

**4-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**9-oji užduotis Nr. FT4-9 / 2010 12 21 – 2011 01 18**

**Sąlyga / FT4-9 ▼**

**Difrakcijos eksperimentinis tyrimas**

**Tikslas:** *Ištirti šviesos spindulio difrakciją difrakcinėje gardelėje.*

**Reikmenys:** šviesos šaltinis – raudonos šviesos lazerinė rodyklė, kompaktinė plokštelė kaip difrakcinė gardelė, liniuotė, popieriaus lapai, plastilinas elementų laikinam įtvirtinimui, matlankis, pieštukas, lygus stalas.

**Klausimai:**

- 1) Pasinaudoję prieinamais informacijos šaltiniais, suraskite kompaktinės plokštelės kaip difrakcinės gardelės konstantą  $d$ . Kiek štrichų milimetre turi kompaktinė plokštelė-gardelė?
- 2) Nukreipę lazerio spindulį į kompaktinę plokštelę-gardelę, stebėkite atspindžio konfigūracijoje difragavusius spindulius. Eksperimentiškai nustatykite lazerio šviesos bangos ilgį  $\lambda$ , įvertinkite paklaidą;
- 3) Apskaičiuokite, kiek fotonų palieka lazerinę rodyklę kiekvieną sekundę;
- 4) Kokia yra optimali spindulių eiga didžiausiai difrakcijos eilei stebėti? Kokią didžiausią difrakcijos eilę galima stebėti?
- 5) Eksperimentiškai išmatuokite pirmojo difrakcijos maksimumo spindulio kampo  $\beta$  priklausomybę nuo lazerio spindulio kritimo kampo  $\alpha$  ( $\beta$  - tai kampas tarp difragavusio spindulio ir statmens gardelės plokštumai, o  $\alpha$  - tai kampas tarp lazerio spindulio ir to paties statmens); ištirkite visus galimus kampų  $\alpha$  ir  $\beta$  intervalus;
- 6) Nubrėžę eksperimentinę grafinę priklausomybę  $\beta(\alpha)$ , apskaičiuokite ją teoriškai ir palyginkite tame pačiame grafike su eksperimento duomenimis.

**Patarimai:**

- 1) Jei dar neturite, lazerinę rodyklę galite įsigyti raštinės reikmenų parduotuvėje. Ši rodyklė Jums pravers ir pristatant pranešimus mokykloje ar kituose renginiuose. Lazerinei rodyklei gali būti nurodyti kai kurie gamintojo parametrai, pvz., bangos ilgis, vidutinė galia, maitinimo įtampa. Į šį bangos ilgį žiūrėkite tik kaip į orientacinį dydį, todėl 2 klausimą atlikite nekreipdami dėmesio į šį nurodytą parametą ir tolesniems skaičiavimams naudokite savo nustatytą vertę. 3 klausime panaudokite nurodytą vidutinės galios parametą (paprastai nurodytą milivatais), o jei toks parametras nenurodytas, tarkite, kad vidutinė lazerio šviesos galia 1 mW.
- 2) Informacijos apie kompaktines plokšteles galite ieškoti internete. Kaip difrakcinę gardelę rekomenduojame naudoti CD plokštelę (ne DVD).

**Atlikimo pateikimas:** Nufotografuokite tyrimų įrangą ir kartu su sprendimu atsiųskite nuotraukas, kuriose būtų aiškiai matoma visų skirtingų bandymų (a) vien tik įranga bandymo atlikimo metu ir (b) ta pati įranga kartu su greta esančiu eksperimentuotoju, t. y. su savimi.

*Užduotį parengė Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Pუსlaidininkų fizikos katedros profesorius habil. dr. Edmundas Kuokštis.*

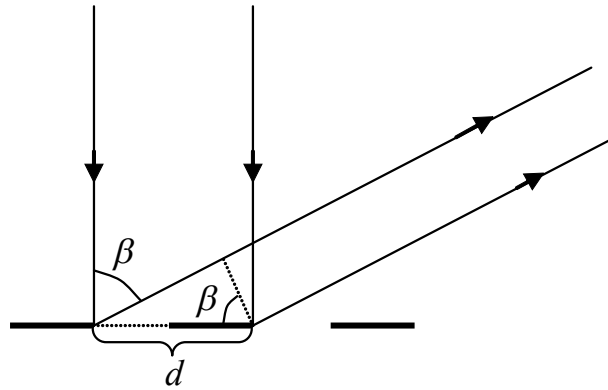
▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2010 12 21.

