



The Abdus Salam
International Centre
for Theoretical Physics
50th Anniversary 1964 - 2014



SPIE.



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

Natural
Sciences
Sector

ფოტონიკისა და ოპტიკის აქტიური სწავლება

ტრენინგის გზამკვლევი



ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი
2014

სარჩევი

შესავალი	1
ლაზერული უსაფრთხოება	18
მოდული 1: შესავალი გეომეტრიულ ოპტიკაში, <i>დევიდ რ. სოკოლოვი</i>	21
მასწავლებლების გზამკვლევი 1 მოდულისთვის	71
მოდული 2: ლინზები და თვალის ოპტიკა, <i>ვასუდევან ლაქშმინარაიანანი</i>	99
მასწავლებლების გზამკვლევი 2 მოდულისთვის	121
მოდული 3: ინტერფერენცია და დიფრაქცია, <i>ჯოელ ტ. მაქუილინი და ზოჰრა ბენ ლახდარი</i>	135
მასწავლებლების გზამკვლევი 3 მოდულისთვის	155
მოდული 4: ატმოსფერული ოპტიკა, <i>ივან ბ. კულაბა</i>	173
მასწავლებლების გზამკვლევი 4 მოდულისთვის	195
მოდული 5: ინფორმაციის ოპტიკურად გადაცემა, <i>ალექს მაზოლინი</i>	221
მასწავლებლების გზამკვლევი 5 მოდულისთვის	237
მოდული 6: მულტიპლექსირება ტალღის სიგრძის დაყოფით, <i>ალექს მაზოლინი</i>	255
მასწავლებლების გზამკვლევი 6 მოდულისთვის	275
პრაქტიკის კვლევა და სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასება	291

ფოტონიკისა და ოპტიკის აქტიური სწავლება

ტრენინგის გზამკვლევი

რედაქტორი

დევიდ რ. სოკოლოფი
ორეგონის უნივერსიტეტი, აშშ

თანაავტორები

ზოჰრა ბენ ლახდარი
ელ მანარის უნივერსიტეტი, ტუნისი

ივან ბ. კულაბა
ატენო დე მანილას უნივერსიტეტი, ფილიპინები

ვასუდევან ლახშმინარაიანანი
ვატერლოოს უნივერსიტეტი, კანადა

ჯოელ ტ. მაქუილინი
ატენო და მანილას უნივერსიტეტი, ფილიპინები

ალექს მაზოლინი
სვინბურნის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტი, ავსტრალია

დევიდ რ. სოკოლოფი
ორეგონის უნივერსიტეტი, აშშ

პროექტზე მომუშავე გუნდი:

მილენა ალარკონი, იუჯინ ართურსი, ზოჰრა ბენ ლახდარი, ივან კულაბა, გალიენო დენარდო, ვასუდევან ლახშმინარაიანანი, ჯოელ მაქუილინი, ალექს მაზოლინი, ჯოზეფ ნიემელა, დევიდ სოკოლოვი.

ავტორები პასუხისმგებელი არიან იმ ფაქტების პრეზენტაციების შერჩევაში, რომლებიც ამ წიგნშია მოცემული. ასევე, ამ წიგნში წამოყენებული მოსაზრებებში, რომლებიც არ ემთხვევიან UNESCO-ს თვალთა ხედვას და არ აკომპრომეტირებენ ამ ორგანიზაციას.

ამ პუბლიკაციაში გამოყენებული აღნიშვნები და წარმოდგენილი მასალა არ გულისხმობს UNESCO-ს მიერ არანაირი აზრის გამოხატვას არცერთი ქვეყნის, ტერიტორიის, ქალაქის ან რეგიონის ან მათი მმართველობის იურიდიული სტატუსის, ან მათი საზღვრების გამიჯვნის თაობაზე.

©UNESCO 2006, მეორე გამოცემა 2009

ყველა უფლება დაცულია. ამ პუბლიკაციის არანაირი ნაწილი არ შეიძლება გამრავლებულ, გაგზავნილ იქნას ელექტრონული თუ მექანიკური სახით, ფოტოკოპირებით თუ ჩაწერით, ან რაიმე ინფორმაციის შენახვისა და საძიებო სისტემის გამოყენებით, UNESCO-ს წინასწარი წერილობითი ნებართვის გარეშე.

გზამკვლევი თარგმნილია ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის სტუდენტების: ლუკა ჯიბუტის, მარიამ დანელიასა და ნესტან გოგელიას მიერ. 2014 წელი.

რედაქტორი: იური პაპავა

ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის საორგანიზაციო ჯგუფი:

მარიკა კაპანაძე

გია ჯაფარიძე

გიორგი ვეშაპიძე

შესავალი

შესავალი

განათლების გაუმჯობესება სამეცნიერო დარგებში მნიშვნელოვანი მოთხოვნილებაა, რომელსაც მთელ მსოფლიოში დიდი ყურადღება ექცევა. თუმცა სირთულეები დიდია განვითარებულ ქვეყნებშიც კი, განვითარებადში ეს სირთულეები უფრო მძაფრია, სადაც კარგად გაწვრთნილი მასწავლებლები, ეფექტური მასალები და ძირითადი სამეცნიერო აღჭურვილობაც იშვიათად თუ მოიძებნება. UNESCO-მ თავისი ძალებით სხვადასხვა განვითარებად ქვეყანაში მხარი დაუჭირა ღონისძიებებს, რომლებიც ხელს უწყობს კრეატიულობის ამაღლებასა და ინოვაციების დანერგვას ფიზიკის შესავალის სწავლებაში უნივერსიტეტის დონეზე, რათა წარმოაჩინოს მასწავლებლების გადამზადების აუცილებლობა და წარმოადგინოს სწავლების ინოვაციური მიღწევები. ბოლო წლებში, მასწავლებლების ტრენერთა მოსამზადებელ ვორქშოპებზე აქცენტი კეთდებოდა *აქტიური სწავლების* მიღწევებზე. ეს მოიცავდა სწავლისა და სწავლებისთვის საჭირო მასალების შემუშავებას, რომლებიც მიესადაგებოდა ამ მიღწევებს.

UNESCO განსაკუთრებით უჭერს მხარს განვითარებად ქვეყნებში აქტიური სწავლების შემოღებას ფიზიკაში, რადგან ეს ხელს უწყობს პრაქტიკულ ლაბორატორიულ სამუშაოებს, კონცეპტუალურ სწავლებებს და უბიძგებს ინსტრუქტორებს, რათა განახორციელონ კვლევები ფიზიკის სწავლებაში, რაც შემდგომ მნიშვნელოვან გაუმჯობესებას გამოიწვევს სტუდენტების განათლებაში. UNESCO-ს ამ პროექტების მიზანი არის ის, რომ ხელი შეუწყოს სტუდენტებზე ორიენტირებულ, სააზროვნო, პრაქტიკულ სწავლებას იმდენად, რამდენადაც ეს შესაძლებელია ფიზიკის შესავალ კურსებში.

რატომ აქტიური სწავლება?

აქტიური სწავლება ფიზიკაში, რომელიც შემუშავდა ბოლო ათწლეულში, დემონსტრირებულ იქნა აშშ-ში და სხვა განვითარებულ ქვეყნებში, რათა გაეუმჯობესებინათ სტუდენტების ათვისების უნარი ფიზიკის საფუძვლებში. სწავლების ამ სტრატეგიით სტუდენტები თავიანთ ცოდნას ფიზიკის საფუძვლებში აგებენ ფიზიკურ სამყაროზე პირდაპირი დაკვირვებებით. პროგრამა შედგება სწავლების ციკლისგან, რომელიც შეიცავს წინასწარ ვარაუდებს, პატარა ჯგუფებში დისკუსიებს, დაკვირვებებს, დამზერილი და ნავარაუდები შედეგების შედარებებს (სწავლების ამ ციკლს ასევე ეწოდება PODS (*Prediction, Observation, Discussion and Synthesis*)- ვარაუდი, დაკვირვება დისკუსია და სინთეზი). ამ გზით სტუდენტები თავს არიდებენ იმ სირთულეებს, რომლებიც იქმნება მათ შეხედულებებსა და ფიზიკის რეალურად არსებულ კანონებს შორის. აქტიური სწავლების მეთოდმა ფიზიკაში, როგორც მრავალწლიანი კვლევების პროდუქტმა, წარმოაჩინა მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება კონცეპტუალურ გაგებაში. ის ქმნის სამეცნიერო პროცესს საკლასო ოთახში და მიმართულია კარგი ფიზიკური აზროვნების განვითარებისკენ. ცხრილი I-1 ადარებს ერთმანეთთან აქტიურ სწავლის გარემოსა და ტრადიციული სწავლის გარემოს მახასიათებლებს.

ცხრილი I-1: პასიური და აქტიური სწავლის გარემო

პასიური სწავლის გარემო	აქტიური სწავლის გარემო
ინსტრუქტორი (და სახელმძღვანელო) არიან ავტორიტეტები - მთელი ცოდნის წყარო	სტუდენტები იძენენ ცოდნას პრაქტიკული დაკვირვებებით. რეალური დაკვირვებები ფიზიკურ სამყაროზე - ესაა ავტორიტეტი
სტუდენტების მოსაზრებები იშვიათად არის ღიად წარმოჩენილი	იყენებს სასწავლო ციკლს, რომელშიც სტუდენტები ადარებენ თავიანთ ვარაუდებს (დამყარებულს საკუთარ მოსაზრებებზე) რეალურ ექსპერიმენტებზე დამზერილ შედეგებთან
სტუდენტებმა შესაძლოა ვერასდროს შეამჩნიონ განსხვავება საკუთარ მოსაზრებასა და კლასში მათთვის ნათქვამ აზრს შორის	ცვლის სტუდენტის მოსაზრებებს მაშინ, როდესაც მათი განსხვავებული მოსაზრება უპირისპირდება რეალურ დაკვირვებას
ინსტრუქტორის როლი არის ავტორიტარული	ინსტრუქტორს აქვს გზამკვლევის როლი სწავლების პროცესში
წყვილების მუშაობა ძირითადად შეზღუდულია	ჯგუფში და წყვილებში მუშაობა ხელშეწყობილია
ლექციებზე ძირითადად წარმოდგენილია ფაქტები ფიზიკიდან, პატარა მითითებით ექსპერიმენტზე	რეალური ექსპერიმენტის შედეგები განხილულია გასაგები ხერხებით.
პრაქტიკული სამუშაო, თუ კი ხორციელდება, მხოლოდ იმ თეორიების დასამოწმებლად, რომლებიც „ისწავლება“ ლექციაზე	ლაბორატორიული სამუშაოები გამოიყენება ძირითადი კონცეპციების შესასწავლად

კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ინსტრუქტორის როლის შეცვლა, როცა ხდება აქტიური სწავლების მასალების გაცნობა კლასისთვის. როგორც განვითარებულ, ისე განვითარებად ქვეყნებში ფიზიკის ინსტრუქტორისთვის რთულია შეცვალოს თავისი ტრადიციული როლი (აუხსნას ყველაფერი, როგორც ავტორიტარულმა პიროვნებამ) სწავლების პროცესში გზამკვლევის როლით. ამ გარდასახვის წარმატებულობისთვის საჭიროა იმ მტკიცებულებების მიღება, რომ სტუდენტები ხშირად ინსტრუქტორის ყველაზე ლოგიკური ახსნის შემდეგაც ვერ სწავლობენ ეფექტურად, და ასევე აუცილებელია აქტიური სწავლების მასალებისა და სწავლების კონცეპციის ეფექტურობის რწმენა. ამ გარდასახვის გაიოლება მხოლოდ ავტორიტარულ როლზე უარის თქმის სურვილზე როდია დამოკიდებული, არამედ კულტურულ ფაქტორებზეც, რომლებიც განსხვავებულია სხვადასხვა ქვეყნებში. ესაა საბოლოო გამოწვევა განვითარებადი სამყაროს სხვადასხვა ქვეყნებში აქტიური სწავლების სატრენინგო ვორკშოპების მოწყობისას და კიდევ ერთი მთავარი მიზეზი, თუ რატომ არის აუცილებელი ამ პროექტში შესული ადგილობრივი ინსტრუქტორების მოწვევა და მათი ტრენინგი.

აქტიური სწავლების ლაბორატორიები და ინტერაქტული სალექციო დემონსტრაციები

აქტიური სწავლების მასალათა მაგალითები განვითარებულ ქვეყნებში შეიცავს მასალებს *Physics Suite* –დან, რომელიც გამოცემულ იქნა John Wiley and Sons–ის მიერ. ისინი შეიცავენ პრაქტიკულ ლაბორატორიულ მასალებს მსგავსად *RealTime Physics*¹²–სა(საიდანაცაა ადაპტირებული ამ სატრენინგო გზამკვლევის 1

მოდულის ნაწილი). ორიგინალური სახით ეს მასალები ფართოდ იყენებენ ტექნოლოგიებს, განსაკუთრებით კი – მიკროკომპიუტერული ხელსაწყოები და მოდელირების პროგრამული უზრუნველყოფები. ასეთი აღჭურვილობითა და სასწავლო პროგრამით, განვითარებული ქვეყნების ბევრ უნივერსიტეტში, კოლეჯსა თუ საშუალო სკოლებში შესაძლებელი გახდა მნიშვნელოვანი ცვლილებების შემოტანა ლაბორატორიული სწავლების გარემოში, ლექცია/ ლაბორატორიის სტრუქტურისა და სალექციო ინსტრუქციების ტრადიციული ხასიათის შეცვლის გარეშე⁴⁻⁵. უფრო მეტიც, შემუშავებულ იქნა ვორკშოპის მასალები(მსგავსად *Workshop Physics*^{10,13}–სა). მიუხედავად იმისა, რომ *Workshop Physics* საკმაოდ ეფექტური გამოდგა, მისი შესრულება მოითხოვს შესავალი კურსის მთლიან სახეცვლილებას (ლექციების გაქრობის ჩათვლით). ამიტომაც მისი გამოყენება გარკვეულწილად შეზღუდულია, როგორც განვითარებულ, ასევე განვითარებად ქვეყნებში.

მაშინ, როცა ლაბორატორიაზე დამყარებული აქტიური სწავლების მიდგომები წარმატებით დემონსტრირებულ იქნა აშშ–ში(და განვითარებული სამყაროს სხვა ქვეყნებში) და არსებობს მნიშვნელოვანი მტკიცებულება, რომ ტრადიციული მიდგომები არაეფექტურია ფიზიკის კონცეპციების სწავლებაში⁴⁻¹⁰, სტუდენტების უმეტესობა ფიზიკას სწავლობს ძველი წესით, ხშირად აუდიტორიებში, სადაც 100 სტუდენტი ერთად არის თავმოყილი. დიდ ან მცირერიცხოვან ჯგუფებში სწავლების ეფექტურობის გაუმჯობესების მიზნით (ისე, რომ შესავალი კურსის მნიშვნელოვანი ცვლილებები ავიცილოთ თავიდან), აუცილებელია შეიქმნას გარკვეული სტრატეგიები. ფიზიკის სწავლებასთან დაკავშირებულმა კვლევებმა, რომლებიც პირველ რიგში ჩატარებული იყო ორეგონისა და ტაფტის უნივერსიტეტებში (აშშ–ში), გამოიწვია სწავლებისა და სწავლის სტრატეგიებისა და კონცეპციების¹⁴⁻¹⁵ შემუშავება, რომელსაც ეწოდება *ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციები(ისდ)*. ისდ–ის პროცედურები ჩამოყალიბებულია და შექმნილია, რათა სტუდენტი ჩაერთოს სწავლის პროცესში და გადაიყვანოს ჩვეულებრივი პასიური ლექციის გარემო აქტიურში. ცხრილი I-2 შეიცავს ამ პროცედურის 8 ნაბიჯს.

სტუდენტის ჩართულობა ამ მარტივი კონცეპტუალური დემონსტრაციების გაგებაში ცხადია კლასში ჩატარებული დაკვირვებებიდან. სტუდენტების უმეტესობა გონივრულად აყალიბებს ინდივიდუალურ ვარაუდებს (ნაბიჯი 2). პატარა ჯგუფების დისკუსიები (ნაბიჯი 3) დიდ სალექციო კლასში თავიდან საკმარისად ცოცხალი და მიზანმიმართულია. მაგრამ დროთა განმავლობაში, ვარაუდები გაკეთდება და დისკუსიები შეიძლება გადავიდეს სხვა საკითხებზე. ინსტრუქტორი ყურადღებით უნდა აკვირდებოდეს სტუდენტებს და საჭირო დროს გადავიდეს შემდეგ ნაბიჯზე.

ნაბიჯი 4 გაადვილებულია თვალსაჩინოებით - ვარაუდების ფურცლის და მათი ვარაუდების სხვადასხვა ფერის კალმით დახაზვის გამო. ეს გონებრივი იერიშის აქტივობაა და არანაირი კომენტარის გაკეთება არ შეიძლება იმასთან დაკავშირებით, სწორია თუ არა ვარაუდი. თუ არცერთი სტუდენტი არ წამოაყენებს ვარაუდს, რომელიც დემონსტრაციიდან გამომდინარე არასწორ წარმოდგენებს შეიცავს, ინსტრუქტორს შეუძლია თვითონ ჩამოწეროს ისინი, თან

დაამატოს: „ჩემს ბოლო მეცადინეობაზე სტუდენტმა ასეთი ვარაუდი წარმოაყენა“. ამ ნაბიჯის მიზანია სტუდენტთა ყველა ვარაუდის შემოწმება. ამას შეიძლება დაემატოს კენჭისყრა ყველა ვარაუდის ჩაწერის შემდეგ. თუ დრო საკმარისი არ არის, ინსტრუქტორს შეუძლია, რომ ეს ნაბიჯი გამოტოვოს.

