

LD10B. ŠVIESOS DIFRAKCIJOS TYRIMAS

Darbo tikslas

Nusakyti prielaidas ir sąlygas difrakcijos susidarymui.

Užduotys

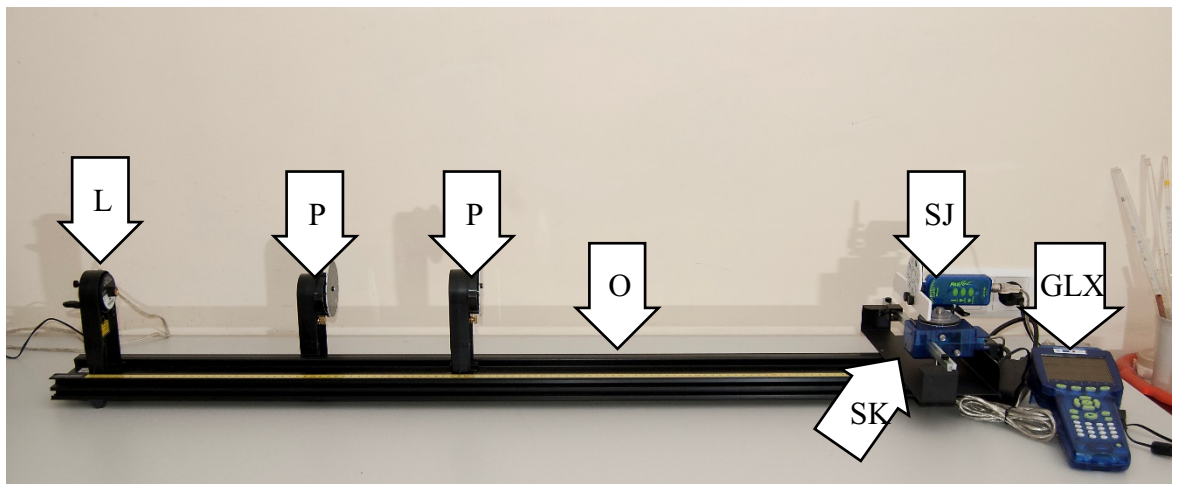
1. Išmatuoti plyšio plotį.
2. Išmatuoti atstumą tarp dviejų plyšių.

Teorinės temos

- Difrakcija ir jos susidarymo sąlygos.
- Hiuigenso ir Frenelio principas.

Darbo priemonės ir prietaisai

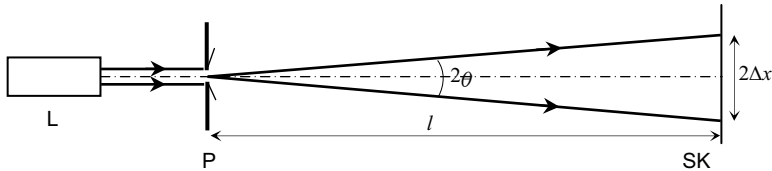
Optinis suolas (O), difrakcinių gardelių ir plyšių komplektas (P), sukamojo judesio į linijinį konverteris – stovas (SK), šviesos šaltinis (puslaidininkinis lazeris) (L), aukštos raiškos elektroninis šviesos jutiklis (su kabeliu ir kištuku) (SJ), informacijos surinkimo/kaupimo/atvaizdavimo/apdorojimo įrenginys (GLX) (1pav.).



