13 Leče

<u>NALOGA</u>

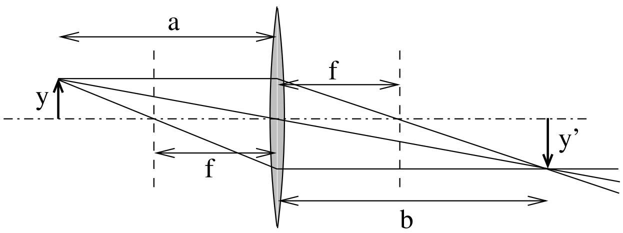
Z Besslovo metodo določi goriščno razdaljo konveksne in konkavne leče.

<u>RAZLAGA</u>

Preslikava je pri tanki leči določena z enačbo:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}\,, \qquad (13.1)$$

kjer je a razdalja med predmetom in lečo, b razdalja med sliko in lečo, f pa goriščna razdalja leče (glej sliko 13.1). Goriščno razdaljo konveksne (zbiralne) leče bi torej lahko merili tako, da bi določili a in b pri preslikavi in iz enačbe (13.1) izračunali f. Še hitreje bi goriščno razdaljo konveksne leče določili, če bi pogledali, kje nastane slika neskončno oddaljenega predmeta. Ta slika nastane namreč v gorišču, ki je od leče oddaljeno ravno za goriščno razdaljo. Obe omenjeni metodi pa sta precej nenatančni, saj je običajno težko določiti mesto, kjer nastane slika predmeta. Pri vaji bomo goriščno razdaljo merili z Besslovo



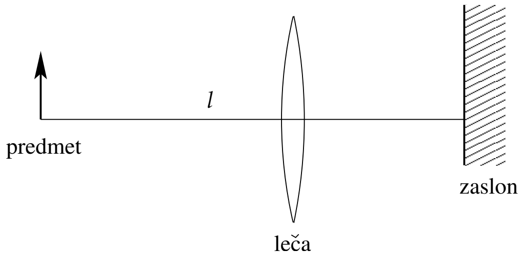
Slika 13.1: Preslikava predmeta s tanko konveksno lečo. Pri konkavni leči je razdalja b negativna, saj dobimo le navidezno sliko.

metodo, ki je boljša od obeh omenjenih. Pri tej metodi konveksno lečo postavimo na optično klop med fiksni predmet in zaslon, kar je skicirano na sliki 13.2. Če je razmik l med predmetom in zaslonom večji od $4f$, je vedno mogoče najti dva položaja leče, pri katerih nastane slika predmeta ravno na zaslonu. Pri eni legi leče je slika na zaslonu povečana, pri drugi pa pomanjšana. Na sliki 13.3 so označene količine za oba primera, ko na zaslonu dobimo ostro sliko. Za omenjene količine velja naslednja zveza:

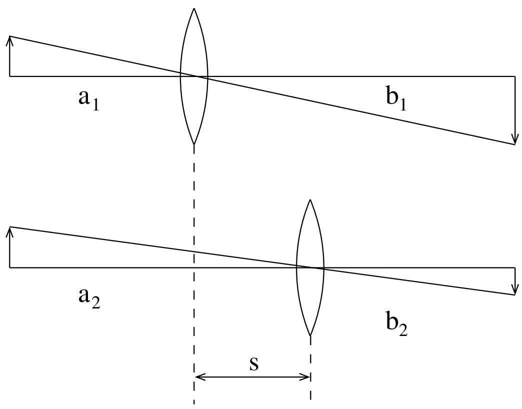
$$l = a_1 + b_1 = a_2 + b_2\,, \qquad (13.2)$$

iz katere lahko izračunamo razdaljo s med obema legama leče:

$$s = a_2 - a_1 = b_1 - b_2\,. \qquad (13.3)$$



Slika 13.2: Pri Besslovi metodi konveksno lečo položimo na optično klop med predmet in zaslon.



Slika 13.3: Razmere pri obeh legah konveksne leče, pri katerih dobimo na zaslonu ostro sliko.

