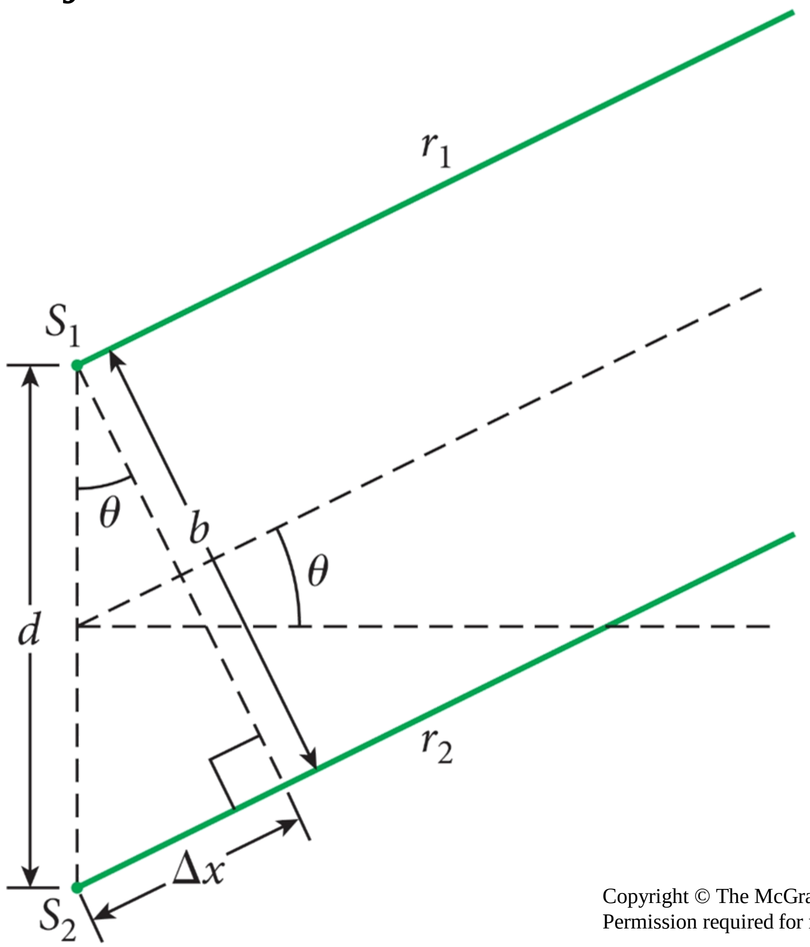
- Ja mēs novietosim ekrānu pa labi no spraugām, mēs novērosim pārmaiņus spilgtu līniju un tumšu līniju attēlu, kas atbilst konstruktīas un destruktīvas interferences attēlu kopai.
- Lai aprēķinātu šīs Konstruktīvās interference līnijas, mēs vienkāršojam situāciju.

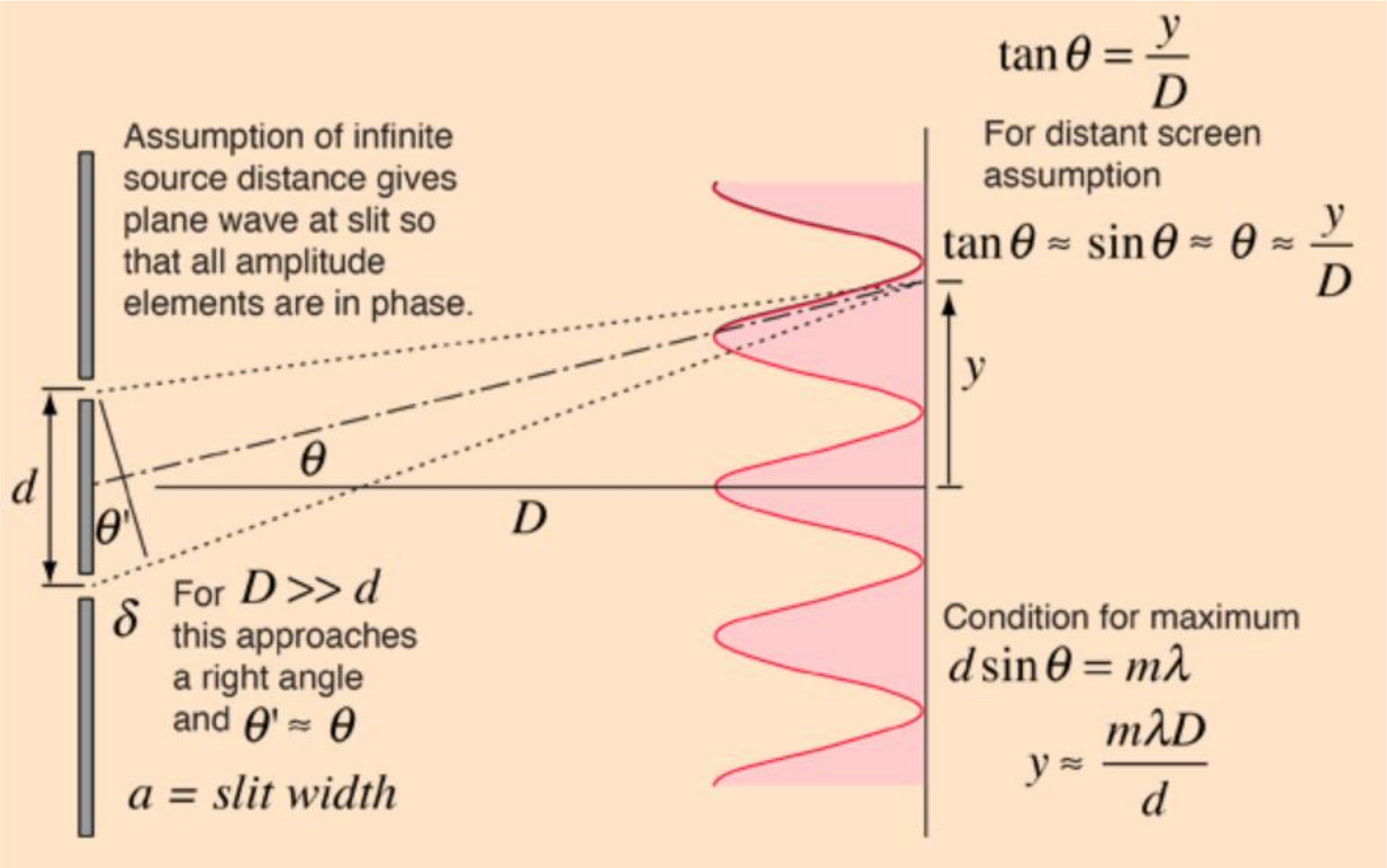
- r_1 un r_2 ir attālums no spraugas S_1 un spraugas S_2 **līdz** punktam **P** uz ekrāna, kas novietots **attālumā L** no spraugām.
- Līnija no centra līdz **P** veido **leņķi θ**.
- P ir attālumā y virs centra.



Dubulspraugas interference

- Tagad mēs novietojam ekrānu lielā attālumā L prom no spraugām tā, lai taisnes r_1 un r_2 būtu paralēlas viena otrai un līnijai, kas novilkta no centra līdz punktam P.
- Velkot līniju no S_1 perpendikulāri r_1 un r_2, izveidojas trīsstūris ar malām d, b un Δx.
- Δx ir ceļa garuma starpība starp r_1 un r_2.
- Ceļa garuma starpību var izteikt kā attālumu starp spraugām un leņķi, kurā tiek novērota gaisma.
- Atkarībā no cik tuvs Δx ir λ vai $\lambda/2$ mēs redzēsim interferences max vai min.



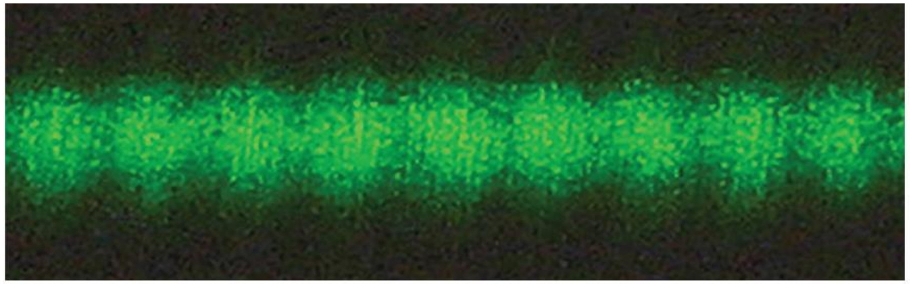


$\tan\theta = \frac{y}{D}$
Assumption of infinite source distance gives plane wave at slit so that all amplitude elements are in phase.
For distant screen assumption
$\tan\theta \approx \sin\theta \approx \theta \approx \frac{y}{D}$
y
θ
d
θ'
D
δ
For $D >> d$ this approaches a right angle and $\theta' \approx \theta$
$a = slit\ width$
Condition for maximum
$d \sin\theta = m\lambda$
$y \approx \frac{m\lambda D}{d}$

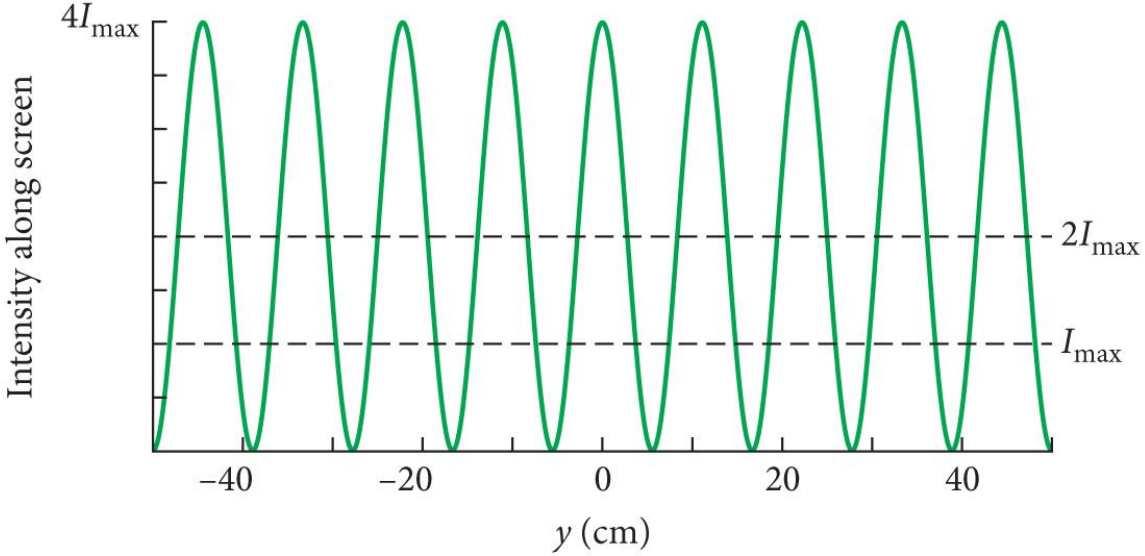
Dubultspraugas intensitāte

- Mēs varam atrast intensitāti

$$I = 4I_{\max}\cos^2\left(\frac{\pi d y}{\lambda L}\right)$$



(a)

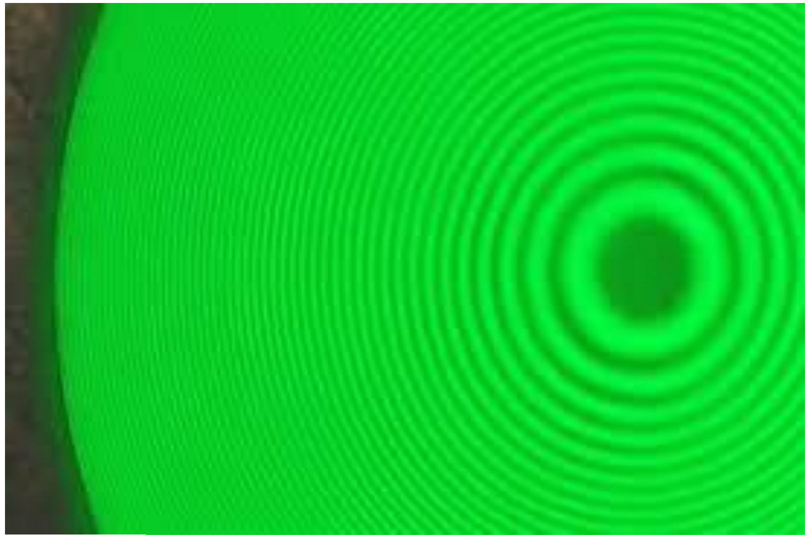


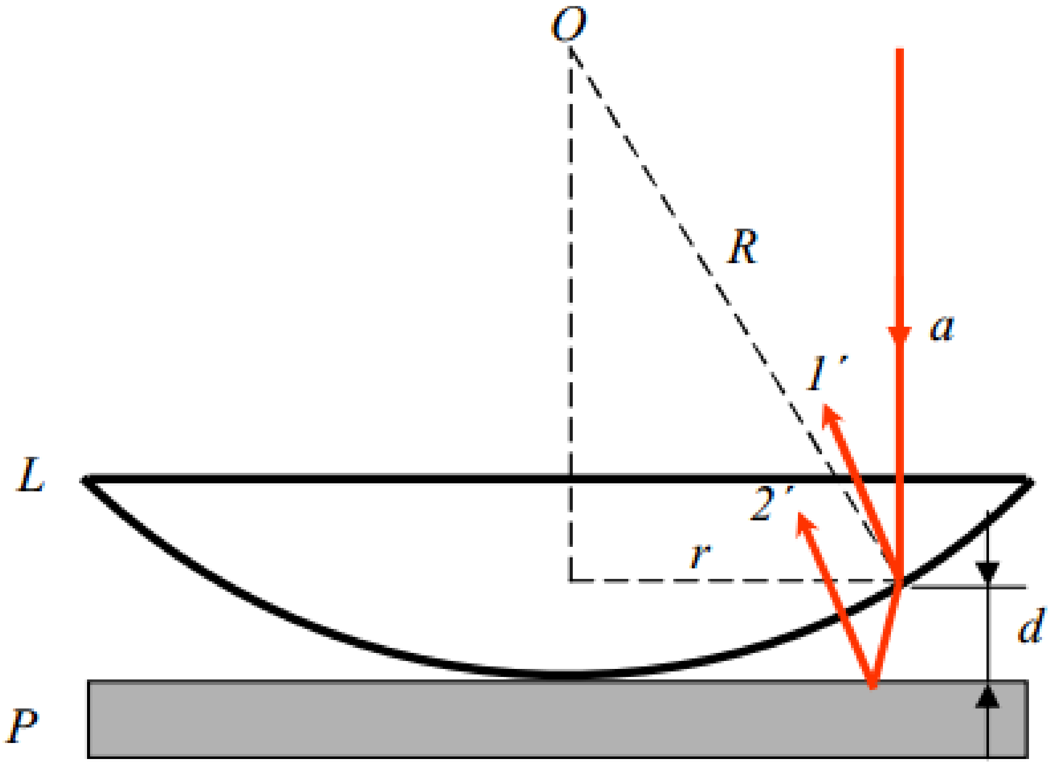
(b)

Ņūtona gredzeni

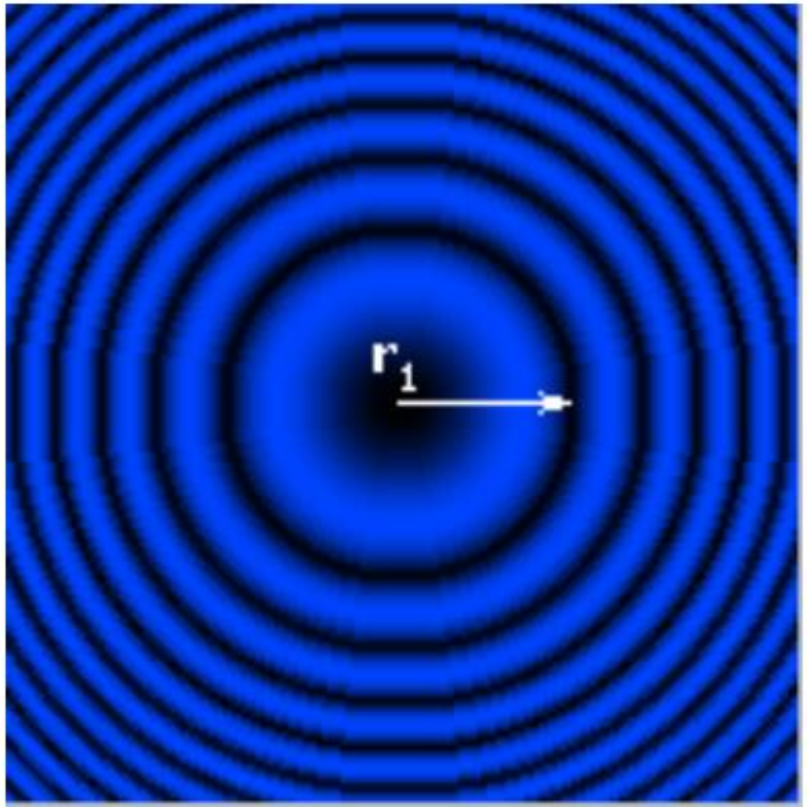
- Plāno kārtiņu Interferencei līdzīga parādība ir **Ņūtona gredzeni**.
- Šis efekts ir interferences modelis, ko izraisa gaismas atstarošana starp divām stikla virsmām, sfērisku virsmu un blakus esošo plakanu virsmu.

- Ja gaisma atstarojas no plānas kārtiņas ar mainīgu biezumu, un kārtiņu no vienas puses norobežo **plakana**, bet no **otras** puses **sfēriska virsma** (lēca ar relatīvi lielu rādiusu R), tad iegūtās vienāda biezuma interferences joslas sauc par **Ņūtona gredzeniem**
- $\Delta s = 2d$
- Un $r^2 + (R - d)^2 = R^2$, atceroties, ka liekuma rādiuss ir liels $r << R$




O
R
a
1′
L
2′
r
d
P

Atstarotai



- Maksimumus iegūsim ja
- $\frac{r_{gr}^2}{R} = \frac{(2k+1)\lambda}{2}$
- Bet minimuma nosacījumi sanāk ja
- $\frac{r_{gr}^2}{R} = 2k\frac{\lambda}{2}$

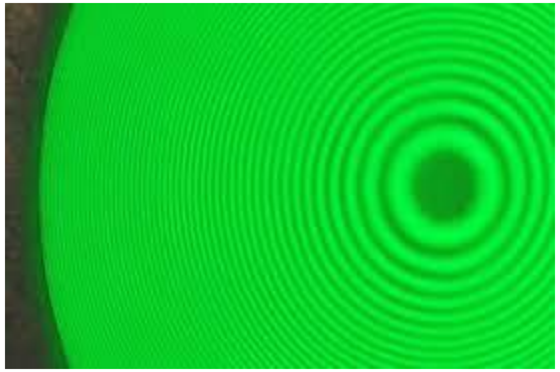
- **Šo pašu** var novērot **arī caurizgājušā** gaismā, **bet** tad maksimumu un minimumu **nosacījumi samainās vietām**

Caurizgājušai

- Minimumus iegūsim ja
  - $$\frac{r_{gr}^2}{R} = \frac{(2k+1)\lambda}{2}$$
- Maksimumus iegūsim ja
  - $$\frac{r_{gr}^2}{R} = \frac{2k\lambda}{2}$$

Ņutona gredzenu lēcas rādiusa aprēķins

- Izvēlamies minimumus, 2 kārtas. Pieņēmām, ka r_{gr}=42 mm. Kāds ir lēcas diametrs - d?



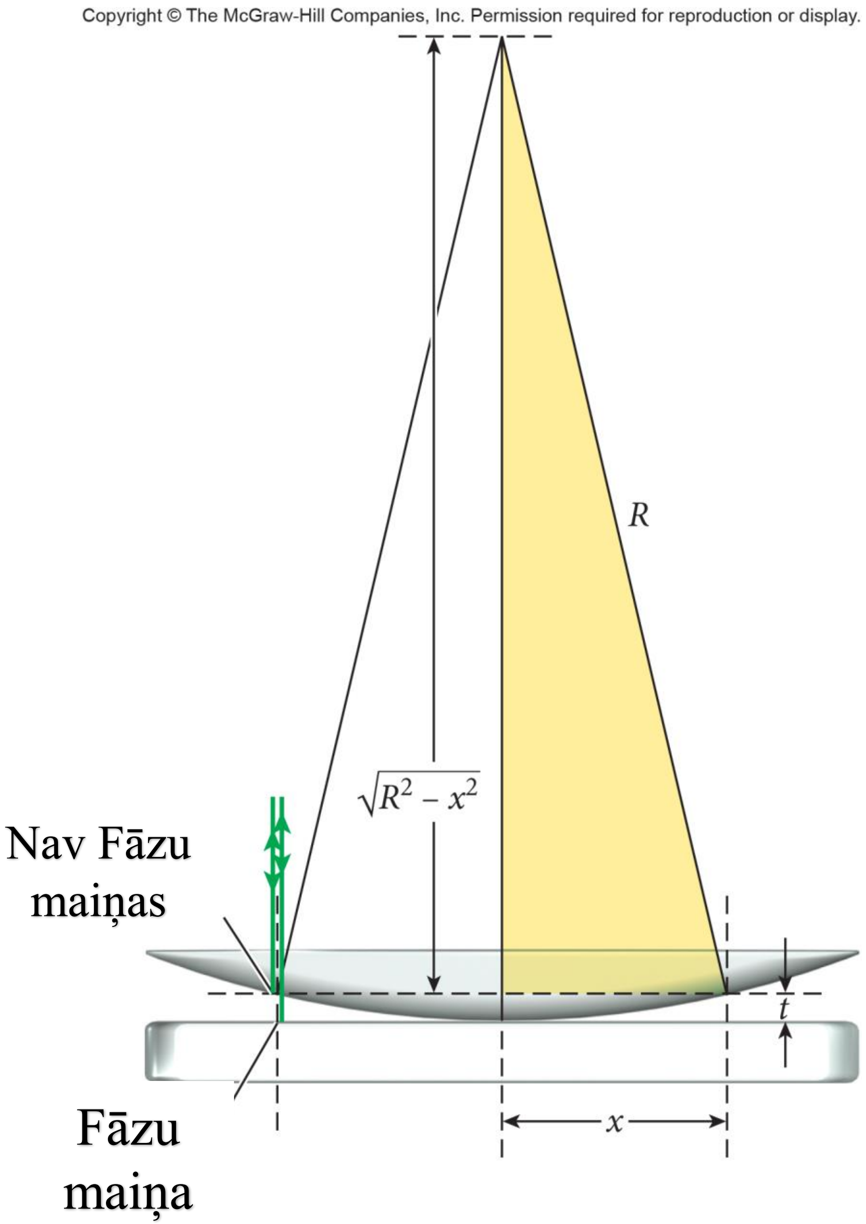
- $\frac{r_{gr}^2}{R} = 2k\frac{\lambda}{2}$
- $\frac{r_{gr}^2}{R} = 2k\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \ 2\,r_{gr}^2 \ = 2k\ R\lambda$
- $R = \ 2 \cdot \frac{r_{gr}^2}{2k\ \lambda}$
- $R = \ 2 \cdot \frac{\left(42 \cdot 10^{-3}\right)^2}{2 \cdot\ 2 \cdot 550 \cdot 10^{-9}}$

Ņūtona gredzeni

- Attālums starp izliekto virsmu un plakano virsmu t ir horizontālā attāluma funkcija no vietas, kur sfēriskā virsma skar plakanu virsmu.
- Attiecības dod Pitagora teorēma, kas piemērota dzeltenajam trijstūrim

$$t = R - \sqrt{R^2 - x^2} = R - R\sqrt{1 - \left(\frac{x}{R}\right)^2}$$

- kur R ir izliektā stikla izliekuma rādiuss.



