ავთანდილ შურღაია

ფიზიკა ამოცანებში

ოპტიკა

(გაგრძელება)

განვაგრძობთ გეომეტრიული ოპტიკის ამოცანების ამოხსნას. შემოგთავაზებთ აგრეთვე ამოცანებს, რომლებიც ოპტიკურ სისტემებს ეხება.

საგნის ზომა: მოცემულია შემკრები ლინზა, რომელიც h სიმაღლის გამოსახულებისთვის ეკრანზე იძლევა h_1 ზომის გამოსახულებას. ლინზას ისე გადააადგილებენ, რომ მიიღება მეორე მკაფიო გამოსახულება, რომლის ზომაა h_2. განსაზღვრეთ საგნის ზომა.

თუ საგანი ლინზიდან d მანძილზე მდებარეობს, ხოლო გამოსახულება – f მანძილზე, მაშინ

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

სადაც F არის ლინზის ფოკუსური მანძილი. ვინაიდან სხივების სვლა შექცევადია და, შესაბამისად, ლინზის ფორმულა სიმეტრიულია d და f მანძილების მიმართ, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}.$$

(სადაც ინდექსით „1“ აღვნიშნავთ მანძილებს საწყის მდგომარეობაში, ხოლო ინდექსით „2“ – მანძილებს საგნის გადაადგილების შემდეგ)

თუ გავითვალისწინებთ, რომ ლინზა და ეკრანი უძრავია, $d_1 + f_1 = d_2 + f_2$, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ $d_1 = f_2$ და $d_2 = f_1$. მეორე მხრივ, საგნის გამადიდებლობა ორივე შემთხვევაში იქნება:

$$\frac{h_1}{h} = \frac{f_1}{d_1} \text{ და } \frac{h_2}{h} = \frac{f_2}{d_2}.$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ

$$\frac{h_1}{h} = \frac{h}{h_2} \quad \Longrightarrow \quad h = \sqrt{h_1 h_2}.$$

გაჭრილი ლინზა. $F = 5$ სმ ფოკუსური მანძილის ლინზის მთავარ ოპტიკურ ღერძზე მდებარეობს სინათლის წერტილოვანი წყარო S ლინზიდან $s = 6$ სმ მანძილზე. მთავარი ოპტიკური ღერძის გასწვრივ ლინზა ისე გაჭრეს ორ თანაბარ ნაწილად, რომ ნაწილები $l = 1$ სმ მანძილით დააშორეს ერთმანეთს. იპოვეთ მანძილი $S'S''$ სინათლის წყაროს გამოსახულებებს შორის (იხ. ნახ. 1).

ლინზის გაჭრის შემდეგ ლინზის ნახევრები, რომელთა მთავარი ოპტიკური ღერძი მთლიანი ლინზის მთავარი ოპტიკური ღერძიდან $s/2$ მანძილითაა დაშორებული, ისევე იქცევიან, როგორც მთლიანი ლინზა იმავე ფოკუსური მანძილით. წარმოვიდგინოთ, რომ სინათლის წყარო არის მათი ოპტიკური ღერძების მიმართ მართობული წრფივი საგნის ბოლო.

ნახაზიდან ჩანს, რომ საძიებელი მანძილი $S'S'' = 2h + s$. h–ის საპოვნელად გამოვიყენოთ ლინზის გამადიდებლობა. ერთ-ერთი ლინზისთვის შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\frac{h}{s/2} = \frac{f}{d}.$$

ლინზის ფორმულას თუ გამოვიყენებთ, მივიღებთ:

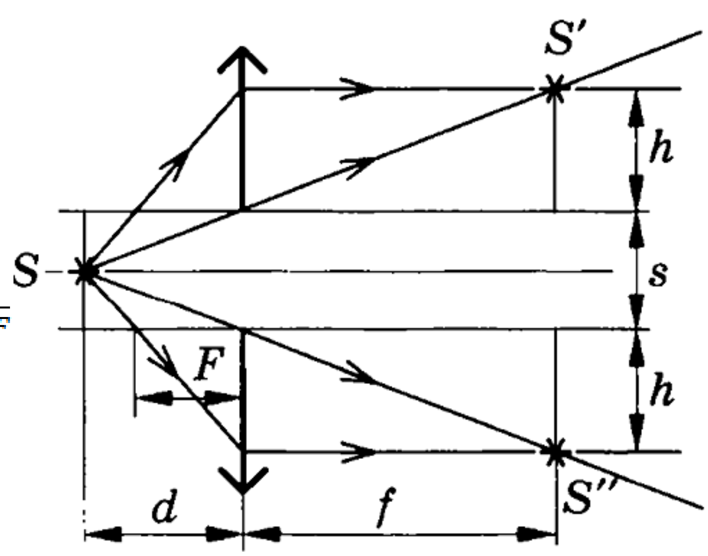
$$f = \frac{dF}{d - F}.$$

თუ ამას წინა ფორმულაში ჩავსვამთ, h-ისთვის მივიღებთ:

