

**17-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**13-oji užduotis Nr. FT17-13 / 2024 04 02 – 2024 04 29**

**Optinė sistema**

**Sąlyga / FT17-13**

Optinę sistemą, panaudotą šviečiančio  $a = 20$  mm skersmens diskelio ryškiam atvaizdui ekrane gauti, sudarė paeiliui patalpinti du plonieji lęšiai, kurių pirmas yra iškilasis su dviem vienodais sferiniais paviršiais, o antras yra įgaubtasis su viena sferine puse ir kita plokščia puse, pagaminti iš skaidraus stiklo, kurio lūžio rodiklis  $n = 1,6$ . Lęšių sferinių paviršių kreivumo spinduliai  $R = 24$  cm, jų pagrindinės optinės ašys sutampa ir kerta diskelio centrą statmenai jo bei ekrano plokštumoms.

Diskelis buvo padėtas atstumu  $d_1 = 60$  cm nuo pirmo lęšio, pradinis atstumas tarp lęšių  $l_1 = 10$  cm. Po to lęšiai buvo suglausti, nekeičiant diskelio ir pirmo lęšio buvimo vietų, o tik antrą lęšį pastūmus prie pirmo. Pateikite aiškinamąjį brėžinį ir raskite:

- 1) Lęšių laužiamąsias gebas;
- 2) Pradinį atstumą tarp diskelio ir ekrano;
- 3) Būtiną ekrano poslinkį, pastūmus antrą lęšį;
- 4) Atvaizdo ploto pokytį, suglaudus lęšius.

*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](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2024 04 02.

**Aiškinamasis sprendimas / FT17-13 ▼**

Duota:  $a = 0,02$  m;  $n = 1,6$ ;  $R = 0,24$  m;  $d_1 = 0,6$  m;  $l_1 = 0,1$  m.

Rasti:  $D_1$ ;  $D_2$ ;  $L_1$ ;  $G_1$ ;  $\Delta L$ ;  $\Delta S$ .

Lęšių laužiamųjų gebų sąryšis su stiklo lūžio rodikliu  $n$  ir paviršių kreivumu, kai jų spinduliai  $R_1 = R_2 = R$ ;  $R_3 = -R$ ;  $R_4 \gg R$ :

$$D_1 = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = (n - 1) \frac{2}{R}; \quad D_2 = (n - 1) \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) = (1 - n) \frac{1}{R};$$

$$D_1 = (1,6 - 1) \frac{2}{0,24} = 5 \text{ (D)}; \quad D_2 = (1 - 1,6) \frac{1}{0,24} = -2,5 \text{ (D)}.$$

Pravartu rasti diskelio AB atvaizdo A'B' galimą nuotolį  $f_1$  nuo pirmojo lęšio pagal to lęšio formulę:

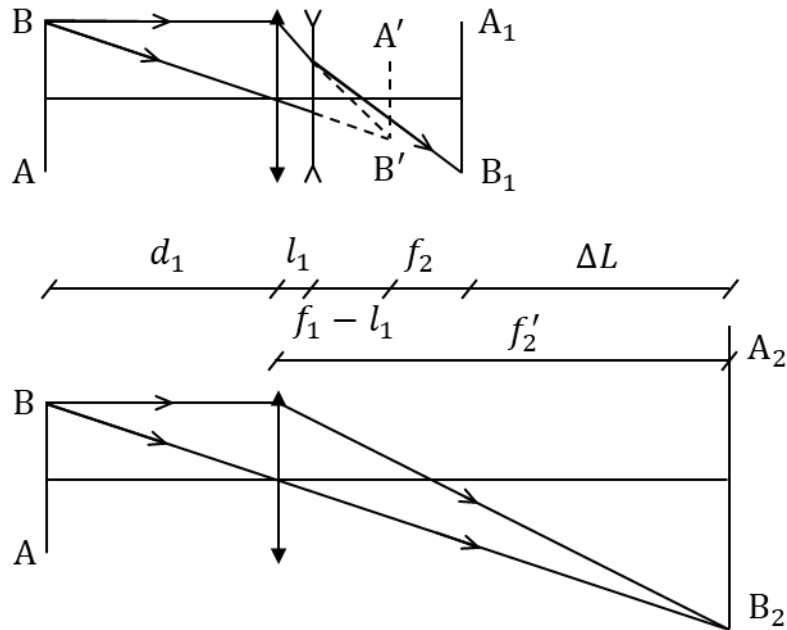
$$D_1 = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}; \quad f_1 = \frac{d_1}{D_1 d_1 - 1}; \quad f_1 = \frac{0,6}{5 \cdot 0,6 - 1} = 0,3 \text{ (m)}.$$