Ņūtona gredzeni

- Atstarotajai gaismai pie izliektā stikla apakšas fāzes nemainās.
- Gaismai, kas atspoguļojas pie plakanā stikla plāksnes augšdaļas, fāzes izmaiņas ir ½ viļņa garuma.
- Konstruktīvas iejaukšanās kritērijs ir:

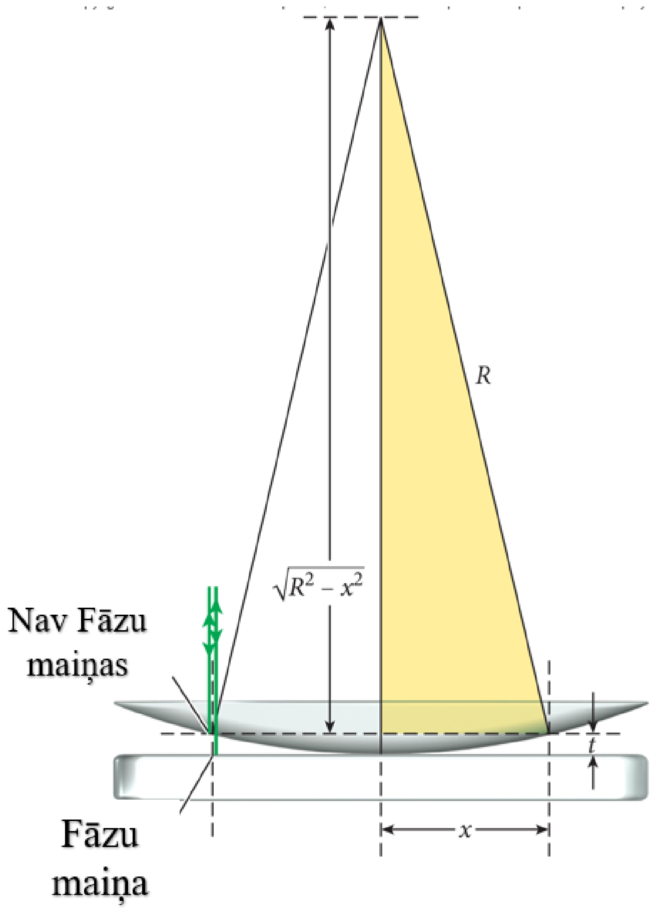
$$\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda = 2t \quad \left(\text{for } m = 0,1,2,\ldots\right)$$

- Ievadot mūsu izteicienu 2t:

$$\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda = \frac{x_m^2}{R} \quad \left(\text{for } m = 0,1,2,\ldots\right)$$

- Spilgto apļu rādiusu izsaka:

$$x_m = \sqrt{R\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda} \quad \left(\text{for } m = 0,1,2,\ldots \text{ and } x_m / R \ll 1\right)$$



Ņūtona gredzeni

- Izliekuma rādiuss ir daudz lielāks nekā attālums no pieskaršanās punkta, tāpēc x / R << 1 un:

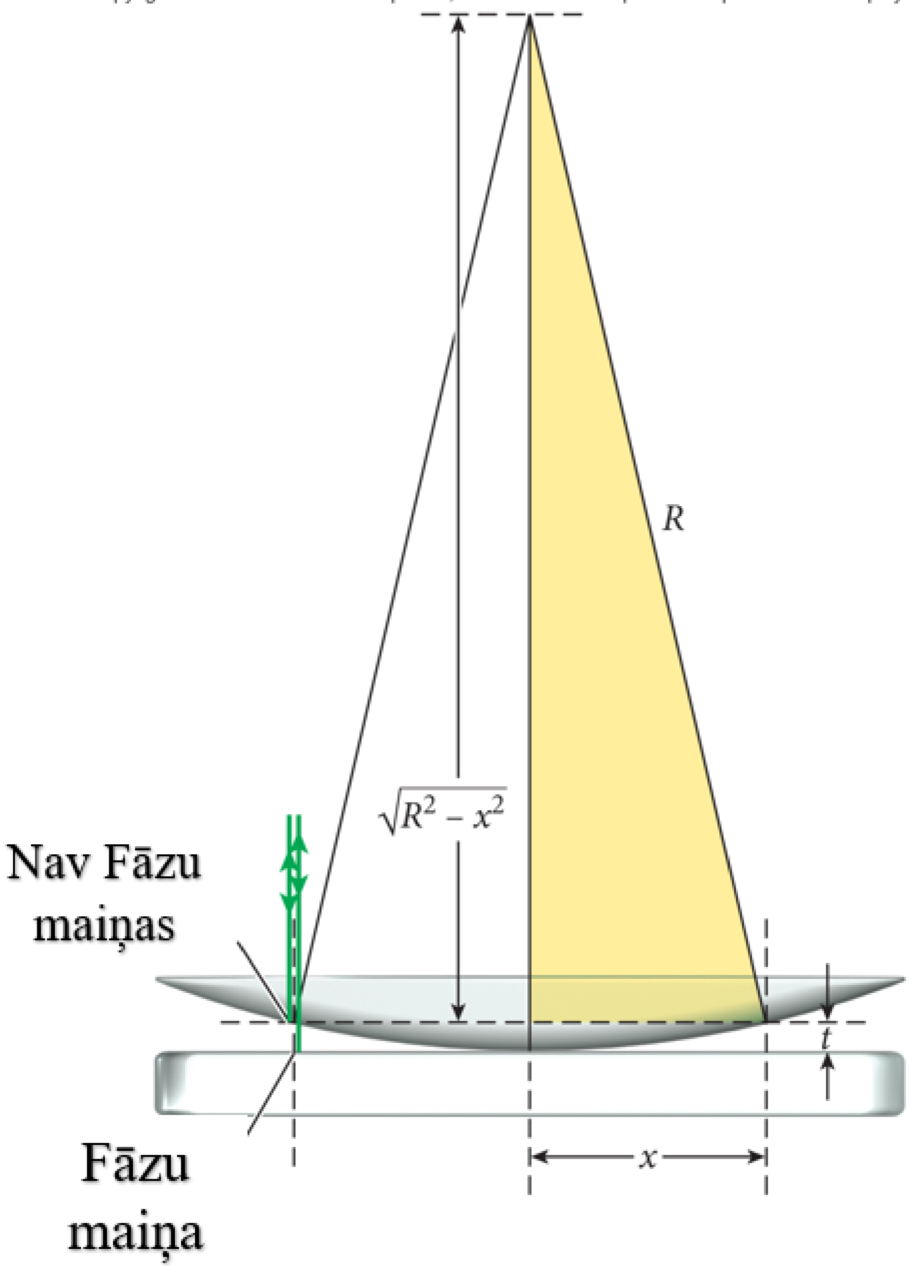
$$\sqrt{1-\left(\frac{x}{R}\right)^2} \approx 1-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{R}\right)^2$$

- Tad attālums starp virsmām ir:

$$t \approx R - R\left(1-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{R}\right)^2\right) = \frac{1}{2}\frac{x^2}{R}$$

- Ceļa starpība ir 2t:

$$2t = 2\left(\frac{1}{2}\frac{x^2}{R}\right) = \frac{x^2}{R}$$



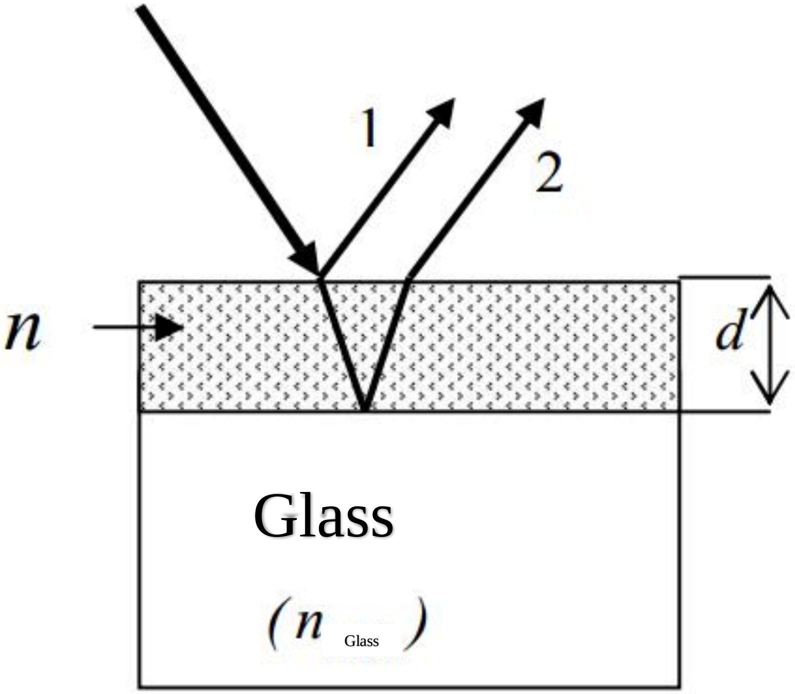
Interferences pielietojumi

- *viļņu garumu noteikšana* λ*;*
- *Pretatstarošanās pārklājumi;*
- *Dielektriski spoguļi;*

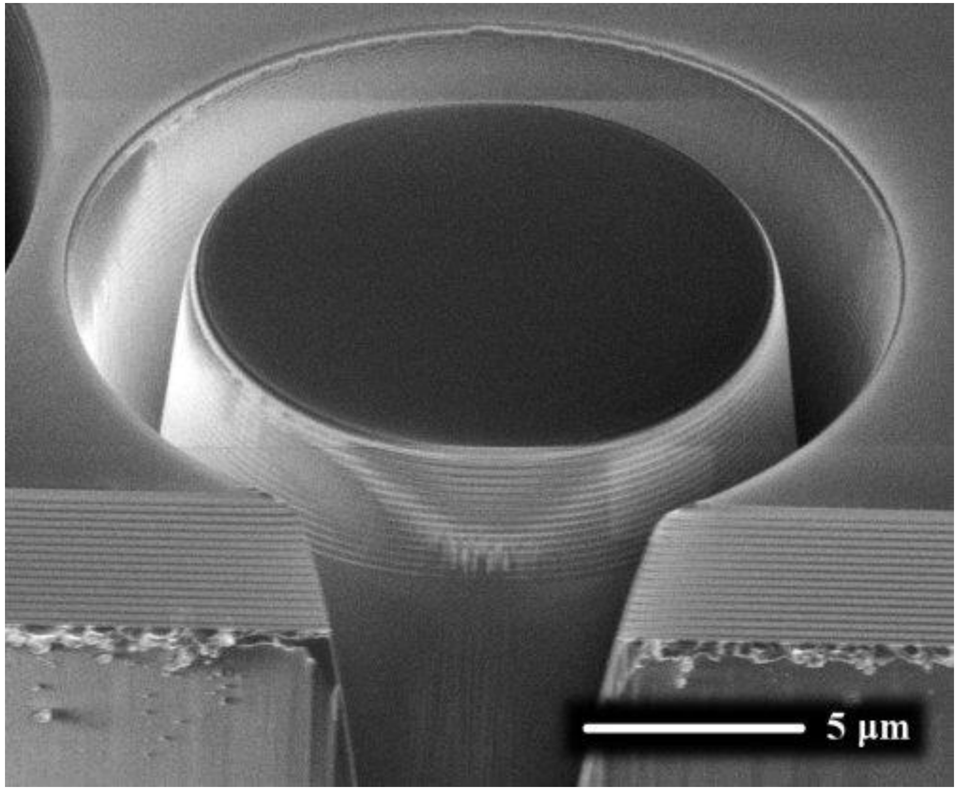
u.n.

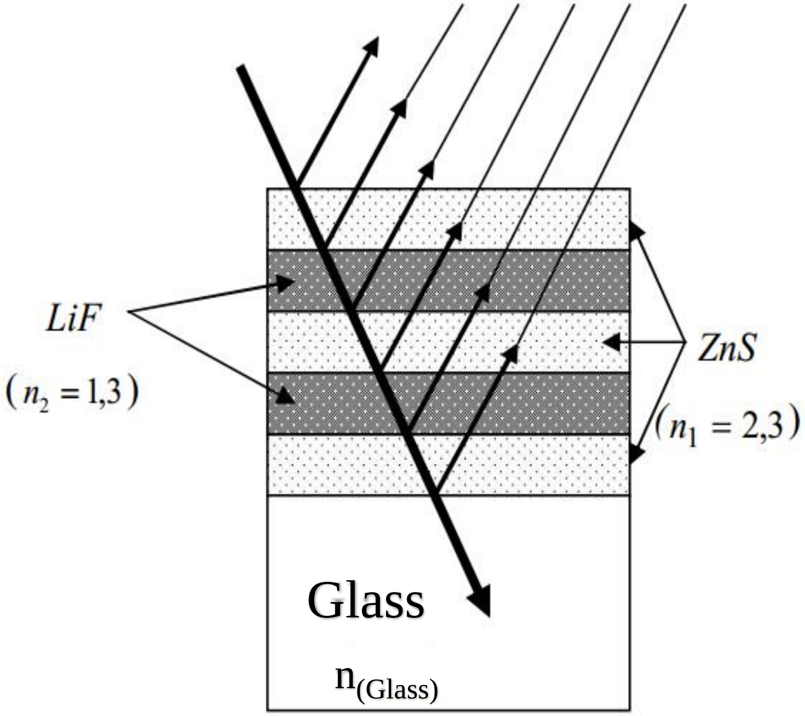

CANON ZOOM LENS EF-S 17-55mm 1:2.8 IS USM
CANON
LENS MADE IN JAPAN
φ77mm


groglass
Regular glass


1
2
n
d
Glass
(n_{Glass})

Lai dielektriskais spogulis maksimāli atstarotu gaismu pirmās kārtas maksimuma (k = 1) virzienā (perpendikulāri spoguļa plaknei), kārtiņu biezumam ir jābūt



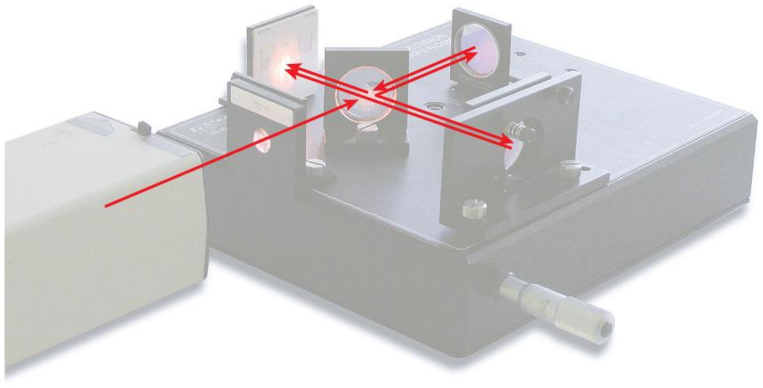


$$d = \lambda \frac{n_1}{4n_2}$$

Interferometri

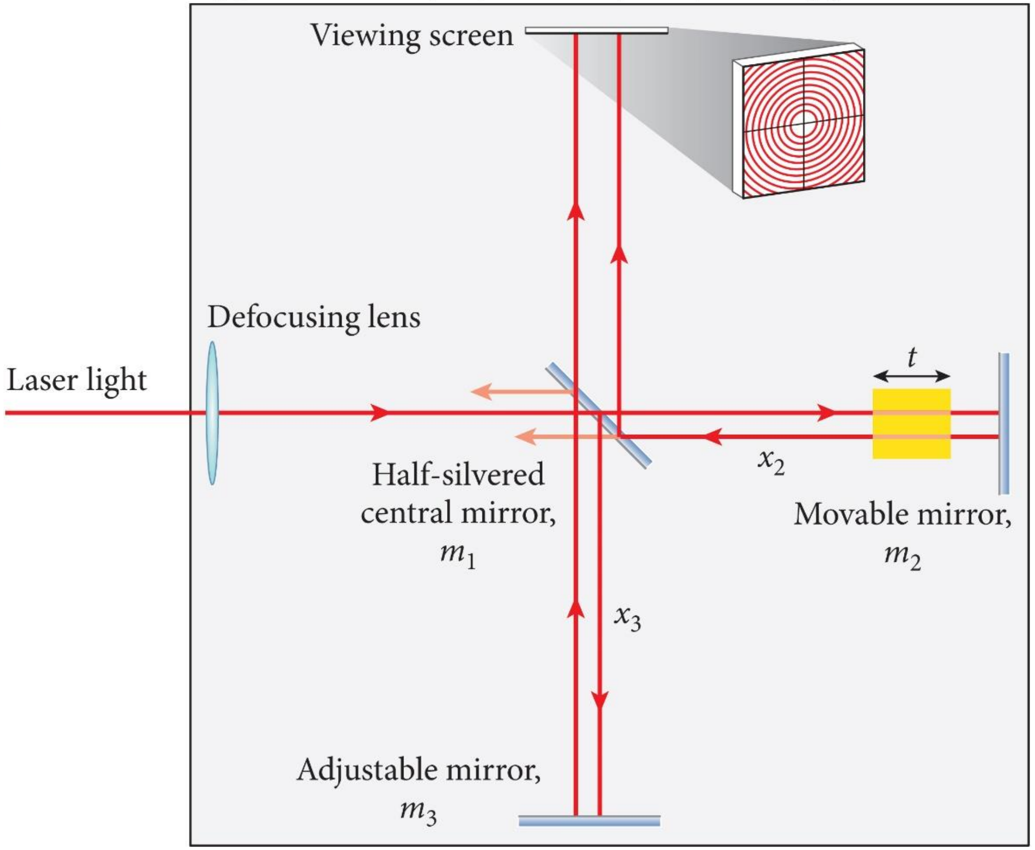
- Redzama fizikas laboratorijās izmantotā komerciālā interferometra fotogrāfija un rasējums :

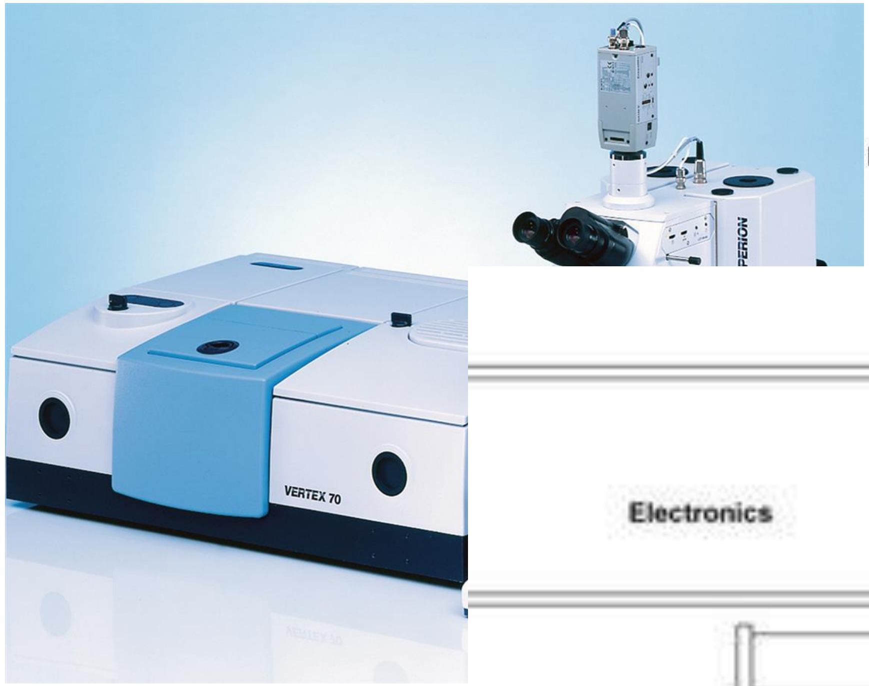
(a)

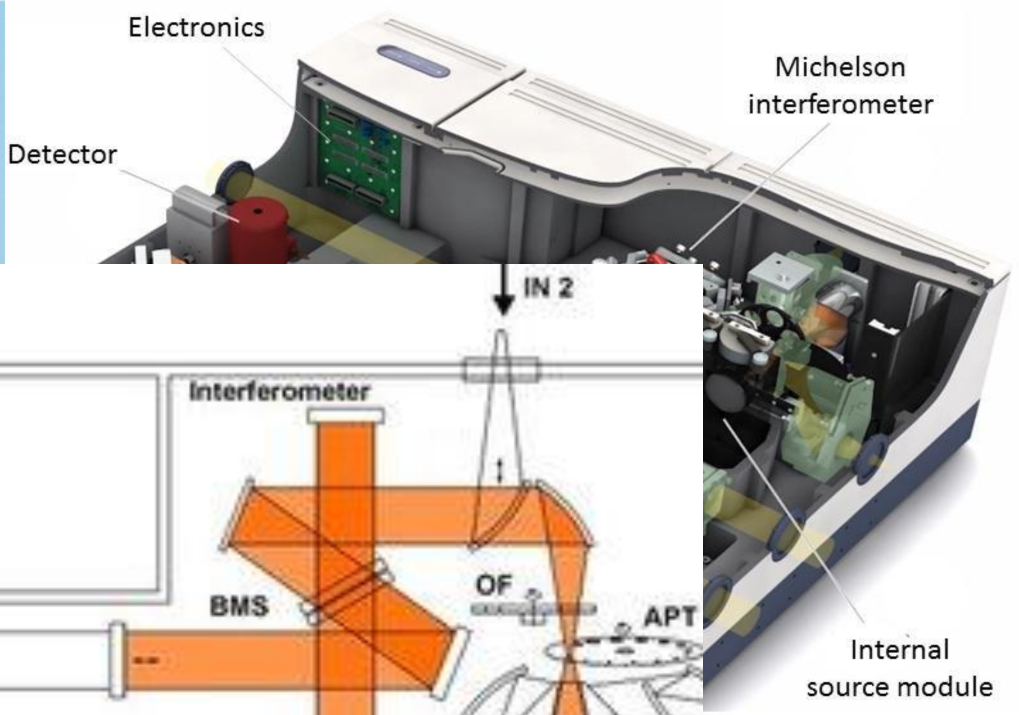


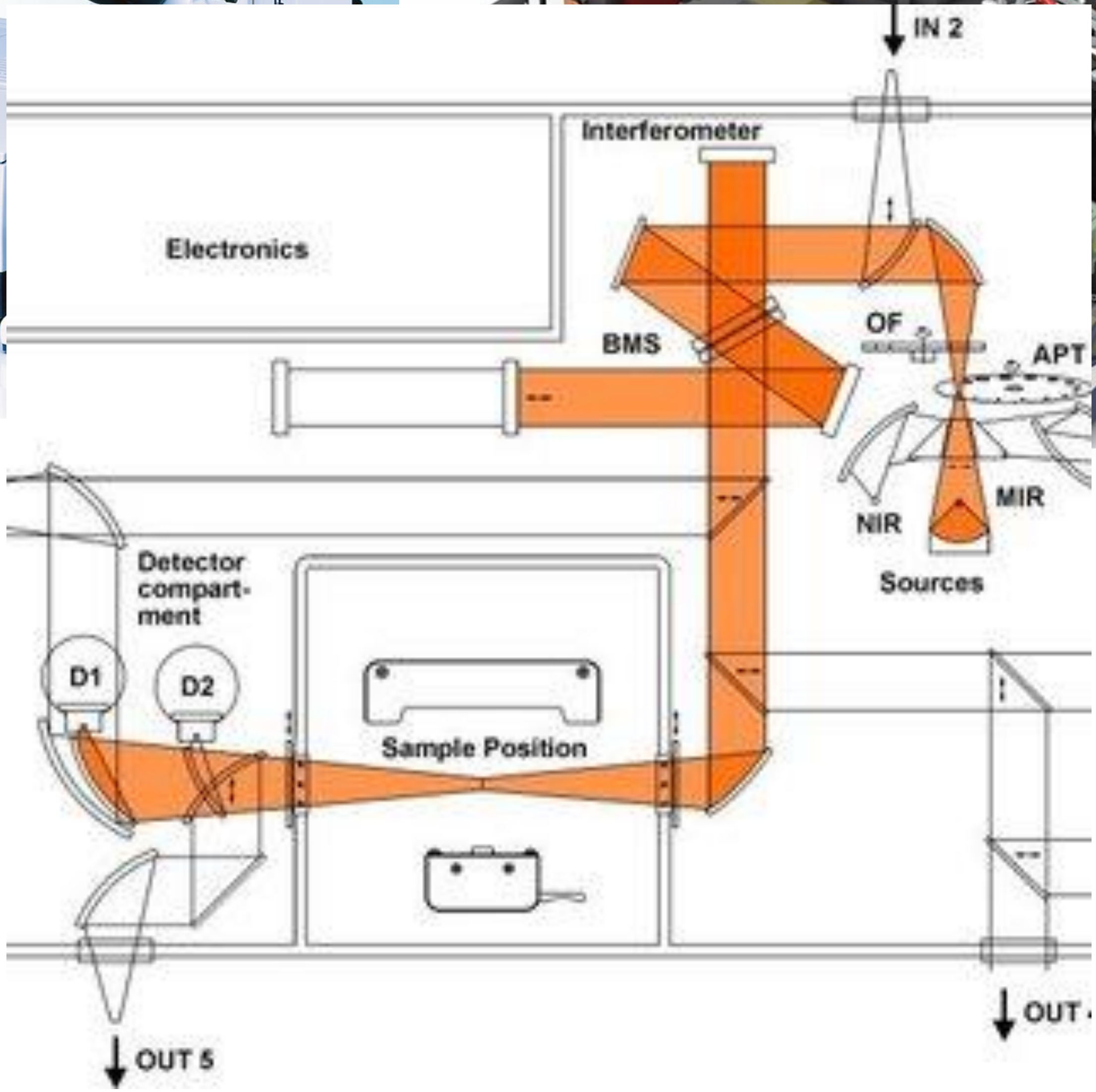
(b)