ცხრილი I-2: ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციების 8 ნაბიჯიანი პროცედურა

1. ინსტრუქტორი აღწერს დემონსტრაციას და - თუ საჭიროა - აკეთებს მას კლასის წინაშე გაზომვების ჩვენების გარეშე.
2. სტუდენტებს თხოვენ ჩაიწერონ თავიანთი ვარაუდები ვარაუდების ფურცელზე, რომელიც შემდგომში შეგროვებული იქნება და რომელიც იდენტიფიცირებული იქნება თითოეული სტუდენტის სახელით (ფურცლის ზევით იქნება დაწერილი). (სტუდენტები ინფორმირებულ იქნებიან, რომ ეს ვარაუდები შეფასებული არ იქნება, მიუხედავად იმისა, რომ, ჩვეულებრივ, კურსის რამდენიმე კრედიტი დაეთმობა ისდ-ზე დასწრებასა და მასში მონაწილეობას).
3. სტუდენტები ჩაერთვებიან ჯგუფურ(1-2 კაცისგან შემდგარ) განხილვებში.
4. ინსტრუქტორი გამოაჩენს მთელი კლასის საერთო ვარაუდებს.
5. სტუდენტები ჩაწერენ საბოლოო ვარაუდებს ვარაუდების ფურცელზე.
6. ინსტრუქტორი ატარებს დემონსტრაციას ისე, რომ შედეგები ცხადად ჩანს.
7. რამდენიმე სტუდენტი აღწერს მიღებულ შედეგს და განიხილავს მას დემონსტრირების კონტექსტში. სტუდენტებს შეუძლიათ შეავსონ პასუხების ფურცელი(იდენტურია ვარაუდების ფურცლისა), რომელსაც თან წაიღებენ შემდგომი სწავლებისთვის.
8. სტუდენტები(ან ინსტრუქტორი) განიხილავს მსგავს ფიზიკურ სიტუაციას(ებს) სხვადასხვა „ზედაპირული“ თვისებებით.(ერთსა და იმავე კონცეპცია(ებ)ზე დამყარებული სხვადასხვა ფიზიკური სიტუაცია(ები))

შეამჩნევთ რომ მე-7 და მე-8 ნაბიჯები არის ინსტრუქტორის დავალება, რომ სტუდენტებმა ადეკვატური პასუხი წარმოთქვან. მას უნდა ქონდეს გარკვეული „სამახსოვრო წიგნაკი“ და ხშირად განხილვა უნდა მიჰყავდეს თითოეული ისდ-ში წამოჭრილი საჭირო თემებისკენ. ინსტრუქტორი თავს უნდა არიდებდეს მათთვის ლექციის ჩატარებას. განხილვებში უნდა იყენებდნენ ექსპერიმენტალურ მონაცემებს, როგორც მის შესახებ ცოდნის წყაროს. თუ სტუდენტებს არ განუხილავთ ყველაფერი, რაც მნიშვნელოვანია, ინსტრუქტორმა უნდა ამოავსოს ხარვეზები.

ეს სახელმძღვანელო შეიცავს ზოგიერთ მასალას, რომელიც განკუთვნილია აქტიური სწავლების ლაბორატორიისთვის, ზოგი განკუთვნილია, როგორც ისდ, ხოლო დანარჩენები კი გამოიყენება საჭიროებისამებრ. დამატებითი ინფორმაცია წარმოდგენილი იქნება სექცია *სარჩევსა და სახელმძღვანელოს გამოყენების წესებში*, რომელიც ქვევითაა მოყვანილი.

UNESCO–ს აქტიური სწავლების პროექტის ისტორია

2006 წლამდე, როცა ეს სატრენინგო გზამკვლევი იწერებოდა, UNESCO–ს ეგიდით შემდეგი საერთაშორისო აქტიური სწავლების აქტივობები იქნა ჩატარებული :

იანვარი, 1999: საწყისი აქტივობის მოკლე კურსი, რომელიც წარდგენილი იყო აზიის ფიზიკის სწავლების კავშირის(აზფსკ) მონაწილეებისთვის ავსტრალიაში.

თებერვალი, 1999: კონფერენცია და ვორკშოპი ლაოსში.

ნოემბერი, 1999: ვორკშოპი ვიეტნამში

ივლისი, 2000: ვორკშოპი სამხრეთ კორეაში

თებერვალი, 2001: ინსტრუქტორთა ვორკშოპი ფილიპინებში

თებერვალი, 2001: ვორკშოპი შრი–ლანკაში

ივნისი, 2001: ვორკშოპი მალაიზიაში

ოქტომბერი, 2001: ვორკშოპი ლაოსში

დეკემბერი, 2002: კონფერენცია და ვორკშოპი შრი–ლანკაში

სექტემბერი, 2003: ვორკშოპი განაში

ნოემბერი, 2004: ოპტიკის ვორკშოპი განაში

მარტი, 2005: ოპტიკის ვორკშოპი ტუნისში

აქტიური სწავლების სტატეგიები წარმოდგენილი იყო მონაწილეებისთვის 1999 წლის იანვარში აზფსკ–ს ვორკშოფზე დევიდ სოკოლოფის(ორეგონის უნივერსიტეტი), პრისცილა ლაუს(დიკინსონის კოლეჯი) და რონალდ თორნტონის(ტაფტის უნივერსიტეტი) მიერ. ამ ვორკშოპიდან რამდენიმე მონაწილე მომავალი ღონისძიების ინსტრუქტორებად იყვნენ არჩეულნი. ეს მასწავლებლები ჯერ კიდევ ამ ვორკშოპების ინსტრუქტორები არიან. ისინი,

სხვებთან ერთად, არიან ამ სატრენინგო სახელმძღვანელოში შესული მოდულების ავტორები.

ოპტიკისა და ფოტონიკის აქტიური სწავლება

თავდაპირველი წყობა აქტიური სწავლების აქტივობებისა ამ UNESCO-ს დაფინანსებულ პროგრამებზე შეიცავდა ფიზიკის თემების ფართო სპექტრს: მექანიკა, თერმოდინამიკა და ელექტრობა. ოპტიკისა და ფოტონიკის აქტიური სწავლების (ALOP - ფოას) პროგრამა შედგენილი და დაწყებული იყო UNESCO-ს მიერ 2003 წელს. იგი აბდუს სალამის საერთაშორისო თეორიული ფიზიკის ცენტრთან (ასსთფც) და ოპტიკური ინჟინერიის საერთაშორისო საზოგადოებასთან (ოისს) ერთად კოორდინირებას უწევს პროექტს და აფინანსებს მას. ამ პროექტში აქცენტი კეთდება ექსპერიმენტალური ფიზიკის ერთერთ დარგზე, რომელიც შეეფერება და ადაპტირებადია კვლევისა და განათლების პირობებისთვის ბევრ განვითარებად ქვეყანაში. ოპტიკას უწოდებენ „საშუალების მომცემ მეცნიერებას“, რადგან ისაა საფუძველი მრავალი თანამედროვე მიღწევისა მაღალ ტექნოლოგიებში. იმედია, რომ ოპტიკისა და ფოტონიკის სწავლების განვითარება გამოიწვევს სასიცოცხლო მნიშვნელობისა და მაღალი განათლების დონის მქონე მუშახელის გაჩენას მრეწველობის გასავითარებლად აფრიკასა და სხვა განვითარებად ქვეყნებში, სადაც სპეციალური უნარები ამ სფეროში აუცილებელი იქნება.

სარჩევი და გზამკვლევის გამოყენების წესები

ეს სატრენინგო სახელმძღვანელო შექმნილია განვითარებადი ქვეყნების უნივერსიტეტებისა და უმაღლესი განათლების დაწესებულებების მასწავლებლებისთვის და მიზნად ისახავს მათ გაწვრთნას და უკეთ აღჭურვას, რათა ინსტრუქტორებმა ასწავლონ ფიზიკის შესავალის ოპტიკის ნაწილი პრაქტიკული ლაბორატორიული და ადგილობრივი კვლევითი აქტივობების საშუალებით. სახელმძღვანელოში შესული მოდულები არის სასწავლო მასალა, რომლებიც გამოიყენება იმ სტუდენტებისთვის, რომლებიც ფიზიკის შესავალს გადიან.

ეს სატრენინგო სახელმძღვანელო შეიცავს აქტივობაზე დამყარებულ სასწავლო გეგმას და შედგება ექვსი მოდულისგან:

მოდული 1: შესავალი გეომეტრიულ ოპტიკაში

მოდული 2: თვალის ლინზები და ოპტიკა

მოდული 3: ინტერფერენცია და დიფრაქცია

მოდული 4: ატმოსფერული ოპტიკა

მოდული 5: მონაცემების ოპტიკური გადაცემა

მოდული 6: მულტიპლექსირება ტალღის სიგრძის დაყოფით

თითოეული მოდული შეიცავს სტუდენტთა ფურცელს, რომლის ასლის გადაღება შეიძლება კლასში გამოსაყენებლად. მომხმარებლებისთვის

ნებადართულია, რომ გააკეთონ იმდენი ასლი, რამდენიც საჭირო იქნება სტუდენტებისთვის. ეს მოდულები მომზადებულია იმ ინსტრუქტორების მიერ, რომლებმაც მიიღეს მონაწილეობა ვორკშოპში. ზოგიერთი მასალა შემუშავებულ იქნა ALOP ვორკშოპისთვის, დანარჩენები ადრეც გამოყენებული იქნა იმ კურსებში, რომლებსაც ინსტრუქტორები იყენებდნენ ადგილობრივი მონაწილეების სატრენინგოდ. იყო მცდელობა ისეთი აქტივობების შემუშავებისა, რომლებიც იყენებდნენ იაფ მასალებს და ისეთს, რომლებიც შეძლებისდაგვარად მზადდებოდა ლოკალურად. ამ მოდულებში ზოგი აქტივობა შექმნილია ლაბორატორიული პრაქტიკული სამუშაოებისთვის, სხვები უფრო შესაფერისია ისდ-სთვის ლექციების დროს. სხვები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ლაბორატორიაში ან ლექციის დროს (ეს დამოკიდებულია ხელსაწყოთა ხელმისაწვდომობაზე). მიუხედავად იმისა, თუ როგორ არის ეს მასალები გამოყენებული, მასწავლებლები წახალისებულნი არიან, რომ I-1 ცხრილის გამოყენებით მათი სალექციო გარემო გახადონ უფრო აქტიური.

მოდული 1 მოიცავს *RealTime Physics*-დან ადაპტირებულ ლაბორატორიულ აქტივობებს, ისდ-ს ნაკრებს არეკვლაზე, გარდატეხაზე, ლინზაში გამოსახულების აგებაზე და ჯადოსნურ ოინებს, რომლებიც პატარა ჯგუფებში დისკუსიების სტიმულირებისთვის არის შექმნილი. ისდ-ს გარკვეული ნაწილი წააგავს ლაბორატორიულ აქტივობებს, ამიტომ მასწავლებლებს აქვთ მასალები ორივენაირი სასწავლო გარემოსთვის.

მოდული 2-ის მასალები გამიზნულია უპირატესად ლაბორატორიისთვის, სადაც სტუდენტები იმუშავებენ 2-4 კაციან ჯგუფებში. თუმცა მათი ნაწილი შეიძლება დემონსტრირებული იყოს დიდი ლინზების გამოყენებით, მაგალითად, როგორც ერთერთი ფორმა დაფის ოპტიკის ნაკრებისა. მოდული 3-ის აქტივობები ასევე ლაბორატორიული სამუშაოებისთვისაა განკუთვნილი, მაგრამ მათი უმეტესობა შეიძლება ადაპტირებულ იქნას ისდ-სთვისაც. 4,5,6 მოდულების აქტივობები შემუშავებული იქნა ისდ-სთვის, მაგრამ მათი უმეტესობის გამოყენება ლაბორატორიაშიც შეიძლება, თუ ხელსაწყოები საკმარისია.

აქვეა მასწავლებელთა სრული გზამკვლევი თითოეული მოდულისთვის ცალცალკე. იგი იძლევა ინფორმაციას ამ აქტივობებისთვის საჭირო აპარატურებზე და აღჭურვილობაზე (შეიცავს შეძენის წყაროებს და ხანდახან გაკეთების რეცეპტებს), მათ სურათებსა და დიაგრამებს, ექსპერიმენტის ჩატარების ინსტრუქციებს, შედეგებს და კითხვებზე პასუხებს. მიზანი ისაა, რომ უზრუნველყონ მასწავლებლები ყველა საჭირო ინფორმაციით, რომ სტუდენტებთან ერთად ჩაატარონ ეს აქტივობები.

ამ სახელმძღვანელოში ასევე შეტანილია შეფასების ინსტრუმენტები, *სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასება (სოკშ)*, რომელიც შემუშავებულ იქნა სტუდენტთა მიერ ოპტიკის საფუძვლების შესწავლის შესაფასებლად. მასწავლებლებს შეუძლიათ გამოიყენონ ეს შეფასებები, რათა განახორციელონ პრაქტიკის კვლევები კლასში. მასწავლებლების შესაძლებლობა – განახორციელონ კლასში პრაქტიკის კვლევები - ხელს უწყობს მასწავლებლებს განვითარებულ ქვეყნებში, რომ ნათლად წარმოიდგინონ ის სირთულეები, რასაც

სტუდენტები აწყდებიან ფიზიკის კონცეპციების შესწავლისას და განაპირობებს ფიზიკური განათლების კვლევის გაუმჯობესებას. უფრო მეტი ინფორმაცია მოიძებნება ამ სახელმძღვანელოს *პრაქტიკის კვლევის* სექციაში.

მთლიანი სატრენინგო სახელმძღვანელო ხელმისაწვდომია ელექტრონულ ფორმატში CD-ზე. ეს სასარგებლო იქნება იმ მომხმარებლებისთვის, რომლებმაც პირდაპირ ელექტრონული ფორმატიდან უნდათ სტუდენტთა ფურცლების ამობეჭდვა. ამ ფაილებს უპირატესობაც აქვთ: ისინი ფერადია. CD ფორმატის მოპოვება შესაძლებელია პროექტის კოორდინატორის, მილენა ალარკონისგან, UNESCO-ში, პარიზში(m.alarcon@unesco.org).

ისდ–ს მაგალითები ოპტიკაში და შექმნილი ცოდნის შეფასება

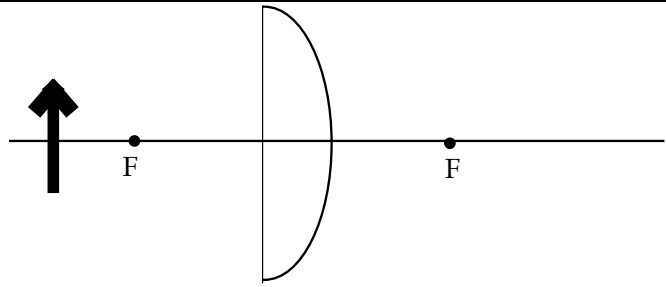
მაგალითისთვის, ჩვენ აღვწერთ ისდ–თა თანმიმდევრობას, რომლებიც შექმნილ იქნა ლინზაში გამოსახულების აგების საფუძვლების შესასწავლად.(ეს კომპლექტი ამ სახელმძღვანელოს პირველ მოდულში შედის). ფიზიკური განათლების კვლევა ვარაუდობს, რომ სტუდენტებს უჭირთ გამოსახულების ფორმირების გაგება იმ ხერხით. რომლითაც ამას ასწავლიან. მაგალითად, მათ უჭირთ ჩვენს მიერ დახაზულ სხივთა ლამაზი დიაგრამების(რომლებიც მხოლოდ სპეციალურ, განსაკუთრებულ სხივებს შეიცავს) გაგება¹⁶. მათ არ ესმით რომ მკაფიო გამოსახულების მისაღებად საგნის ყოველი წერტილიდან წამოსული ყველა სხივი ლინზაში გავლის შემდეგ უნდა ფოკუსირდებოდეს გამოსახულების ერთადერთ შესაბამის წერტილში. ამ ისდ–ებში, ამ იდეის გასაძლიერებლად, სინათლის წერტილოვანი წყაროები მოთავსებულია ისრის თავსა და ბოლოში და ცილინდრული ლინზა გამოიყენება მათ დასაფოკუსირებლად გამოსახულების წერტილებში.

I-1 სურათზე ნაჩვენებია ვარაუდების ფურცლის პირველი გვერდი ლინზაში გამოსახულების აგების ისდ–სთვის. I-2 სურათზე კი ნაჩვენებია ექსპერიმენტული მოწყობილობა. აქ ილუსტრირებულ სამ დემონსტრაციასთან ერთად, არის კიდევ ოთხი სხვა დემონსტრაცია, სადაც მოითხოვება ვარაუდების ჩამოყალიბება შემდეგი შემთხვევებისთვის: (ა) როცა ლინზა მოხსნილია, (ბ) როცა ობიექტი ლინზიდან დაშორებულია, (გ) როცა ობიექტი ლინზასთან ახლოს არის მიტანილი, (დ) როცა ობიექტი ლინზასთან ფოკუსურ მანძილზე ახლოსაა მიტანილი. როგორც ყველა ისდ–სთვის, I-2 ცხრილში მოცემული რვა ნაბიჯი განხორციელებულია თითოეული ამ დემონსტრაციისთვის(მეტი ინფორმაცია ისდ–თა ამ კომპლექტზე მოიძებნება 1 მოდულში).

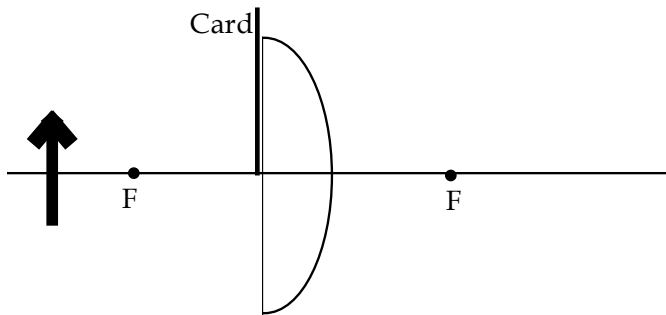
**ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციები. ვარაუდების ფურცელი -
გამოსახულების აგება ლინზაში**

ინსტრუქცია: ეს ფურცელი აგროვებული იქნება. ფურცლის ზევით დაწერეთ თქვენი სახელი, რათა დაადასტუროთ თქვენი მონაწილეობა ამ დემონსტრაციებში. მიჰყევით თქვენი ინსტრუქტორის მითითებებს. საბოლოო პასუხების ფურცელზე შეგიძლიათ დაწეროთ ყველაფერი, რაც მოგესურვებათ.