$$h = \frac{sF}{2(d - F)},$$

ამრიგად, საძიებელი მანძილი

$$S'S'' = s\frac{d}{d - F}$$



ნახ. 1

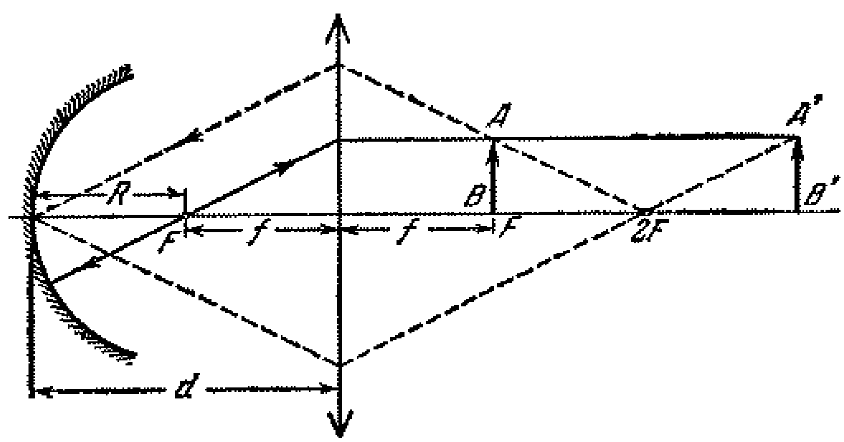
წყალში ჩაძირული ლინზა. როგორ შეიცვლება მინისგან დამზადებული ლინზის ფოკუსური მანძილი, თუ ლინზას წყალში ჩავუშვებთ?

წარმოვიდგინოთ ლინზის მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივი, რომელიც წყლიდან ლინზაში გადადის. ვინაიდან წყლისა და ლინზის გამყოფ ზედაპირზე გარდატეხის ფარდობითი მაჩვენებელი ლინზის გარდატეხის მაჩვენებელზე ნაკლებია

(წყლის გარდატეხის მაჩვენებელი ნაკლებია მინის გარდატეხის მაჩვენებელზე), სხივი ნაკლები კუთხით დაიხრება ოპტიკური ღერძისკენ, შესაბამისად, წყალში ჩაძირული მინის ლინზის ფოკუსური მანძილი გაიზრდება.

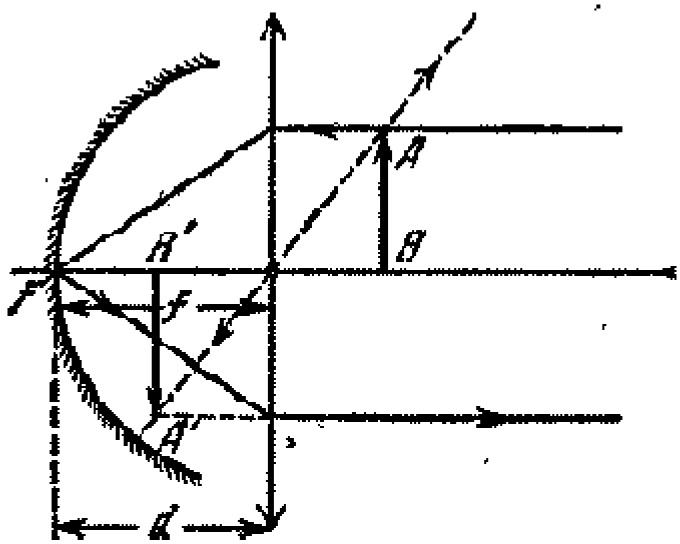
ლინზის და სარკის ურთიერთმდებარეობა. ორმხრივ ამოზნექილი ლინზის ფოკუსური მანძილია $F = 1$ მ. ლინზისგან რა მანძილზე უნდა მოვათავსოთ $R = 1$ მ რადიუსის მქონე ჩაზნექილი სარკე, რათა ლინზის მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელურად ლინზაში გამავალი სხივი ისე აირეკლოს სარკიდან, რომ ლინზაში გავლის შემდეგ ისევ მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური დარჩეს?.