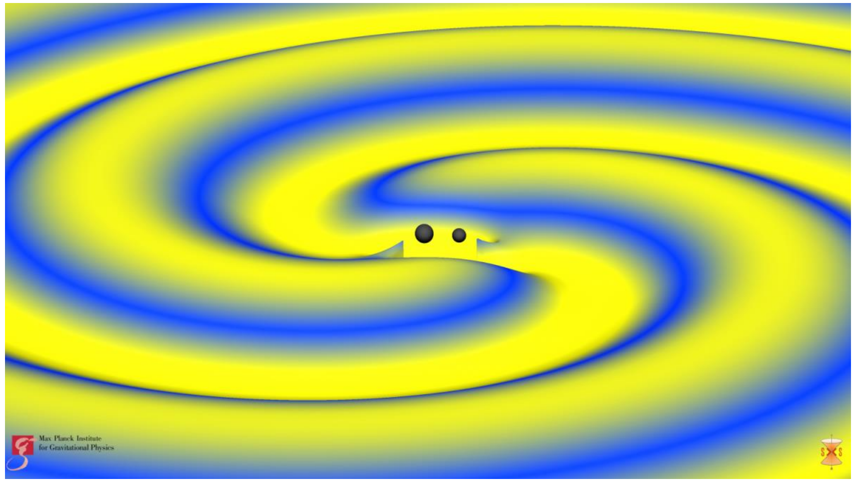
(both): © W. Bauer and G. D. Westfall

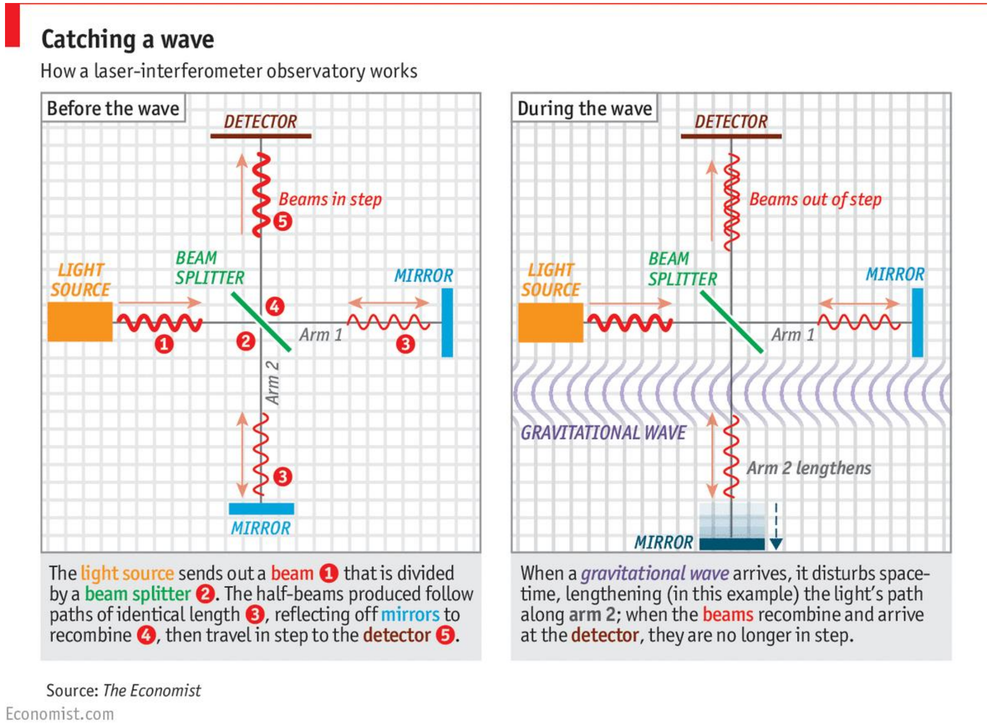



VERTEX 70

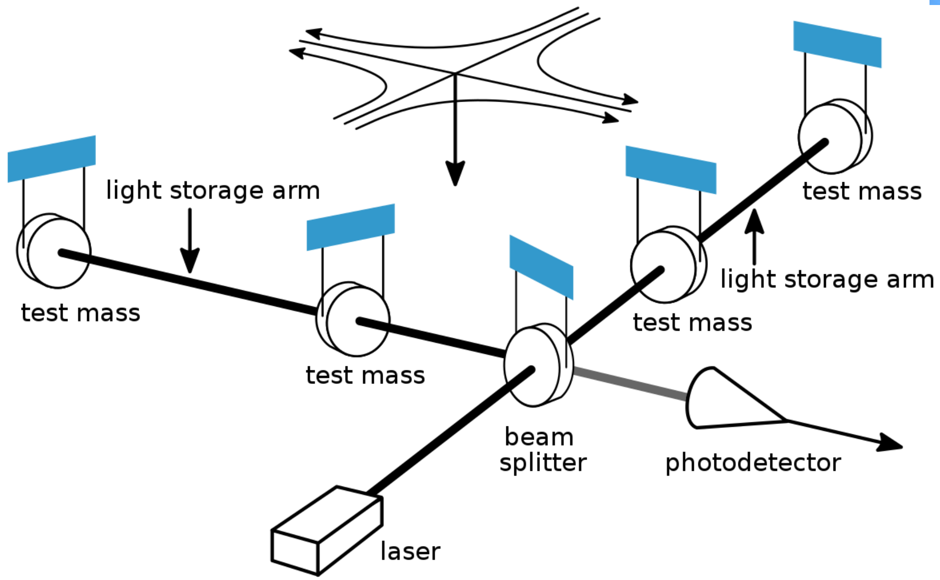

Electronics
Detector
Michelson interferometer
Internal source module


IN 2
Interferometer
Electronics
BMS
OF
APT
NIR
MIR
Sources
Detector compart-ment
D1
D2
Sample Position
OUT 5
OUT

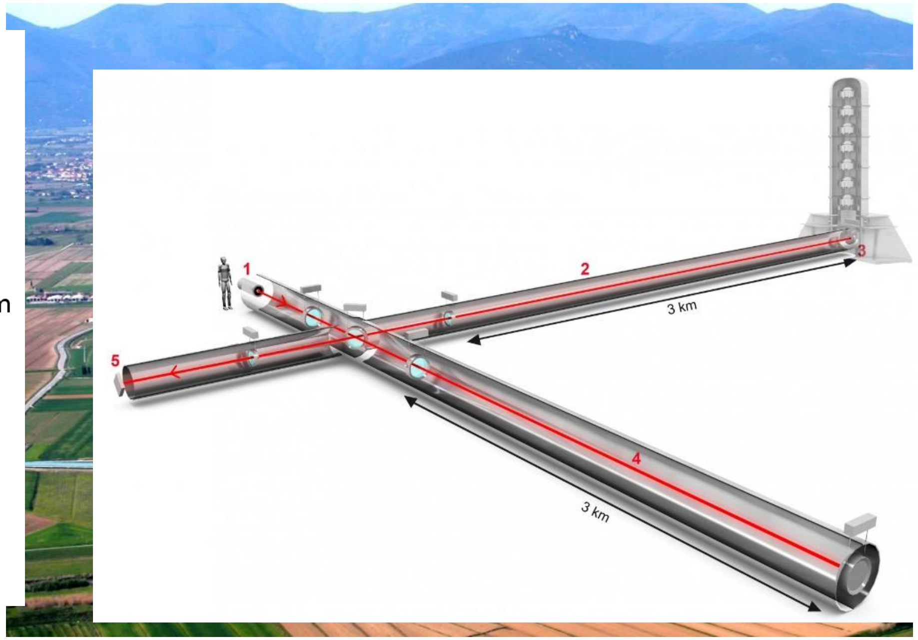




Catching a wave
How a laser-interferometer observatory works
Before the wave
DETECTOR
Beams in step
LIGHT SOURCE
BEAM SPLITTER
MIRROR
Arm 1
Arm 2
MIRROR
The light source sends out a beam 1 that is divided by a beam splitter 2. The half-beams produced follow paths of identical length 3, reflecting off mirrors to recombine 4, then travel in step to the detector 5.
During the wave
DETECTOR
Beams out of step
LIGHT SOURCE
BEAM SPLITTER
MIRROR
Arm 1
GRAVITATIONAL WAVE
Arm 2 lengthens
MIRROR
When a gravitational wave arrives, it disturbs space-time, lengthening (in this example) the light's path along arm 2; when the beams recombine and arrive at the detector, they are no longer in step.
Source: The Economist
Economist.com

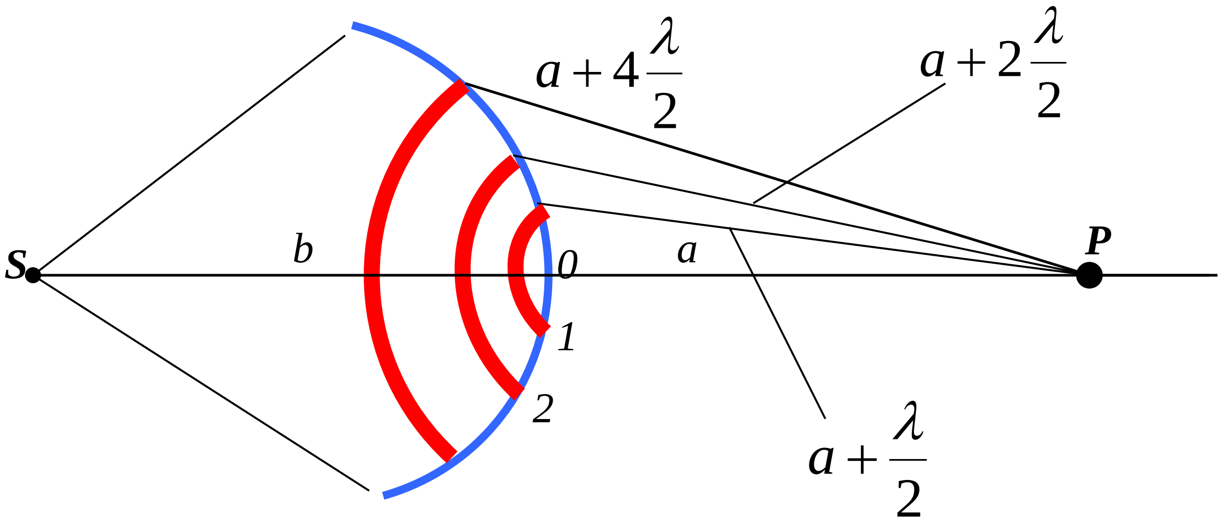


light storage arm
test mass
test mass
test mass
light storage arm
test mass
beam splitter
photodetector
laser

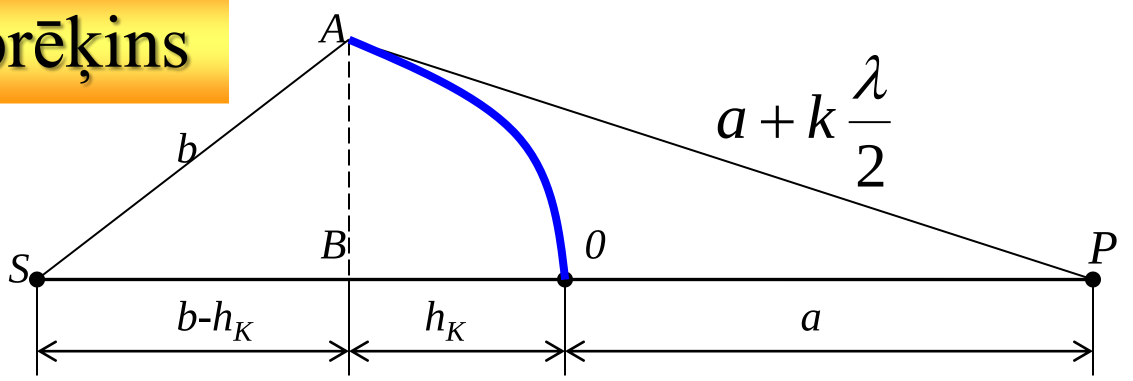


1
2
3 km
3
5
4
3 km

Gaismas intensitātes aprēķins



Gaismas intensitātes aprēķins



$$S_K = 2\pi b h_K;$$

$$\Delta S_K = S_K - S_{K-1};$$

$$\Delta S_K = \frac{\pi a b}{a+b}\lambda$$

$$r_K = \sqrt{\frac{ab}{a+b}k\lambda}$$

$$A_1 > A_2 > A_3 > \ldots\ldots\ldots\ldots > A_K > A_{K+1} > \ldots\ldots$$

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \ldots\ldots\ldots\ldots + (-1)^{K+1} A_K$$

$$A = \frac{A_1}{2} + \left(\frac{A_1}{2} - A_2 + \frac{A_3}{2}\right) + \left(\frac{A_3}{2} - A_4 + \frac{A_5}{2}\right) + \ldots\ldots\ldots$$

$$A_K = \frac{A_{K-1}}{2} + \frac{A_{K+1}}{2}$$

$$\boxed{A = \frac{A_1}{2} + (-1)^{K+1}\frac{A_K}{2}}$$

$$\boxed{A_\infty = \frac{A_1}{2}}$$

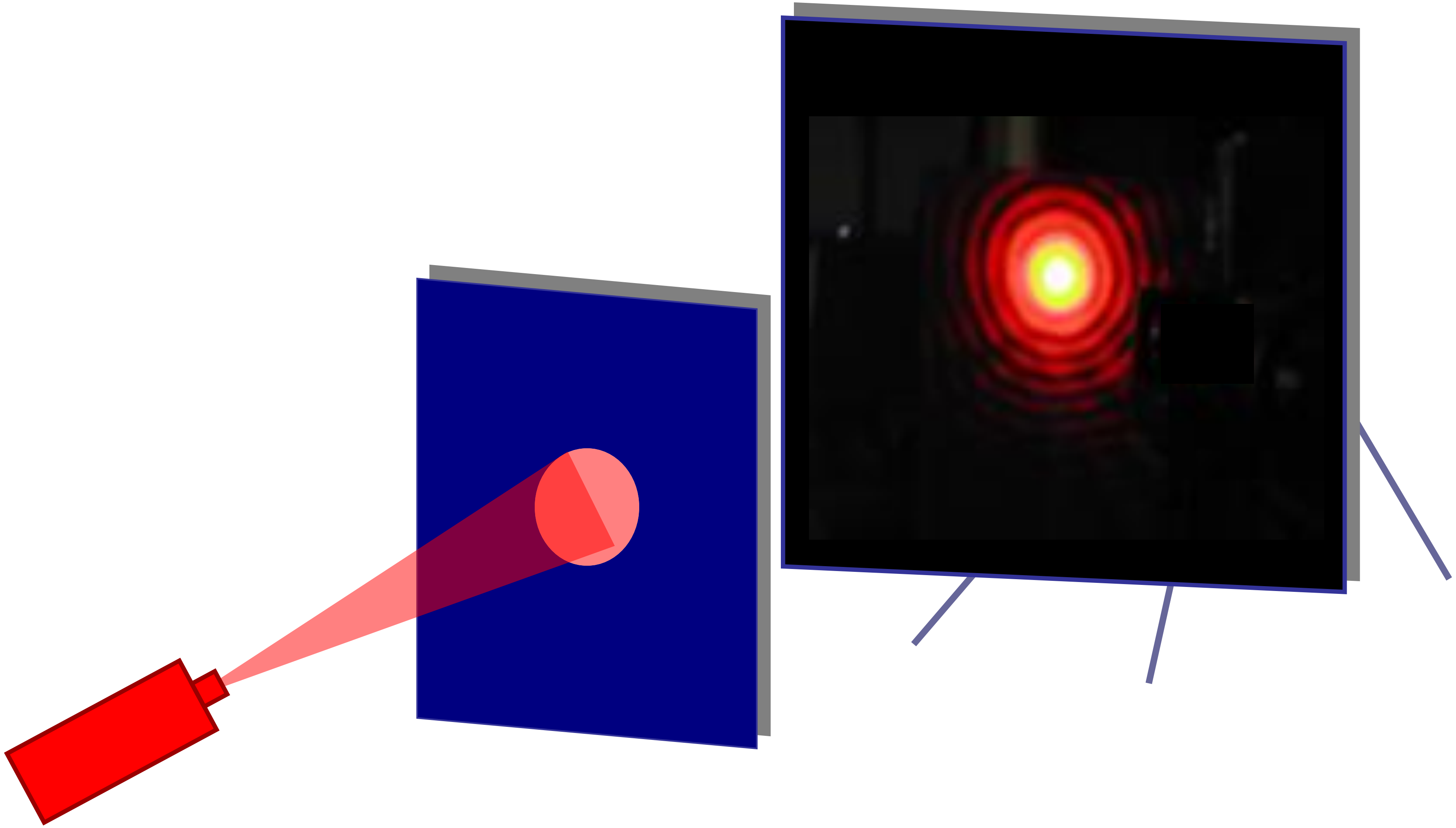
Difrakcija apaļā caurumā

slido

Vai ir iespējams iegūt attēlu ar melnu/tumšu centru aiz apaļa cauruma?

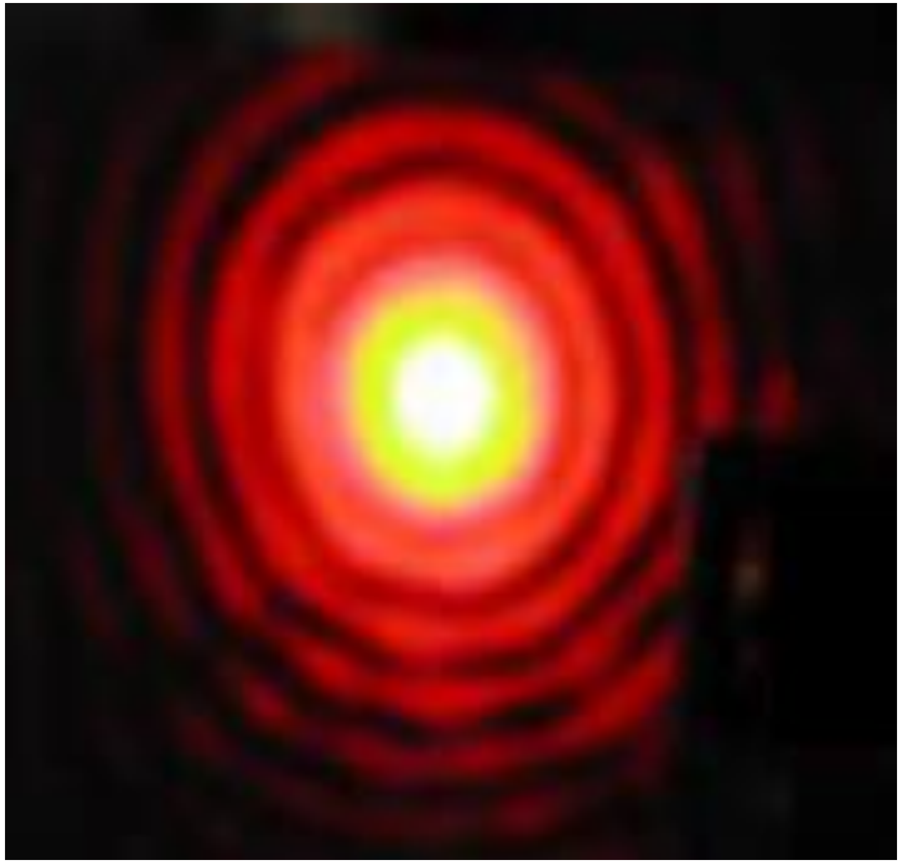
ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

Difrakcija apaļā caurumā

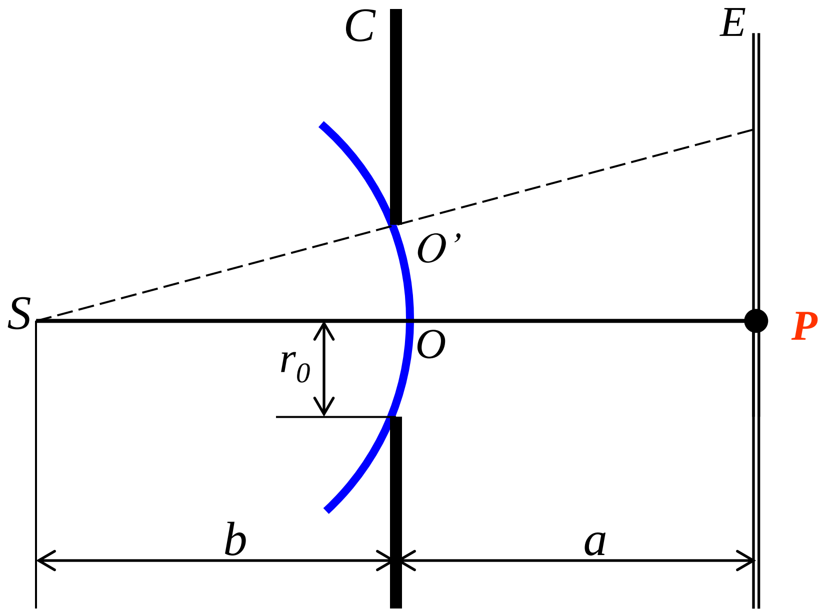


Difrakcija apaļā caurumā

Koncentrisko gredzenu kopa šajā gadījumā ir novērojama uz ekrāna - periodiski tiek izpildīti minimuma un maksimuma nosacījumi sekundāro viļņu interferencei.



Difrakcija apaļā caurumā



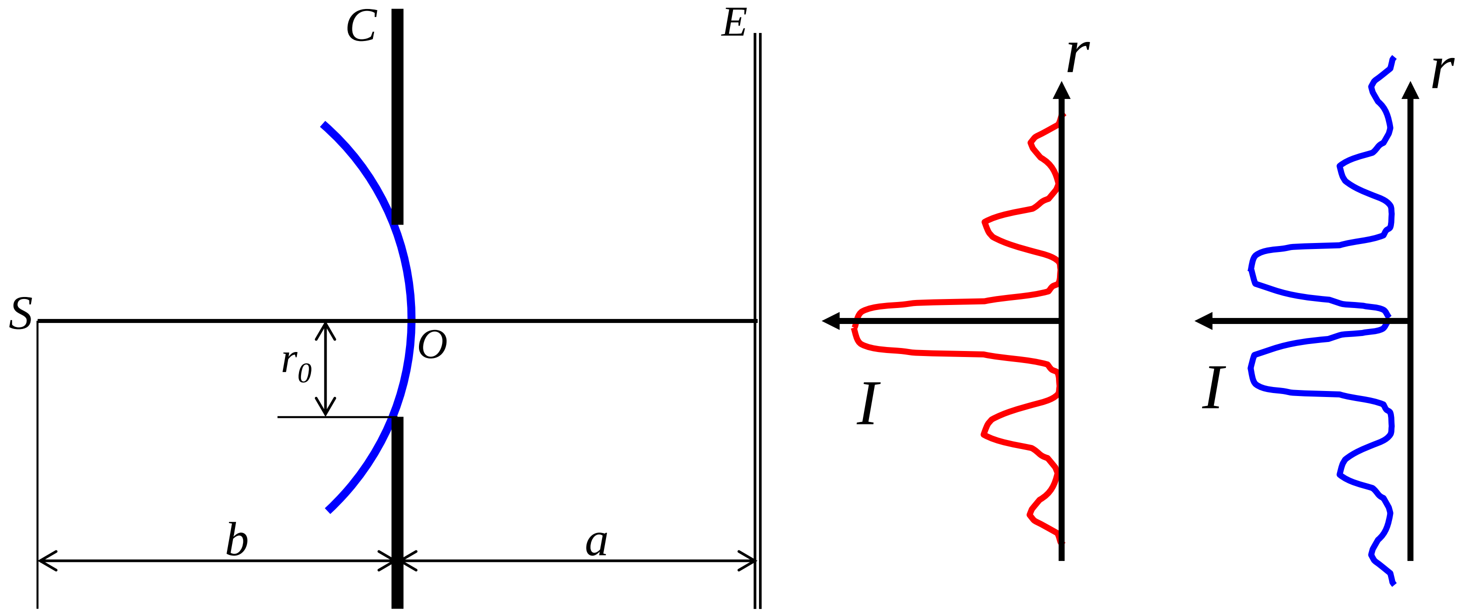
Gaismas intensitāti katrā konkrētajā ekrāna punktā noteiks Freneļa zonu skaits, no kurām gaisma nonāk šajā punktā.

Neapklāto zonu skaitu k var definēt kā:

$$\boxed{k = \frac{r_0^2}{\lambda}\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)}$$

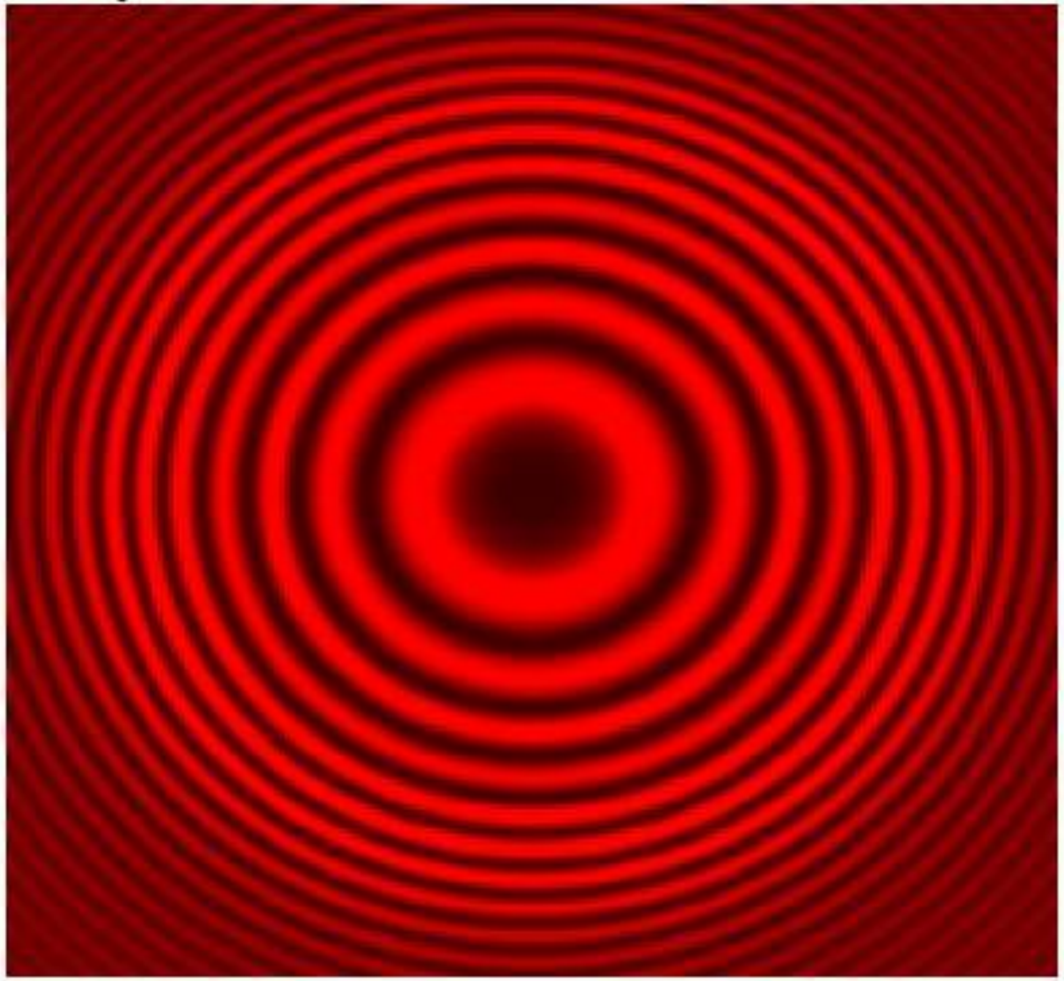
Difrakcija apaļā caurumā

$$k = \frac{r_0^2}{\lambda}\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)$$



Sākam ar r_0 = *const* un b = *const*, skaitlis k ir atkarīgs no attāluma a (starp caurumu un ekrānu).