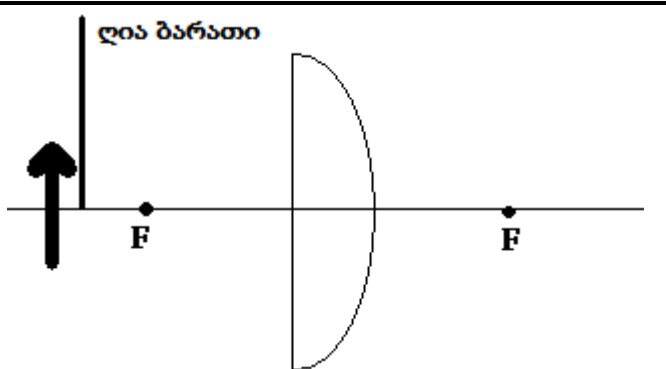
დემონსტრაცია 1: გაქვთ შემკრები ლინზა. საგანი, რომელსაც ისრის ფორმა აქვს ლინზიდან ფოკუსურ მანძილზე შორს იმყოფება, როგორც დიაგრამაზეა ნაჩვენები. დახაზეთ ისრის თავიდან და ბოლოდან წამოსული რამდენიმე სხივი იმისთვის, რომ აჩვენოთ, როგორ ფორმირდება ლინზის მეორე მხარეს ისრის გამოსახულება. გამოსახულება ნამდვილია თუ წარმოსახვითი?



დემონსტრაცია 2: რა მოუვა მიღებულ გამოსახულებას, თუ ლინზის ზედა ნახევარს დავფარავთ ღია ბარათით? ახსენით შედეგი და გვერდით მოცემულ დიაგრამაზე აჩვენეთ, რა მოხდება პირველი დემონსტრაციის ნახაზში შესწორებების შეტანის შემდეგ.



დემონსტრაცია 3: რა მოუვა მიღებულ გამოსახულებას თუ ბარათით დავფარავთ ისრის ზედა ნახევარს? ახსენით შედეგი და გვერდით მოცემულ დიაგრამაზე აჩვენეთ, რა მოხდება პირველი დემონსტრაციის ნახაზში შესწორებების შეტანის შემდეგ.

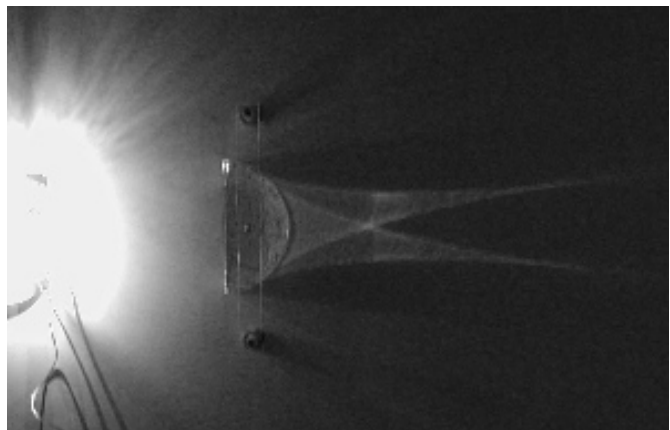
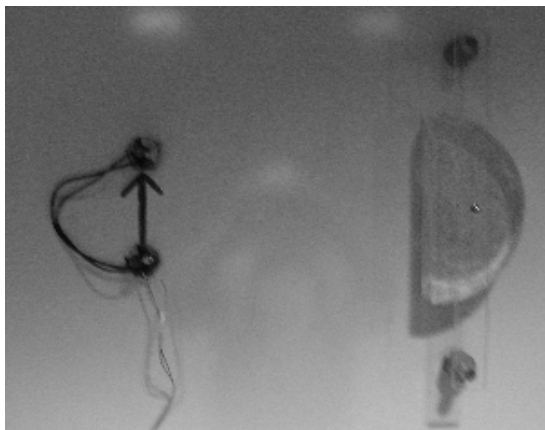


სურათი I-1: ამონარიდი ვარაუდების ფურცლიდან: ისდ გამოსახულების აგებისთვის ლინზაში

I-3 სურათზე ნაჩვენებია შესავალი გამოსახულების ფორმირებასთან დაკავშირებულ კითხვებზე, *სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასებების* საფუძველზე. ექვსი შეკითხვა იყო შესული ორეგონის უნივერსიტეტის(აშშ) ზოგადი ფიზიკის კურსის(ჩატარების თარიღი:1997-98) კვლევაში: სტუდენტთა მიერ ლინზაში გამოსახულების აგების საფუძვლების გაგება. დასმული იყო კითხვები: რა მოუვა გამოსახულებას თუ (ა) საფოსტო მარკა ორჯერ უფრო დიდი იქნება, (ბ) ლინზა შეცვლილი იქნება იმავე ფოკუსური მანძილის, მაგრამ ორჯერ ნაკლები დიამეტრის მქონე ლინზით, (გ) ლინზის ზევითა ნახევარს დავფარავთ, (დ) ლინზის ცენტრი იქნება დაფარული,(ე) საფოსტო მარკის ნახევარი დაფარულია და (ვ) ლინზას მოვაცილებთ. (მთლიანი ტესტი შედის ამ სახელმძღვანელოს პრაქტიკის კვლევის სექციაში, სადაც იგი უფრო კარგად და დეტალურად არის განხილული. კვლევისას გამოყენებულ იქნა კითხვები: 25, 26, 28, 29, 30 და 34). I-4 სურათზე ნაჩვენებია პასუხები ამ შეკითხვებზე ტრადიციულ სალექციო ინსტრუქციებამდე და მის შემდეგ და ასევე იმ დამატებითი ლექციის შემდეგაც, რომელიც შეიცავდა ამ ისდ-ებს. როგორც ჩანს, სალექციო ინსტრუქციებიდან მიღებული ცოდნის ნორმალიზებული ნაზრდი შეადგენს მხოლოდ 20%-ს, მაშინ როცა ისდ-ით - 80% -ს! (ნორმალიზებული ნაზრდი განიმარტება, როგორც ფაქტიური გაუმჯობესების ფარდობა მაქსიმალურ შესაძლო გაუმჯობესებასთან ¹¹).

I-5 სურათზე ნაჩვენებია შედეგები ერთ დამატებით მოკლეპასუხიან კითხვაზე *სოკშ*-ში. აქ სტუდენტებს თხოვენ, რომ გააგრძელონ საგნის თავიდან და ბოლოდან წამოსული ორ-ორი სხივის სვლა საგნის ნამდვილი გამოსახულების აგების საჩვენებლად. ტრადიციული ინსტრუქტაჟის შემდეგ სტუდენტთა მხოლოდ 33%-მა შეძლო სხივთა ამ დიაგრამის სწორად დახაზვა, მაშინ, როცა ისდ-ს შემდეგ სტუდენტთა 76% -მა სწორად გაართვა სამუშაოს თავი - 64% ნორმალიზებული ნაზრდი.

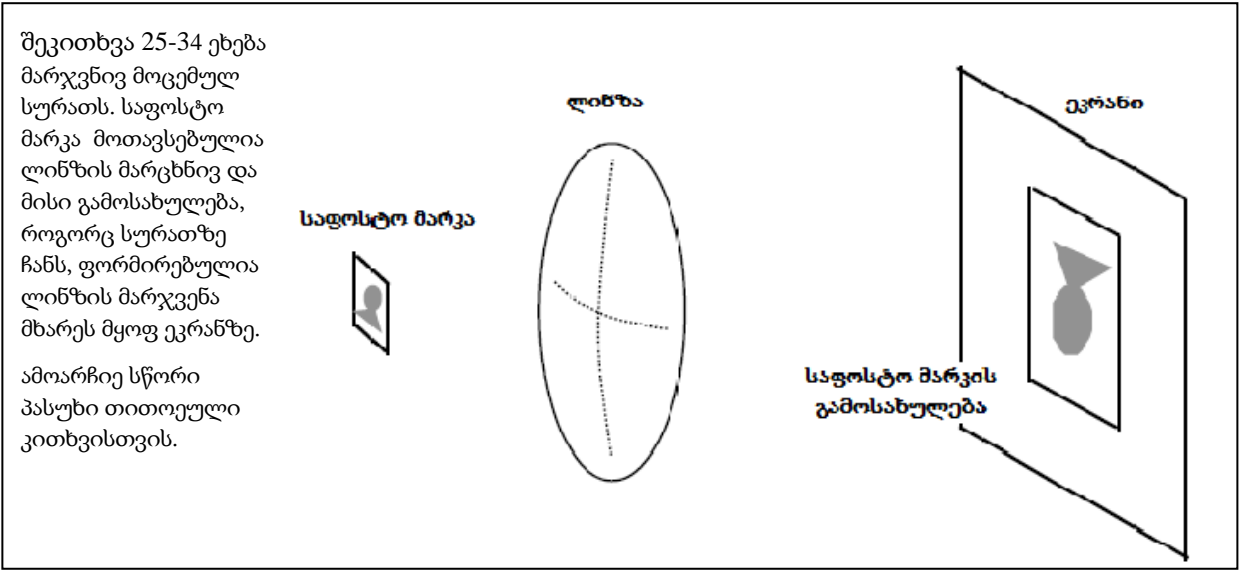
ისდ-თა ეს კომპლექტი არის კარგი დემონსტრირება იმისა, რომ სწავლების მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება შეიძლება მიღწეულ იქნას იაფი მასალებითაც. ცილინდრული ლინზა შეიძლება გაკეთდეს გამჭვირვალე, წყლით სავსე ქილით. ამასთან ერთად, საჭიროა მხოლოდ 9 ვოლტიანი ბატარეა და ფარნის ორი ნათურა მასრით. მათი ფასი 10\$-ზე ნაკლებია - ამდენი დაჯდება ისდ-ს ჩვენება დიდ სალექციო აუდიტორიაში.



სურათი I-2: (ა) ისდ-ის მოწყობილობა - გამოსახულების აგება ლინზაში ისრით, ნათურებითა და ცილინდრული ლინზით.(ბ) ცილინდრული ლინზის მიერ სინათლის ფოკუსირება.

რატომაა ეფექტური ისდ-ები? 8 ნაბიჯიანი ისდ-ს პროცედურა შექმნილია იმისთვის, რომ სტუდენტი ჩართოს სწავლის პროცესში. სტუდენტებს თხოვენ ფურცელზე(იგი შემდგომ შეგროვებულ იქნება) თავიანთ მოსაზრებაზე დაყრდნობით ვარაუდების გაკეთებას. ისინი ვალდებული არიან გაარჩიონ თითოეული დემონსტრაცია იმ მოდელებზე დაყრდნობით, რომლებსაც ჩვეულებრივ იყენებენ. მათ ხშირად სთხოვენ, რათა დაიცვან თავიანთი ვარაუდები მეწყვილესთან. ამ ორი ნაბიჯის შემდეგ სტუდენტთა უმეტესობა დაინტერესებულია, თუ რამოხდება დემონსტრაციაში. ისინი ჩართულები არიან ამ ნაბიჯების ზეგავლენით. რადგან მიღებული შედეგი ხშირად ეწინააღმდეგება მათ ვარაუდს – ხშირად არასწორ მოდელებზე დაყრდნობილს – არსებობს შანსი, რომ მათი მოდელები შეიცვალოს შემდგომი განხილვის შედეგად.

ჩვენ გამოვიყენეთ სამი ძირითადი პრინციპი პატარა, მარტივი ექსპერიმენტების შესაქმნელად, რომელიც შეადგენს ისდ-ებს ამ მოდელებისთვის. პირველი, ამ სერიების შინაარსი და რიგითობა დამყარებულია ფიზიკის სწავლებასთან დაკავშირებული კვლევების პასუხებზე. ეს სერიები რომ წარმატებული იყოს, საჭიროა მათი დაწყება იმით, რაც სტუდენტებმა უკვე იციან და საფუძველის შექმნა ამ ცოდნის შემდგომი განვითარებისთვის. მეორე მხრივ, ისდ-ები წარმოდგენილი უნდა იყოს ისე, რომ სტუდენტი მიხვდეს ექსპერიმენტების შინაარსს და „ენდოს“ აპარატურასა და გამოყენებულ გამზომ ხელსაწყოებს. ბევრი თვალშისაცემი და საინტერესო ტრადიციული დემონსტრაციები საკმაოდ რთულია შესავალი კურსის ეფექტური სწავლებისთვის. და ბოლოს, ისდ-ებმა უნდა გამოიყენოს ის მზა მასალები, რომელიც ხელმისაწვდომია განვითარებად ქვეყნებში, ან გამოიყენოს იაფი ხელსაწყოები, რომლის შეძენა ან მიწოდება ვორკშოპის გუნდსაც შეუძლია. როგორც ვორკშოპის ნაწილი, საყურადღებოა მოკლე სესიების ჩატარება, სადაც ერთად მოეყრება თავი ვორკშოპში გამოყენებულ მარტივ სასწავლო მასალას, პრაქტიკულ ინსტრუქციებს მარტივი წრედების შედუღებაზე.



სურათი I-3: შესავალი გამოსახულების ფორმირებასთან დაკავშირებულ კითხვებზე, სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალურ შეფასებაში.

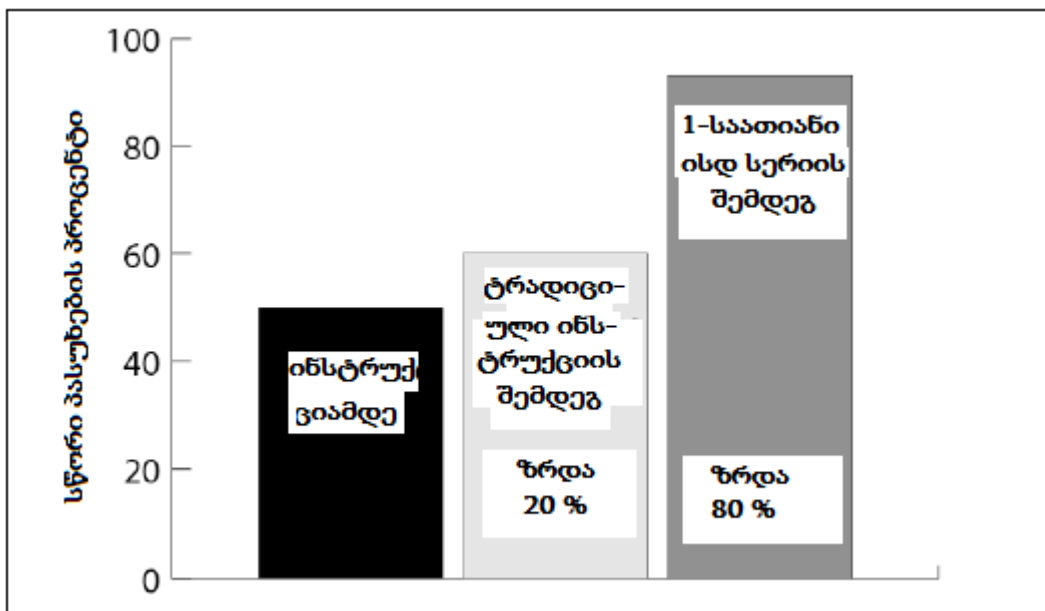
როგორ ერგება ისდ–ები ფიზიკის შესავალ კურსს? ამ სახელმძღვანელოში შეტანილი ისდ–ის სერიების თემატიკა გადანაწილებულია ოპტიკის საფუძვლებზე, რომლებიც ფიზიკის ყველა შესავალ კურსშია და დამატებით მოცემულია ფოტონიკის ელემენტები მარტივი გამოყენებებით. თუმცა ერთად ისინი არ შეადგენენ ოპტიკის შესავალი კურსის სრულ სასწავლო გეგმას. ამის მაგივრად, ისინი შექმნილია, როგორც კურსის სხვა კომპონენტების ჩანართი, რომელიც ზრდის ლექციაზე სტუდენტის მიერ ფიზიკის კონცეპციების სწავლების ეფექტურობას. ისინი გამოყენებულ იქნა სხვადასხვა გზით. მაგალითად: 1) როგორც შესავალი მნიშვნელოვან კონცეპციებში კურსის განრიგის შესაბამის მომენტში, 2) როგორც აქტივობა უკვე ნასწავლი კონცეპციების გასამყარებლად, 3) როგორც ყოველკვირეული აქტიური სწავლების სესია, დაგეგმილი ყოველი კვირის ერთსა და იმავე დღეს, 4) როგორც შეჯამება და კავშირი აქტიური სწავლების სხვადასხვა ლაბორატორიულ აქტივობებს შორის. ინსტრუქტორმა უნდა გადაწყვიტოს, როგორ უკეთ მოერგება ეს ყველაფერი კურსის საერთო გეგმას.

საბოლოო გადამწყვეტი შეკითხვა: რატომ უნდა ვიზრუნოთ სტუდენტის მიერ ფიზიკის კონცეპციების შესწავლაზე? ჩვენ გვჯერა, რომ ის არის ფუნდამენტი ჩვენი დისციპლინის ნამდვილი შესწავლისა. სტუდენტებს არ უნდა ჰქონდეთ იმედი, რომ ფუნდამენტური კონცეპციების ღრმად წვდომის გარეშე შეუძლიათ უფრო მეტის გაკეთება, ვიდრე ფიზიკის მარტივი ამოცანების ალგორითმიული ამოხსნაა.