**Aiškinamasis sprendimas / FT4-9 ▼**

1) Internete galima rasti informacijos įvairiausiais būdais. Pvz., Google sistemoje įvedus „Kompaktinis diskas“ galima rasti duomenis apie CD. Difrakcinės gardelės periodas – tai takelio plotis, lygus  $1,6 \mu\text{m}$ , t.y.  $d = 1,6 \mu\text{m}$ . Tai tinka CD diskams, kurie ir rekomenduojami darbe. DVD diskams šis atstumas  $0,74 \mu\text{m}$ .

Gardelė, kurios periodas  $d = 1,6 \mu\text{m} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ , turi  $N = d^{-1} = 0,0016^{-1} \text{ mm}^{-1} = 625$  štrichų milimetrai.

2) Nukreipiame lazerio spindulį statmenai gardelei ir išmatuojame pirmos eilės difrakcijos maksimumo kryptį.



**1 pav.** Lazerio spindulio atspindys nuo difrakcinės gardelės statmenam kritimui.

Kampą  $\beta$  galime išmatuoti, pasižymėję lape spindulių eigą ir pasinaudoję matlankiu. Mūsų naudoto lazerio spindulys nukrypo kampu  $\beta = (24,0 \pm 0,5)^\circ$  (žr. 1 pav.).

Pirmajam sidragavusiam maksimumui

$$d \sin \beta = \lambda .$$

Iš čia surandame

$$\begin{aligned} \lambda &= d \sin \beta = 651 \text{ nm} . \\ \Delta \lambda &= d \cos \beta \Delta \beta = 13 \text{ nm} . \end{aligned}$$

Taigi,

$$\lambda = (651 \pm 13) \text{ nm} .$$

3) Jei per 1 s lazerinę rodyklę palieka  $N$  fotonų, tai lazerio spinduliuotės galia

$$P = Nhf = \frac{Nhc}{\lambda} ,$$

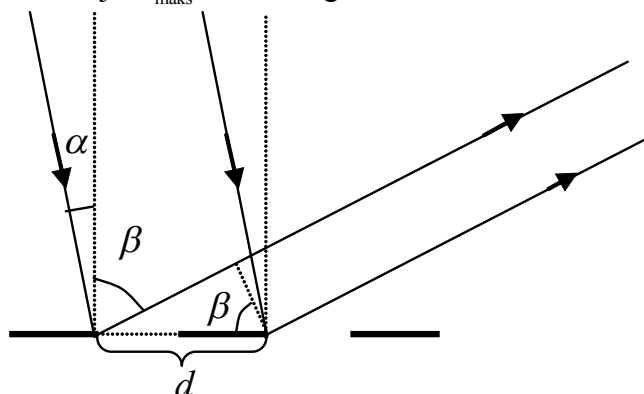
čia  $h$  – Planklo konstanta,  $f$  – spinduliuotės dažnis,  $c$  – šviesos greitis. Tuo būdu

$$N = \frac{P\lambda}{hc} \approx 3,3 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1} .$$

4) Jei lazerio spindulys kristų į gardele statmenai, tai  $k$ -osios eilės maksimumo kryptis tenkintų sąlygą

$$d \sin \beta_k = k\lambda .$$

Aišku, kad  $\sin \beta_k \leq 1$ . Ribiniu atveju  $\frac{k\lambda}{d} = 1$ , t.y. esamiems parametrams  $k = \frac{d}{\lambda} \approx 2,5$ .  $k$  – sveikas skaičius, tai šiuo atveju  $k_{\text{maks}} = 2$ . Bet galime keisti kritimo kampą (žr. 2 pav.).



**2 pav.** Lazerio spindulio atspindys nuo difrakcinės gardelės, kai  $\alpha > 0$ .

Šiuo atveju eigos skirtumas  $d(\sin \alpha + \sin \beta) = k'\lambda$ . Čia apibrėžtumo dėlei  $\alpha$  ir  $\beta$  imame teigiama kampų vertes, jei kampai tokie, kaip parodyta 2 pav. Didžiausias  $k'$  galimas tuo atveju, kai abu kampai lygūs  $90^\circ$ . Tada  $k' = \frac{d(\sin 90^\circ + \sin 90^\circ)}{\lambda} \approx 4,9$ . Vadinasi, didžiausia difragavusio spindulio eiga  $k'_{\text{maks}} = 4$ .