Fresnel diffraction of circular aperture"

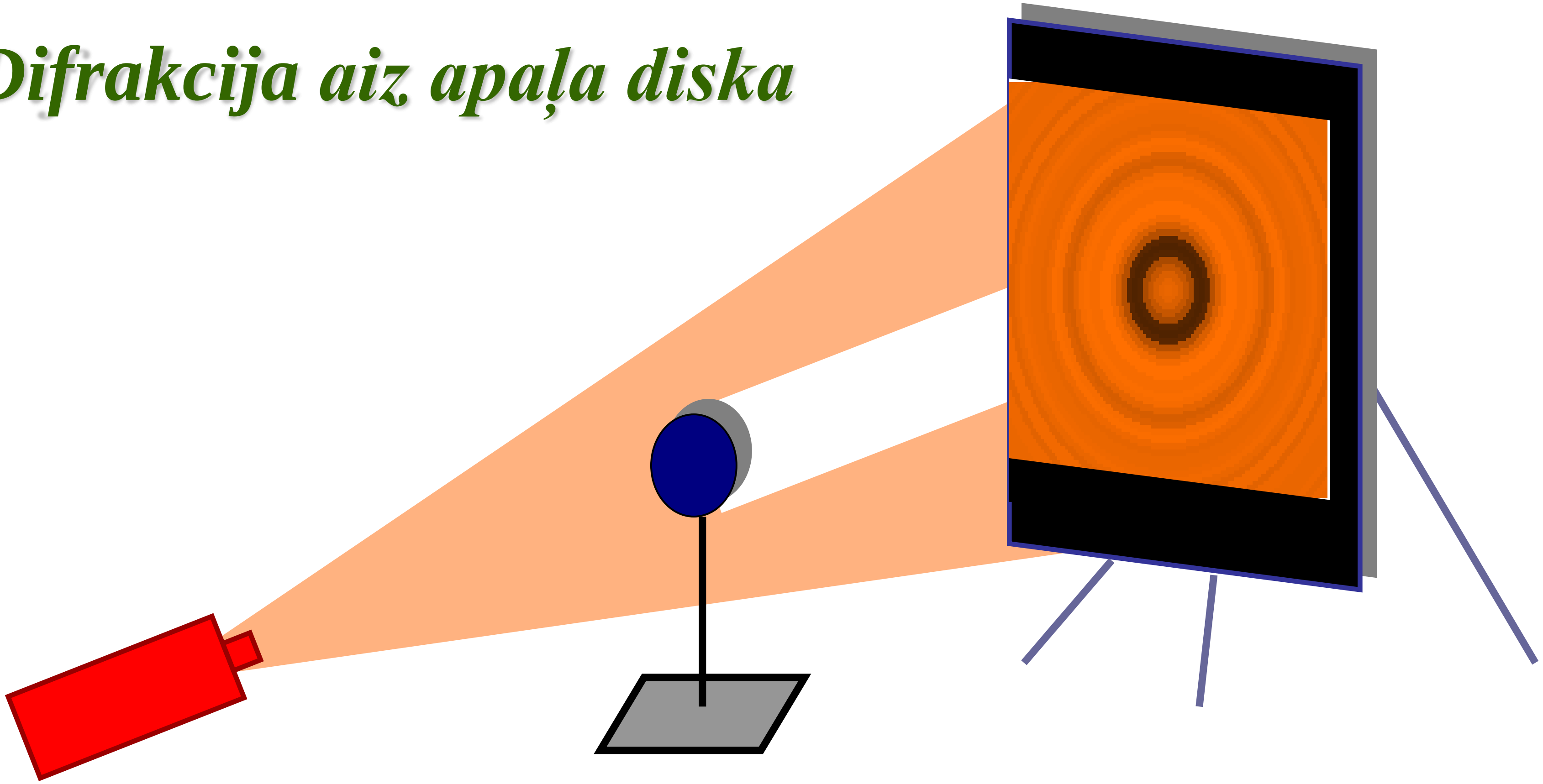


slido

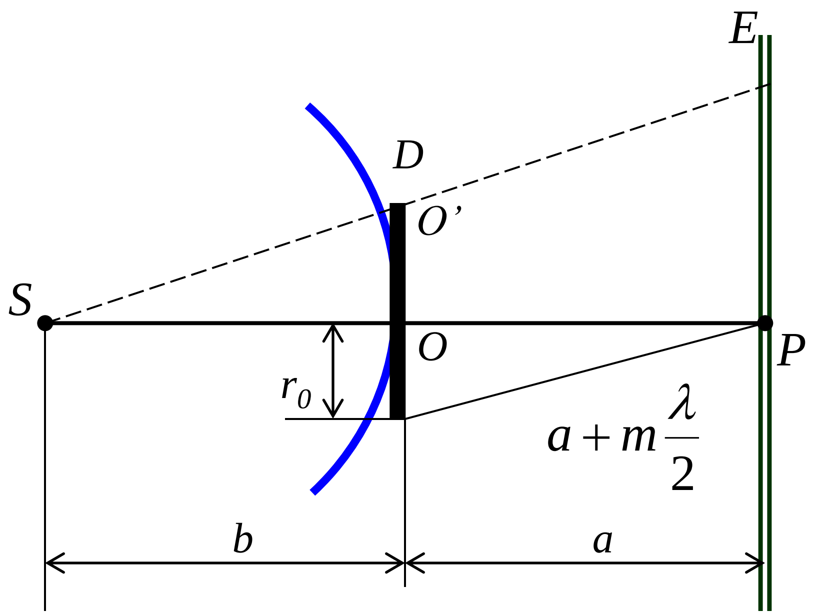
Vai iespējmas iegūt gaišu centru aiz apaļa diska?

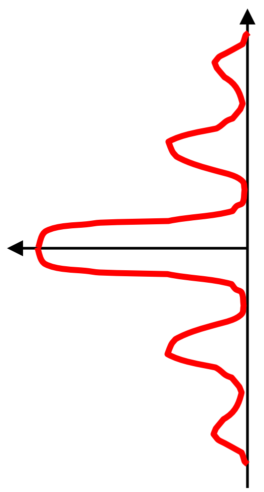
ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

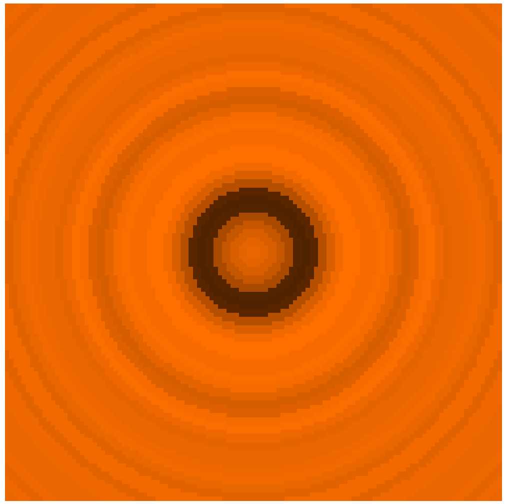
Difrakcija aiz apaļa diska



Difrakcija aiz apaļa diska



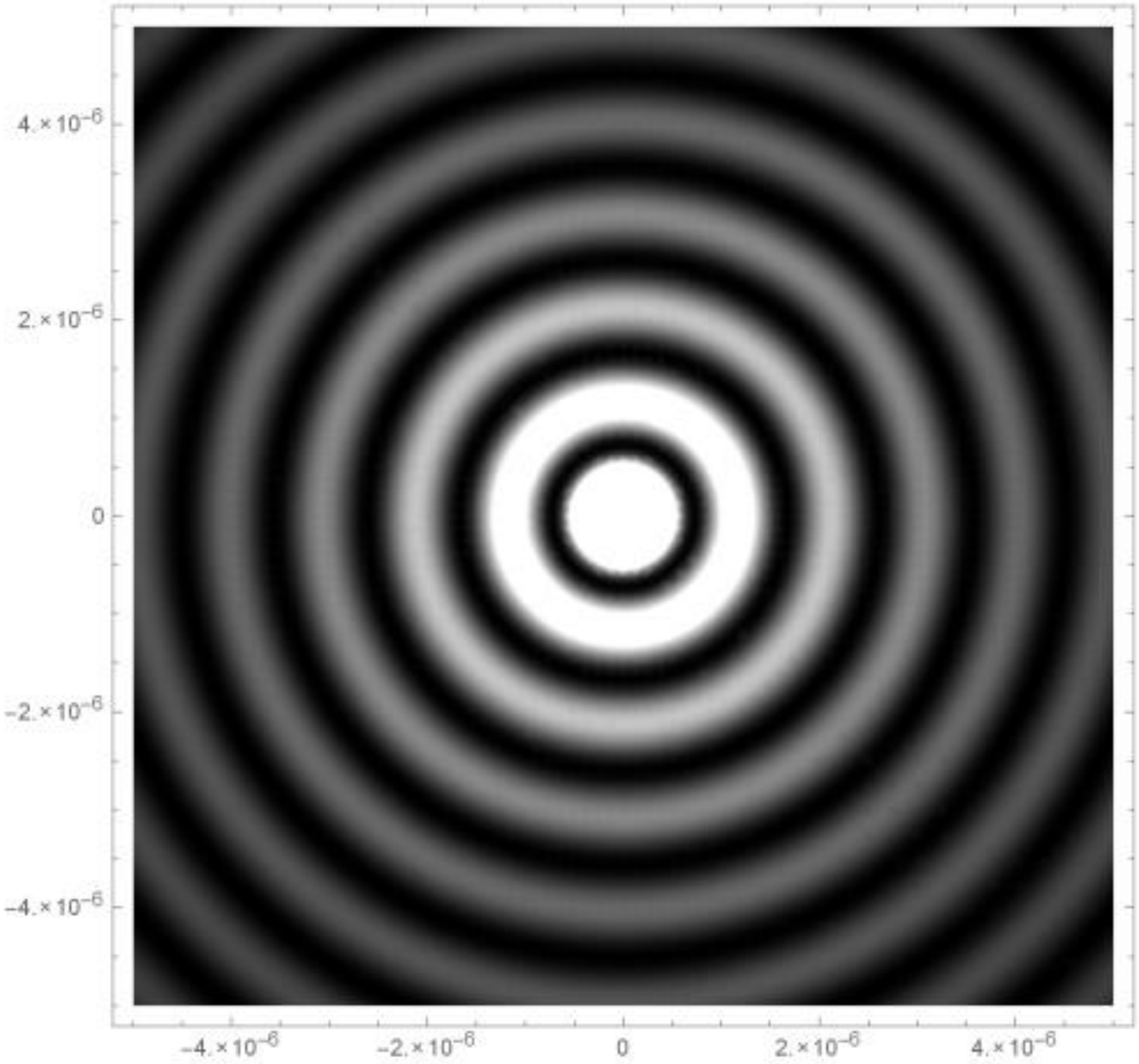


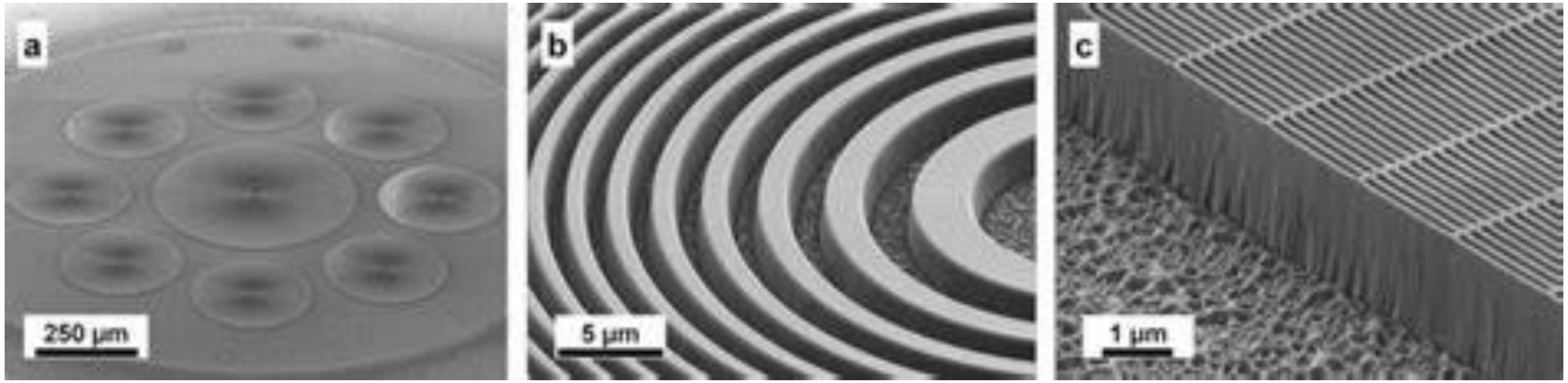


Pārklājot m Freneļa zonas, iegūto viļņu intensitāti P punktā definē kā:

$$A = \frac{A_{m+1}}{2}$$

Tas nozīmē, ka aiz necaurspīdīgā diska ģeometriskās ēnas centrā vienmēr jābūt spilgtai vietai - Puasona paradokss.


$4.\times10^{-6}$
$2.\times10^{-6}$
0
$-2.\times10^{-6}$
$-4.\times10^{-6}$
$-4.\times10^{-6}$
$-2.\times10^{-6}$
0
$2.\times10^{-6}$
$4.\times10^{-6}$



http://zoneplate.lbl.gov/theory

Optisko instrumentu izšķirtspēja

Ideāla optiskā sistēma saskaņā ar ģeometriskās optikas likumiem konstruēs spīdošā punkta attēlu kā punktu.

Praktiski katrā optiskajā sistēmā notiek Difrakcija - instrumentā ir ienākusi tikai gaismas daļa - tāpēc spīdošā punkta attēls būs nevis punkts, bet plankums ar izkliedētu formu.

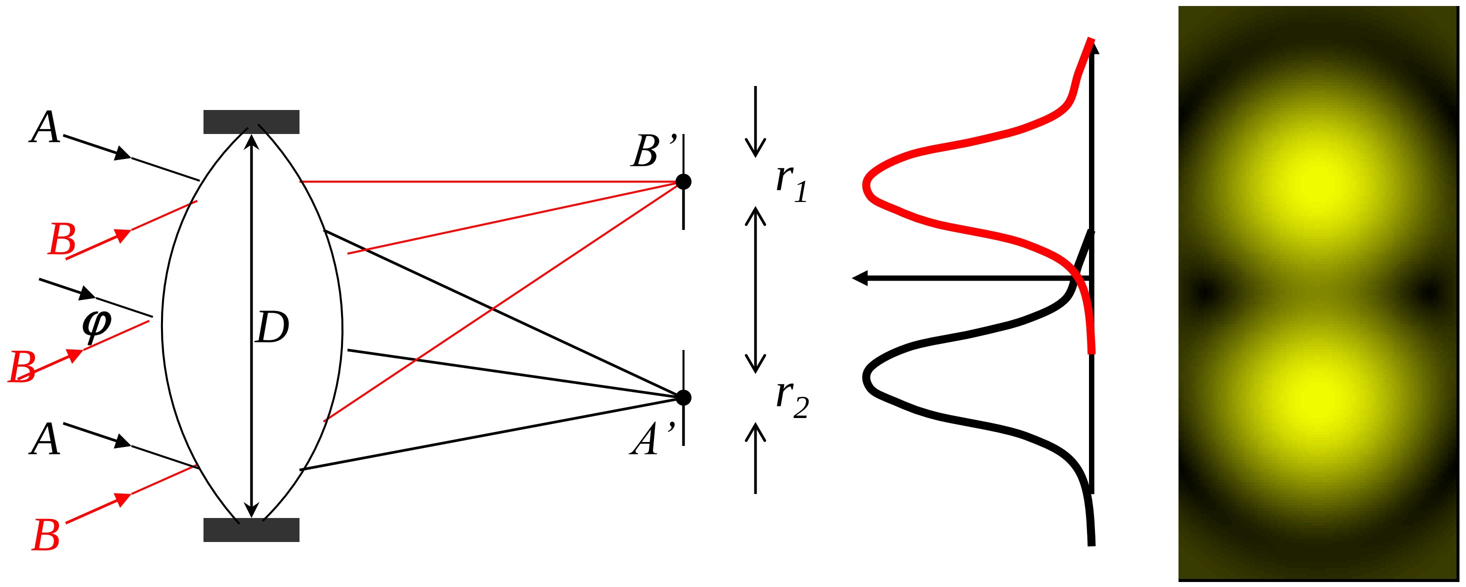
Šī iemesla dēļ visas optiskās sistēmas nespēj izveidot atdalītus divus ļoti cieši spīdošu punktu attēlus. Attēli pārklājas, un daudzos gadījumos tos nav iespējams sadalīt.

Optiskās sistēmas spēju veidot divus atdalītus attēlus raksturo instrumenta **izšķirtspēja**.

Teleskopa izšķirtspēja

Teleskopa izšķirtspēja

Novērojot bezgalīgi tālu spīdošo punktu A, paralēlie stari nonāk objektīvā D.

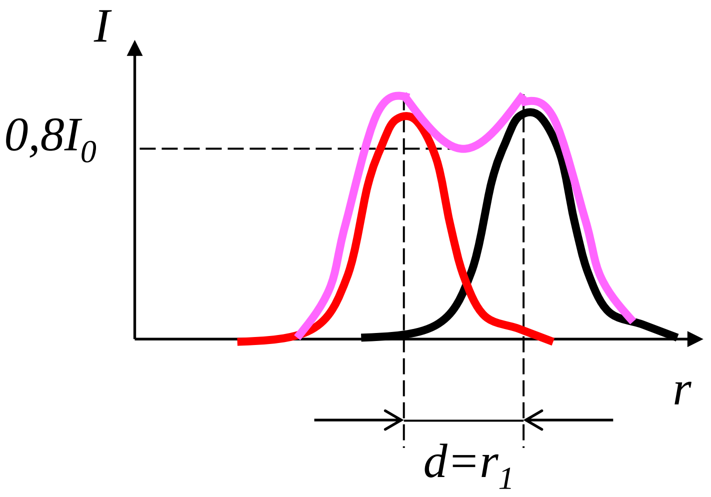


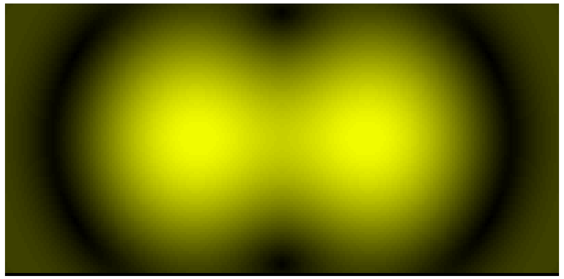
Punkta A attēls (atzīmēts kā A ’) - spilgta vieta, ko ieskauj spilgti un tumši gredzeni (bārkstis)

Punkta B attēls - līdzīga spilgta vieta.

Teleskopa izšķirtspēja.

Ja attālums d starp punktiem A 'un B' ir pietiekami liels, attēli ir atšķirami.

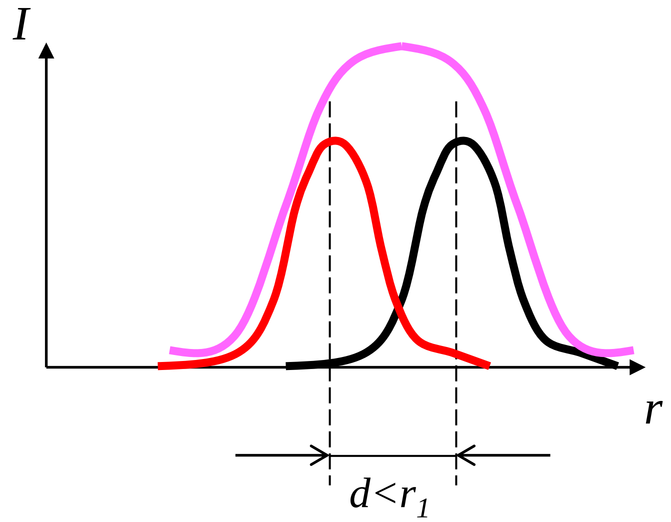


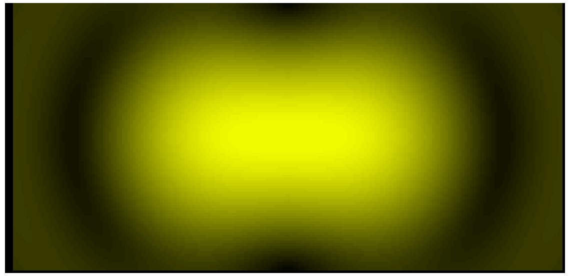


"Difrakcijas divi modeļi ir atšķirami, ja tie pārklājas tādā veidā, ka viena modeļa centrālais maksimums telpiski sakrīt ar otrā attēla pirmo minimumu (vai mazāk)".

(J. Releja kritērijs)

Pretējā gadījumā, ja d ir mazs, attēli pārklājas un nav atšķirami.





Teleskopa izšķirtspēja.

Mazākais iššķiramais leņķis $\boldsymbol{\varphi_{min}}$ starp punktiem A un B, kuri attēli joprojām ir atšķirami vai vienādi

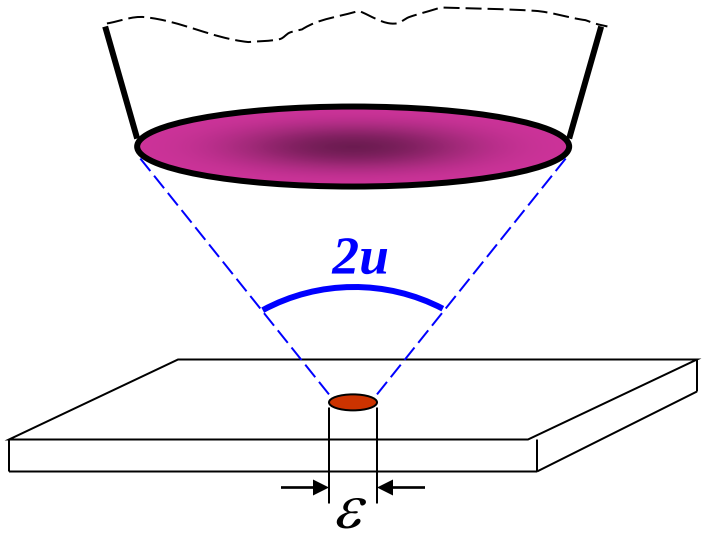
$$\boxed{\varphi_{\min} = 1{,}22\frac{\lambda}{D}}$$

Lielums $$\boxed{R_{\max} = \frac{1}{\varphi_{\min}}}$$

sauc par teleskopa izšķirtspēju.