1 pav. PASCO Scientific šviesos difrakcijos tyrimo stendas

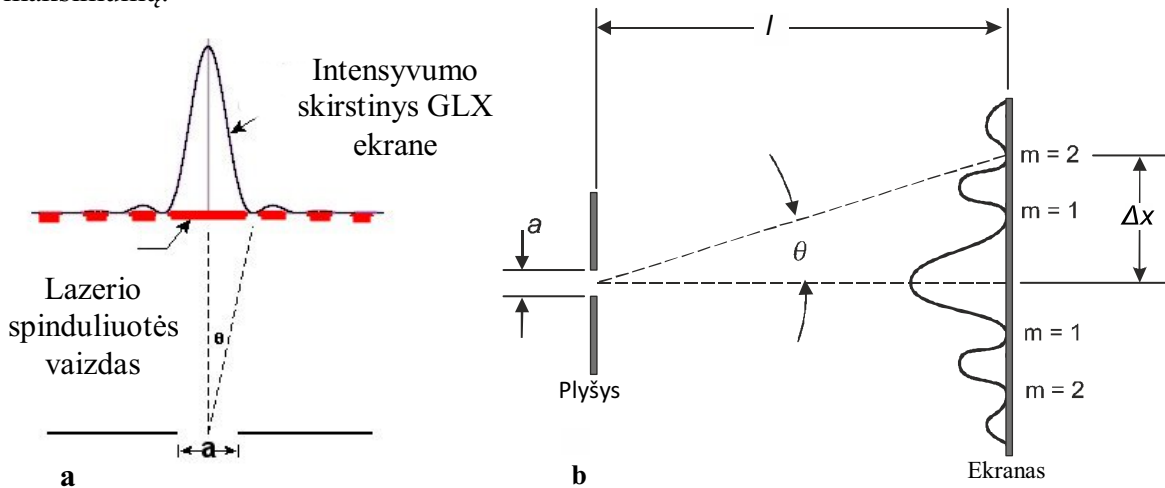
Darbo metodika

Difrakcijos per viena plyši tyrimui naudojamas puslaidininkinis lazeris (L), kurio spinduliuote apšviečiamas tiriamasis plyšys (P), ir šviesos intensyvumo jutiklis (SK) fiksuoja stebimą



2 pav. Tyrimo schema

difrakcinio plyšio vaizdą (2 pav.). Matomas simetrinis difrakcinis vaizdas (3a pav.), susidedantis iš intensyviausio centrinio šviesaus maksimumo ir šalia išsidėsčiusių silpnesnių aukštesnių eilių maksimumų.



3 pav. Difrakcinis vaizdas

Tarp jų yra tamsūs minimumai (3b pav.). Išmatuojami atstumai $2\Delta x$ tarp pirmųjų (interferencijos eilė $m = \pm 1$) ir antrųjų ($m = \pm 2$) minimumų. Išmatuojamas atstumas l nuo plyšio iki ekrano.

Difrakcijos kampas skaičiuojamas pagal formulę

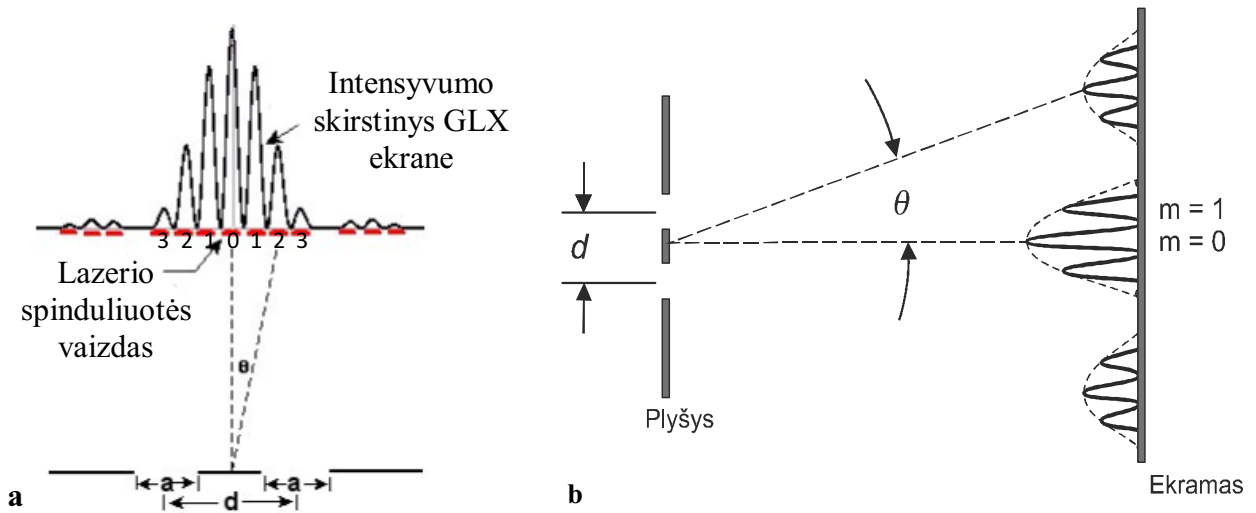
$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{\Delta x}{l}. \quad (1)$$