Radome, kad  $f_1 > l_1$ , tai atstumu  $d_2 = f_1 - l_1$  antram lęšiui tas atvaizdas yra kaipo tariamas daiktas, tada pagal antro lęšio formulę randame tikro atvaizdo  $A_1 B_1$  nuotolį nuo to lęšio  $f_2$ :

$$D_2 = -\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}; \quad f_2 = \frac{f_1 - l_1}{D_2 (f_1 - l_1) + 1}; \quad f_2 = \frac{0,3 - 0,1}{-2,5(0,3 - 0,1) + 1} = 0,4 \text{ (m)}.$$

Pradinis atstumas tarp diskelio ir ekrano lygus diskelio atstumo nuo pirmo lęšio  $d_1$ , atstumo tarp lęšių  $l_1$  ir atstumo  $f_2$  tarp antro lęšio ir ekrano, kuriame stebimas ryškus diskelio atvaizdas, sumai:

$$L_1 = d_1 + l_1 + f_2; \quad L_1 = 0,6 + 0,1 + 0,4 = 1,1 \text{ (m)}.$$



Suglaudus lęšius<sup>x)</sup>, atstumu  $f_1$  po pirmo lęšio gautas diskelio atvaizdas atitinka tariamą daiktą antram lęšiui atstumu  $d'_2 = f_1$ , tada pagal antro lęšio formulę randame naują tikro atvaizdo  $A_2B_2$  nuotolį nuo to lęšio  $f'_2$ :

$$D_2 = -\frac{1}{d'_2} + \frac{1}{f_2}; \quad f'_2 = \frac{f_1}{D_2 f_1 + 1}; \quad f'_2 = \frac{0,3}{-2,5 \cdot 0,3 + 1} = 1,2 \text{ (m)}.$$

Taigi, naujas atstumas tarp diskelio ir ekrano, kuriame stebimas ryškus diskelio atvaizdas, lygus diskelio atstumo  $d_1$  iki suglaustų plonųjų lęšių ir atvaizdo nuotolio nuo jų iki ekrano  $f'_2$  sumai:

$$L_2 = d_1 + f'_2.$$

Ryškaus diskelio atvaizdo gavimui ekraną būtina nutolinti atstumu:

$$\Delta L = L_2 - L_1 = f'_2 - l_1 - f_2; \quad \Delta L = 1,2 - 0,1 - 0,4 = 0,7 \text{ (m)}.$$

Pradiniai lęšių tiesiniai didinimai  $G_1$  ir  $G_2$  bei optinės sistemos tiesinis didinimas  $G$ :

$$G_1 = \frac{f_1}{d_1}; \quad G_2 = \frac{f_2}{f_1 - l_1}; \quad G = G_1 G_2 = \frac{f_1 f_2}{d_1 (f_1 - l_1)}; \quad G = \frac{0,3 \cdot 0,4}{0,6(0,3 - 0,1)} = 1.$$

Taigi, iš pradžių buvo gautas tikras tų pačių matmenų (ir to paties ploto) diskelio atvaizdas:

$$S = G^2 S_0 = 0,25 \pi a^2.$$

Suglaustų lęšių sistemos tiesinis didinimas  $G'$ , proporcingai jo kvadratui padidėjęs diskelio atvaizdo plotas  $S'$  ir ploto pokytis  $\Delta S$ :

$$G' = \frac{f'_2}{d_1}; \quad S' = G'^2 S_0; \quad \Delta S = S' - S = 0,25 \pi \left( \frac{f'^2_2}{d^2_1} - 1 \right) a^2;$$

$$\Delta S = 0,25 \cdot 3,14 \cdot \left( \frac{1,2^2}{0,6^2} - 1 \right) \cdot 0,02^2 \approx 9,4 \text{ (cm}^2\text{)}.$$

Paveiksle diskelio, jo atvaizdų ir lęšių matmenis buvo patogiau parodyti žymiai didesnius, nei realūs atstumai tarp jų.

Pastaba: <sup>x)</sup> galima taikyti formulę sudėtinio lęšio, kurio laužiamoji geba lygi abiejų lęšių gebų sumai (tai glaudžiantysis lęšis, nes  $D_1 > |D_2|$ ):

$$D_1 + D_2 = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_2'}; \quad f_2' = \frac{d_1}{(D_1 + D_2)d_1 - 1}; \quad f_2' = \frac{0,6}{(5 - 2,5) \cdot 0,6 - 1} = 1,2 \text{ (m)}.$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2024 05 23.

### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT17-13 ▼**

Trys turnyro dalyviai pateikė teisingus sprendimus.

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2024 05 23.

### **Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT17-13 ▼**

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.	Lęšių laužiamosios gebos	2
2.	Pradinis atstumas	2
3.	Ekranos poslinkis	2
4.	Atvaizdo ploto pokytis	2
5.	Brėžinys	2
6.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr. 1-5)	-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](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2024 05 23.