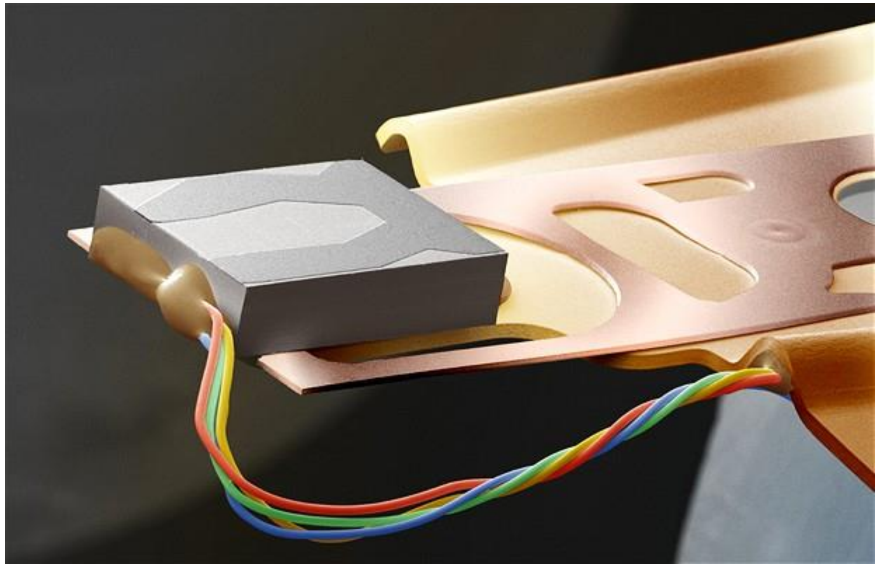
Mikroskopa izšķirtspēja

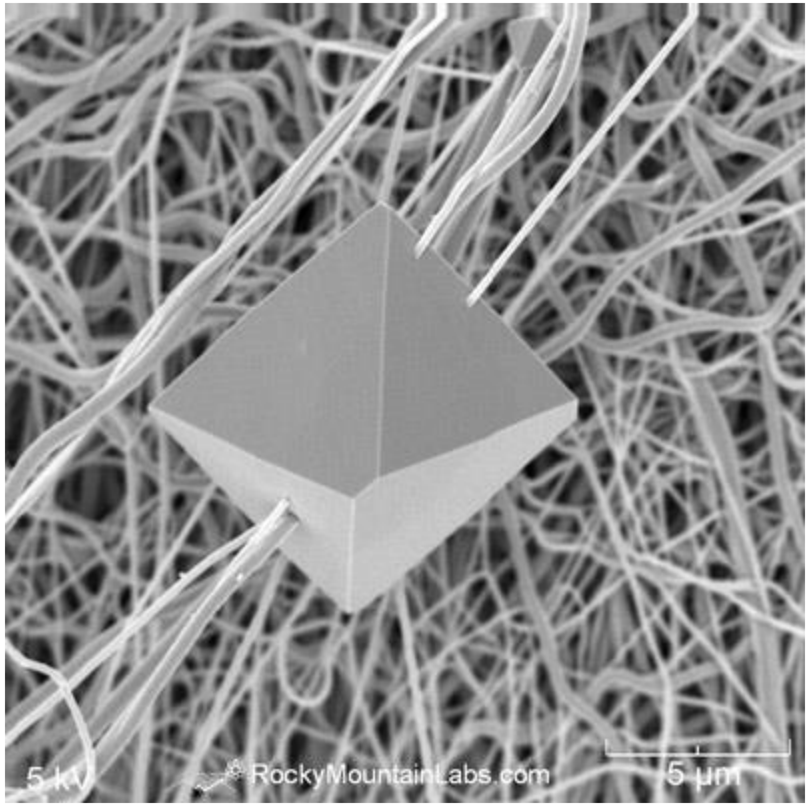
Minimālais attālums starp diviem objekta punktiem ε, ko var novērot kā divus atsevišķus punktus.

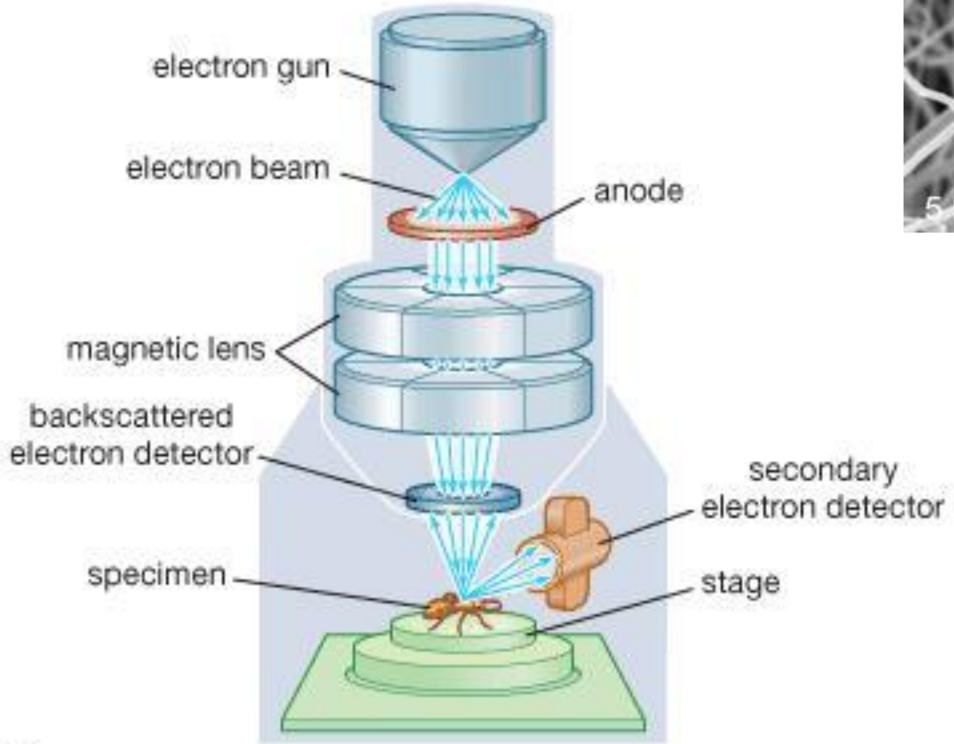


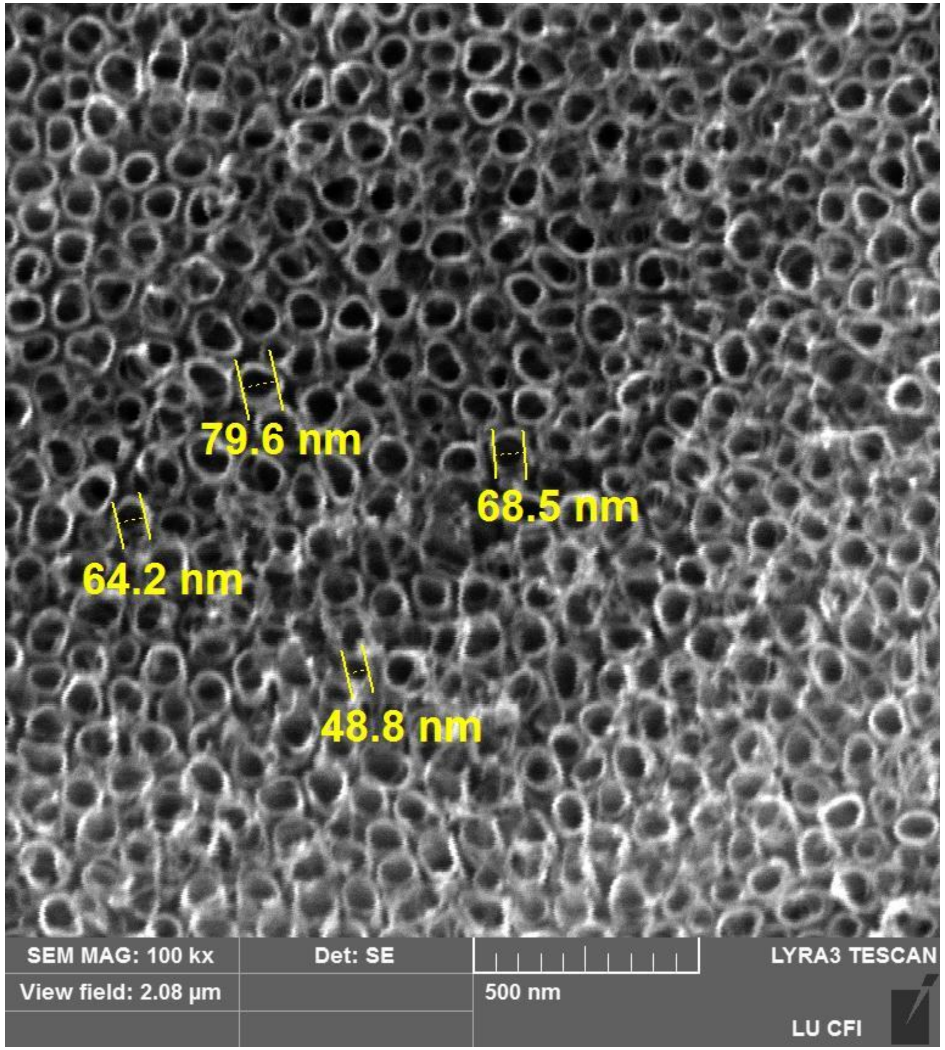
Saskaņā ar Difrakcijas teoriju:

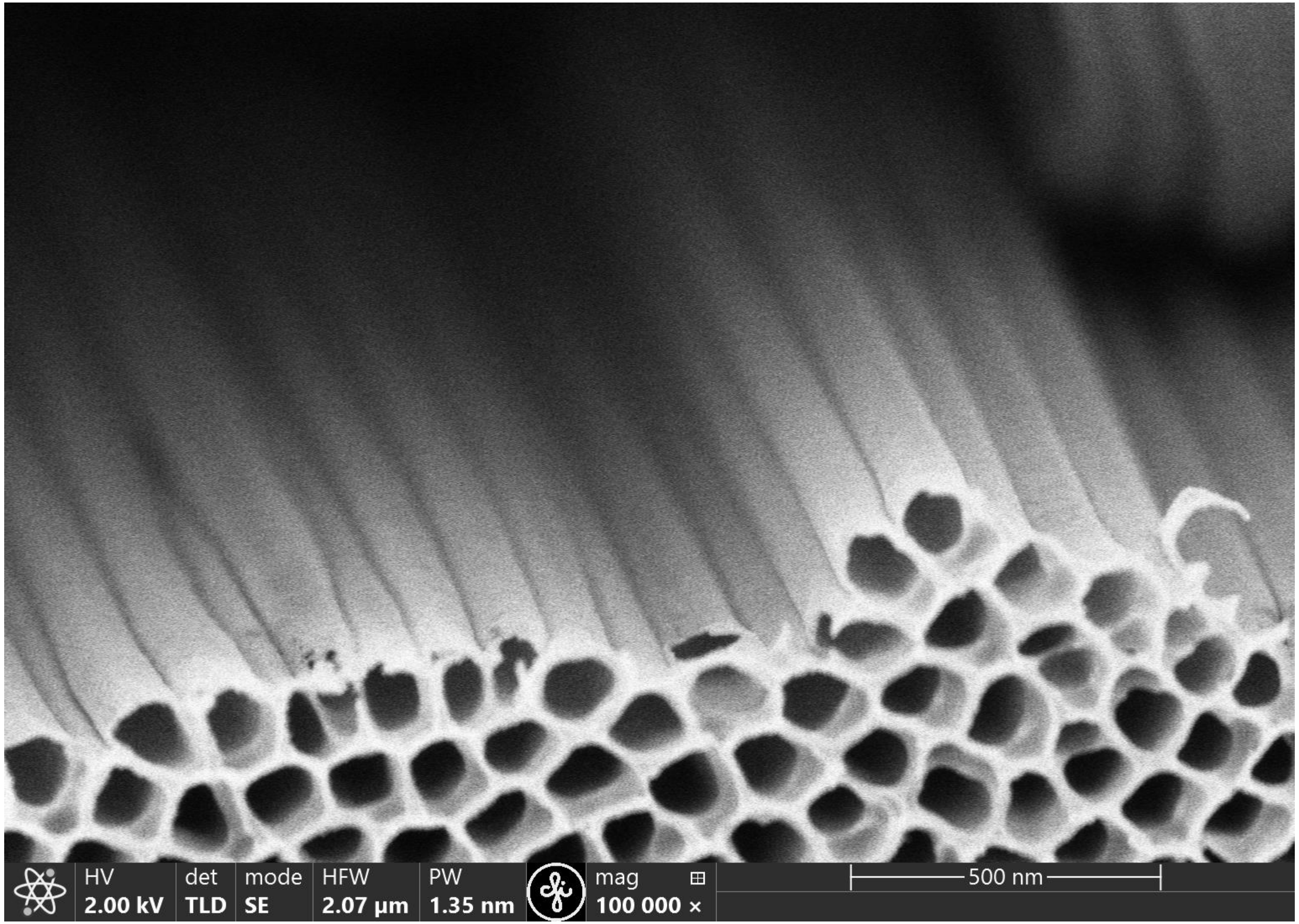
$$\boxed{\varepsilon = \frac{0.61\lambda}{n \sin u}}$$




5 kV
RockyMountainLabs.com
5 µm


electron gun
electron beam
anode
magnetic lens
backscattered electron detector
secondary electron detector
specimen
stage

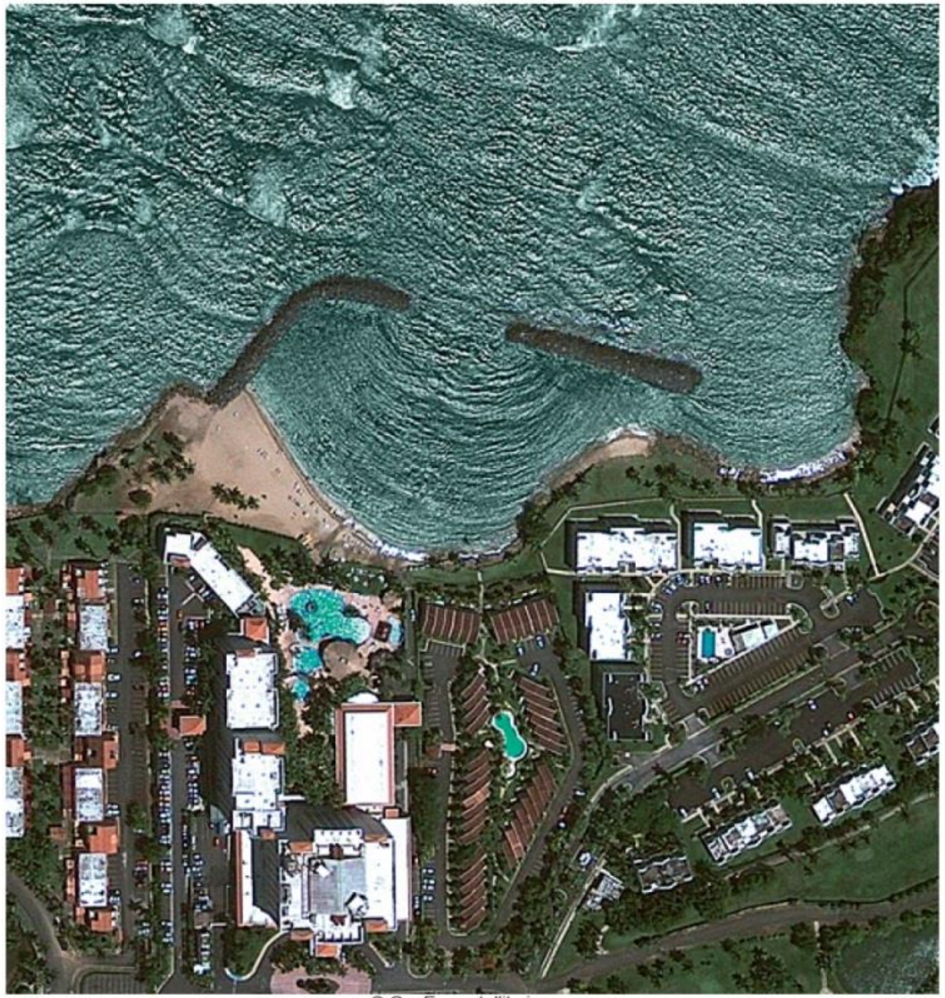

79.6 nm
68.5 nm
64.2 nm
48.8 nm
SEM MAG: 100 kx
Det: SE
LYRA3 TESCAN
View field: 2.08 μm
500 nm
LU CFI


HV
2.00 kV
det
TLD
mode
SE
HFW
2.07 μm
PW
1.35 nm
mag
100 000 ×
500 nm

Difrakcija

- Jebkurš vilnis, kas iet caur atvērumu, piedzīvo Difrakciju.
- Difrakcija nozīmē, ka vilnis izplatās otrpus atvērumam, nevis atverei, kas met asu ēnu.
- Difrakcija ir visvairāk pamanāma, ja atvere ir aptuveni vienāda ar viļņa garumu.
- Ja gaisma iet caur šauru spraugu, tas rada raksturīgu gaišu un tumšu apgabalu modeli, ko sauc par Difrakcijas modeli.
- Izstāda arī gaisma, kas iet gar asu malu

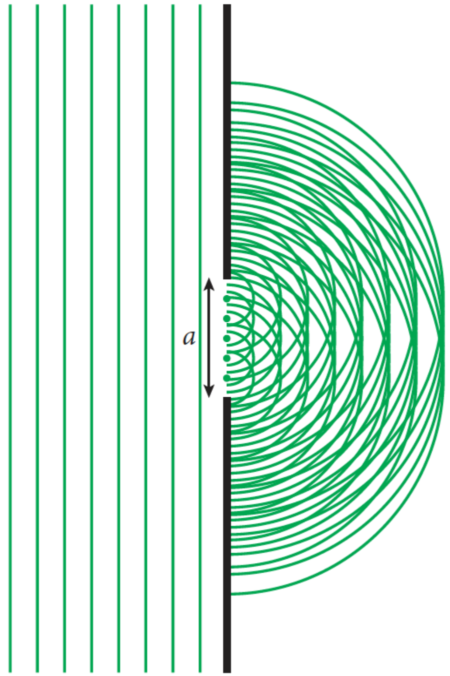
Difrakcija.



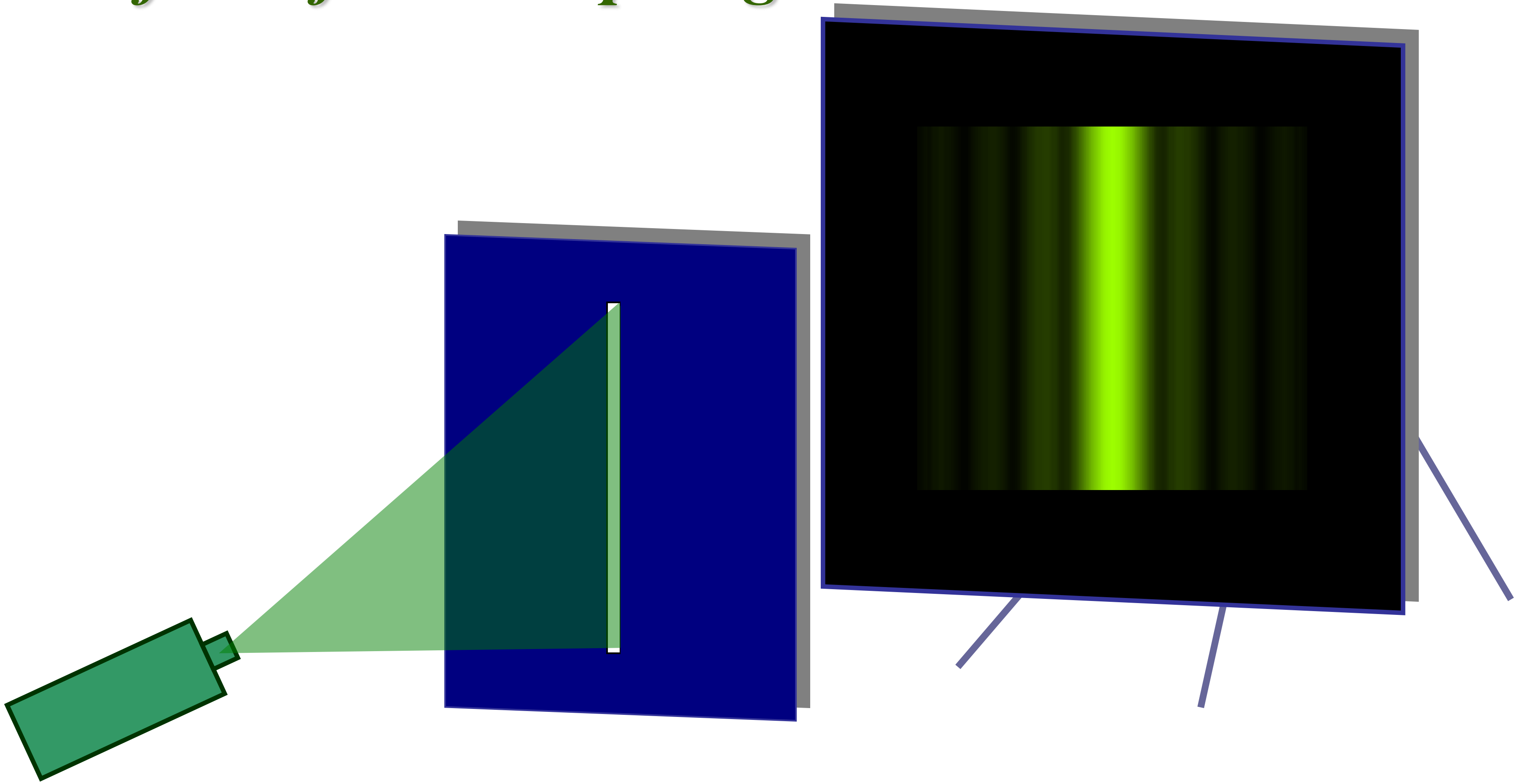
© GeoEye satellite image

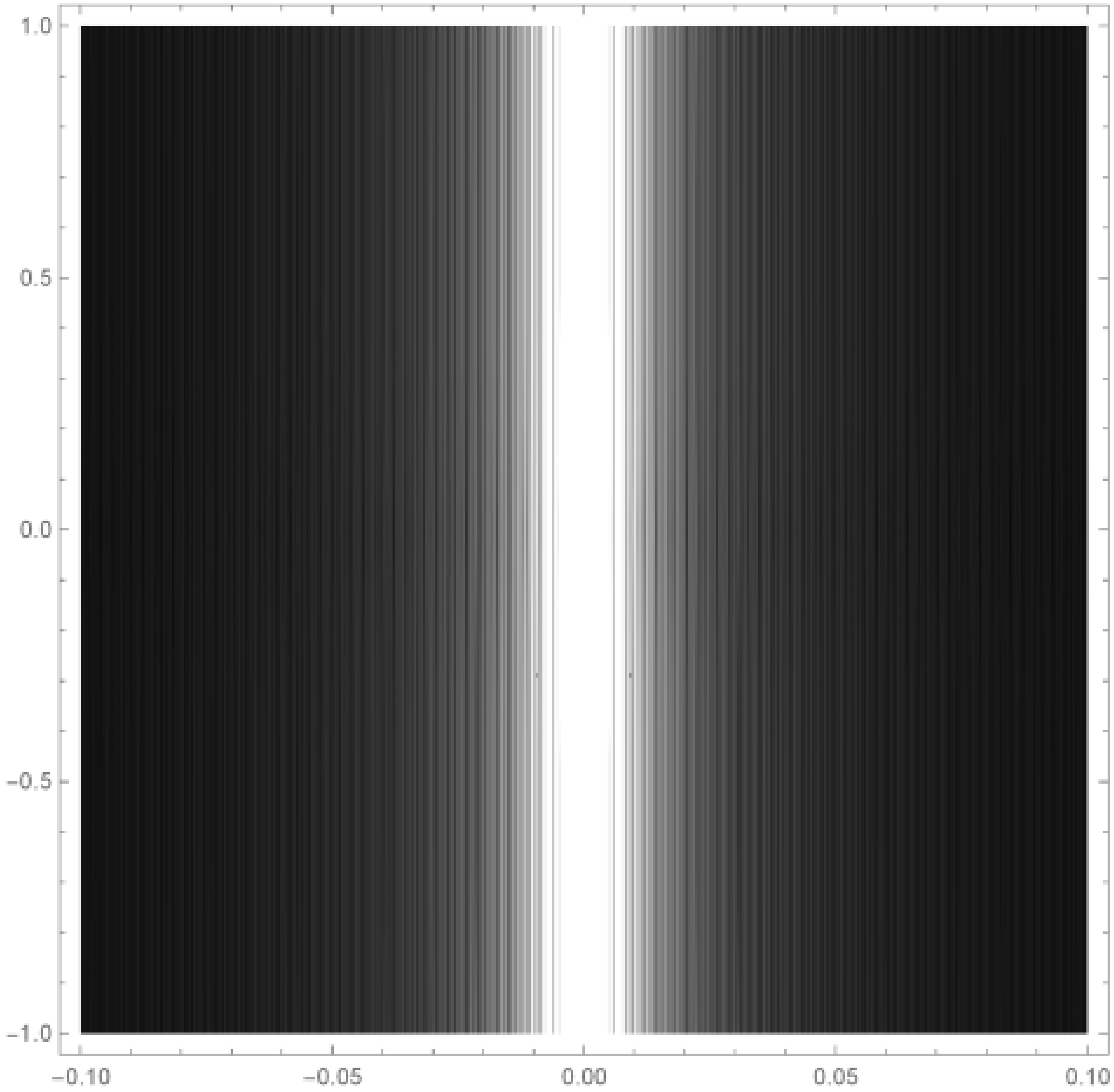
Difrakcija: Šaura sprauga

- Hēgensa konstrukcija var kvantitatīvi noteikt Difrakcijas parādības.
- Apsveram koherentu gaismas avota viļņus krītam uz spraugu kuras **izmēri ir salīdzināmi ar gaismas viļņa garumu**.
- Tā vietā, lai met **asu ēnu**, gaisma **izkliedējas**.
- Mēs to varam aprakstīt, izmantojot Hēgensa konstrukciju un pieņemot, ka sfēriski viļņi tiek izstaroti vairākos punktos atveres iekšpusē.
- Iegūtie gaismas viļņi atveres labajā pusē tiek traucēti un rada raksturīgu Difrakcijas attēlu.