ამ ამოცანაში შეიძლება განვიხილოთ ორი შემთხვევა. ერთი, როდესაც სარკიდან არეკლილი სხივები ლინზაში გავლის შემდეგ იკრიბებიან იმ მხარეს, სადაც არის გამოსახულება. ამ დროს საგნის გამოსახულება ნამდვილი და ნატურალური ზომისაა.



ნახ. 2

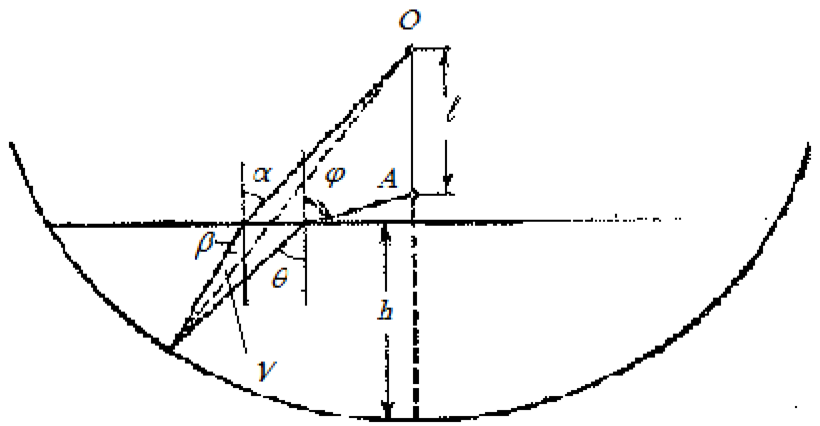
სარკიდან არეკლილი სხივი ლინზაში გავლის შემდეგ მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური დარჩება, თუ გაივლის ლინზის ფოკუსსა და სარკის გეომეტრიულ ცენტრში (რადიუსი სარკის მართობულია, იხ. ნახ. 2). ე.ი. მანძილი სარკეს და ლინზას შორის არის $R + F = 2$ სმ.



ნახ. 3

მეორე შემთხვევაში გამოსახულებას იძლევა სარკიდან არეკლილი სხივების გაგრძელებები. ასე მოხდება, თუ საგანი მოთავსებულია ლინზასა და მის ფოკუსს შორის. ამასთან, ლინზის ფოკუსი ემთხვევა სარკის წვეროს, ანუ მანძილი სარკის რადიუსის ტოლია (ნახ. 3). აღსანიშნავია, რომ ორივე შემთხვევაში გამოსახულების ზომა ნატურალურია და საგნის მდებარეობაზე არ არის დამოკიდებული. მეორე შემთხვევაში გამოსახულება წარმოსახვითია და შებრუნებული.

სითხე ჩაზნექილ სარკეში. $R = 55$ სმ რადიუსის ჩაზნექილ სფერულ სარკეში ჩასხმულია სითხის თხელი ფენა. აღმოჩნდა, რომ ეს ოპტიკური სისტემა სინათლის წყაროს განსაზღვრული მდებარეობისთვის იძლევა ორ ნამდვილ გამოსახულებას: ერთი ემთხვევა წყაროს, ხოლო მეორე იმყოფება მისგან $l = 30$ სმ მანძილზე. იპოვეთ სითხის გარდატეხის მაჩვენებელი (იხ. ნახ. 4).



ნახ. 4

ვინაიდან გამოსახულება მიიღება სხივებით, რომელთაგან ერთ-ერთი არ გაივლის სითხეში, ცხადია, რომ წყარო მოთავსებულია სფერული სარკის O ცენტრში. შევხედოთ მეორე – A გამოსახულებას. გარდატეხის კანონის თანახმად,

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n \approx \frac{\alpha}{\beta}.$$

ასევე

$$\frac{\sin\vartheta}{\sin\varphi} = \frac{1}{n} \approx \frac{\vartheta}{\varphi},$$

სადაც $\theta = \beta + 2\gamma$, ხოლო $\gamma = \alpha - \beta$ არის სითხეში გარდატეხილი სხივის სარკიდან არეკვლის კუთხე. ნახაზიდან ჩანს, რომ

$$(R - l - h)\tan\varphi \approx (R - h)\tan\alpha.$$

თუ მივიღებთ, რომ სითხის ფენის სისქე $h \ll R$, განტოლებებიდან გამომდინარეობს, რომ:

$$n = \frac{2R - l}{2(R - l)} = 1.6.$$