აქტიური სწავლების ვორკშოპი

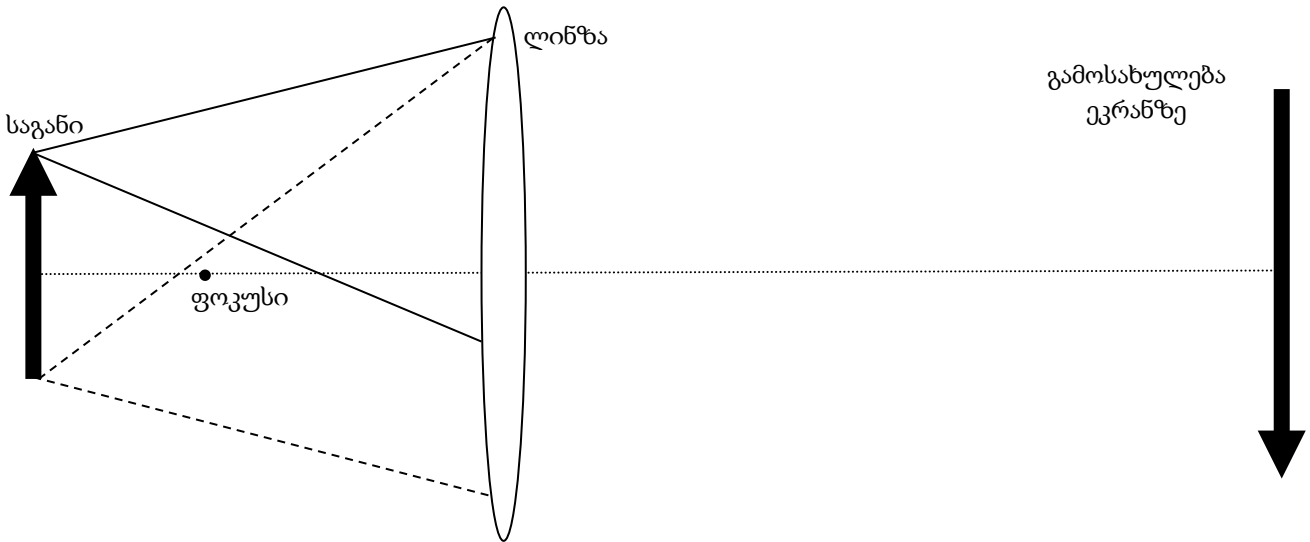
უკვე წარდგენილმა სატრენინგო ვორკშოპმა აქტიურ სწავლებაში დიდი ინტერესი გამოიწვია მონაწილეების მხრიდან. ჩანს, რომ განვითარებად ქვეყნებში აქტიური სწავლება შეიძლება წარმატებული სტრატეგია იყოს ფიზიკური განათლების გაუმჯობესებაში. UNESCO-ს და მისი რეგიონალური ფიზიკის

სწავლების კავშირის მიზანი განვითარებადი ქვეყნებისთვის მდგომარეობს იმაში, რომ შექმნას დიდი ჯგუფი ადგილობრივი ინსტრუქტორებისა, რომლებიც კოორდინირებას გაუწევენ და წარმართავენ რეგიონალურ აქტიური სწავლების ვორკშოპებს. სტრატეგია არის შემდეგი: მოაგროვონ ინსტრუქტორები იმ მოხალისეებისგან, რომლებიც მონაწილეობას მიიღებენ მომავალში დაგეგმილ ვორკშოპების ციკლში. იგულისხმება, რომ თანამშრომლებს, რომლებიც შეიძლება იყონ აქტიური სწავლების კარგი ინსტრუქტორები, უნდა ჰქონდეთ შემდეგი თვისებები: ენთუზიაზმის მაღალი მაჩვენებელი, მდიდარი გამოცდილება, ფიზიკის კარგი ცოდნა, სხეულისა და გონების ახალგაზრდობა(ახალი იდეების აღქმა და მათი განვითარება მომავალში), ხელმარჯვეობა, მოხერხებულობა (უცხო გარემოში ექსპერიმენტის აწყობა და საქმის ცუდად წასვლის დროს მარტივად ადაპტირება), მგზნებარე ინტერესი ფიზიკური განათლების კვლევისა და პრაქტიკის მიმართ მისი მშობლიური უნივერსიტეტის მხარდაჭერით (ეს დაეხმარება ვორკშოპისთვის ხელსაწყოების გაკეთებაში და წელიწადში რამდენიმე ვორკშოპის ჩატარებაში), არ უნდა იყონ გადატვირთული ადმინისტრირებითა და ძირითადი კვლევებით და გულწრფელი სურვილი, რომ დაეხმარონ კოლეგებს განვითარებად ქვეყნებში (და მათ მშობლიურ უნივერსიტეტში). ზოგადად, ქვემოთ ჩამოთვლილი თვისებების მქონე თანამშრომლები ვერ იქნებიან ამ პროგრამისთვის საჭირო ინსტრუქტორები: მოუქნელნი თავიანთ იდეებში, ზედმეტად დაკავებულები, რათა საკმარისი დრო დაუთმონ ამ აქტივობებს, ისინი, ვინც თავიანთ ძირითად კვლევებს უფრო მაღლა აყენებენ, ვიდრე თავიანთი მასწავლებლობის განვითარებას და არა აქვთ მხარდაჭერა საკუთარი უნივერსიტეტიდან.



სურათი I-4: ტრადიციული სალექციო ინსტრუქციები და ისდ-თა შედეგები, რომლებიც გამოდინარეობს გამოსახულების ფორმირებასთან დაკავშირებული ზოგადი ფიზიკის სტუდენტებისთვის განკუთვნილი ექვსი შუკითხვიდან LOCE-ში(ორეგინის უნივერსიტეტისთვის,1997-98).

51. ქვედა სურათზე ობიექტი ლინზის მარცხნივ ფოკუსური მანძილზე შორს იმყოფება. გამოსახულება, როგორც სურათზე ჩანს, ფორმირდება ლინზის მარჯვნივ მყოფ ეკრანზე. ნაჩვენებია ობიექტიდან წამოსული სინათლის ოთხი სხივი. გააგრძელეთ ისინი ლინზის მიღმა ეკრანამდე.



ტრადიციული ინსტრუქტაჟის შემდეგ	33% სწორია
ისდ-ების შემდეგ	76% სწორია
ნორმალიზებული ზრდა	64%

სურათი I-5: სხივთა დიაგრამა და შეკითხვა შეკითხვა სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალურ შეფასებასთან დაკავშირებით და ტრადიციული სალექციო ინსტრუქციებისა და ისდ-თა შედეგები.

ზოგადად, ჩვენ მოვეძებნეთ მომგებიანი სტუქტურა 5 დღიანი ALOP(ოპტიკისა და ფოტონიკის აქტიური სწავლება) ვორკშოპისთვის:

- 1/2 დღე სასწავლო და კვლევითი პირობების დასათვარიელებლად
- 1/2 დღე შესავლისათვის – მონაწილეებისა და დამხმარე პერსონალისთვის (ყველა უნდა მოზრძანდეს ფიზიკურ განათლებაზე თავის ინსტიტუტში მომზადებული მოხსენებით)
- 1/2 დღე ვორკშოპის მიზნების, აქტიური სწავლების, პრე-ტესტების გაცნობისთვის და მოკლე სესია ვორკშოპის მასალათა მოსამზადებლად.
- 3 დღე ამ მოდულებზე პრაქტიკული სამუშაოებისთვის
- 1/2 დღე მოკლე განხილვებისთვის და პოსტ-ტესტისთვის. მოკლე განხილვის საკითხები შეიცავს გაუმჯობესების საჭიროებას მშობლიურ ქვეყანაში, როგორ შეიძლება წახალისდეს სწავლების კარგი პრაქტიკები, რა რესურსებია ხელმისაწვდომი ქვეყანაში და

როგორ შეიძლება მათი ეფექტურად გამოყენება, როგორ შეძლებენ მონაწილეები დანერგვის საკითხების გადაჭრას ქვეყანაში.

სამადლობელი

რედაქტორი და ავტორები მადლობას უხდებიან John Wiley and Sons ამ სახელმძღვანელოში *RealTime Physics*-ისა და *Interactive Lecture Demonstrations*-დან ცალკეული ნაწილების გამოყენების ნებართვისთვის. მადლობას ვუხდით ოპტიკური ინჟინერიის საერთაშორისო საზოგადოებას(ოისს) ფინანსური დახმარებისა და ყდის დიზაინისთვის. ასევე მადლობას ვუხდით აბდუს სალამის საერთაშორისო თეორიული ფიზიკის ცენტრს (ასსთფც) ფინანსური დახმარებისთვის და კერძოდ, მათ პუბლიკაციათა და ბეჭდვის სამსახურს, რომლებმაც უზრუნველყვეს იაფფასიანი ამობეჭდვები, და ასევე სახელმძღვანელოს გავრცელებაში მონაწილეობის მიღებისთვის. დასაფასებელია ერეს ქუინ მაკაბებეს (Erees Queen Macabebe) და კრის დანის (Chris Dunne) წვლილი ამ სახელმძღვანელოს მოდულების შექმნაში. და ბოლოს, მადლობას ვუხდით თანამშრომლებს, რომლებიც დაესწრნენ ALOP-ის პირველ ორ ვორკშოპს აკრაში, განა (2004) და მონასტირში, ტუნისი(2005) მათი ენერგიული მონაწილეობისთვის. მათმა ენთუზიაზმით სავსე პასუხმა აქტიური სწავლების შესახებ მოგვცა ხალისი, რომ გაგვეგრძელებინა ეს პროექტი.

გამოყენებული ლიტერატურა

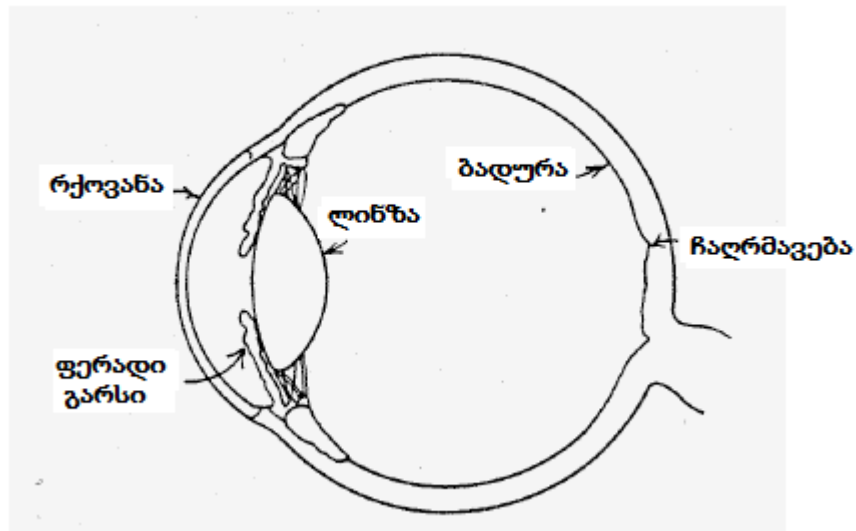
- 1 O.L. Cambaliza, A.P. Mazzolini and M.C. Alarcon, "Adapting active learning approaches in physics education to local Asian environments," in *Teaching and Learning of Physics in Cultural Contexts*, Y. Park, ed., (New Jersey, World Scientific, 2004), pp 89-97.
- 2 M. Alarcon, E. Arthurs, Z. Ben Lakhdar, I. Culaba, V. Lakshminarayanan, J. Maquiling, A. Mazzolini, J. Niemela, D. Sokoloff, "Active Learning in Optics and Photonics: Experiences in Africa," to be published in *Proceedings of the Conference on Education and Training in Optics and Photonics, Marseilles, France, 2005*.
- 3 M. Alarcon, E. Arthurs, Z. Ben Lakhdar, I. Culaba, V. Lakshminarayanan, J. Maquiling, A. Mazzolini, J. Niemela, D. Sokoloff, "UNESCO: Active Learning in Physics for Developing Countries of Asia and Africa," *Proceedings of the World Conference on Physics and Sustainable Development, Durban, South Africa, 2005*, (www.wcpsd.org).
- 4 R. K. Thornton, and D. R. Sokoloff, "Learning motion concepts using real-time, microcomputer-based laboratory tools," *Am. J. Phys.* **58**, 858-867 (1990).
- 5 Ronald K. Thornton and David R. Sokoloff, "Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula," *Am. J. Phys.* **66**, 338-352 (1998).
- 6 L.C. McDermott, "Millikan lecture 1990: What we teach and what is learned--closing the gap," *Am. J. Phys* **59**, 301-315 (1991).
- 7 L.C. McDermott, "Research on conceptual understanding in mechanics," *Physics Today* **37**, 24-32 (July, 1984)

- 8 D. Hestenes, M. Wells and G. Schwackhammer, "Force Concept Inventory," *The Physics Teacher* **30**:3, 141-158 (1992).
- 9 J. A. Halloun and D. Hestenes, "The initial knowledge state of college physics students," *Am. J. Phys.* **53**, 1043-1056 (1985).
- 10 P. W. Laws, "Calculus-based physics without lectures," *Physics Today* **44**:12, 24-31 (1991).
- 11 E.F. Redish, *Teaching Physics with the Physics Suite*, (Hoboken, NJ, Wiley, 2004).
- 12 David R. Sokoloff, Ronald K. Thornton, and Priscilla W. Laws, *RealTime Physics Module 1: Mechanics, Module 2: Heat and Thermodynamics, Module 3: Electric Circuits and Module 4: Light and Optics*, (Hoboken, NJ, Wiley, 2004).
- 13 P.W. Laws, *Workshop Physics Activity Guide*, (Hoboken, NJ, Wiley, 1997).
- 14 David R. Sokoloff and Ronald K. Thornton, "Using Interactive Lecture Demonstrations to create an active learning environment," *The Physics Teacher* **36**: 6, 340 (1997).
- 15 David R. Sokoloff and Ronald K. Thornton, *Interactive Lecture Demonstrations*, (Hoboken, NJ, Wiley, 2004).
- 16 F. Goldberg and L.C. McDermott, "An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror," *Am. J. Phys.* **55**, 108-119 (1987).

ლაზერული უსაფრთხოება

ადამიანის თვალი

თვალის სქემატური დიაგრამა ნაჩვენებია LS-1 სურათზე. რქოვანა არის გამჭვირვალე ფირი, რომელიც ფარავს თვალის ზედაპირს. ფერადი გარსი აკონტროლებს სინათლის რაოდენობას, რომელიც შედის თვალში. რქოვანა და ფერადი გარსი ის ელემენტებია, რომელიც აფოკუსირებს შემოსულ სინათლეს ბადურაზე, სადაც სინათლისადმი მგრძობიარე უჯრედები ახდენენ სინათლის დეტექტირებას. ულტრაიისფერ სინათლეს შთანთქავს რქოვანა. თუმცა რქოვანას უჯრედებს შეუძლიათ აღდგენა, მაგრამ მუდმივად მზის ულტრაიისფერ გამოსხივებას შეუძლია რქოვანას დაზიანება, განსაკუთრებით თუ თვალი დასხივებულია ძლიერ კაშკაშა მზის სინათლით მრავალი წლის განმავლობაში. ეს ერთერთი მიზეზია ზაფხულში ულტრაიისფერი სხივებისგან დამცავი სათვალის სატარებლად.



ხილული და ახლო ინფრაწითელი ოპტიკური გამოსხივება ფოკუსირდება ბადურაზე და შთანთქმება მის მიერ. დიდი ინტენსიურობის სინათლით დასხივება იწვევს ბადურას უწყვეტ დაზიანებას, რადგან სინათლის წყარო ფოკუსირდება უჯრედების მცირე რაოდენობაზე. დაზიანება უწყვეტია, რადგან ბადურას უჯრედები აღდგენას არ ექვემდებარება.

ნორმალური სინათლის წყაროსთვის (მაგალითად, ვარვარების ნათურა) ოპტიკური ენერგია განიბნევა თანაბრად ყველა მიმართულებით. თუ თქვენ გააორკეცებთ მანძილს თქვენსა და ნათურას შორის, ამით თქვენს თვალზე დაცემული ოპტიკური ენერგია შემცირდება ოთხჯერ. ამრიგად, მანძილი სინათლის წყარომდე გკარნახობთ დაცვის დონეს.

საშიშროება ლაზერის სხივისგან

მცირე სიმძლავრის (1 მვტ) ლაზერის სხივისთვის პირდაპირ შეხედვა მნიშვნელოვნად მეტად დააზიანებს ბადურას, ვიდრე მზისთვის პირდაპირ შეხედვა! ლაზერში ოპტიკური ენერგია კონცენტრირებულია ძალიან ვიწრო

კონაში და შესამჩნევად არ განიბნევა. საკმაოდ დიდ მანძილებზეც კი ლაზერის კონის ლაქა ძალიან მცირეა და, ამდენად, თვალში შემავალი ოპტიკური ენერგია - ძალიან დიდი.

ამასთან ერთად, ლაზერის თითქმის პარალელური სხივები თვალზე დაცემისას ფოკუსირდება ბადურის ძალიან პატარა წერტილში. ეს ნიშნავს, რომ ლაზერის მიერ გამოსხივებული თითქმის მთელი ენერგია ფოკუსირდება ბადურის რამდენიმე უჯრედზე და იწვევს მათ მაქსიმალურ დაზიანებას.

საშიშროების მინიმიზირება

როგორ შეგვიძლია დასხივების რისკი მინიმუმზე დავიყვანოთ ლაზერთან (თუნდაც პოინტერთან) მუშაობისას? ეცადეთ ყოველთვის მიჰყევით შემდეგ უსაფრთხოების პროცედურებს:

. **შეზღუდეთ კონა** მისი გზის ბოლოში (მაგალითად, ფოტოდეტექტორით ან/და არაამრეკლი შემაკავებელი დეტექტორის უკან). გამოდგება შავად შეღებილი მუყაოს დიდი ნაჭერი, რომელიც დამაგრებულია ხის სადგამზე.

. **მოერიდეთ სარკისებრ არეკვლას** გაპრიალებული ან მზინავი ზედაპირებისგან (საათი, სამკაული), რადგან ეს იწვევს ლაზერის კონის არაკონტროლირებად არეკვლას მთელ ლაბორატორიაში.