Difrakcija šaurā spraugā




1.0
0.5
0.0
−0.5
−1.0
−0.10
−0.05
0.00
0.05
0.10

Difrakcija šaurā spraugā

Iegūto intensitāti noteiks Freneļa zonu skaits.
Ja b = const un λ = const, tad k ir atkarīgs no φ.

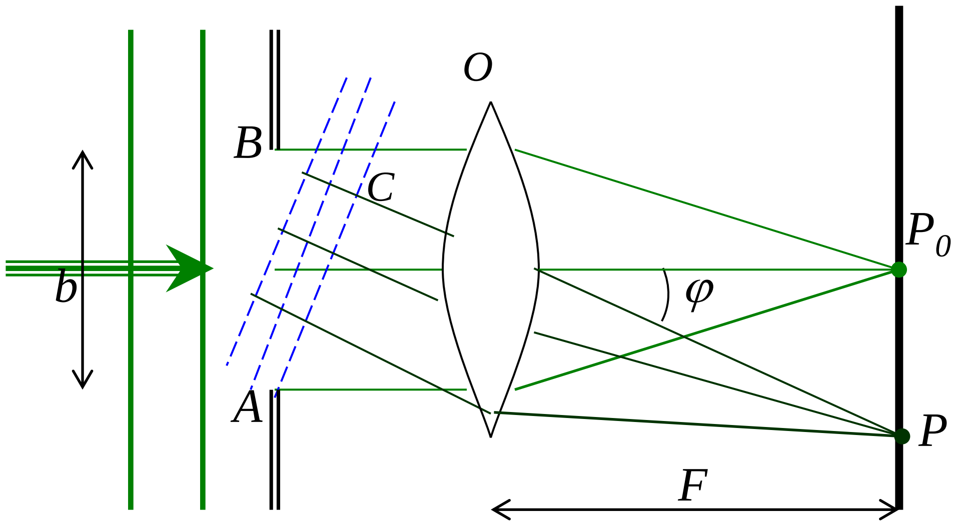
Palielinot leņķi φ, katrā virzienā, ko raksturo pāra k skaitlis, minimums, un virzienos, kur k ir nepāra skaitļi, tiek novēroti (relatīvie) intensitātes maksimumi.

Min nosacījums: $$\boxed{b\sin\varphi = \pm k\lambda}$$ $k = 1, 2, 3, \ldots$

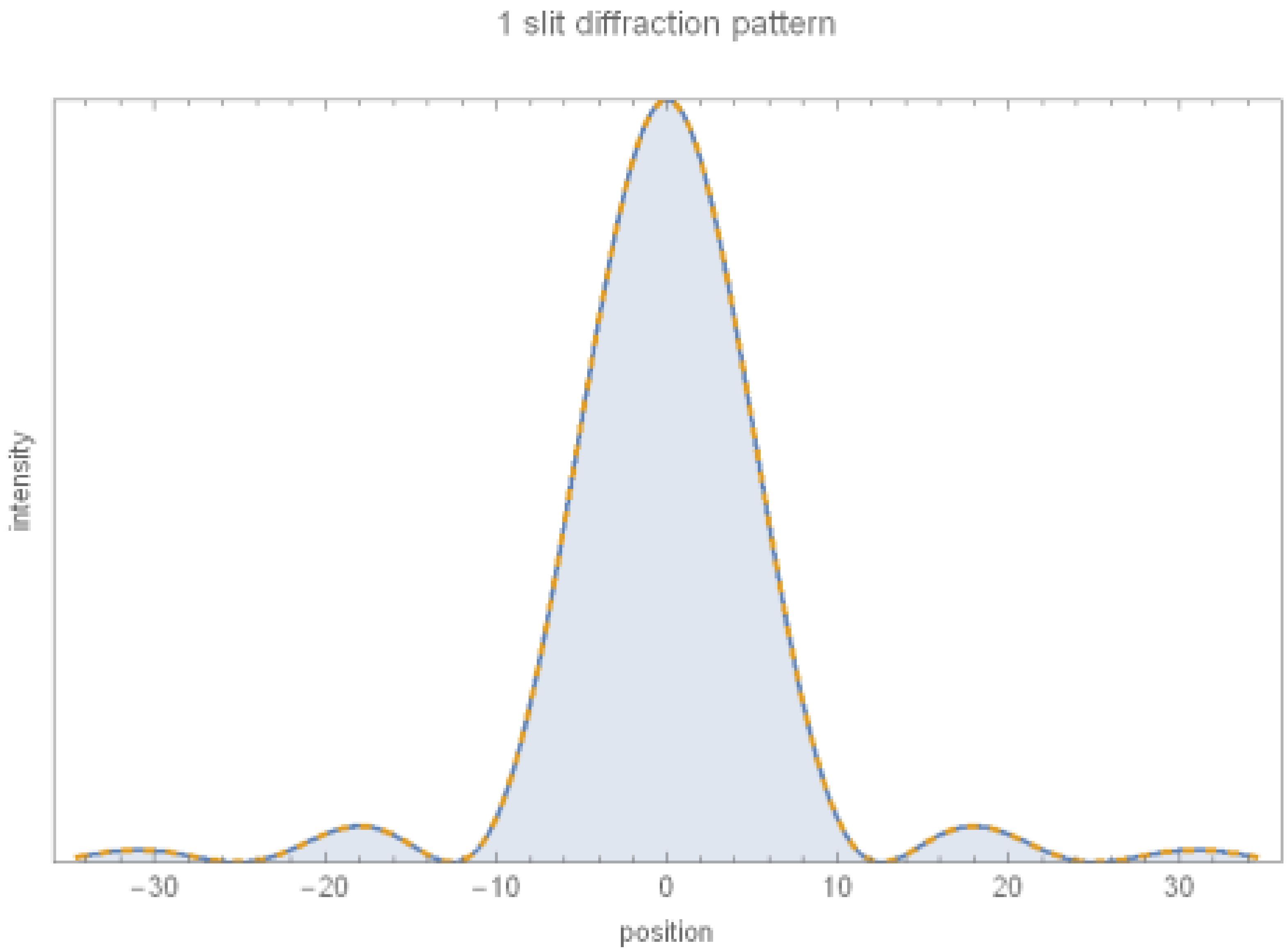
Max nosacījums: $$\boxed{b\sin\varphi = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}}$$ $k = 1, 2, 3, \ldots$

Difrakcija šaurā spraugā

Freneļa zonu skaitu ar platumu b nosaka līnijas segmenta garums $BC = b\sin\varphi$:



$$k = \frac{b\sin\varphi}{\lambda/2}$$

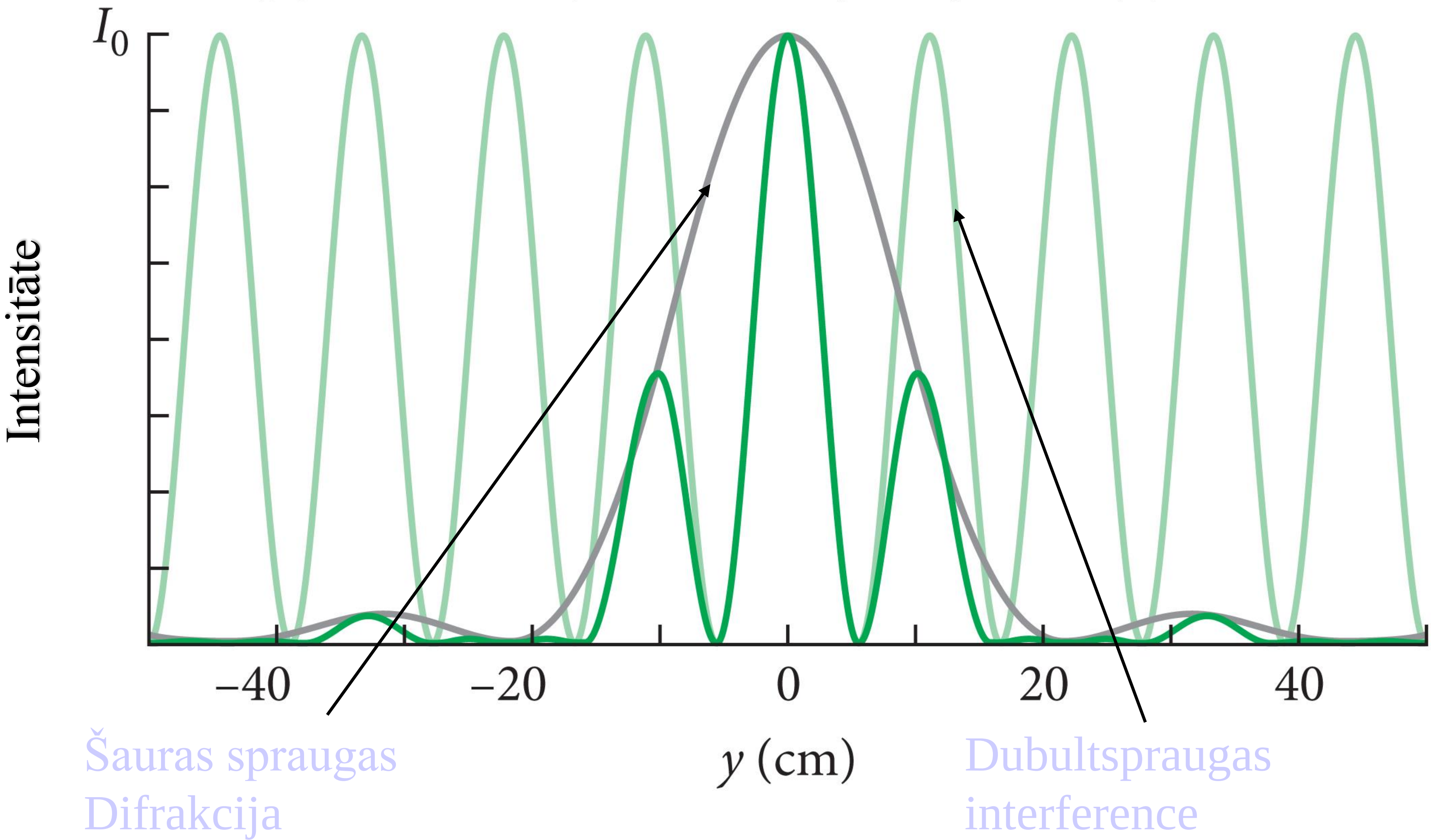

1 slit diffraction pattern
intensity
−30
−20
−10
0
10
20
30
position

slido

Kura spraugas orientācija rada šo attēlu?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

Dubultspraugas Interference + Difrakcija



Dubultspraugas Interference + Difrakcija

- Ieskaitot Difrakciju, dubultspraugu modeļa intensitāti nosaka:

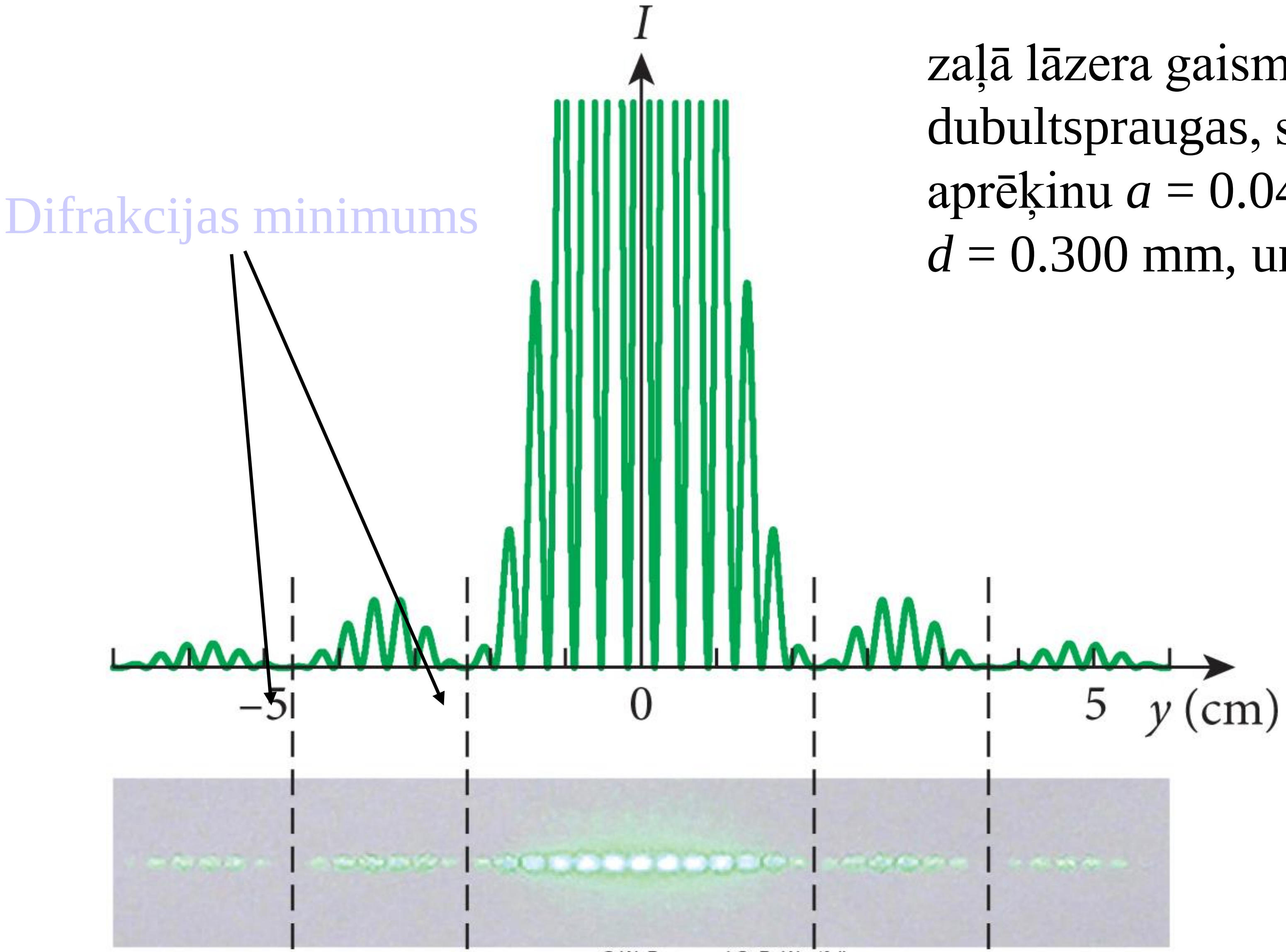
- $I = I_{\max} \quad \cos^2 \beta \left(\frac{sin\alpha}{\alpha}\right)^2$ kur $\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} sin\theta$ un $\beta = \frac{\pi d}{\lambda} sin\theta$

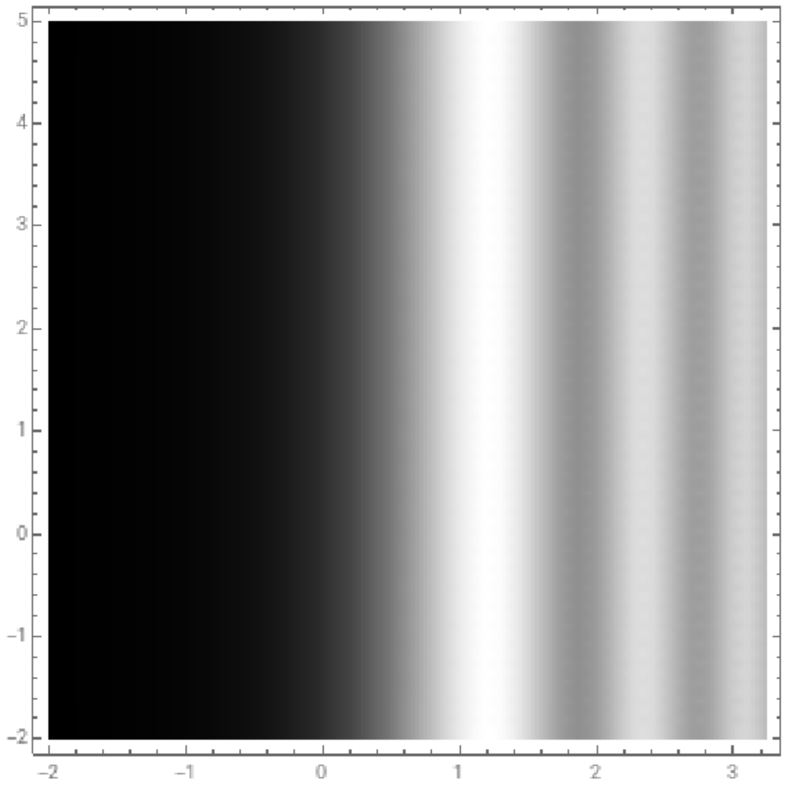
- Ja ekrāns ir novietots pietiekami lielā attālumā no spraugām, mēs varam rakstīt :

- $\alpha = \frac{\pi a y}{\lambda L}$ un $\beta = \frac{\pi d y}{\lambda L}$
- Nākamajā slaidā ir interferences / Difrakcijas modelis, ko novēro zaļā lāzera gaisma, kas notiek uz dubultspraugas, salīdzinot ar aprēķinu ar a = 0.0452 mm, d = 0.300 mm, un λ = 532 nm.

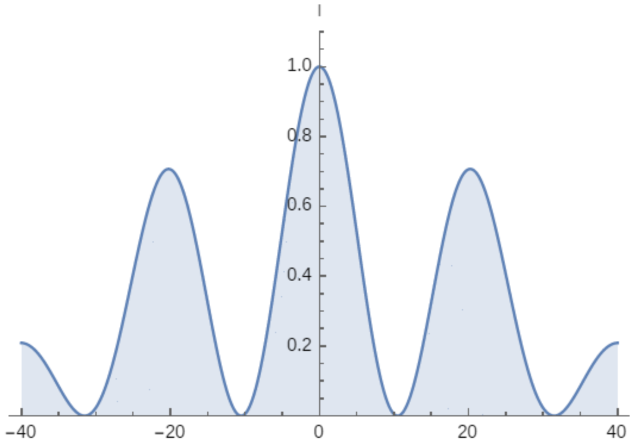
Īstas dubultspraugas Difrakcijas attēls

zaļā lāzera gaisma, kas krīt uz dubultspraugas, salīdzinot ar aprēķinu a = 0.0452 mm, d = 0.300 mm, un λ = 532 nm



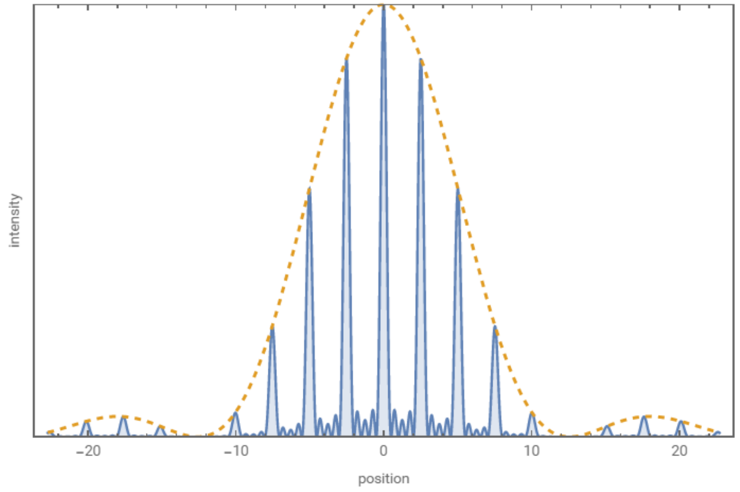


https://demonstrations.wolfram.com/FresnelDiffractionAtAnEdge/

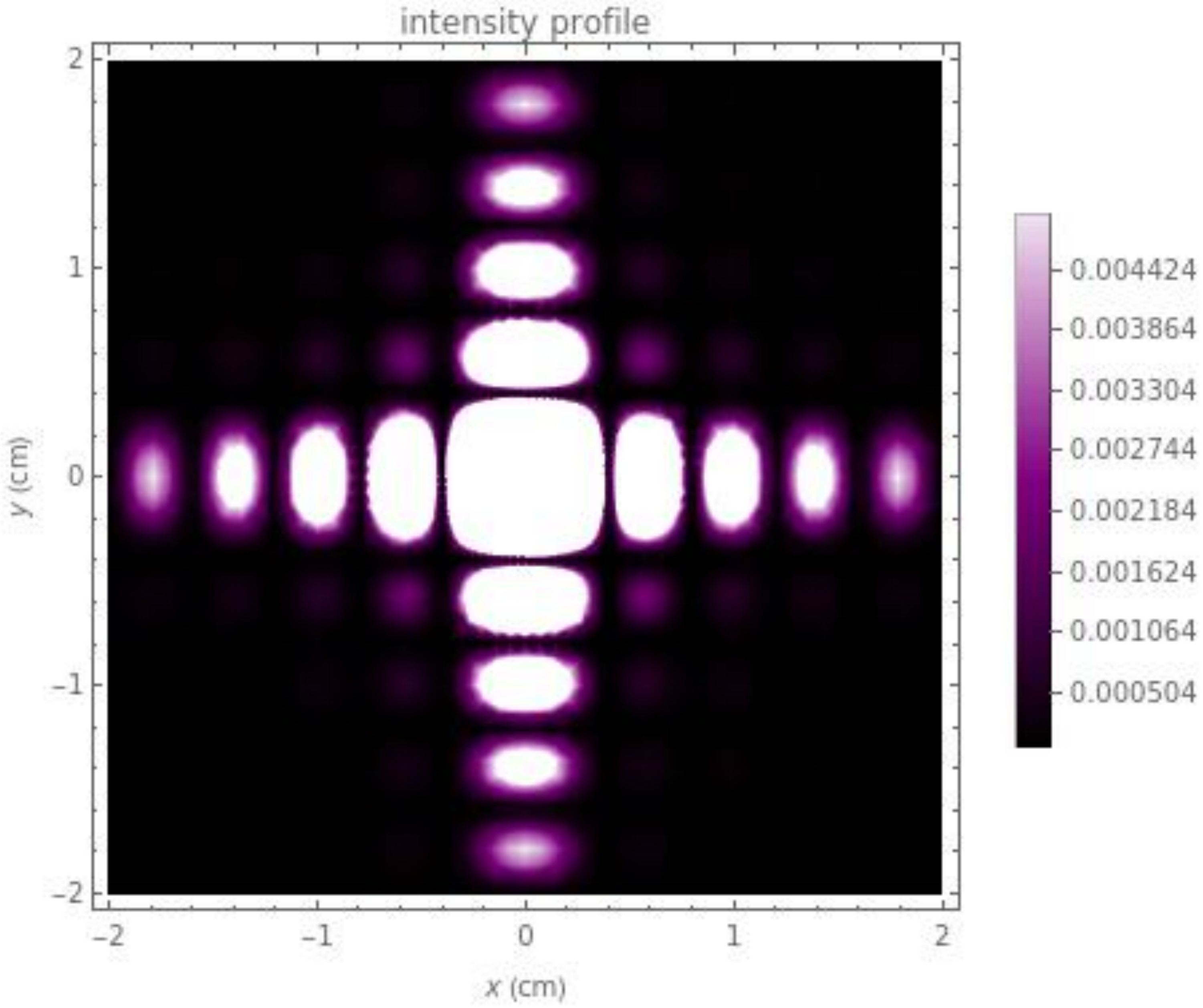


https://demonstrations.wolfram.com/IntensityDistributionForMultipleSlitDiffraction/

5 slit diffraction pattern



https://demonstrations.wolfram.com/MultipleSlitDiffractionPattern/


intensity profile
y (cm)
x (cm)
2
1
0
−1
−2
−2
−1
0
1
2
0.004424
0.003864
0.003304
0.002744
0.002184
0.001624
0.001064
0.000504

Difrakcijas režģis

- *daudzi (parasti vairāk nekā 1000 uz mm) vienāda attāluma, paralēli spraugas, kas izvietoti 1, 2 vai 3 izmēros.*

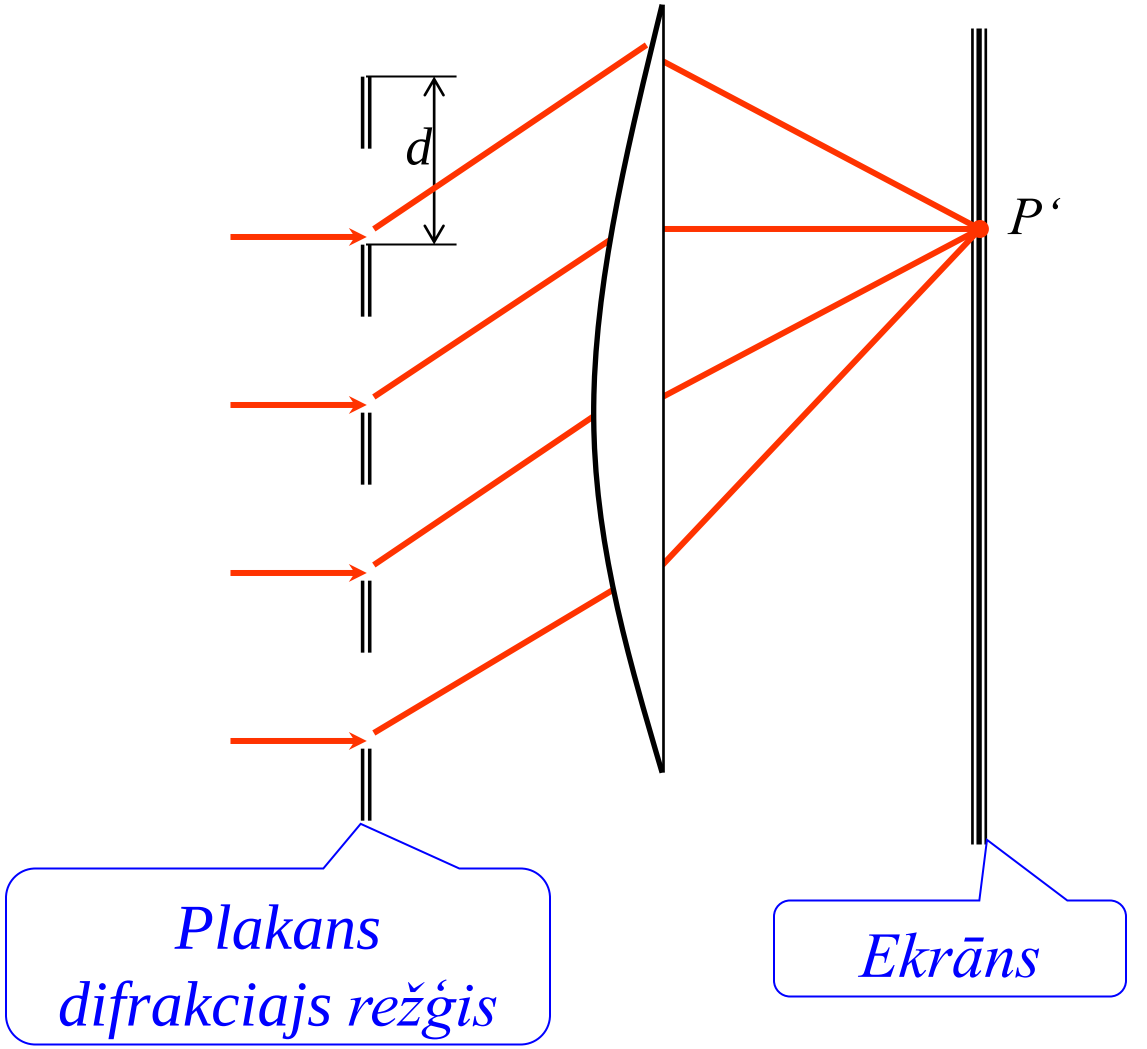
Attālumu starp kaimiņu spraugām sauc par Difrakcijas režģa konstanti.