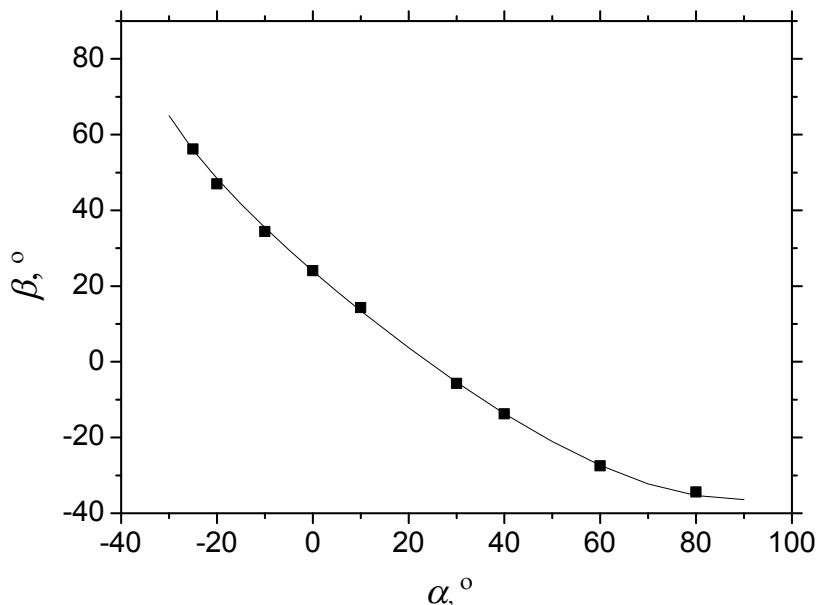
5) Kaip minėta, apibrėžtumo dėlei pasirinkime kampus kaip aptarta 4) užduotyje. Sudarome matavimų lentelę:

$\alpha, ^\circ$	$\beta, ^\circ$
-25	56
-20	47
-10	34
0	24
10	14
30	-6
40	-14
60	-27,5
80	-34

6) Galime viename grafike atidėti ir eksperimento duomenis, ir teorinę kreivę. Ją pirmajam difrakcijos maksimumui atitinka lygtis

$$d(\sin \alpha + \sin \beta) = \lambda. \text{ Iš jos } \beta = \arcsin\left(\frac{\lambda}{d} - \sin \alpha\right).$$

3 pav. taškai rodo eksperimento rezultatus, o ištisinė linija – pastarąją teorinę priklausomybę.



**3 pav.** Difragavusio pirmojo maksimumo spindulio kampo  $\beta$  priklausomybė nuo lazerio spindulio kritimo kampo  $\alpha$ . (Taškai rodo eksperimento rezultatus, o ištisinė linija – pastarąją teorinę priklausomybę.)

*Užduoties aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties habil. dr. Edmundas Kuokštis.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2011 04 19.

### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT4-9 ▼**

Aptarimo aprašymas šiuo metu yra rengiamas, bus paskelbtas vėliau.

*Užduoties sprendimo aptarimą parengė užduoties autorius prof. habil. dr. Edmundas Kuokštis.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2011 04 19.

### **Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT4-9 ▼**

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.	Surastas internete ar kitame informacijos šaltinyje atstumas tarp takelių kompaktiniame diske – 1,6 $\mu\text{m}$ . Tai gardelės konstanta (periodas).	1
2.	Nubraižė tinkamą brėžinį ir parinko reikiamą lazerio spindulio ir CD konfigūraciją difrakcijos maksimumams stebėti.	1
3.	Teisingai išmatavo difragavusio spindulio kampus, pritaikė formulę ir apskaičiavo lazerio spinduliuotės bangos ilgį, įvertino paklaidą. Paklaidą galima vertinti ir kaip sistemine, ir kaip atsitiktinę (statistine).	2
4.	Teisingai (bent eilės tikslumu) apskaičiavo fotonų, išspinduliuojamų per sekundę, skaičių.	1
5.	Teisingai įvertino didžiausią difrakcijos eilę, kai lazerio spindulys statmenas kompaktinio disko plokštumai.	1
6.	Teisingai įvertino didžiausią difrakcijos eilę, kai lazerio spindulys krinta kampu į kompaktinio disko plokštumą.	1
7.	Išmatuoti ir surašyti į lentelę eksperimentiniai difragavusio spindulio kampai kaip kritimo kampo funkcija, perdengiant kritimo kampo sritis į abi puses nuo statmens kompaktinio disko plokštumai.	1
8.	Teisingai užrašyta formulė difragavusiam spinduliui bendru atveju (bet kokiems kampams).	1
9.	Teisingai parinktos kampų ašys ir nubrėžtas grafikas.	1
10.	Kiti smulkūs netikslumai	po -0,5
11.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
Maksimalus sprendimo įvertinimas		10

*Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius habil. dr. Edmundas Kuokštis.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2011 04 19.