Žinant, kad

$$a \sin \theta = \pm m \lambda, \quad (2)$$

$$\text{apskaičiuojamas plyšio plotis } a = m \frac{l}{\Delta x} \lambda. \quad (3)$$

Difrakcijos per du vienodo pločio plyšius, esančius vienas šalia kito, tyrimui naudojamos tos pačios priemonės (1 pav.), tik (P) yra plokštelė su dviem plyšiais.



4 pav. Difrakcinis vaizdas pro du plyšius


Ekране stebimas difrakcinis vaizdas (4a pav.), susidedantis iš daugelio smulkesnių maksimumų ir minimumų (4b pav.). Išmatuojamas atstumas $\Delta x'$ tarp $m = 3 \div 6$ maksimumų, atstumas l nuo plyšių iki ekrano ir apskaičiuojamas atstumas d tarp plyšių:

$$d = m \frac{l}{\Delta x'} \lambda. \quad (4).$$

Norint nustatyti tarpelio tarp plyšių plotį b , reikia apskaičiuoti plyšio plotį a (pagal „Difrakcijos per vieną plyšį“ išdėstytą metodiką). Tada tarpelio plotis $b = d - a$.

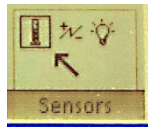
Xplorer GLX naudojimo instrukcija


Šviesos jutiklio duomenys registruojami Xplorer GLX prietaisu (5 pav.), o prietaiso užregistruoti duomenys analizuojami personaliniame kompiuteryje programa *DataStudio*.

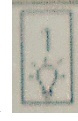
Ijungus, Xplorer GLX reikia paruošti duomenų įvedimui. Tam reikia nustatyti jutiklių duomenų fiksavimo dažnį, pasirinkti kokius jutiklių parametrus fiksuosime, konvertuoti jutiklių rodmenis į mums patogius vienetus, nustatyti duomenis kurie bus atvaizduojami grafiškai. Ką tik paleistas prietaisas pereina į pagrindinį meniu (5 pav.). Į pagrindinį meniu taip pat bet kada galima pereiti mygtuku .

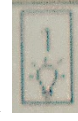


5 pav. Xplorer GLX.




Sensorių nustatymui rodyklėmis pereiname į Sensors meniu, mygtuku  patvirtiname savo pasirinkimą.





Rodyklių klavišais pasirenkame šviesos intensyvumo sensorių . Pakeičiame „Sample rate“ parametą į 50 (prietaisas atliks 50 matavimų per sekundę, tai leis greičiau (stumiant sensorių) užregistruoti tolygų šviesos intensyvumo priklausomybės nuo linijinės sensoriaus padėties grafiką).




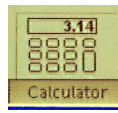
Analogiškai pakeičiame padėties jutiklio  parametą „Sample rate“ į tokią pačią vertę kaip ir šviesos intensyvumo jutikliui. Jei vertės nesutampa, pernešus duomenis į kompiuterį abiejų jutiklių bus atskirti ir nepriklausys vienas nuo kito, dėl to nebus galima nubrėžti tinkamo grafiko. Didinti „Sample rate“ parametą daugiau kaip 100 nereikia, nes Explorer GLX nebesusitvarko su duomenų srautu ir pradeda kibti praleisdamas dalį duomenų, labai sulėtėja reakcija į klavišų paspaudimus. Įvedus mažesnes reikšmes reikės labai lėtai stumdyti prietaiso padėties jutiklį.