Difrakcijas režģis rada intensitātes modeli, kas sastāv no šaurām spilgtām bārkstīm, kuras atdala plaši tumši laukumi.

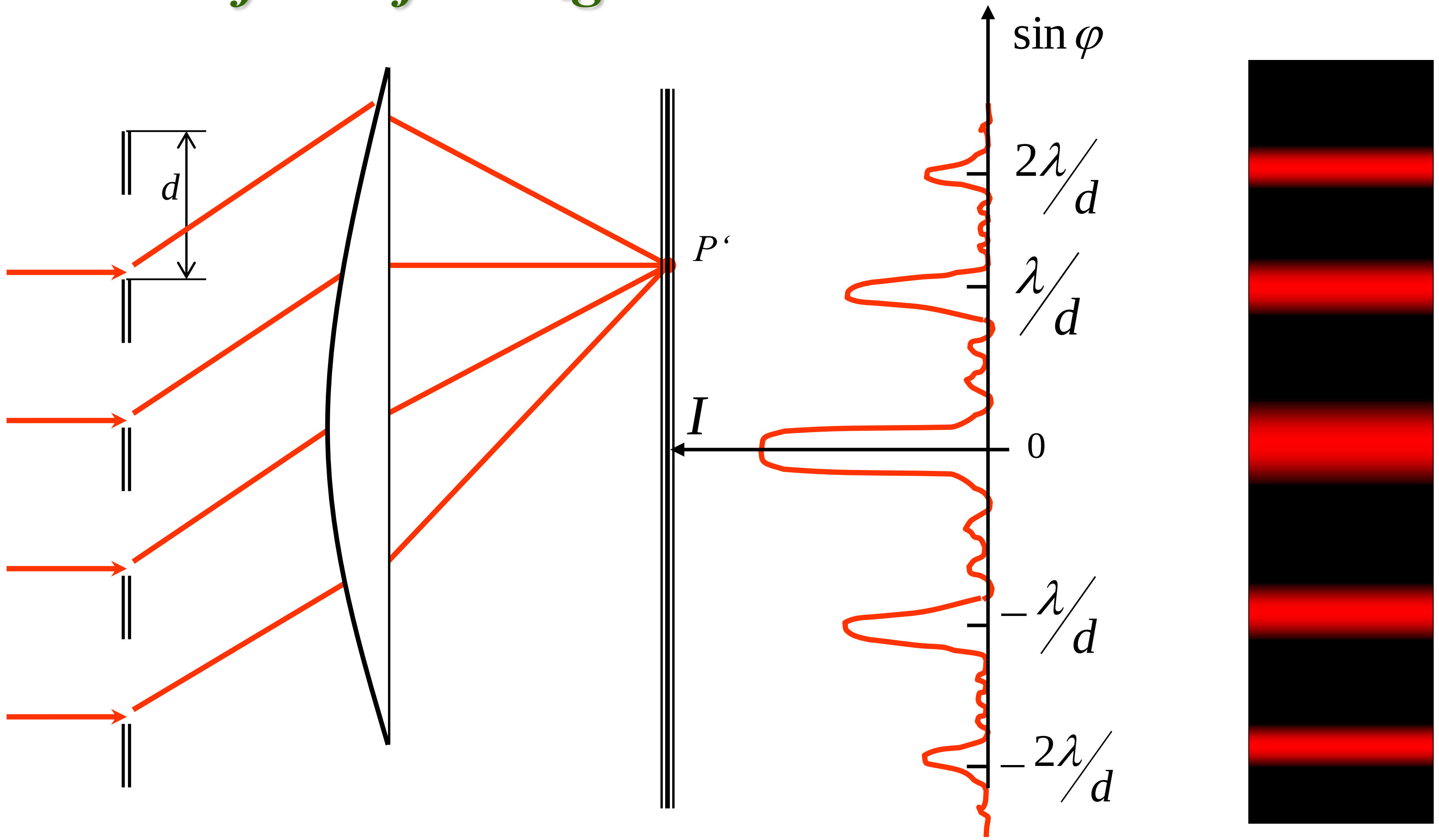
Šis modelis rodas, izmantojot daudzas spraugas, kas rada destruktīvus traucējumus prom no maksimumiem.

1D difrakcijas režģis

d – režģa konstante



1D Difrakcijas režģis.

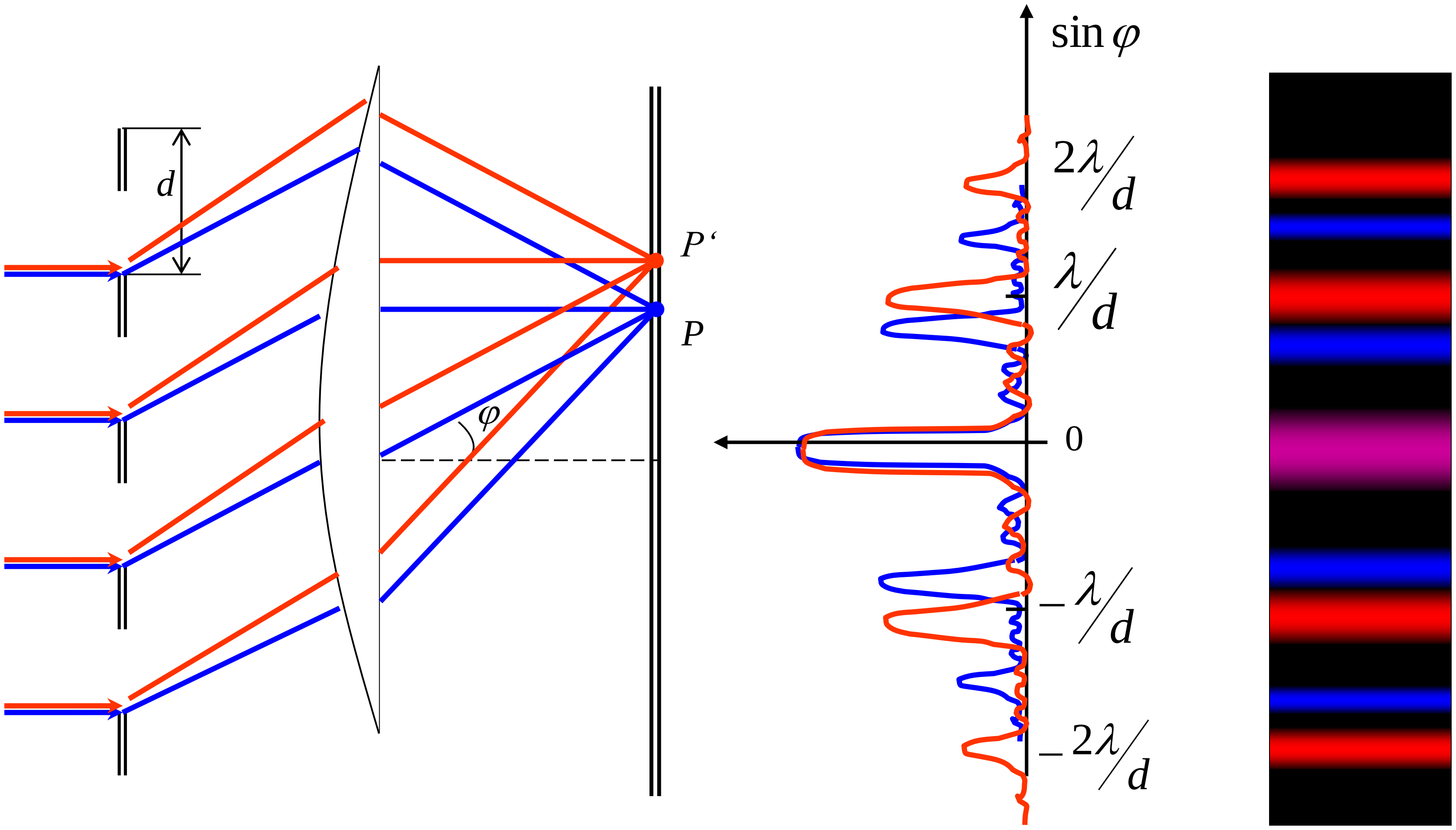


Gaismas stari, kas nonāk vienā punktā no dažādiem spraugām, atrodas vienā fāzē un pastiprina viens otru tikai noteiktos virzienos ar nosacījumu:

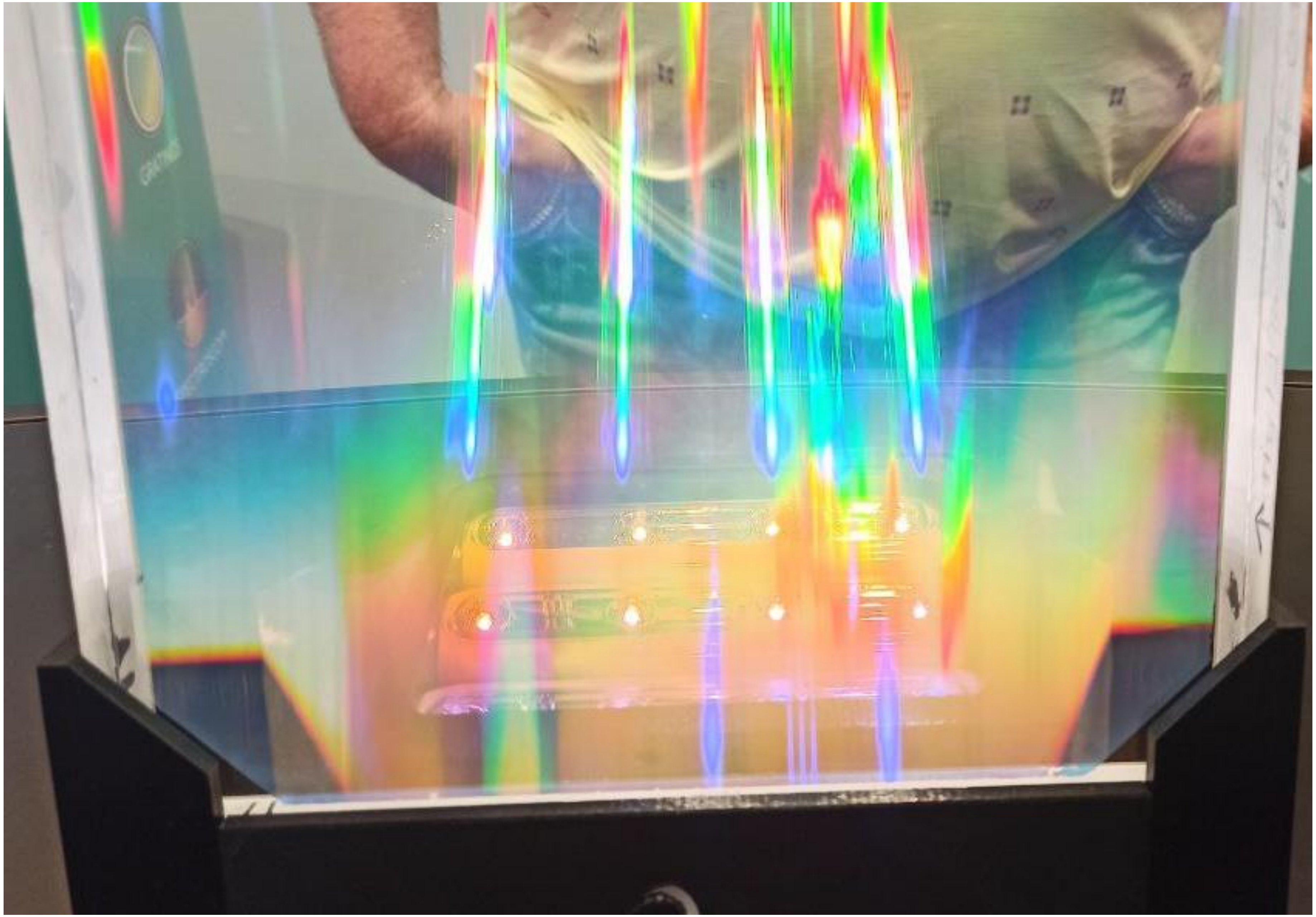
$$\boxed{d \sin \varphi = \pm k\lambda}$$ kur $k = 0; 1; 2; ..$

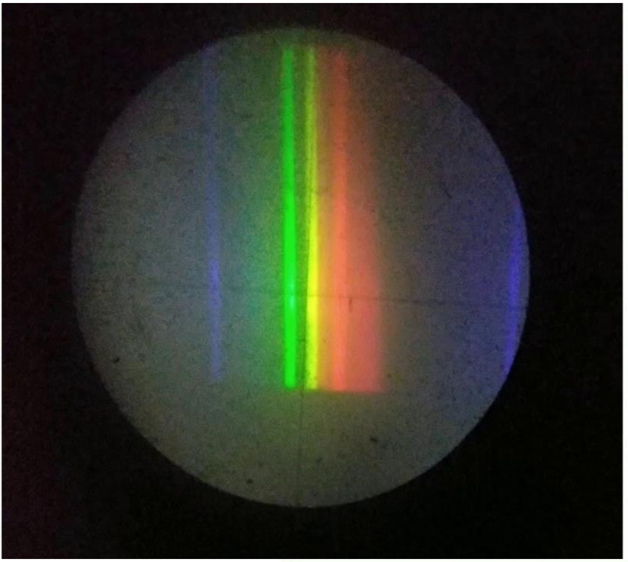
1D Difrakcijas režģis

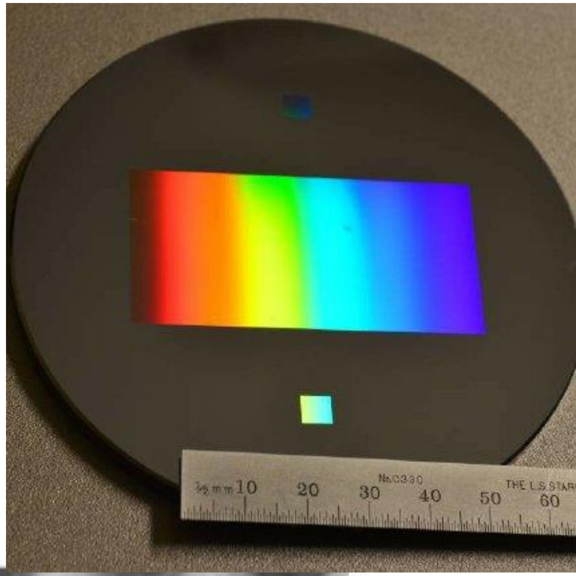
Dažādi viļņu garumi tiek atspoguļoti dažādos virzienos; Difrakcijas režģus var izmantot optisko spektru novērošanai:



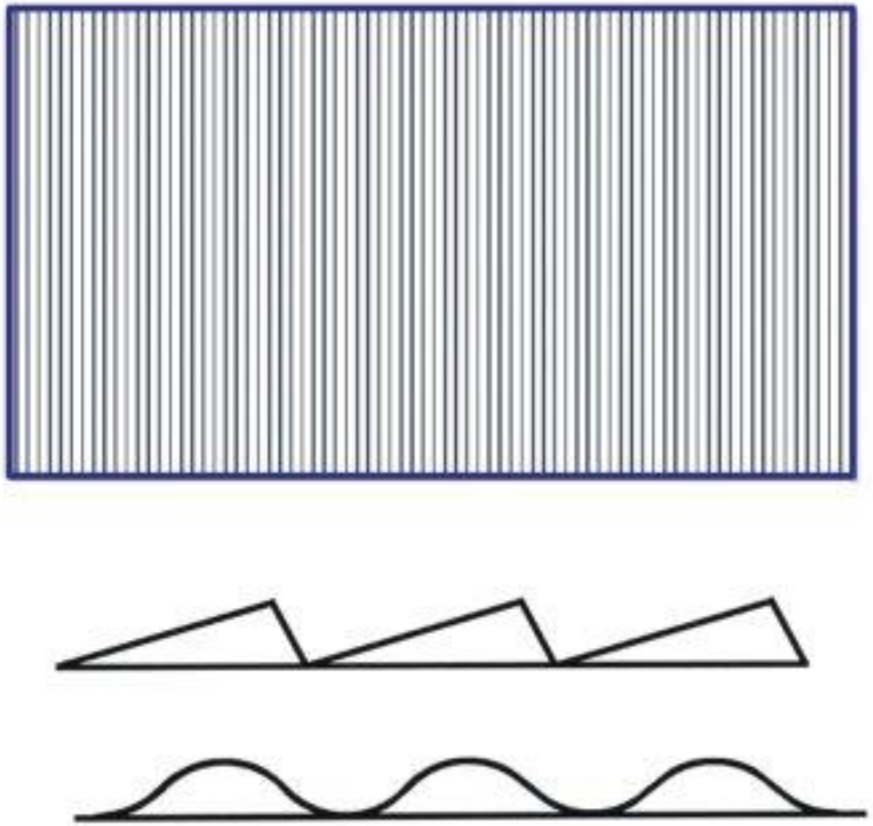

Ultimate Diffraction Gratings
OCT

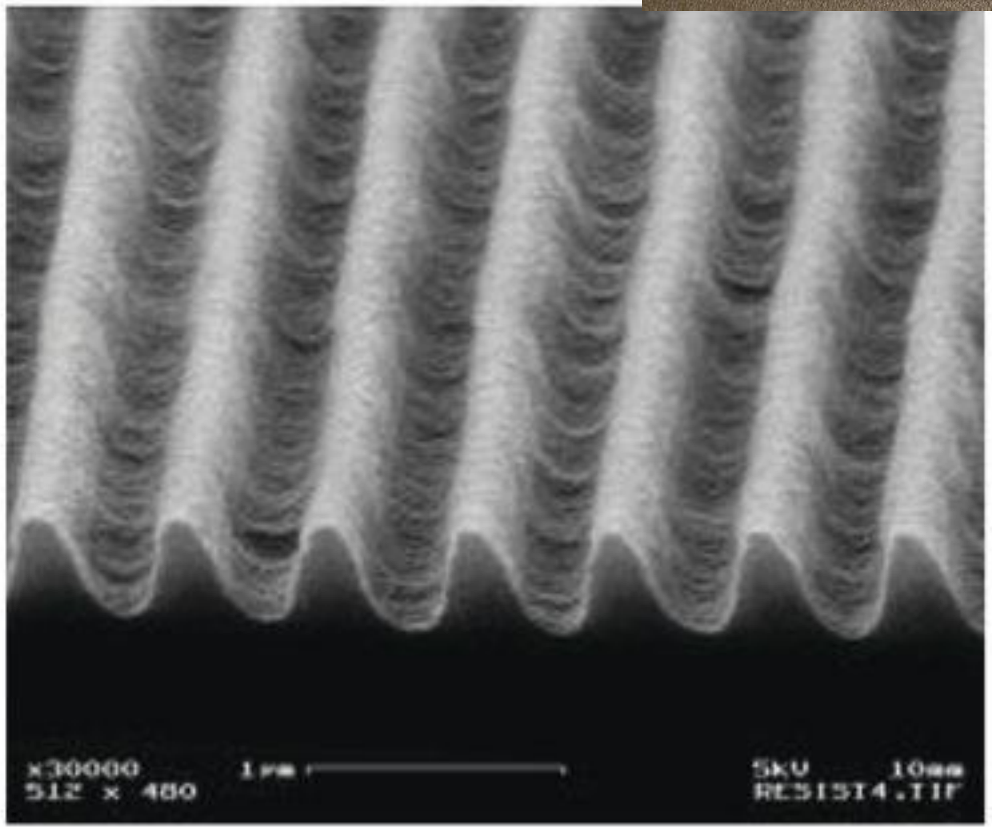






No.0330
THE L.S. STAR
10 20 30 40 50 60





x30000 1 µm 5kV 10mm
512 x 480 RESIST4.TIF

Difrakcijas režģis

$$\boxed{d \sin\varphi = \pm k\lambda}$$

k = 0; 1; 2; ….

Ja Difrakcija līnijas diviem dažādiem viļņu garumiem λ un $\lambda + d\lambda$ tiek novēroti divos atbilstošos virzienos ar leņķiem φ un $\varphi + d\varphi$, īpašību sadalīt dažādus viļņu garumus dažādos virzienos var raksturot ar režģa leņķisko izkliedi

$$\boxed{D = \frac{d\varphi}{d\lambda}}$$

$$\boxed{D = \frac{k}{d\cos\varphi}}$$

Difrakcijas leņķis φ nedrīkst pārsniegt 90° ($\sin\varphi \leq 1$), tāpēc maksimālā Difrakcijas kārtība k_{max} *dotam viļņa garumam* λ, nosaka pēc režģa perioda:

$$\boxed{k_{\max} = \left[\frac{d}{\lambda}\right];}$$

Difrakcijas režģa izšķiršanas spēja

Saskaņā ar Releja kritēriju divi Difrakcijas attēli diviem viļņu garumiem $\lambda+\Delta\lambda_{min}$ un λ, joprojām ir atšķirami, ja galvenā viļņa garuma maksimums sakrīt ar tuvāko otrā attēla minimumu.

