

18-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
5-oji užduotis Nr. FT18-5 / 2024 09 30 – 2024 10 27

Du lėšiai

Sąlyga / FT18-5 ▼

Susiglaudžiančių šviesos spindulių pluoštui patekus į $D_1 = 2$ D laužiamosios gebos plonąją lęšį, jo pagrindinėje optinėje ašyje stebimas ryškus taškas $f_1 = 25$ cm atstumu nuo lęšio. Nuo to lęšio (pavadinkime jį pirmuoju) $a = 15$ cm atstumu pastačius to paties skersmens antrąją plonąją lęšį taip, kad jų pagrindinės optinės ašys sutaptų, gaunamas lygiagrečių pagrindinei optinei ašiai spindulių pluoštas.

Pateikite aiškinamąjį brėžinį ir raskite:

- 1) Atstumą nuo pirmojo lęšio vietos iki ten, kur susiglaustų šviesos spinduliai, jei to lęšio nebūtų (cm);
- 2) Antrojo lęšio laužiamąją gebą;
- 3) Lygiagrečių šviesos spindulių pluošto skersinio pjūvio plotą (lęšio ploto dalimis);
- 4) Atvaizdo atstumą nuo lęšių, jei antrąjį lęšį priglaustume prie nepajudinamo pirmojo lęšio.

Aptarkite galimą susiglaudžiančių šviesos spindulių pluošto eigą, jei atstumas tarp lęšių būtų didesnis nei 15 cm.

Užduotį parengė doc. dr. Stasys Tamošiūnas – Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto senjoras, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, steigėjų tarybos narys ir dėstytojas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 09 30.

Aiškinamasis sprendimas / FT18-5 ▼

Duota: $D_1 = 2$ D; $f_1 = 0,25$ m; $a = 0,15$ m.

Rasti: d_1 ; D_2 ; S ; f_3 .

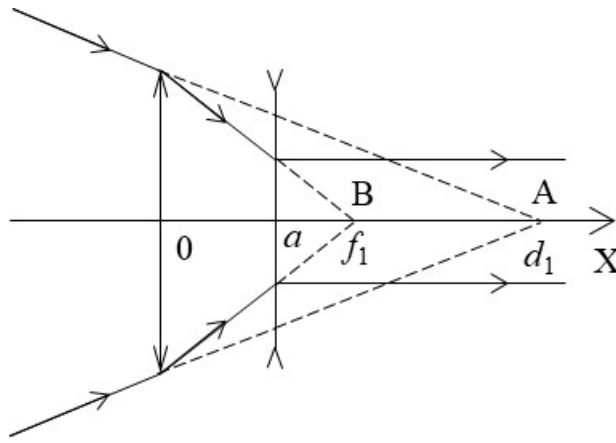
Susiglaudžiančių šviesos spindulių pluoštas gali būti gaunamas lygiagrečiams paveikslė neparodyto kito glaudžiamojo lęšio (pavadinkime jį papildomuoju) pagrindinei ašiai spinduliams praėjus pro tą lęšį ir pateksiantiems į tašką A, jei nebūtų pirmojo lęšio.

Pirmojo lęšio formulė, kai taškas A yra atstumu d_1 nuo jo nutolęs tariamas šviesos šaltinis:

$$-\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = D_1; \quad d_1 = \frac{1}{\frac{1}{f_1} - D_1}; \quad d_1 = \frac{1}{\frac{1}{0,25} - 2} = 50 \text{ (cm)}.$$

Antrojo lęšio formulė, kai atstumu $d_2 = f_1 - a \ll f_2$ yra nuo jo nutolęs menamas šviesos šaltinis B (faktiškai to lęšio židiny, nes gaunamas lygiagrečių pagrindinei optinei ašiai šviesos spindulių pluoštas):

$$-\frac{1}{f_1 - a} = D_2; \quad D_2 = -\frac{1}{0,25 - 0,15} = -10 \text{ (D)}.$$