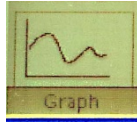
Padėties jutikliui  reikia pakeisti fiksuojamą parametą. Pagal nutylėjimą jutiklis fiksuoja jutiklio ašies kampinę poziciją „Angular position“, mums ji nereikalinga, todėl pageidautina ją išjungti. Rodyklių klavišais pasirenkame „Angular position“ ir mygtuku  pakeičiame jos būseną į nematomą „Not Visible“. Analogiškai įjungiamo jutiklio linijinės padėties jutiklį, pakeisdami „Linear Position“ parametą į matomą „Visible“.


Linijinės padėties jutiklis skaičiuodamas savo padėtį atsakymą išveda m^2 pavidalu. Norint atsakymo patogesniais vienetais reikia perskaičiuoti jutiklio rezultatus. Tam sugrįžtame į pagrindinį


programos meniu mygtuku , rodyklėmis pasirenkame Calculator punktą ir spaudžiame mygtuką




. Pasirenkame kokius duomenis turime perskaičiuoti: **F2**, „Linear Position“, . Jei norime rezultato išreikšto metrais rašome formulę $[Linear\ Position(m)]/2$, centimetrais - $[Linear\ Position(m)]*50$, milimetrais - $[Linear\ Position(m)]*500$. Formulės įvedimui į atmintį spausti „=“.

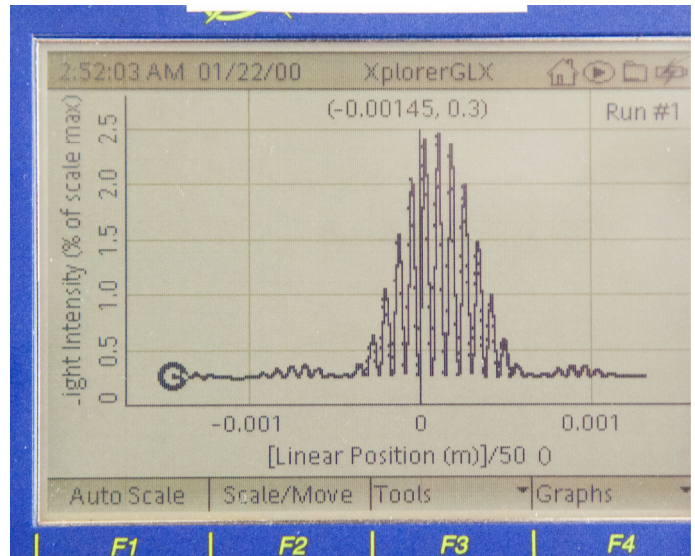


Tyrimas atliekamas pasirinkus **Graph** punktą iš pagrindinio meniu. Įjungus grafiko brėžimo funkciją, reikia nustatyti koordinačių ašių parametrus. Tam paspaudžiame  mygtuką ir rodyklėmis nueiname iki norimo parametro. Abscisės ašiai nustatome ankščiau įvestą formulę (pvz. $[\text{Linear Position(m)}]*50$), o ordinatei priskiriame šviesos intensyvumo priklausomybę.



Tyrimas pradamas paspaudus mygtuką , ir nedideliu greičiu (3-5mm/s) stumiant šviesos intensyvumo jutiklį norimo matavimo ribose. Kiekvienas matavimas turi būti atskirtas nuo kitų, po kiekvieno matavimo būtina iš karto sustabdyti duomenų nuskaitymą mygtuku