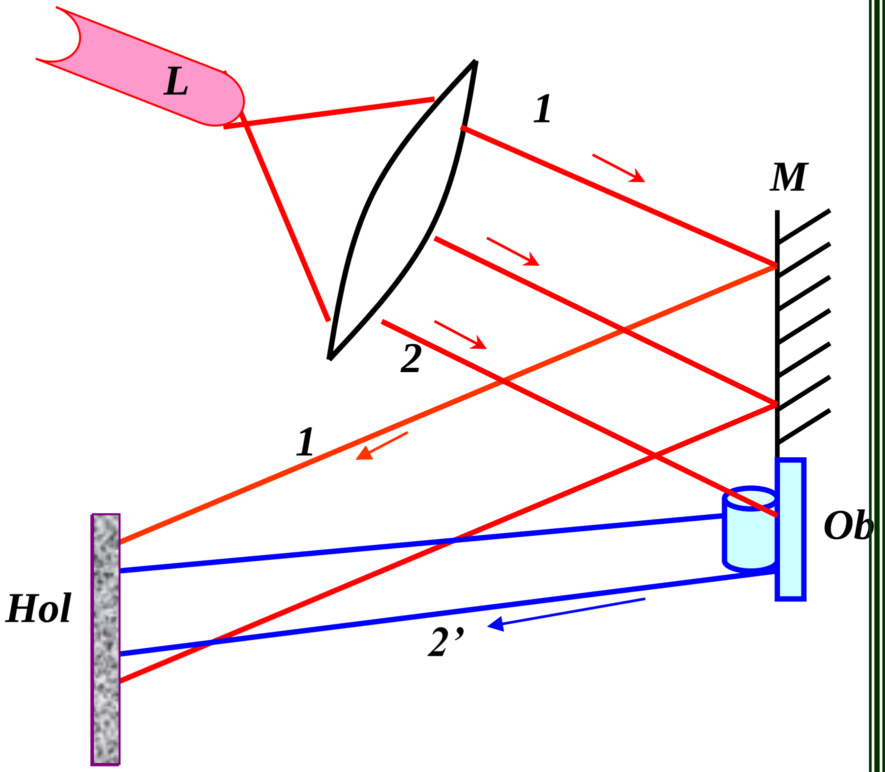
Šim gadījumam mēs varam rakstīt : $k(\lambda + \Delta\lambda_{\min}) = (kN + 1)\lambda / N$

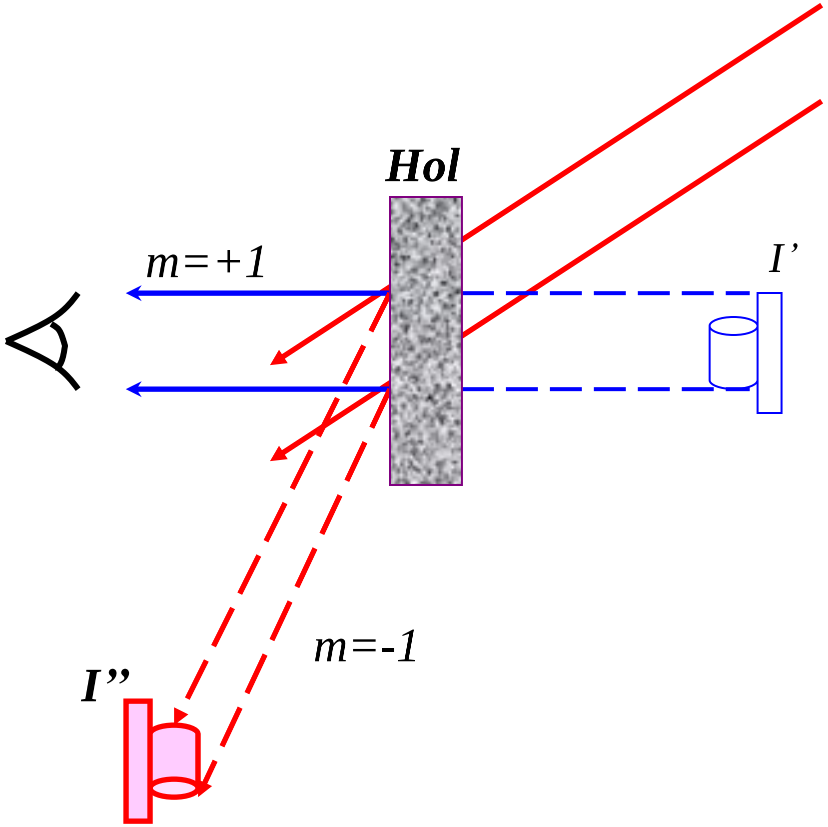
un $$\boxed{\Delta\lambda_{\min} = \frac{\lambda}{kN}}$$

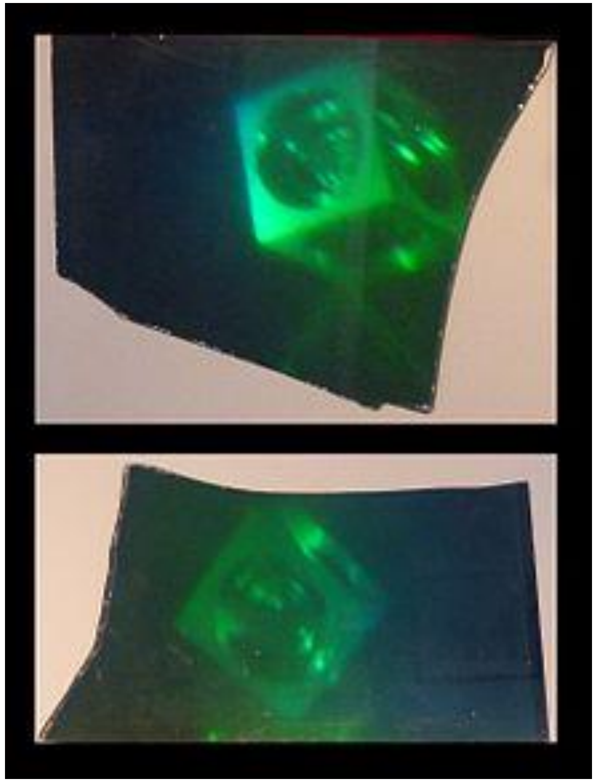
$$\boxed{R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda_{\min}}}$$ *- Šim gadījumam mēs varam rakstīt*

Būt N līnijām novērotā spektra režģī un secībā ir *k*: $R = kN$

Hologrāfija





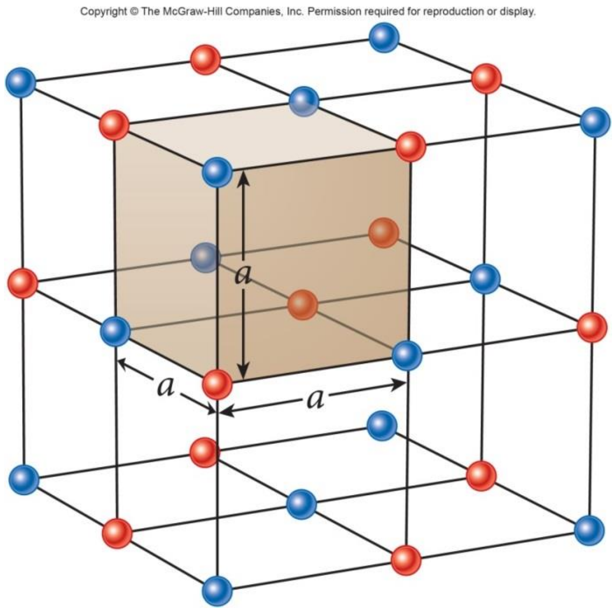


Rentgenstaru Difrakcija

- Vilhelms Röntgens rentgena starus atklāja 1800. gadu beigās.
- Šie eksperimenti liecināja, ka rentgenstari ir elektromagnētiskie viļņi, kuru viļņa garums ir aptuveni 10^{-10} m.
- Apmēram tajā pašā laikā kristālisko cieto vielu pētījums liecināja, ka šo cieto vielu atomi ir sakārtoti pēc regulāra atkārtojuma modeļa ar atstarpi apmēram 10^{-10} m.
- Apvienojot šīs divas idejas, Makss fon Laue 1900. gadu sākumā ierosināja, ka kristāls varētu kalpot kā trīsdimensiju Difrakcijas režģis rentgena starojumam.
- Fon Laue un Frīdrihs Knipings veica pirmo rentgenstaru Difrakcijas eksperimentu, kas parādīja rentgena staru difrakciju ar kristālu 1912. gadā.
- Drīz pēc tam sers Viljams Brags un viņa dēls Viljams Brags atvasināja Brega likumu un veica virkni eksperimentu, iesaistot rentgena staru Difrakciju no kristāliem.

Kristāliskā struktūra

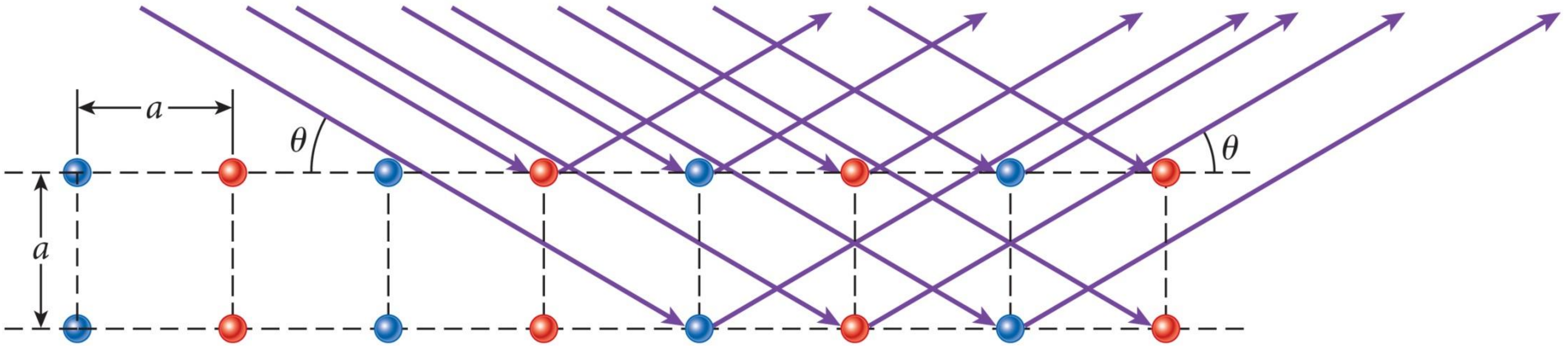
- Pieņemsim, ka mums ir kubiskais kristāls, kā parādīts:



- Katrs režģa atoms atrodas attālumā no nākamā atoma visos trīs virzienos.
- Šajā kristālā mēs varam iedomāties dažādas atomu plaknes, kas var kalpot kā Difrakcijas režģi.

Kristāliskās plaknes

- Piemēram, horizontālās plaknes sastāv no atomiem, kas izvietoti attālumā viens no otra, un pašas plaknes atrodas attālumā a viena no otras.
- Mēs varam iedomāties rentgenstarus, kas notiek šajās plaknēs, un ka kristālu režģī esošo atomu rindas var darboties kā Difrakcijas režģis.
- Var uzskatīt, ka rentgenstarus izkliedē no atomiem.



Difrakcija no kristāliskas struktūras

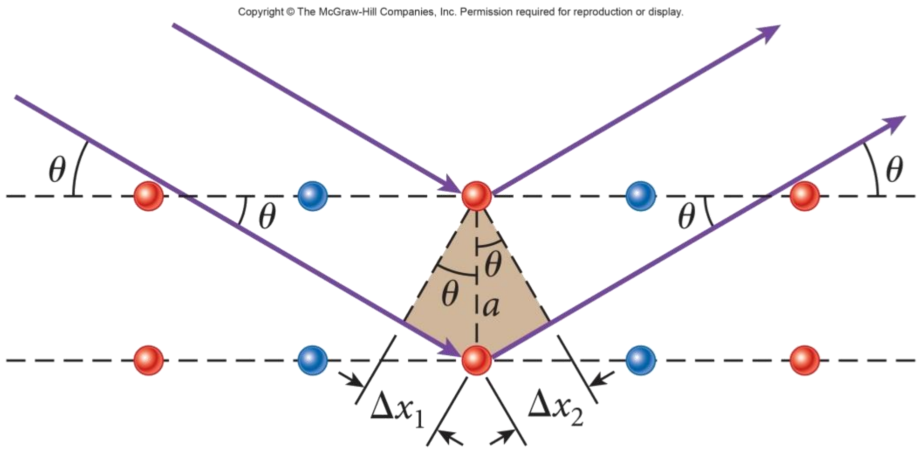
- Traucējumu ietekmi izraisa ceļa garuma atšķirības.
- Ņemot vērā blakus esošās plaknes, zemāk redzam, ka izkliedēto rentgenstaru ceļa garuma starpība no divām plaknēm ir:

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 2a\sin\theta$$

- Bragga izkliedes dotais konstruktīvas iejaukšanās kritērijs ir
- :

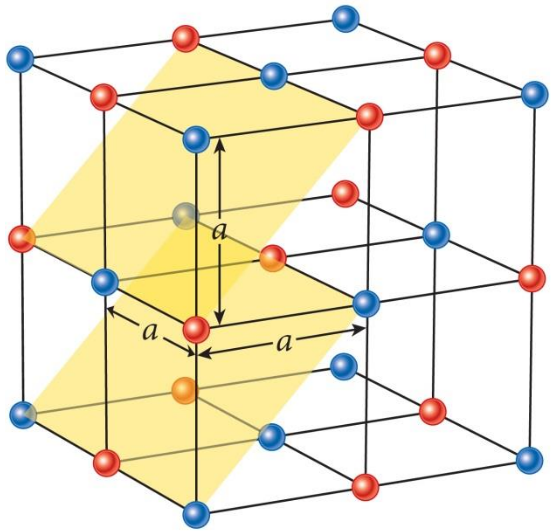
$$2a\sin\theta = m\lambda \quad \left(m = 0, 1, 2, \ldots\right)$$

- Šis vienādojums ir pazīstams kā Bragu likums.

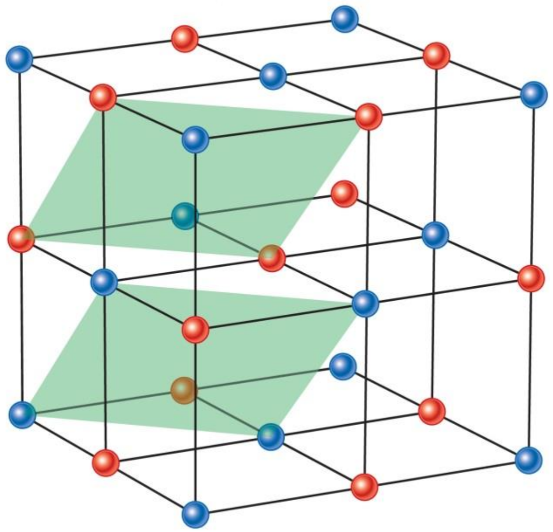


Difrakcija no kristāliskas struktūras

- Protams, kad rentgenstari notiek kristālā, var būt vairākas dažādas orientācijas, kurās plaknes var darboties kā Difrakcijas režģi.
- Daži piemēri ir ilustrēti zemāk.
- Plakņu attālums ir atkarīgs no aplūkoto plakņu orientācijas.



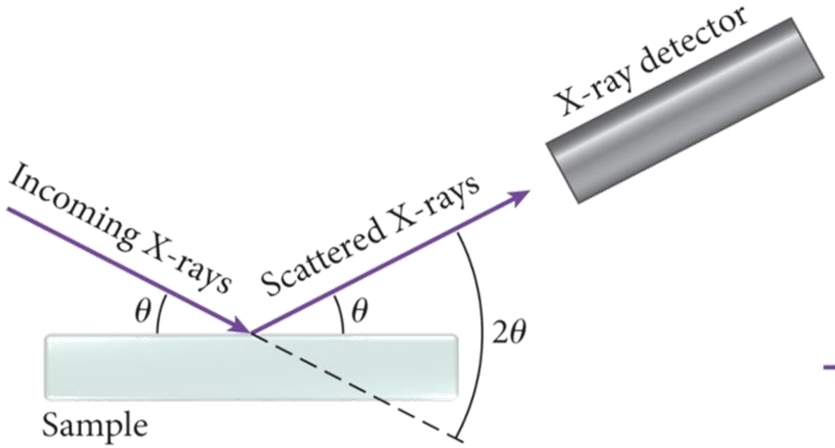
(a)

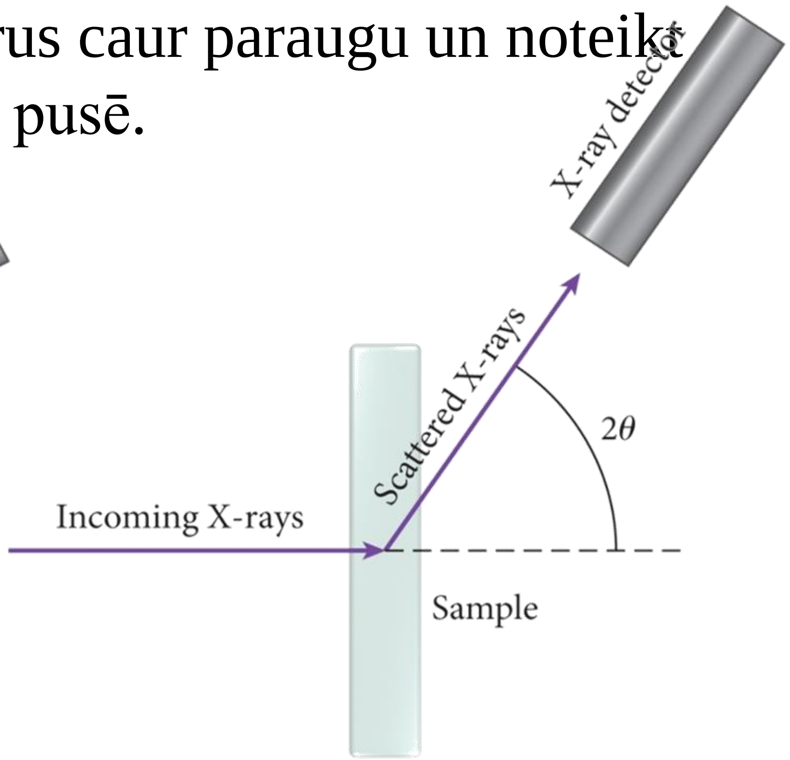


(b)

Rentgenstaru Difrakcija

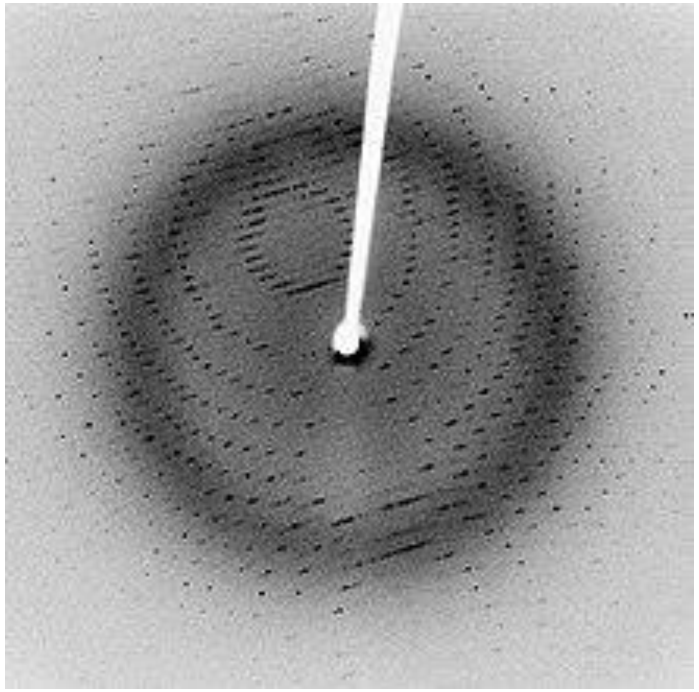
- Lai pētītu vielas atomu struktūru, izmantojot rentgenstaru Difrakciju, rentgenstarus var izkliedēt paralēli parauga virsmai.
- Var arī pārraidīt rentgena starus caur paraugu un noteikt rentgenstarus parauga pretējā pusē.

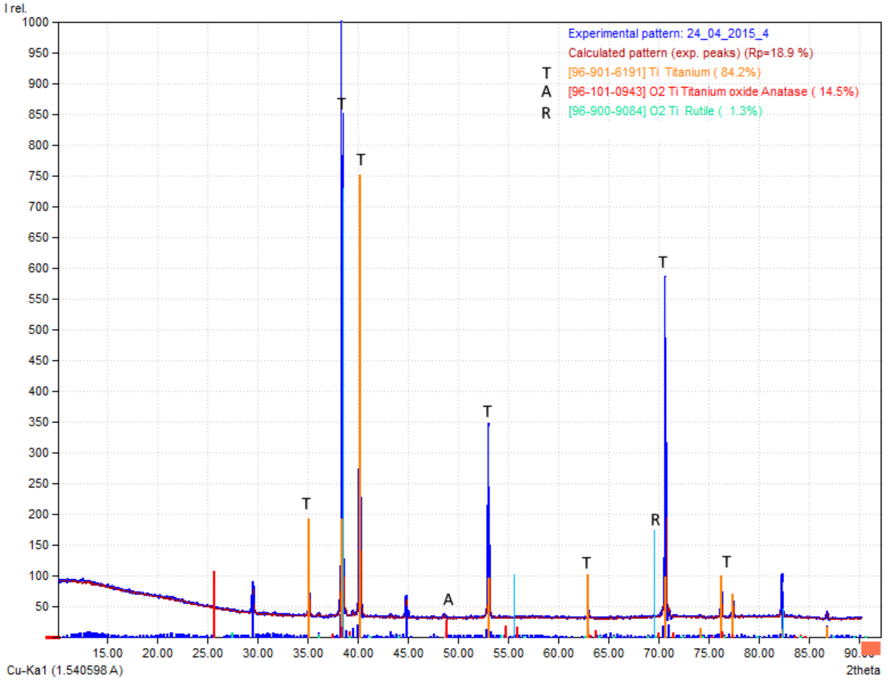


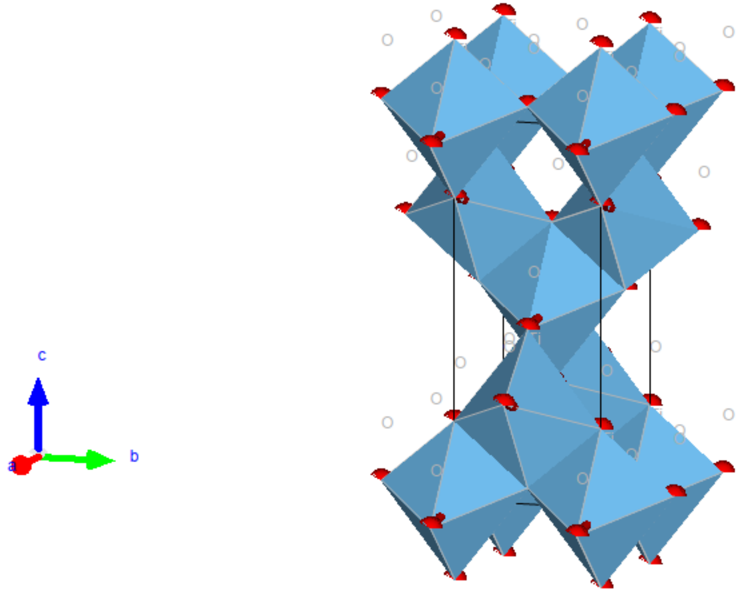


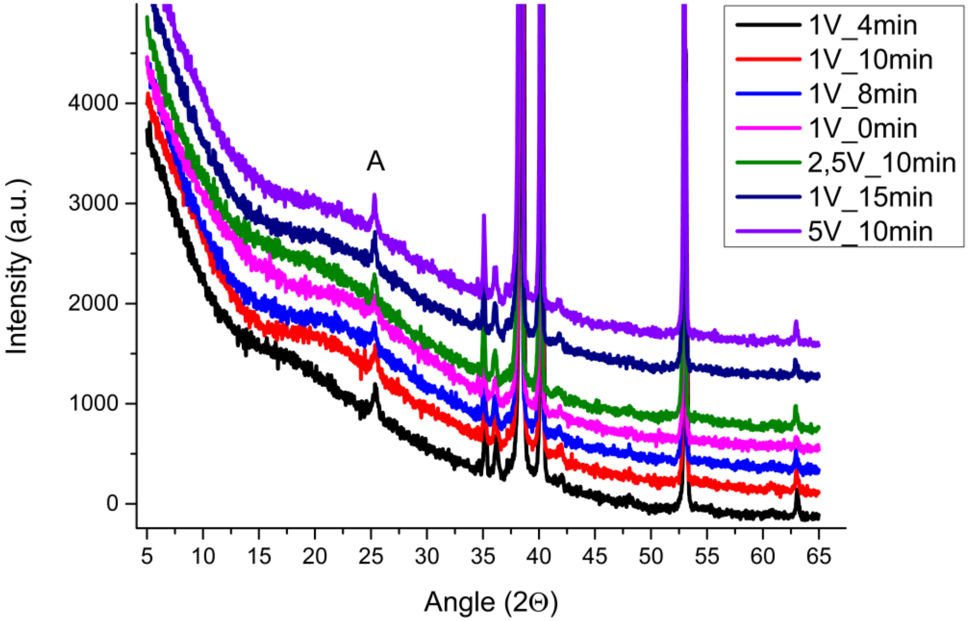
Rentgenstaru Difrakcija Proteīnam

- Šis ir parauga attēls, kas iegūts, rentgenstarus izkliedējot ar olbaltumvielu, kas pazīstama kā “3Clpro”, kas tika fiksēta kristāliskā struktūrā.
- Mazie pelēkie un melnie punkti attēlā veido olbaltumvielu Difrakcijas modeli.
- Koncentriskie gredzeni ir rentgenstaru rezultāts, kas izkliedē ūdens molekulas, kas ieskauj olbaltumvielu un ir orientētas nejaušos virzienos.
- Baltā horizontālā josla ar nelielu baltu kvadrātu attēla vidū ir staru kūļa apstāšanās.




I rel.
Experimental pattern: 24_04_2015_4
Calculated pattern (exp. peaks) (Rp=18.9 %)
T [96-901-6191] Ti Titanium (84.2%)
A [96-101-0943] O2 Ti Titanium oxide Anatase (14.5%)
R [96-900-9084] O2 Ti Rutile (1.3%)
Cu-Ka1 (1.540598 A)
2theta


c
a
b


1V_4min
1V_10min
1V_8min
1V_0min
2,5V_10min
1V_15min
5V_10min
A
Intensity (a.u.)
Angle (2Θ)

Atgriezeniskā saite

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.