. **გამოიყენეთ უმცირესი სიმძლავრე** ლაზერის კონის რეგულირებისას. ისარგებლეთ გადაჯვარედინებული პოლარიზატორებით კონის ინტენსიურობის შესასუსტებლად (შეიძლება იაფი პოლაროიდული სათვალის ორი პოლარიზაციული ლინზის გამოყენება).

. **არასოდეს ჩაიხედოთ პირდაპირ ლაზერის სხივში.** დაგეგმეთ ლაზერის კონის გზა რაც შეიძლება დაბლა მაგიდიდან და ყოველთვის ეცადეთ თავი უფრო მაღლა დაიჭიროთ ლაზერის კონის გზიდან. რეგულირებისას თვალი ნელა ამოძრავეთ ლაზერის სხივის მახლობლობაში. კონასთან დაკავშირებული კაშკაშა ჰალო პირველი გამაფრთხილებელი ნიშანია (როცა თქვენი თვალი უახლოვდება ლაზერის კონას).

. **მოერიდეთ ჩაბნელებულ ოთახებს.** არ ააწყოთ თქვენი ლაზერი ჩაბნელებულ ოთახში, რადგან ამ დროს თვალის გუგა ფართოვდება და მეტი ენერგია ხვდება ბადურაზე.

. **ყოველთვის გამოიყენეთ გამაფრთხილებელი ნიშნები,** რომ ირგვლივ მყოფნი ფხიზლად იყვნენ. შეგიძლიათ გამაფრთხილებელი ნიშნების ასლი გადაიღოთ (რომლებიც ქვემოთაა ნაჩვენები) და გამოიყენოთ ლაზერული ექსპერიმენტების დროს.



CAUTION

LASER RADIATION
DO NOT STARE INTO BEAM

DIODE LASER
1 mW OUTPUT at 635-670 nm
CLASS II LASER PRODUCT

Danger:
Laser Radiation Area
For further information please contact:

მოდული 1

შესავალი გეომეტრიულ ოპტიკაში

დევიდ რ. სოკოლოფი

ფიზიკის ფაკულტეტი

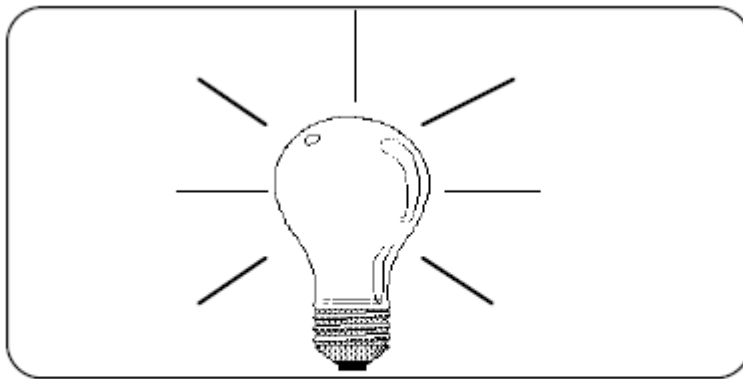
ორეგონის უნივერსიტეტი

იუჯინი, ორეგონი, აშშ

sokoloff@uoregon.edu

პრაქტიკული სამუშაოები

მოდული 1: შესავალი გეომეტრიულ ოპტიკაში



**ჩემი ცხოვრების დარჩენილი ნაწილი მინდა
მივუძღვნა იმის გარკვევას, თუ რა არის სინათლე.
ა. აინშტაინი, 1916**

მიზნები:

- გამოკვლევა იმისა, თუ როგორ ასხივებს წერტილოვანი წყარო სინათლეს.
- რაოდენობრივი შემოწმება იმისა, თუ როგორ იცვლება სინათლის ინტენსიურობა წერტილოვანი წყაროდან დაშორებისას.
- გამოკვლევა იმისა, თუ როგორ შეიძლება წერტილოვანი წყაროდან გამოსხივებული სინათლე წარმოვადგინოთ სხივების სახით.
- პარალელური სხივების წარმოშობის გამოკვლევა.
- გამჭვირვალე სხეულის ზედაპირისა და სინათლის ურთიერთქმედების რაოდენობრივი შესწავლა.
- სინათლის არეკვლის რაოდენობრივი შესწავლა ორი გამჭვირვალე გარემოს გამყოფ ზედაპირზე.
- არეკვლის კანონის შესწავლა.
- სნელიუსის გარდატეხის კანონის შესწავლა.
- სრულ შინაგან არეკვლაზე დაკვირვება და იმის გამოკვლევა, თუ რა პირობებში ხორციელდება იგი.
- სინათლის დისპერსიისა და ცისარტყელას წარმოქმნის გამოკვლევა.
- ლინზის მიერ გამოსახულების ფორმირების შესწავლა.

მიმოხილვა

ჩვენი უნარი - დავინახოთ ჩვენს ირგვლივ მყოფი სხეულები - დამოკიდებულია სხეულიდან ჩვენს თვალეზამდე მოსულ სინათლეზე. ნიუტონს ღრმად სწამდა, რომ სინათლე შედგენილი იყო ნაწილაკებისგან და მისი აღწერა შეიძლებოდა მოძრაობის გასწვრივ მიმართული სხივებით. მას ვერ წარმოედგინა სინათლე, როგორც ტალღა. მე-19-ე საუკუნეში ინტერფერენციაზე ჩატარებულმა დაკვირვებებმა დამაჯერებლად აჩვენეს, რომ სინათლე სივრცეში ვრცელდებოდა, როგორც ტალღა. საკვირველია, მაგრამ მე-20-ე საუკუნის დასაწყისში აინშტაინის ფოტოელექტრული ეფექტის თეორიამ აჩვენა, რომ სინათლე ისევ არის ნაწილაკი, რომელსაც ეწოდა ფოტონი.

ჩვენ დღესდღეობით ვიცით, რომ სინათლე შეიძლება განვიხილოთ ორნაირი თვალსაზრისით - როგორც ნაწილაკი ან როგორც ტალღა. თუ სინათლე ურთიერთქმედებს სხეულთან, რომლის ზომები აღემატება მის ტალღის სიგრძეს, მაშინ სინათლე შეიძლება განვიხილოთ როგორც ტალღა ან როგორც წრფივი სხივი. თუ ის ურთიერთქმედებს მცირე სხეულებთან, რომელთა ზომები დაახლოებით სინათლის ტალღის სიგრძის რიგისაა, მაშინ ურთიერთქმედების დეტალურად შესწავლისთვის ტალღური მოდელის გამოყენება აუცილებელია. რადგან ოპტიკური ელემენტების - ლინზების, სარკეების და პრიზმების - ზომები გაცილებით დიდია სინათლის ტალღის სიგრძეზე (ის მეტრის ნახევარი მემილიონედის რიგისაა), სხივის მოდელი, რომელსაც, ზოგადად, სხივურ ანუ გეომეტრიულ ოპტიკას უწოდებენ, სავსებით ადეკვატურია. ამ თავში მხოლოდ ეს სიტუაციები იქნება განხილული.

სინათლის გამოსხივება წერტილოვანი წყაროდან და სინათლის წარმოდგენა სხივების გამოყენებით განხილული იქნება 1 და 2 კვლევაში.

მრავალი ოპტიკური ელემენტი - სარკეები, ლინზები - დამზადებულია გლუვი ზედაპირის მქონე გამჭვირვალე ნივთიერებისგან, როგორცაა მინა ან Lucite® (აკრილი). როცა სინათლე ვრცელდება ჰაერში და ეცემა გამჭვირვალე ნივთიერების ზედაპირს, ნაწილი სინათლისა აირეკლება, ნაწილი - გაივლის გამჭვირვალე ნივთიერებას. ოპტიკური ელემენტების შესასწავლად საჭიროა ზედაპირიდან სინათლის არეკლისა და გარდატეხის საფუძვლიანი შესწავლა. ეს განხილული იქნება 3 კვლევაში.

არის ერთი შემთხვევა, როდესაც ოპტიკურად უფრო მკვრივი გარემოდან სინათლე ეცემა ნაკლებად მკვრივ გარემოს და მთლიანად აირეკლება, საერთოდ

არ გადადის მეორე, ნაკლებად მკვირვ გარემოში. ეს მოვლენა - სრული შინაგანი არეკვლა - განხილული იქნება 4 კვლევაში.

ყოველდღიური დაკვირვებებიდან თქვენთვის ცნობილია სინათლის დაშლა ფერად კომპონენტებად პრიზმაში გავლისას ან წყლის წვეთებზე დაცემისას, რის შედეგად წარმოიქმნება ცისარტყელა. 5 კვლევა დისპერსიის ამ პროცესს განიხილავს.

საბოლოოდ, ოპტიკურ დანადგარების უმრავლესობაში ლინზები არის მნიშვნელოვანი ელემენტი, სათვალისა და დაწყებული მარტივი გამადიდებლით, ბინოკლით, ოპტიკური ტელესკოპითა და მიკროსკოპით დამთავრებული. 6 კვლევაში თქვენ ნახავთ, თუ როგორ ფორმირდება გამოსახულებები ლინზების გამოყენებით. შეამჩნევთ, რომ მკაფიო გამოსახულების მისაღებად აუცილებელია, საგნის ყოველი წერტილიდან გამოსული ყველა სხივი ლინზაში გავლის შემდეგ იკრიბებოდეს გამოსახულების ერთ წერტილში.

კვლევა 1 : სინათლის უამრავი წერტილოვანი წყარო

ხელსაწყოები

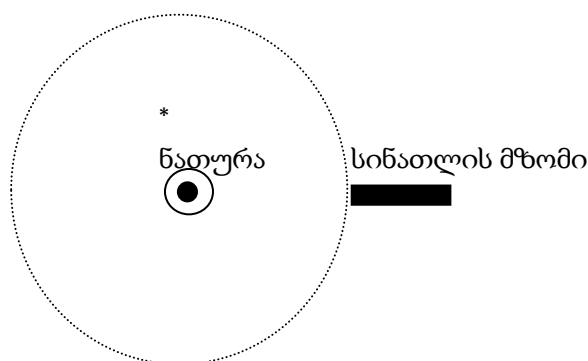
- მინიატურული ნათურა
- დენის წყარო
- ნათურის დამჭერი
- სინათლის ინტენსიურობის გამზომი ხელსაწყო
- სახაზავი
- ლაზერი. ყურადღება : მთავრად ლაზერი თვალს!
- დაფის საშლელი ჩვარი და ცარცის ფხვნილი
- გამჭვირვალე სახაზავი
- მცირე ზომის ქაღალდის ფურცლის დისკო
- გრაფიკული ანალიზის პროგრამული უზრუნველყოფა ან მილიმეტრული ფურცელი

როცა სინათლე გამოსხივდება ან აირეკლება ობიექტის მიერ, მისი ზედაპირის ყოველი წერტილი განიხილება, როგორც სინათლის ახალი წყარო. განვიხილოთ, თუ როგორ გამოსხივდება სინათლე წერტილოვანი წყაროდან სივრცეში. პატარა ნათურის ვარვარების ძაფი მთლად წერტილოვანი წყარო არაა, მაგრამ კარგი მიახლოებაა ამ მოვლენის გამოსაკვლევად.

ვარაუდი 1-1: წერტილოვანი წყაროდან სინათლე ყველა მიმართულებით ვრცელდება. განმარტების მიხედვით, **სინათლის ინტენსიურობა არის სინათლის გავრცელების მიმართულების მართობულ ერთეულ ფართზე მოსული სინათლის სიმძლავრე.** ამ განმარტებაზე დაყრდნობით გამოთქვით მოსაზრება, თუ როგორ შეიცვლება სინათლის ინტენსიურობა წყაროდან დაშორებისას?

აქტივობა 1-1: წერტილოვანი წყაროს ირგვლივ სინათლის ინტენსიურობა.
 დავაკვირდეთ წერტილოვანი წყაროდან წამოსულ სინათლეს სხვადასხვა მიმართულებიდან. ამის გასაკეთებლად საჭიროა გამოვიყენოთ ინტენსიურობის გამზომი ხელსაწყო, რომელიც ზომავს მის ზედაპირზე მყოფ დეტექტორებზე დაცემული სინათლის ინტენსიურობას (ამ დეტექტორებს ფოტოდiodებს ან ფოტოტრანზისტორებს უწოდებენ). სინათლის ინტენსიურობა სინათლის სიკაშკაშესთანაა დაკავშირებული.

1. დაამაგრეთ ნათურა სამაგრზე და შეუერთეთ იგი კვების წყაროს.
2. სახაზავის გამოყენებით სინათლის მზომი დააყენეთ ნათურის ვარვარების ძაფის წინ, მისგან 2,5 სმ-ის დაშორებით. სინათლის მზომი ამოძრავით მანამ, სანამ იგი მაქსიმალურ მნიშვნელობას არ დააფიქსირებს. მიღებული შედეგი ჩაწერეთ ქვევით მოყვანილ ცხრილში. იგივე გაიმეორეთ ნათურის ირგვლივ 2,5 სმ-ით დაშორებული ოთხი სხვადასხვა პოზიციისთვის. მიღებული მნიშვნელობები შეიტანეთ იმავე ცხრილში.



3. იგივე გაიმეორეთ, როცა სინათლის მზომი დაშორებულია 5, 10 , 20 და 40 სმ-ით. ყოველი პოზიციისთვის მცირედ ამოძრავით სინათლის მზომი მაქსიმალური მნიშვნელობის დასაფიქსირებლად.

გაზომვა	ნათურის ვარვარების ძაფისგან დაშორება, R				
	2.5 სმ	5.0 სმ	10.0 სმ	20.0 სმ	40.0 სმ
1					
2					
3					
4					
5					
ინტენსიურობის საშუალო მნიშვნელობა					

4. დახაზეთ ფურცელზე ან გრაფიკული ანალიზის პროგრამის გამოყენებით საშუალო ინტენსიურობის დამოკიდებულების გრაფიკი ვარვარების ძაფიდან მანძილზე.

შეკითხვა 1-1: თვისობრივად აღწერეთ, თუ როგორ იცვლება გაზომილი სინათლის ინტენსიურობა (გამოიყენეთ წინა ცდაში მიღებული შედეგები) ვარვარების ძაფისგან დაშორებისას.

შეკითხვა 1-2: ეცადეთ, სიტყვებით ახსნათ თქვენი დაკვირვება ვარვარების ძაფიდან გამოსხივებული სინათლის გავრცელებაზე არსებული მოსაზრების საფუძველზე (გახსოვდეთ, რომ სინათლის ინტენსიურობა არის სინათლის გავრცელების მიმართულების მართობულ ერთეულ ფართზე მოსული სინათლის სიმძლავრე. რა ფართობზე ვრცელდება წერტილოვანი წყაროდან წამოსული სინათლე?)

1. თუ იყენებთ პროგრამას ფუნქციის დასახაზავად, მოძებნეთ მათემატიკური დამოკიდებულება ინტენსიურობასა და ნათურამდე R მანძილს შორის, გამოიყენეთ მორგების პროგრამული უზრუნველყოფა. თუ არ გაქვთ ზემოთხსენებული პროგრამა, მაშინ შეხედეთ მიღებულ გრაფიკს და გამოიცანით დამოკიდებულება მათ შორის. ამის შემდეგ ააგეთ სხვა გრაფიკები, რათა დარწმუნდეთ თქვენი ვარაუდის სისწორეში.

შეკითხვა 1-3: ინტენსიურობასა და ნათურიდან R დაშორებას შორის რა მათემატიკური დამოკიდებულება აღმოაჩინეთ? ამ დამოკიდებულების ასახსნელად გაიხსენეთ, როგორ ვრცელდება სინათლე ნათურის ვარვარების ძაფიდან (**მინიშნება:** სფეროს ფართობი ტოლია $A = 4\pi R^2$, სადაც R სფეროს რადიუსია).

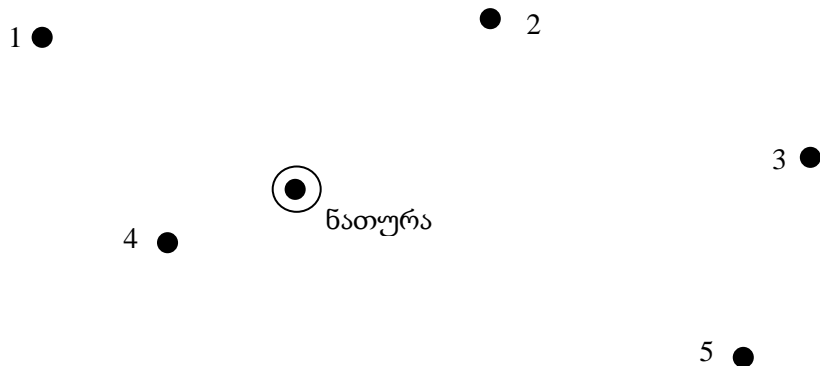
ახლა ვნახოთ, როგორ შეიძლება სინათლის წარმოდგენა სხივების სახით.

აქტივობა 1-2: სინათლის განშლადი და პარალელური სხივები

გეომეტრიულ ოპტიკაში სივრცეში გავრცელებული სინათლე წარმოიდგინება სწორ ხაზად, რომელსაც სხივს ვუწოდებთ. სხივი მიმართულია სინათლის გავრცელების გასწვრივ. სინათლის ტალღური ფრონტი ყოველთვის სხივის მართობულია.

წინა აქტივობაში თქვენ შეისწავლეთ სინათლის წერტილოვანი წყაროს ინტენსიურობა. ახლა ვნახოთ, როგორ შეიძლება წერტილოვანი წყაროდან სივრცეში გავრცელებული სინათლე წარმოვიდგინოთ სხივის სახით.

1. დიაგრამაზე ნათურის ვარვარების ძაფიდან ხუთივე წერტილამდე გაავლეთ სინათლის სხივი.



შეკითხვა 1-4: სიტყვებით აღწერეთ ეს სხივები. რა სახე ექნებათ მათ, როცა ძაფამდე მანძილს გავზრდით?