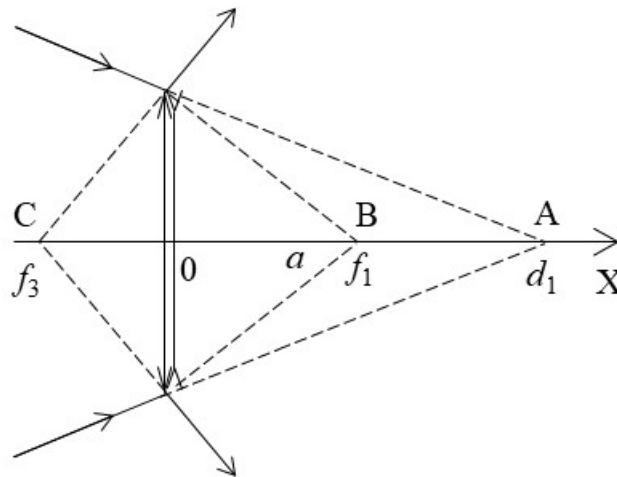


Lygiagrečių šviesos spindulių pluošto plotas S ir lęšio plotas S_0 yra tiesiai proporcingi jų spindulių kvadratams, o spinduliai, kaip matyti iš panašių stačiųjų trikampių, yra tiesiai proporcingi atstumams $f_1 - a$ ir f_1 , tai:

$$S = S_0 \frac{(f_1 - a)^2}{f_1^2}; \quad S = S_0 \frac{(0,25 - 0,15)^2}{0,25^2} = 0,16S_0.$$

Priglaudus antrąjį lęšį prie pirmojo, jų optines gebas sudedame, tai pagal tokio sudėtinio lęšio, kuris yra sklaidomasis, nes $D_1 + D_2 < 0$, formulę randame:

$$-\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_3} = D_1 + D_2; \quad f_3 = \frac{1}{D_1 + D_2 + \frac{1}{d_1}}; \quad f_3 = \frac{1}{2 - 10 + \frac{1}{0,5}} \approx -16,7 \text{ (cm)}.$$



Tą patį rezultatą gauname ir kitu būdu - parašę antrojo lęšio formulę, kai po pirmojo lęšio atstumu f_1 gautas tikras atvaizdas B antrajam lęšiui yra tariamas šviesos šaltinis:

$$-\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_3} = D_2; \quad f_3 = \frac{1}{D_2 + \frac{1}{f_1}}; \quad f_3 = \frac{1}{-10 + \frac{1}{0,25}} \approx -16,7 \text{ (cm)}.$$

Taigi, suglaudus plonus lęšius, gaunamas tariamas taško atvaizdas C apytiksliai 16,7 cm atstumu nuo lęšių.

Tegu antrasis lęšis nuo pirmojo yra atstumu $b > a$ (čia $b < f_1$), tai pagal to lęšio formulę, kai tariamas šviesos šaltinis yra atstumu $f_1 - b$, turime jo atvaizdo nuotolio priklausomybę nuo atstumo tarp lęšių:

$$-\frac{1}{f_1 - b} + \frac{1}{f_4} = D_2; \quad f_4 = \frac{1}{D_2 + \frac{1}{f_1 - b}}; \quad f_4(b) = \frac{1}{-10 + \frac{1}{0,25 - b}}.$$

Įdomi antroji sritis, kai atstumas $b > f_1$. Tada į antrąją lęšį iš taško B patenka prasiskiriančių šviesos spindulių pluoštas, atstumu $b - f_1$ yra tikras šviesos šaltinis ir pagal to lęšio formulę turime tą pačią atvaizdo nuotolio priklausomybę nuo atstumo tarp lęšių:

$$\frac{1}{b-f_1} + \frac{1}{f'_4} = D_2; \quad f'_4 = \frac{1}{D_2 - \frac{1}{b-f_1}} = f_4.$$

Pirmoji sritis atitinka atstumus nuo 0,15 cm iki 0,25 cm ir tikrus atvaizdus (ryškius taškus), o antroji – virš 0,25 cm atitinka tik tariamus atvaizdus, kaip ir pradžioje nagrinėta sritis nuo 0 iki 25 cm. Dalis skaičiavimo rezultatų pateikta lentelėje, o šio sprendimo skaitytojui siūlomama pačiam nusibraižyti šviesos spindulių eigą.

$a, b,$ cm	0	10	14	16	20	24	25	26	30
$f, \text{ cm}$	-16,7	-30	-110	90	10	1,1	0	-0,9	-3,3

Aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 11 18.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT18-5 ▼

Užduotį teisingai išsprendė keturi turnyro dalyviai, kiti įvairiai klydo, skaičiuodami pagal lęšių formules, o ir braižydami, ypač kai šviesos šaltiniai yra tariami.

Du dalyviai sklaidomojo lęšio laužiamąją gebą rado su pliuso ženklu.

Sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 11 18.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT18-5 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Aiškinamasis brėžinys ir komentarai	2
2.	Atstumas iki spindulių susiglaudimo vietos	2
3.	Antrojo lęšio laužiamoji geba	2
4.	Spindulių pluošto plotas	2
5.	Atvaizdas suglaudus lęšius	2
6.	Nerodomi skaičiavimai	-1
7.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr. 1-5)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 11 18.