Z merjenjem razdalj l in s lahko izračunamo gorišćno razdaljo konveksne leče preko naslednje zveze (za izpeljavo glej dodatek) :

$$f = \frac{l^2 - s^2}{4l} . \tag{13.4}$$

Na podoben način kot prej določimo tudi goriščno razdaljo sistema dveh leč, saj jo preko enačbe (13.4) lahko izračunamo iz izmerjenih razdalj l in s. Za sistem dveh leč pa skupno gorščno razdaljo lahko izračunamo tudi z naslednjo enačbo:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} , \tag{13.5}$$

če sta f_1 in f_2 goriščni razdalji posameznih leč, d pa razdalja med njima. Zgornja načba velja tudi, če je ena od obeh leč konkavna (razpršilna), zato Besslova metoda omogoča merjenje goriščne razdalje tudi za konkavno lečo. V ta namen moramo najprej izmeriti goriščno razdaljo take leče skupaj s konveksno lečo in nato iz enačbe (13.5) izračunati goriščno razdaljo konkavne leče. Pri tem moramo seveda paziti, da ima konveksna leča v sistemu dovolj majhno goriščno razdaljo, da je skupna goriščna razdalja sistema konkavne in konveksne leče še vedno manjša od $l/4$, kar je pogoj za izvedbo meritve z Besslovo metodo.

IZVEDBA

Na optični klopi se nahajata predmet (steklena ploščica) in zaslon. Predmet osvetliš z lučjo, ki jo postaviš tik za predmet. Luč moraš priklopiti na omrežje. Z upodobitvijo zelo oddaljenega predmeta najprej oceni goriščno razdaljo koveksne leče. Nato namesti zaslon na optični klopi tako, da bo oddaljen od predmeta za več kot $4f$. Med predmet in zaslon postavi merjeno konveksno lečo in naravnaj vse skupaj tako, da bodo vsa središča na isti višini. To najlaže kontroliraš z opazovanjem slike na zaslonu pri obeh legah leče. Sedaj izmeri razdaljo l; to je razdalja od predmeta do zaslona. Poišči obe legi leče, ko dobiš na zaslonu ostro sliko. Vsako lego izmeri vsaj trikrat. Izračunaj s, kot je definiran v enačbi (13.3), nato pa z enačbo (13.4) določi goriščno razdaljo konveksne leče. Oceni tudi napako.
Na optično klop zatem poleg konveksne leče namesti tudi konkavno. Ker se razdalja med lečama pri premikanju ne sme spreminjati, boš meritev najlaže opravil tako, da boš nosilca leč postavil tesno skupaj. Izmeri razdaljo d med središčema leč in na enak način kot prej oceni goriščno razdaljo sistema. Poskrbi, da bo razdalja med predmetom in zaslonom tudi tokrat večja od štirikratnika goriščne razdalje. Če si pri tem premikal zaslon ali predmet, ne pozabi ponovno izmeriti razdalje l. Na enak način kot za samo konveksno lečo tudi za sistem leč poišči dve legi, ko dobiš na zaslonu ostro sliko ter vsaj trikrat izmeri razdaljo s. Iz enačbe (13.4) izračunaj goriščno razdaljo sistema, nato pa z enačbo (13.5) izračunaj goriščno razdaljo konkavne leče. Ne pozabi, da je gorišče konkavne leče negativno.

DODATEK

Poglejmo, kako pridemo do zveze (13.4). Če uporabimo enačbi (13.2) in (13.3), lahko izrazimo naslednjo razliko kvadratov:

$$l^2 - s^2 = (a_1 + b_1)(a_2 + b_2) - (a_2 - a_1)(b_1 - b_2) = (a_1 + b_2)(a_2 + b_1)\,. \quad (13.6)$$

Ko za obe legi, v katerih dobimo ostro sliko, zapišemo še enačbo leče (13.1):

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f} \quad \text{in} \quad \frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f}\,, \quad (13.7)$$

dobimo naslednji zvezi:

$$fl = a_1 b_1 = a_2 b_2 \quad \text{in} \quad b_1 b_2 = a_1 a_2\,. \quad (13.8)$$

Z deljenjem prve zgornje enačbe z drugo ugotovimo, da obe legi leče, v katerih dobimo ostro sliko, ležita simetrično:

$$a_1 = b_2 \quad \text{in} \quad a_2 = b_1\,, \tag{13.9}$$

tako da lahko zgornjo razliko kvadratov zapišemo v naslednji obliki:

$$l^2 - s^2 = 2a_1 \cdot 2b_1 = 4fl\,. \tag{13.10}$$

Razdalja s je res pozitivna, kadar je razmik l med predmetom in zaslonom večji od $4f$. Iz izpeljane zveze lahko izrazimo goriščno razdaljo konveksne leče z merjenima količinama l in s:

$$f = \frac{l^2 - s^2}{4l}\,,$$

kar smo uporabili v enačbi (13.4).