გაფრთხილება: ლაზერის ნაკადი არასდროს არ უნდა იყოს ვილაცისკენ მიმართული, იგი აზიანებს თვალს.

ახლა დავაკვირდეთ ლაზერის შუქს, რომელიც ოთახში ანათებს. ხელსაყრელი იქნება, თუ ლაზერის შუქის გავრცელების გზაზე ცარცის ფხვნილის მტვერს დავაყენებთ დაფის საშლელი ჩვრის დაბერტყვით.

შეკითხვა 1-5: შესაძლებელია ცარცის ფხვნილის გარეშე ლაზერის შუქის მკაფიოდ დანახვა? რატომ არის ხელსაყრელი ლაზერის შუქის დანახვა ცარცის ნაფხვენის გამოყენებით? თქვენ რეალურად აკვირდებით ლაზერიდან წამოსულ სინათლეს, თუ კიდევ სხვა რაიმე ხდება?

შეკითხვა 1-6: ჩამოთვალეთ, რითი განსხვავდება ლაზერის სინათლე პატარა ნათურის სინათლისგან.

შეკითხვა 1-7: შეადარეთ ერთმანეთს ლაზერისა და ნათურის სინათლის სივრცეში გავრცელება.

2. თქვენს დაკვირვებებზე დაყრდნობით, დახაზეთ ლაზერიდან წამოსული სინათლის რამდენიმე სხივი.



შეკითხვა 1-8: მოელით, რომ სინათლის სხივები გაივლიან 1, 2 და 3 წერტილებს? რითი განსხვავდება თქვენს მიერ დახაზული სინათლის სხივები წერტილოვანი წყაროს მიერ გამოსხივებულისგან (იხილეთ 1 სურათი)?

კომენტარი: წერტილოვანი წყაროდან წამოსული სინათლის სხივები რადიალურად ვრცელდებიან. მათ განშლად სხივებს უწოდებენ და ამბობენ რომ სინათლე შედგება განშლადი სფერული ტალღებისგან (ტალღური ფრონტი წარმოადგენს სფეროს ზედაპირს). ლაზერის სხივები პარალელურები არიან – ისინი თითქმის არ განიბნევიან. მათ პარალელურ სხივებს უწოდებენ. ლაზერის სინათლე შედგება პარალელური სხივებისგან (ტალღური ფრონტი წარმოადგენს სიბრტყეს). ხომ არ არის სხვა შემთხვევა, როდესაც წყაროდან წამოსული სინათლე შესაძლებელია წარმოვიდგინოთ, როგორც პარალელური – ან თითქმის პარალელური – სხივები?

ვარაუდი 1-2: წარმოიდგინე 10 სმ დიამეტრის მქონე წრე, რომელიც მიწაზე დევს. დღე ნათელია და მზე მაღლაა ცაში. მზიდან წრემდე მოსული სინათლის სხივები პატარა ნათურისგან წამოსულ სხივებს ჰგავს თუ ლაზერისგან წამოსულს?

შეამოწმე შენი ვარაუდი.

აქტივობა 1-3: სხივები შორს მყოფი სინათლის წყაროდან

1. პატარა ნათურა და მისი დამჭერი დააყენეთ ოთახში.
2. გაზომეთ მანძილი ნათურიდან თქვენს მაგიდამდე: _____ მ.

შეკითხვა 1-9: როგორ ედრება ეს მანძილი ფურცლისგან გაკეთებული დისკოს დიამეტრს?

3. დაიჭირეთ დისკო ხელში ისე, რომ მისი ზედაპირი ნათურას უყურებდეს.
4. ქვევით მოყვანილ დიაგრამაზე, სახაზავის დახმარებით ფრთხილად გაავლეთ რამდენიმე სინათლის სხივი ვარვარების ძაფიდან დისკომდე.



ნათურა

|
დისკო

შეკითხვა 1-10: იყო თუ არა თქვენი ვარაუდი(1-2) სწორი? როცა შორს მყოფი წყაროდან გამოსხივებული სინათლე ეცემა მცირე ზომის ობიექტს, რა უფრო მიზანშეწონილია: სინათლე წარმოვიდგინოთ, როგორც დაახლოებით პარალელური სხივები (ბრტყელი ტალღა), თუ როგორც განშლადი სხივები (სფერული ტალღა)?

კვლევა 2: სინალის ბუნების გაგება სხივების გამოყენებით.

გეომეტრიული ოპტიკა ძირითადად ეხება ისეთ ოპტიკურ ელემენტებს, როგორებიცაა ლინზები, სარკეები და პრიზმები. უმეტესობა ოპტიკური ელემენტებისა დამზადებულია გამჭვირვალე მასალისგან. ამ თავში ჩვენ დავაკვირდებით (თვისებრივად), თუ რა ხდება, როცა პარალელური სხივები (ბრტყელი ტალღები) და წერტილოვანი წყაროდან წამოსული სინათლე (განშლადი სხივები) ეცემიან ორი გამჭვირვალე გარემოს გამყოფ ბრტყელ ზედაპირს, მაგალითად, ჰაერისა და მინის გამყოფ ზედაპირს. შემდეგ კვლევაში თქვენ შეისწავლით ამ ურთიერთქმედებებს რაოდენობრივად, რომლის შედეგადაც მიხვალთ გარდატეხისა და არეკვლის კანონებამდე.

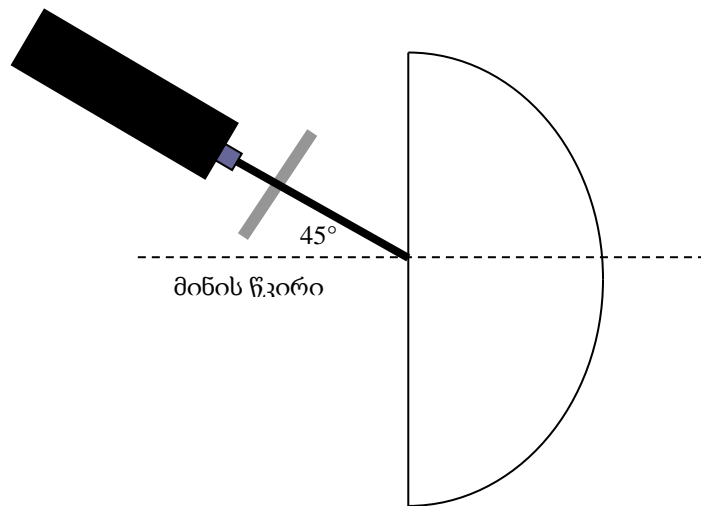
ხელსაწყოები და აღჭურვილობა:

- ლაზერი. ყურადღება: მოარიდეთ ლაზერი თვალს!
- მინის წკირი
- მცირე ზომის ნათურა
- დენის წყარო

- ნათურის დამჭერი
- ოდნავ ამღვრეული სითხით სავსე ნახევრადწრიული გამჭვირვალე კონტეინერი
- დაფის საშლელი ჩვარი და ცარცის ფხვნილი

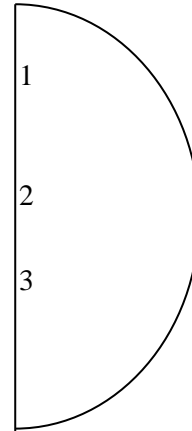
აქტივობა 2-1: პარალელური სხივების ურთიერთქმედება გამჭვირვალე ზედაპირთან.

1. მოამზადეთ ლაზერი, მინის წკირი და გამჭვირვალე კონტეინერი ისე, რომ დაცემული სინათლე მის ბრტყელ ზედაპირთან დაახლოებით 45 გრადუსიან კუთხეს ადგენდეს(იხილე ქვევით მოყვანილი სურათი). (მინის წკირის ერთადერთი ფუნქცია იმაში მდგომარეობს, რომ ლაზერის სხივი ვერტიკალურად გაშალოს. ასეთ დროს ლაზერის სხივი უფრო მარტივი დასანახია ფურცელზე.)
2. დააკვირდი სინათლეს ზედაპირზე დაცემის შემდეგ - როგორც ზედაპირიდან არეკვლილს (ცარცის მტვერი ხელსაყრელი იქნება ამ ცდაში), ისე სითხეში გადასულს (გარდატეხილს).
3. ქვევით მოცემულ დიაგრამაზე დახაზეთ ორივე სხივი (არეკვლილი და გარდატეხილი).



შეკითხვა 2-1: აღწერეთ, თუ რა მოსდის სინათლის სხივებს, როცა ისინი ეცემიან ორი გამჭვირვალე გარემოს გამყოფ ზედაპირს.

ვარაუდი 2-1: რა დაემართება წერტილოვანი წყაროდან გამოსხივებულ სინათლეს, რომელიც დაეცემა გამჭვირვალე კონტეინერს? ქვევით მოყვანილ დიაგრამაზე დახაზეთ თქვენი ვარაუდი წყაროდან გამოსხივებული სამი სხივისთვის, რომლებიც ბრტყელ ზედაპირს სამ სხვადასხვა ადგილას ეცემიან. აჩვენეთ როგორც არეკვლილი, ისე გარდატეხილის სხივები.



შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი.

აქტივობა 2-2: განშლადი სხივების ურთიერთქმედება გამჭვირვალე ზედაპირთან

1. დაამაგრეთ მცირე ზომის ნათურა ისე რომ ის მიმართული იყოს ფურცლის ზევით. გამჭვირვალე კონტეინერი მოათავსეთ ნათურის წინ, როგორც ზევით არის ნაჩვენები.
2. გამოიკვლიეთ არეკვლილი და გარდატეხილი სინათლე.
3. დიაგრამაზე დახაზეთ სხვადასხვა ფერის რამდენიმე სხივი, რომელიც თქვენს ვარაუდს შეესაბამება. (აღნიშნეთ, რომელია თქვენი ვარაუდი და რომელი – დაკვირვების შედეგი)

შეკითხვა 2-2: თქვენი დაკვირვებები თანხმობაში მოდის თქვენს ვარაუდთან? თუ ასე არ მოხდა, ახსენით რატომ.

შეკითხვა 2-3: როგორ გამოიყენებდით ლაზერის სხივს, რომ გეწინასწარმეტყველათ, რა მოუვიდოდა წერტილოვანი წყაროდან გამოსხივებულ ერთ განშლად სხივს?

კვლევა 3: არეკვლისა და გარდატეხის კანონები

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა:

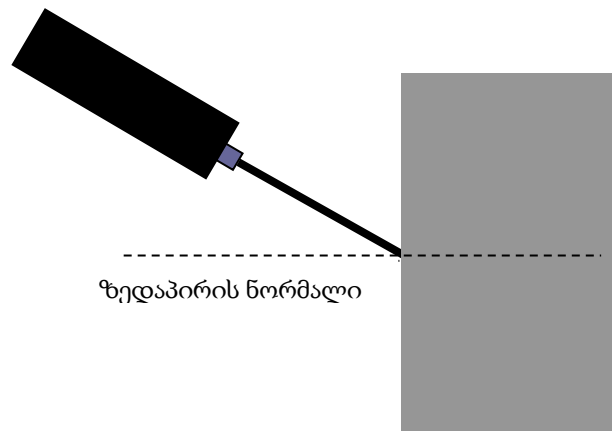
- ლაზერი. ყურადღება: მოარიდეთ ლაზერი თვალს!
- მინის წკირი
- ოდნავ ამღვრეული სითხით სავსე ნახევრადწრიული გამჭვირვალე კონტეინერი
- დაფის საშლელი ჩვარი და ცარცის ფხვნილი

- ფანქარი
- გამჭვირვალე სახაზავი
- ტრანსპორტირი
- გრაფიკული ანალიზის პროგრამული უზრუნველყოფა ან მილიმეტრული ფურცელი

ვარაუდი 3-1: ლაზერის სინათლე ეცემა გამჭვირვალე ნივთიერების ბრტყელ ზედაპირს, როგორც ნაჩვენებია სურათზე. დახაზეთ არეკვლილი სხივის მიმართულება და შეადარეთ იგი დაცემულ სხივს შემდეგი მახასიათებლებით:

1. ზედაპირის ნორმალთან შედგენილი კუთხე
2. სიბრტყე, რომელშიც იგი ვრცელდება
3. ინტენსიურობა

შეამოწმე შენი ვარაუდი.

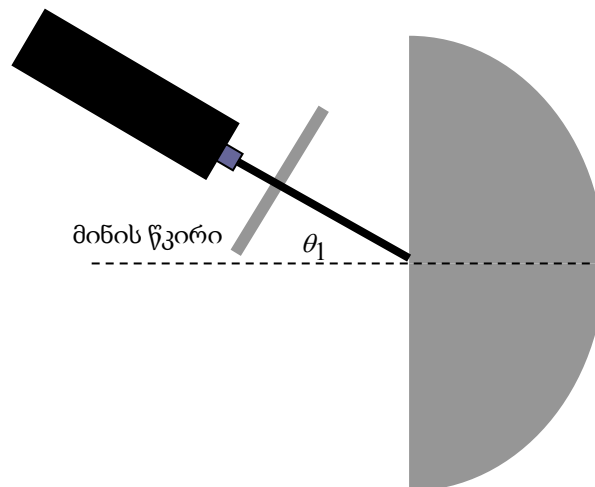


გაფრთხილება: ლაზერის ნაკადი არასდროს არ უნდა იყოს ვილაცისკენ მიმართული, იგი აზიანებს თვალს.

აქტივობა 3-1: არეკვლის კანონები

1. მოათავსეთ კონტეინერი ფურცელზე, როგორც დიაგრამაზეა მოცემული. მოხაზეთ იგი ფანქრის დახმარებით.
2. ლაზერი და მინის წკირი მიმართეთ ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები. ლაზერის კონა რაც შეიძლება ახლოს უნდა იყოს ფურცელთან და მისი სხივები უნდა ეცემოდნენ კონტეინერის ბრტყელ ზედაპირს ცენტრთან ახლოს.
3. დაცემული სხივის გასწვრივ წამახვილებული ფანქრის მეშვეობით ფურცელზე დაიტანეთ ორი წერტილი.

4. მონიშნეთ ზედაპირზე ლაზერის სხივის დაცემის წერტილი.
5. გამოიყენე ცარცის მტვერი არეკვლილი სინათლის კონაზე დასაკვირვებლად. შემდეგ, ყურადღებით და ზუსტად, არეკვლილი სხივის გასწვრივ ფანქრის მეშვეობით ფურცელზე დაიტანეთ ორი წერტილი.
6. აბრუნეთ ლაზერი დაცემის კუთხის შესაცვლელად, მაგრამ ამავდროულად სინათლე ერთსა და იმავე წერტილში უნდა ეცემოდეს. ისევ ყურადღებით და ზუსტად ფურცელზე ორი წერტილით მონიშნეთ როგორც დაცემული, ასევე არეკვლილი სხივები.
7. მოხსენით ფურცელი და სახაზავის გამოყენებით ორივე შემთხვევისთვის დახაზეთ დაცემული და არეკვლილი სხივები. ტრანსპორტირის დახმარებით დახაზეთ ნორმალის ზედაპირზე. შეინახეთ ეს ფურცელი და მიამაგრეთ იგი დანარჩენ ფურცლებს.



8. თითოეული შემთხვევისთვის გაზომეთ დაცემისა (θ_1) და არეკვლის (θ'_1) კუთხეები. მიაქციეთ ყურადღება იმას, რომ კუთხეები იზომება ზედაპირის ნორმალიდან, როგორც სქემაზეა ნაჩვენები და არა თვითონ ზედაპირიდან. მიღებული შედეგები შეიტანეთ ქვევით მოყვანილ ცხრილში. ამასთან ერთად გვერდით მიუწერეთ, თუ რა სიზუსტითაა შესაძლებელი ამ კუთხეების გაზომვა, თუ მოცემული გვაქვს სინათლის კონის სისქე, ხაზის სისქე ა.შ.

	θ_1	θ'_1	სიზუსტის შეფასება
შემთხვევა 1			
შემთხვევა 2			

შეკითხვა 3-1: რა დასკვნის გამოტანა შეგიძლიათ დაცემის და არეკვლის კუთხეებს შორის თანაფარდობის შესახებ?

შეკითხვა 3-2: ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ *დაცემის სიბრტყე*, როგორც სიბრტყე, რომელიც განისაზღვრება დაცემული სინათლის კონითა და გამჭვირვალე კონტეინერის ზედაპირზე აღმართული მართობით. თქვენი ცდის შედეგებზე დაყრდნობით განსაზღვრეთ, იმყოფება თუ არა არეკვლილი კონა იმავე სიბრტყეზე? დაასაბუთეთ მიღებული დასკვნა.

შეკითხვა 3-3: *არეკვლის კანონი* აღწერს დაცემული სინათლის მიმართულებაზე დაყრდნობით არეკვლილი სინათლის კონის მიმართულებას. შეკითხვა 3-1 და 3-2-ის პასუხებზე დაყრდნობით ჩამოაყალიბეთ არეკვლის კანონი.

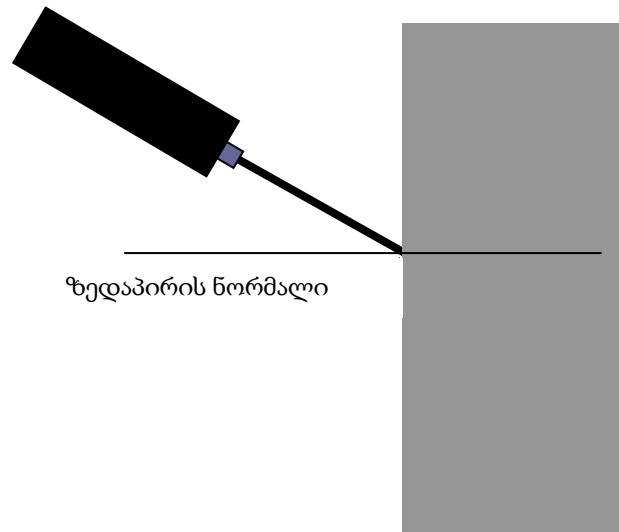
შეკითხვა 3-4: შეადარეთ დაცემული და არეკვლილი სინათლის ინტენსიურობა. რატომ მივიღეთ განსხვავება ინტენსიურობებს შორის?