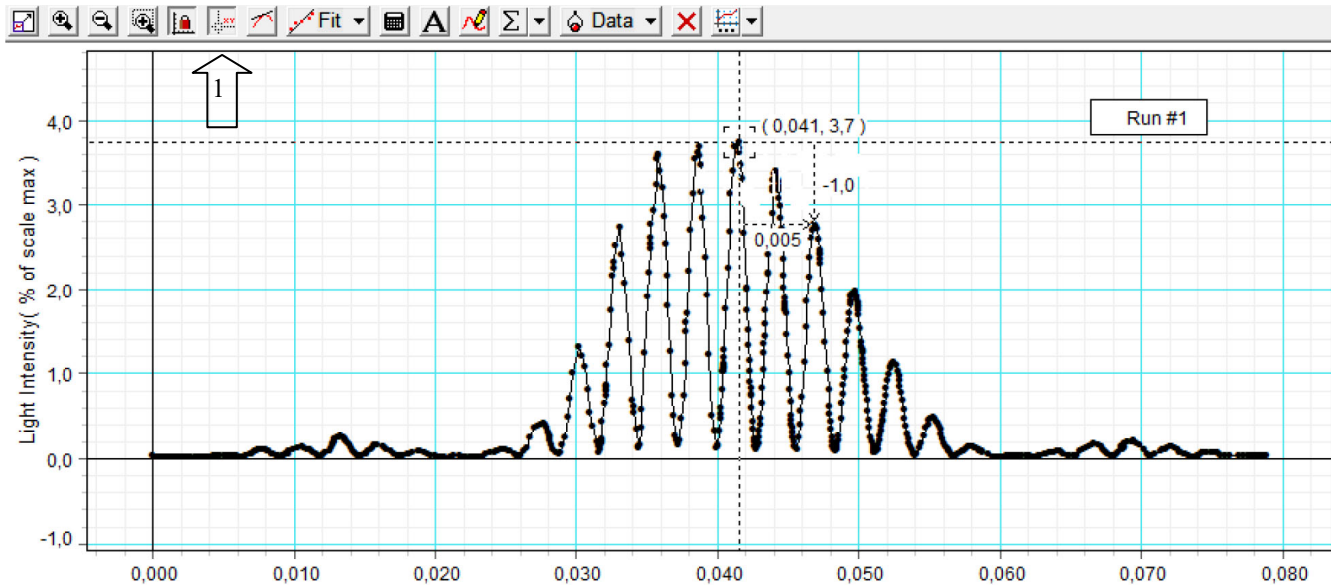


 . Bandyto numeris rodomas dešiniajame viršutiniame grafiko lango kampe ties tekstu „Run“ (6 pav). Atliekant matavimą, nevisada automatiškai užduodamos koordinačių ribos atitinka eksperimentui reikalingus dydžius. Tai ištaisome „Auto Scale“ mygtuku **F1** (6 pav) arba „Scale/Move“ mygtuku **F2** (6 pav). Pirmuoju atveju ribos yra pataisomos automatiškai, antruoju atveju tai padarome patys rodyklėmis. Tai atlikus – aiškiau matome atliekamo eksperimento rezultatą.



6 pav. Tyrimo duomenys.

Atlikus eksperimentą, matavimų rezultatus tolesniam apdorojimui galime per USB jungtį persikelti tiesiai į USB atmintinę. Tai padarome pagrindiniame meniu pasirinkdami nuorodą  . Atsidarius šią direktoriją, matomi šiuo metu RAM atmintyje saugomi eksperimentai. Rodyklėmis pasirenkame mūsų atliktą eksperimentą, jį išsaugome prietaiso atmintyje mygtuku **F2**, po to mygtuku **F4** pasirenkame galimų veiksmų sąrašą. Failo perkėlimui naudojame arba Move File arba Copy File funkciją. Pasirinkus šią funkciją, rodyklėmis pasirenkame USB atmintinę (FAT32) ir  paspaudimu patvirtiname šį veiksmą.




7 pav. DataStudio

Ekspirmanto duomenis iš USB atmintinės perkeliame į kompiuterį ir įjungiamo DataStudio programą. Atsidarius eksperimentą pasirenkame bandymą ir Smart Tool pagalba 1 (7 pav.) galime pradėti duomenų analizę. Pasirinkus pagrindinį maksimumą, galime pratempti kvadratėlio kampą iki norimo kreivės taško (7 pav.). Iškart matome apskaičiuotą atstumą tarp šių taškų.