რას იტყვით გასულ (სითხეში გადასულ) სინათლეზე? რა მიმართულებით ვრცელდება იგი სითხეში (რომელიც მოთავსებულია გამჭვირვალე კონტეინერში)?

ვარაუდი 3-2: ლაზერიდან წამოსული სინათლე ეცემა რაიმე გამჭვირვალე მასალის ბრტყელ ზედაპირს ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები. დახაზეთ პირველ (მარცხენა) გარემოში გავრცელებული სინათლის სხივის მიმართულება. შეადარეთ იგი დაცემულ სხივს შემდეგი მახასიათებლებით:

1. ზედაპირის ნორმალთან შედგენილი კუთხე
2. სიბრტყე, რომელშიც იგი ვრცელდება
3. ინტენსიურობა

შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი.



აქტივობა 3-2: სნელიუსის გარდატეხის განონი

1. აქტივობა 3-1 ის მსგავსად კონტეინერი, ლაზერი და მინის წკირი დადეთ ფურცელზე. ლაზერის სინათლის კონა ბრტყელ ზედაპირს მის ცენტრთან ახლოს უნდა ეცემოდეს.
2. ფანქრის გამოყენებით მოხაზეთ კონტეინერი ფურცელზე.
3. დაცემული სხივის გასწვრივ ფანქრის მეშვეობით ფურცელზე დაიტანეთ ორი წერტილი და აღნიშნეთ ისინი A–თი.
4. აღნიშნეთ წერტილები, სადაც ლაზერის სინათლის კონა ეცემა ზედაპირს.
5. ახლა დააკვირდით ბრტყელ ზედაპირში გასულ სინათლეს და ფანქრით აღნიშნეთ წერტილი, სადაც სხივი ეცემა გამრუდებულ ზედაპირს. ეს წერტილი აღნიშნეთ A–თი.
6. მოაბრუნეთ ლაზერი დაცემის კუთხის შესაცვლელად, ისე რომ სინათლე კონტეინერის ბრტყელ ზედაპირს იმავე (ფანქრით აღნიშნულ) წერტილში ეცემოდეს.
7. ახალი დაცემული სინათლის გასწვრივ ფანქრით ფურცელზე დაიტანეთ ორი წერტილი, როგორც ადრე. აღნიშნეთ ისინი B–თი.
8. ისევ დააკვირდით ზედაპირში გასულ სინათლეს და ფანქრით დაიტანეთ წერტილი, სადაც სხივი ეცემა გამრუდებულ ზედაპირს. აღნიშნეთ იგი B –თი.
9. გაიმეორეთ მე-6, მე-7 და მე-8 პუნქტი მანამ, სანამ არ გექნებათ ექვსი სხვადასხვა დაცემის კუთხე, 0° –ის ჩათვლით (ამ შემთხვევაში ლაზერის სხივი ბრტყელი ზედაპირის მართობულია).
10. მოხსენით ფურცელი და სახაზავის გამოყენებით დახაზეთ ექვსი დაცემული და ექვსი გასული (გარდატეხილი) სხივი და ზედაპირის ნორმალი. შეინახეთ მიღებული შედეგი და მიამაგრეთ იგი დანარჩენ ფურცლებს.

შეკითხვა 3-5: შეადარეთ ერთმანეთს დაცემული და ზედაპირში გასული სხივების მიერ ნორმალთან შედგენილი კუთხეები. თუ ერთერთი ყოველთვის უფრო მცირეა, აღწერეთ, რომელი.

კომენტარი: სინათლის სხივების „გამრუდებას“, როცა ისინი ერთი გამჭვირვალე გარემოდან (მაგ.: ჰაერი) მეორეში (მაგ.: გამჭვირვალე კონტეინერში მყოფი სითხე) გადადიან, გარდატეხა ეწოდება. ზედაპირში გასულ სინათლეს გარდატეხილს უწოდებენ, და მასსა და ნორმალს შორის კუთხეს კი – გარდატეხის კუთხეს.

11. თითოეული შემთხვევისთვის გაზომეთ დაცემისა (θ_1) და გარდატეხის (θ_2) კუთხე. მიღებული შედეგები ჩაწერეთ ქვევით მოყვანილ ცხრილში. ამასთან ერთად, გვერდით მიუწერეთ, თუ რა სიზუსტითაა შესაძლებელი ამ კუთხეების გაზომვა.
12. ცხრილში ჩაწერეთ $\sin \theta_1$ და $\sin \theta_2$ -ის მნიშვნელობები.
13. გრაფიკული ანალიზის პროგრამით ან მილიმეტრული ფურცლის გამოყენებით დახაზეთ გრაფიკი. გამოიყენეთ მორგების პროგრამა $\sin \theta_1$ და $\sin \theta_2$ -ს შორის დამოკიდებულობის საპოვნელად (ან იპოვეთ იგი გრაფიკულად). მილიმეტრული ფურცელი, რომელზეც დახაზული გრაფიკია დატანებული, მიამაგრეთ დანარჩენ ფურცლებს.

	θ_1	$\sin \theta_1$	θ_2	$\sin \theta_2$	სიზუსტის შეფასება
შემთხვევა A					
შემთხვევა B					
შემთხვევა C					
შემთხვევა D					
შემთხვევა E					
შემთხვევა F					

შეკითხვა 3-6: თქვენი ანალიზიდან გამომდინარე, რა დამოკიდებულებაა $\sin \theta_1$ -სა და $\sin \theta_2$ -ს შორის? დაწერეთ ეს დამოკიდებულება, როგორც მათემატიკური განტოლება.

კომენტარი: სნელიუსის გარდატეხის კანონი აყალიბებს θ_1 და θ_2 კუთხეებს შორის დამოკიდებულებას. ის ამბობს რომ: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, სადაც n_1 და n_2 –ს ეწოდებათ *გარდატეხის მაჩვენებლები*, რომლებიც აღწერენ ამ ორი გარემოს ოპტიკურ თვისებებს.

შეკითხვა 3-7: თქვენს მიერ მიღებულ გრაფიკის მიხედვით (იმის გათვალისწინებით, რომ გარდატეხის მაჩვენებელი ჰაერისთვის არის 1,00), რას უდრის გარდატეხის მაჩვენებელი გამჭვირვალე კონტეინერში მყოფი სითხისთვის? გამოიყენეთ გრაფიკიდან მიღებული მონაცემები და არა ცხრილიდან აღებული ინდივიდუალური მნიშვნელობები. აჩვენეთ და ახსენით გამოთვლები.

კვლევა 4: სრული შინაგანი არეკვლა

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა:

- ლაზერი. ყურადღება: მოარიდეთ ლაზერი თვალს!
- მინის წკირი
- ოდნავ ამღვრეული სითხით სავსე ნახევრადწრიული გამჭვირვალე კონტეინერი
- დაფის საშლელი ჩვარი და ცარცის ფხვნილი
- ფანქარი
- გამჭვირვალე სახაზავი
- ტრანსპორტირი
- გრაფიკული ანალიზის პროგრამული უზრუნველყოფა ან მილიმეტრული ფურცელი

დღესდღეობით, სატელეფონო ზარების უმრავლესობა ოპტიკურ–ბოჭკოვან კაბელებში ვრცელდება (ნაწილობრივ მაინც), როგორც სინათლის სიგნალი. მიკრო თუ რადიო ტალღებისგან განსხვავებით, სინათლის ტალღის დიდი სიხშირის გამო, ამ კაბელებს შეუძლიათ უფრო მეტი სატელეფონო გზავნილების გადატანა, ვიდრე მეტალის სადენებს.

მაგრამ, როგორ შეუძლია სინათლეს გამჭვირვალე მინის ოპტიკურ–ბოჭკოვან კაბელში ისე გავრცელდეს, რომ არასდროს „გაჟონოს“ მისგან? ამ კვლევაში, თქვენ განიხილავთ სრულ შინაგან არეკვლას - მოვლენას, რომელიც საშუალებას აძლევს სინათლეს გავრცელდეს ოპტიკურ ბოჭკოში შორ მანძილებზე.

აქტივობა 3-2-ში თქვენ მოიპოვეთ მონაცემები სინათლისთვის, რომელიც ვრცელდებოდა ჰაერში, რომლის გარდატეხის მაჩვენებელი იყო 1,00 ($n_1 = 1.00$) და რომელიც გარდატეხებოდა წყალში, რომლის გარდატეხის მაჩვენებელია 1,33 ($n_2 = 1.33$). სხვა სიტყვებით, $n_2 > n_1$.

შეკითხვა 4-1: აქტივობა 3-2 ში მიღებულ მონაცემებზე დაყრდნობით, რომელი კუთხეა ყოველთვის უფრო მეტი – θ_2 თუ θ_1 ? თქვენი პასუხი ახსენით სნელიუსის კანონის გამოყენებით: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$. (შენიშვნა: გახსოვდეთ რომ კუთხეები გაზომილია ნორმალიდან და არა თვითონ ზედაპირიდან).

კომენტარი: როდესაც სინათლე გარდატეხება დაბალი გარდატეხის მაჩვენებლიანი გარემოდან მაღალი გარდატეხის მაჩვენებლიან გარემოში (ანუ, ოპტიკურად ნაკლებად მკვრივი გარემოდან მეტად მკვრივში), გარდატეხილი სხივი უახლოვდება მართობს.

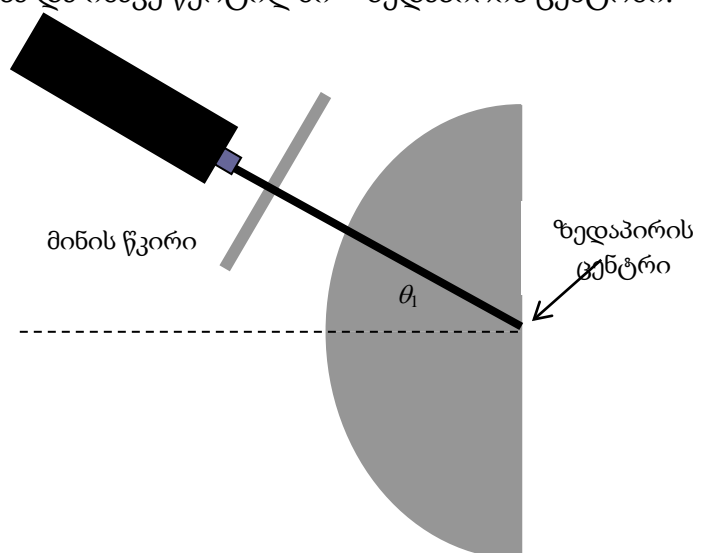
ვარაუდი 4-1: დავუშვათ, რომ წყალში გავრცელებული ლაზერის შუქი გარდატეხება ჰაერის ზედაპირზე (ამ შემთხვევაში სინათლე გადადის ოპტიკურად მეტად მკვრივი გარემოდან ოპტიკურად ნაკლებად მკვრივ გარემოში – $n_1 > n_2$). ამ შემთხვევაში, რომელი კუთხე უფრო დიდი იქნება – θ_2 თუ θ_1 ? (ისევ უნდა აღინიშნოს რომ: კუთხეები გაზომილია ზედაპირზე აღმართული მართობიდან და არა თვითონ ზედაპირიდან. მინიშნება: გამოიყენეთ სნელიუსის კანონი).

შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი.

აქტივობა 4-1: ნაკლებად მკვრივ გარემოში გარდატეხა

კონტეინერი, ლაზერი და მინის წკირი დადეთ ფურცელზე, როგორც დიაგრამაზეა ნაჩვენები. აირჩიეთ θ_1 -ს საწყისი მნიშვნელობა 20-30°. ლაზერის სინათლის კონა ბრტყელ ზედაპირს მის ცენტრთან ახლოს უნდა ეცემოდეს.

ამჯერად ლაზერის სხივი კონტეინერის გამრუდებულ ზედაპირს ეცემა. ამ აქტივობაში, სინათლის კონამ აუცილებლად უნდა იმოძრაოს რადიუსის გასწვრივ. ამდენად, დაცემის კუთხის ნებისმიერი θ_1 მნიშვნელობისთვის კონა ყოველთვის დაეცემა ბრტყელ ზედაპირს ერთსა და იმავე წერტილში – ზედაპირის ცენტრში.



შეკითხვა 4-2: რატომ არის აუცილებელი სინათლის სხივის რადიუსის გასწვრივ ვრცელდებოდეს? (მინიშნება: ამ შემთხვევაში, სნელიუსის კანონის მიედვით, რა არის დაცემისა და გარდატეხის კუთხეები გამრუდებულ ზედაპირზე?)

2. დააკვირდი გარდატეხილი სინათლის კონის გავრცელების მიმართულებას.

შეკითხვა 4-3: თვისებრივად შეადარეთ ერთმანეთს θ_2 და θ_1 . რომელი უფრო დიდია? ემთხვევა თუ არა მიღებული პასუხი 4-1 ვარაუდს? ახსენით მიღებული შედეგი.

ვარაუდი 4-2: დავუშვათ, ლაზერის მოძრაობის საშუალებით ვზრდით დაცემის კუთხეს- θ_1 -ს. რა მოუვა არეკვლის θ_2 კუთხეს?

ვარაუდი 4-3: მოიძებნება თუ არა დაცემის ისეთი კუთხე, როდესაც წყლიდან ჰაერში არანაირი სინათლე არ გადავა? რისი ტოლია ეს კუთხე? (მინიშნება: გახსოვდეთ, რომ θ_2 არ აღემატება 90° -ს. გამოთვალეთ შესაბამისი θ_1).

3. ლაზერის მოძრაობის მეშვეობით გაზარდეთ θ_1 . ლაზერის სინათლის კონა ყოველთვის უნდა ვრცელდებოდეს რადიუსის გასწვრივ. დააკვირდი გარდატეხილ სხივს, როცა θ_1 -ს ნელ-ნელა გავზრდით დაახლოებით 60° -მდე.

შეკითხვა 4-4: აღწერეთ, თუ რა დაემართა θ_2 -ს, როცა θ_1 გავზარდეთ.

შეკითხვა 4-5: რას იტყვით 4-2 - ვარაუდზე? არსებობს თუ არა კუთხის ისეთი მნიშვნელობა θ_1 , რომელზეც გარდატეხა არ ხდება, რომლისთვისაც სინათლე მთლიანად წყალშივე ირეკლება?

**აქტივობა 4-2: გასული სინათლის „გაუჩინარება“ –
რაოდენობრივი ხედვა.**

1. აქტივობა 4-1-ში გამოყენებული დანადგარის მსგავსად, 3-2 აქტივობის მეთოდის გამოყენებით, რამდენიმე დაცემული სხივისთვის იპოვეთ θ_1 და მისი შესაბამისი θ_2 . ცხრილში შეიტანეთ თქვენს მიერ მიღებული შედეგები.
2. ყურადღებით დააფიქსირეთ და გაზომეთ დაცემის იმ კუთხის მნიშვნელობაც, რომლისთვისაც არ იარსებებს გარდატეხილი სხივი. შეიტანეთ ამ კუთხის მნიშვნელობა ცხრილში.

	θ_1	θ_2	სიზუსტის შეფასება
შემთხვევა 1			
შემთხვევა 2			
შემთხვევა 3			
გასული სხივი არ არის			

შეკითხვა 4-6: როგორ ეთანხმება თქვენს მიერ გაზომილი θ_1 კუთხის მნიშვნელობა, რომლისთვისაც არ გვაქვს გარდატეხილი სინათლე, 4-3 ვარაუდში გამოთვლილ კუთხეს?

კომენტარი: კრიტიკული კუთხე ეწოდება დაცემის კუთხეს, რომლის დროსაც ხდება სრული შინაგანი არეკვლა. დაიმახსოვრეთ, რომ სრული შინაგანი არეკვლის დროს ენერგიის კარგვა არ ხდება: მთელი დაცემული სინათლის ინტენსიურობა ირეკლება უკან, ოპტიკურად უფრო მკვრივ გარემოში.

შეკითხვა 4-7: ახსენით, სრული შინაგანი არეკვლის მოვლენა როგორ ქმნის საფუძველს სინათლის „მილსადენების“, ანუ ოპტიკური ბოჭკოების შესაქმნელად, რომელშიც სინათლე გაჟონვის გარეშე ვრელდება დიდ მანძილზე. თქვენი იდეების საილუსტრაციოდ დახაზეთ სქემები.

კვლევა 5: რეფრაქცია (გარდატეხა), დისპერსია, სრული შინაგანი არეკვლა და ცისარტყელა.

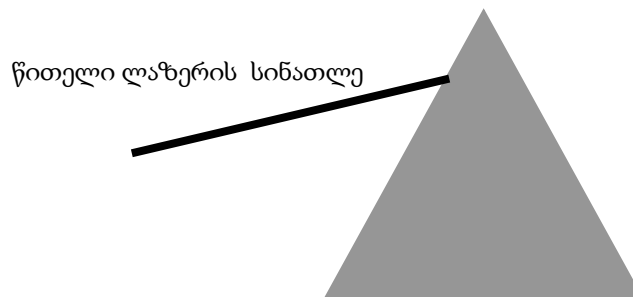
ხელსაწყოები და აღჭურვილობა:

- ლაზერი ყურადღება: მოარიდეთ ლაზერი თვალებს!
- ფარანი ვიწრო ჭვრიტეთი
- პრიზმა
- მყარი გამჭვირვალე ცილინდრი.