Darbo eiga

1. Difrakcijos per vieną plyšį tyrimas

Lazeris (1pav. L) įstatomas optinio suolo pradžioje ir įjungiamas, patikrinamas lazerio spindulio lygiagretumas, pažiūrima ar spindulys pataiko į šviesos jutiklio centrą. Difrakcinių gardelių diskas (1pav. P) pasukamas taip, kad tiriamojo plyšio plotis būtų 0.04 mm. Difrakcinių gardelių komplektas įstatomas ant optinio suolo 3 cm atstumu nuo lazerio. Įjungiamo Xplorer GLX ir pagal metodikoje pateiktą naudojimosi instrukciją paruošiamo duomenų įvedimui.

Tyrimas pradedamas paspaudus mygtuką , ir nedideliu greičiu (3-5mm/s) stumiant šviesos intensyvumo jutiklį (1pav. SJ) norimo matavimo ribose. Kiekvienas matavimas turi būti atskirtas nuo kitų, po kiekvieno matavimo būtina iš karto sustabdyti duomenų nuskaitymą mygtuku



Eksperimento duomenis iš USB atmintinės perkeliame į kompiuterį ir įjungiamo DataStudio programą. Atsidarius eksperimentą pasirenkame bandymą ir Smart Tool pagalba 1 (7 pav.) galime pradėti duomenų analizę. Išmatavus atstumą l nuo plyšio iki šviesos jutiklio bei atstumus tarp pirmos ir antros eilės minimumų pagal (3) formulę apskaičiuojamas plyšio plotis. Eksperimentas kartojamas pakeitus atstumą nuo plyšio iki ekrano. Rezultatai vidurkinami. Duomenys surašomi į 1 lentelę.


1 lentelė. Difrakcijos pro vieną plyšį tyrimo duomenys

Nr.		l (cm)	Δx (mm)	a (mm)
1.	$m = 1$			
	$m = 2$			

Keičiant plyšio plotį stebima, kaip keičiasi difrakcinis vaizdas ekrane. Aprašomi pastebėti kokybiniai pokyčiai.

2. Difrakcijos per du vienodo pločio plyšius tyrimas

Difrakcinių gardelių komplektas su „vienetinais“ plyšiais pakeičiamas į komplektą su „dvigubais“ plyšiais, difrakcinių gardelių diskas pasukamas taip, kad tiramųjų plyšių plotis būtų 0.04 mm, ir įstatomas ant optinio suolo 3 cm atstumu nuo lazerio.

Tyrimas pradedamas paspaudus mygtuką , ir nedideliu greičiu (3-5mm/s) stumiant šviesos intensyvumo jutiklį (1pav. SJ) norimo matavimo ribose. Kiekvienas matavimas turi būti

atskirtas nuo kitų, po kiekvieno matavimo būtina iš karto sustabdyti duomenų nuskaitymą mygtuku



Ekspirimento duomenis iš USB atmintinės perkeliame į kompiuterį ir įjungiamo DataStudio programą. Atsidarius eksperimentą pasirenkame bandymą ir Smart Tool pagalba 1 (7 pav.) galime pradėti duomenų analizę. Išmatuojamas atstumas $\Delta x'$ tarp $m = 3 \div 6$ maksimumų, atstumas l nuo plyšių iki ekrano ir pagal (4) formulę skaičiuojamas atstumas d tarp plyšių. Išmatuojamas atstumas Δx tarp pirminių minimumų ir pagal (3) lygtį apskaičiuojamas plyšio plotis a . Apskaičiuojamas tarpelio plotis b . Matuojama kelis kartus pakeitus atstumą nuo plyšių iki ekrano. Rezultatai vidurkinami. Duomenys surašomi į 2 lentelę.

2 lentelė. Difrakcijos pro du plyšius tyrimo duomenys

Nr.	m	l (cm)	Δx (mm)	$\Delta x'$ (mm)	d (mm)	a (mm)	b (mm)
1.							

Literatūra

1. Interference and Diffraction of Light : Instruction Manual and Experiment Guide for the *PASCO Scientific* models *EX-9918*
2. V. A. Šalna. Optikos laboratoriniai darbai. Vilnius, VU leidykla, 2009. (www.mopl.bfsk.ff.vu.lt)