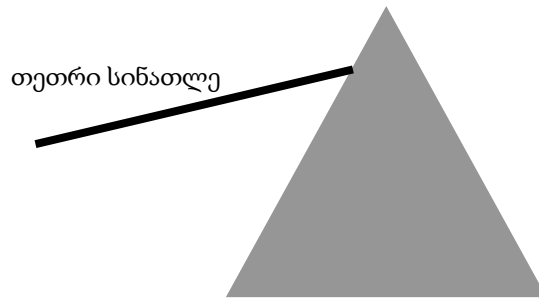
მზის ან ნებისმიერი სხვა წყაროს მიერ გამოსხივებული თეთრი სინათლე შეიცავს ყველა ფერს იისფერიდან, რომელსაც უმცირესი ტალღის სიგრძე გააჩნია, წითლამდე, რომელსაც უდიდესი ტალღის სიგრძე აქვს. უმეტესობა ნივთიერებისთვის სხვადასხვა ფერის სინათლის გარდატეხის მაჩვენებელი მცირედ განსხვავდება ერთმანეთისგან. ამ მოვლენას ეწოდება *დისპერსია*.

ვარაუდი 5-1: სნელიუსის კანონზე დაყრდნობით, თუ ნივთიერების გარდატეხის მაჩვენებელი განსხვავებულია სხვადასხვა ტალღის სიგრძის სინათლისთვის, რა შედეგი ექნება ამას სხვადასხვა ფერის სინათლის გარდატეხისას?

ვარაუდი 5-2: დავუშვათ, რომ წითელი სინათლე ეცემა მინის სამკუთხა პრიზმას – როგორც სურათზეა ნაჩვენები. დახაზეთ და აღწერეთ გარდატეხილი სინათლე, რომელიც გამოდის პრიზმის მეორე წახნაგისგან.



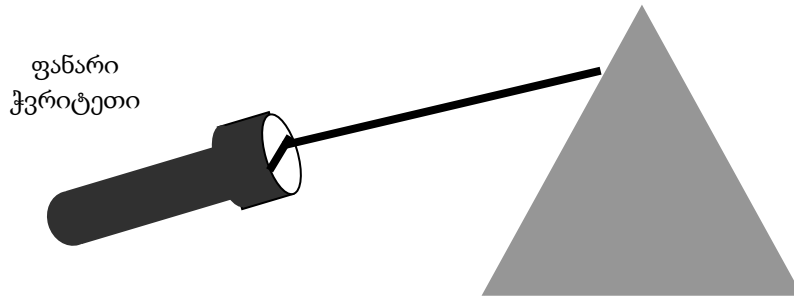
ვარაუდი 5-3: დავუშვათ, რომ თეთრი სინათლის ვიწრო კონა ეცემა პრიზმას, როგორც სურათზეა ნაჩვენები. დახაზეთ და აღწერეთ გარდატეხილი სინათლე, რომელიც გამოდის პრიზმის მეორე წახნაგიდან. (**შენიშვნა:** დისპერსიის გამო, სხვადასხვა ფერის სინათლის გარდატეხის მაჩვენებელი განსხვავებულია ერთმანეთისგან. გამოიცანით, გარდატეხის მაჩვენებელი უდიდესი იქნება წითელი სინათლისთვის თუ იისფერისთვის. ჩამოაყალიბეთ თქვენი მიხვედრა და მასზე დააფუძნეთ თქვენი ვარაუდი.)



შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი.

აქტივობა 5-1: თეთრი სინათლის დისპერსია პრიზმაში.

1. მოათავსეთ ფარანი, ვიწრო ჭვრიტე და პრიზმა, ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები.



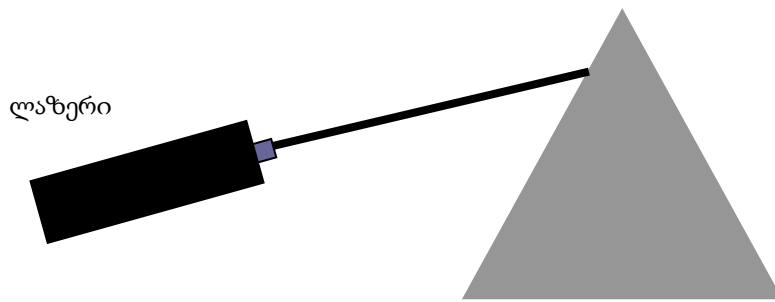
2. დააკვირდით პრიზმის მარჯვენა მხრიდან გამოსულ სინათლეს. შეხედეთ პრიზმის უკანა ნაწილს, თქვენი თვალი ამოძრავეთ ზევით–ქვევით, რათა დააკვირდეთ ყველაფერს.
3. დახაზეთ ზევით, პრიზმის მარჯვნივ, თქვენს მიერ დაკვირვებული გარდატეხის სურათი. ფერები აუცილებლად მონიშნეთ.

შეკითხვა 5-1: შეადარეთ ჩატარებული ცდა 5-1 და 5-3 ვარაუდებს. ხედავთ ცისარტყელას? პრიზმაში გავლისას რომელი ფერი უფრო მეტად გარდატყდება და რომელი - უფრო ნაკლებად?

შეკითხვა 5-2: ამ ცდაზე დაყრდნობით, წითელი სინათლისთვის უფრო მეტია გარდატეხის მაჩვენებელი თუ იისფერისთვის?

აქტივობა 5-2: ლაზერის სინათლის დისპერსია პრიზმაში

1. მოათავსეთ ლაზერი და პრიზმა ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები.



2. მოარიდეთ ლაზერი თვალებს! ფურცლის გამოყენებით გამოიკვლიეთ პრიზმის მარჯვნიდან გამოსული სინათლე. ამოძრავეთ ფურცელი, რათა უკეთესად გამოიკვლიოთ ყველაფერი.

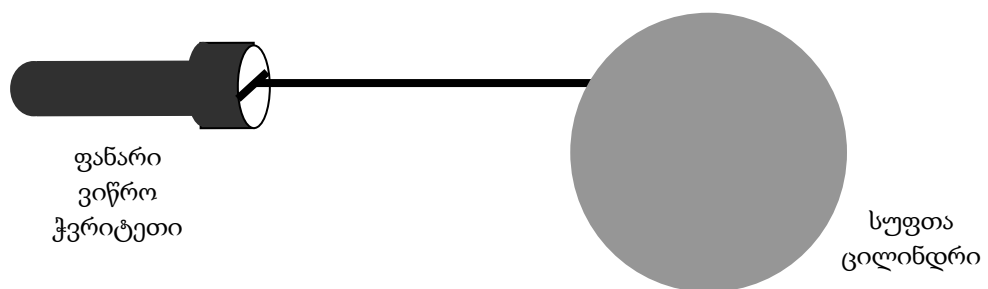
3. დახაზეთ ზევით, პრიზმის მარჯვნივ, თქვენს მიერ დაკვირვებული გარდატეხის სურათი. ფერები აუცილებლად მონიშნეთ.

შეკითვა 5-3: შეადარეთ ჩატარებული ცდა 5-2 ვარაუდს. ხედავთ ცისარტყელას? ახსენით, თუ რით განსხვავდება ეს ცდა ფარანის თეთრი სინათლით ჩატარებული ცდისგან.

აქტივობა 5-3: ცისარტყელა

ახლა თქვენ მზად ხართ განიხილოთ, თუ როგორ წარმოიქმნება ლამაზი ცისარტყელა ცაში სფერული ფორმის წყლის წვეთში სინათლის გარდატეხის, დისპერსიისა და სრული შინაგანი არეკვლის გამო.

1. მოათავსეთ ფანარი, ჭკრიტე და სუფთა ცილინდრი ისე როგორც სურათზეა მოცემული.



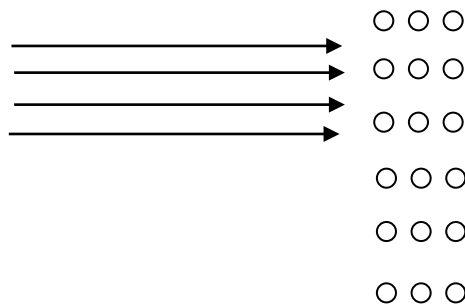
2. ამოძრავეთ ფურცელი სუფთა ცილინდრის ირგვლივ და დააკვირდით ნებისმიერ გასულ სინათლის ფერს (ფერებს) და ასევე მათი დაკვირვების მიმართულებას (ასევე შეგიძლიათ ჩაიხედოთ ცილინდრში).

3. დიაგრამაზე დახაზეთ თქვენი დაკვირვება, რომელშიც მიუთითეთ ცილინდრიდან გამოსული სინათლის მიმართულება. ფერები აუცილებლად მონიშნეთ.

შეკითხვა 5-4: აღწერეთ ჩატარებული ცდა. დაინახეთ ცისარტყელა? თუ კი, მაშინ რა მიმართულებით გამოჩნდა იგი?

შეკითხვა 5-5: რეფრაქციის (გარდატეხის), დისპერსიისა და სრული შინაგანი არეკვლის გამოყენებით ახსენით თქვენს მიერ ჩატარებული ცდა. დახატეთ დიაგრამა და დახაზეთ სინათლის სხივები ცილინდრის შიგნით.

შეკითხვა 5-6: ქვევით, დიაგრამაზე, წრეები წარმოადგენენ ღრუბელში არსებულ წყლის წვეთებს, სხივები კი მზიდან მოსულ სინათლეს. სად უფრო ხელსაყრელია დადგომა ცისარტყელის დასაკვირვებლად? ახსენით ამ აქტივობაში ჩატარებული დაკვირვებების გამოყენებით.



შეკითხვა 5-7: ამ აქტივობაში თქვენ გამოიყენეთ სუფთა ცილინდრი, მაგრამ წვიმის წვეთები, ცხადია, სფერული ფორმისაა. ახსენით, რატომ წარმოქმნიან შეკითხვა 5-6-ის მიხედვით დალაგებული წვიმის წვეთები ნახევრადწრიულ ფერად რკალს?

კვლევა 6: გამოსახულების ფორმირება ლინზების საშუალებით

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა:

- ორი მინიატურული ნათურა.
- კვების წყარო
- სავარცხელი
- ცილინდრული ლინზა
- მწვანე ფილტრი

როცა სინათლე ეცემა ან აირეკლება ობიექტისგან, მისი(ობიექტის) ყოველი წერტილი სინათლის ახალ წყაროდ განიხილება. მისი ყოველი წერტილიდან

წამოსული სინათლე ვრცელდება მთელს სივრცეში ყველა მიმართულებით. იმისათვის, რომ გავიგოთ, თუ რას ვხედავთ ჩვენ ან რა გამოსახულება ფორმირდება ლინზისა თუ სარკის გამოყენებით, ჩვენ უნდა დავაკვირდეთ, თუ რა მოსდის ყველა ამ წერტილიდან წამოსულ სინათლეს. მიუხედავად იმისა, რომ ნათურის ვარვარების ძაფი წერტილოვანი წყარო არ არის, იგი საკმაოდ მცირე ზომისაა კარგი მიახლოების გასაკეთებლად.

სიმარტივისთვის, ამ აქტივობაში თქვენ გამოიყენებთ ობიექტის მხოლოდ ორი წერტილიდან წამოსულ სხივებს.

აქტივობა 6-1: მარტივი ნამდვილი გამოსახულება

წარმოიდგინეთ, რომ ქვევითა გვერდზე ნაჩვენები ისარი არის განათებული(იგი ან სინათლის წყაროა, ან სინათლე ირეკლება მისგან). ისრის ყოველი წერტილიდან ყველა მიმართულებით ვრცელდება სინათლე.



სიმულაციისთვის მოათავსეთ პატარა ნათურები ისრის თავსა და ბოლოში. ეს ნათურები წარმოადგენენ ისრის წერტილებს, რომლებიც ასხივებენ სინათლეს.

1. ერთი პატარა ნათურა მიამაგრეთ ისრის ბოლოს, ხოლო მეორე – ისრის თავში, ისე რომ ორივე ნათურა იყურება ფურცლის ზევით. (ცილინდრული ლინზა ჯერ არ დადოთ ფურცელზე)
2. პირველი ნათურა მიუერთეთ დენის წყაროს და ჩართეთ. აღწერეთ, როგორ იქცევა პირველი ნათურიდან წამოსული სინათლე. გამორთეთ პირველი ნათურა და ჩართეთ მეორე. ისევ აღწერეთ, თუ როგორ იქცევა მიგან წამოსული სინათლე.
3. მოათავსეთ ცილინდრული ლინზა დიაგრამაზე ნაჩვენებ ნახევრადწრიულ კონტურზე. დიაგრამაზე დახაზეთ სინათლის ის კონა, რომელიც გამოდის ლინზიდან მაშინ, როცა ჩართულია მხოლოდ მეორე ნათურა.
4. მოათავსეთ სავარცხელი ლინზასა და ნათურას შუაში, ლინზის ბრტყელი ზედაპირის პარალელურად, ისე რომ სინათლე დანაწევრდეს სხივებად.

შეკითხვა 6-1: აღწერეთ, როგორ მოქმედებს ლინზა მეორე ნათურიდან წამოსულ სხივებზე. როგორია მათი მიმართულება, როცა ისინი გამოსხივდებიან მეორე ნათურისგან (განშლადი, პარალელური, კრებადი) და როგორია მათი მიმართულება ლინზაში გავლის შემდეგ?

5. მონიშნეთ X-ით ის წერტილი, სადაც ფორმირდება მეორე ნათურის გამოსახულება (სადაც მეორე ნათურისგან წამოსული სინათლის სხივები იკრიბებიან ლინზაში გავლის შემდეგ)

შეკითხვა 6-2: მეორე ნათურისგან წამოსული სხივები ლინზის წინა ზედაპირის მხოლოდ ნაწილს ეცემიან თუ მის მთელ ზედაპირს?

6. გამორთეთ მეორე ნათურა, ჩართეთ პირველი და გაიმეორეთ (5)
7. ახლა ერთდროულად ჩართეთ ორივე ნათურა. მეორე ნათურის წინ მოათავსეთ მწვანე ფილტრი, რათა მარტივად გაარჩიოთ ორი ნათურიდან წამოსული სინათლე. დახაზეთ

ისარი ფურცელზე იმ ადგილას, სადაც უნდა იყოს გამოსახულება ლინზაში გავლის შემდეგ.

შეკითხვა 6-3: მიღებული გამოსახულება შებრუნებული უნდა იყოს თუ პირდაპირი? საიდან იცით?

შეკითხვა 6-4: ისრის გამოსახულება გადიდებულია თუ შემცირებული ორიგინალთან შედარებით?

ვარაუდი 6-1: დავუშვათ, რომ თქვენ გადაადგილეთ ლინზა ისრიდან შორს. როგორ შეიცვლება ამ დროს მიღებული გამოსახულება?

ვარაუდი 6-2: დავუშვათ, რომ თქვენ ლინზა ისართან ახლოს მოიტანეთ. როგორ შეიცვლება ამ დროს მიღებული გამოსახულება?

შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდები

8. გადაადგილეთ ლინზა ნათურებიდან შორს.

შეკითხვა 6-5: აღწერეთ, რა მოუვა გამოსახულებას. ამჯერად იგი გადიდებულია თუ შემცირებული? რატომ?

9. გადასწიეთ ლინზა ნათურებთან ახლოს.

შეკითხვა 6-6: აღწერეთ, რა მოუვა გამოსახულებას. ამჯერად იგი გადიდებულია თუ შემცირებული? რატომ?

შეკითხვა 6-7: მოიძებნება თუ არა ლინზის ისეთი მდებარეობა ნათურასთან ახლოს, რომლის შემდეგაც გამოსახულება აღარ მიიღება? ჩაატარეთ ექსპერიმენტი და ახსენით იგი.

ვარაუდი 6-3: დავუშვათ, რომ ღია ბარათით ნახევრად დაფარეთ ლინზის ზედაპირის ის ნაწილი, რომელიც უყურებს ისარს. ე.ი. დაფარეთ ლინზის ზედა ან ქვედა ნახევარი ისე, როგორც დიაგრამაზეა ნაჩვენები. როგორ შეიცვლება მიღებული გამოსახულება? მიიღება თუ არა ისრის მთლიანი გამოსახულება?

10. დააბრუნეთ ლინზა უკან კონტურზე. ღია ბარათით დაფარეთ ლინზის ნახევარი (ზევითა ან ქვევითა ნაწილი, როგორც დიაგრამაზეა ნაჩვენები).

შეკითხვა 6-8: დაწვრილებით აღწერეთ, თუ რა დაემართა გამოსახულებას. აღწერეთ თქვენი დაკვირვება. ამისთვის გაიხსენეთ, რა მოსდის თითოეული ნათურიდან წამოსულ სინათლის სხივებს, რომლებიც ეცემიან ლინზის დაუფარავ ნაწილს.

ვარაუდი 6-4: დავუშვათ, რომ ფურცლით დაფარეთ ისრისკენ მიმართული ლინზის ზედაპირის ცენტრი. როგორ შეიცვლება ამ შემთხვევაში გამოსახულება? ამჯერადაც წარმოიქმნება ისრის სრული გამოსახულება?

11. ლინზის ცენტრი დაფარეთ ფურცლის ნაჭრით

შეკითხვა 6-9: დაწვრილებით აღწერეთ, რა დაემართა მიღებულ გამოსახულებას. ახსენით თქვენი დაკვირვება. ამისთვის გაიხსენეთ, რა მოსდით თითოეული ნათურიდან წამოსულ სინათლის სხივებს, რომლებიც ლინზის დაუფარავ ნაწილს ეცემიან.

ვარაუდი 6-5: დავუშვათ, თქვენ ისრის წინა ნახევარი დაფარეთ ფურცლის ნაჭრით. როგორ შეიცვლება ამ შემთხვევაში მიღებული გამოსახულება? ამჯერადაც წარმოიქმნება ისრის სრული გამოსახულება?

12. დაფარეთ ნათურა(პირველი ნათურა) ღია ბარათით.

შეკითხვა 6-10: დაწვრილებით აღწერეთ, რა მოუვიდა გამოსახულებას. ახსენით თქვენი დაკვირვება. ამისთვის გაიხსენეთ, რა მოსდით ნათურებიდან წამოსულ სხივებს.

ვარაუდი 6-6: დავუშვათ, რომ ლინზა მოაცილეთ. როგორ შეიცვლება ამ შემთხვევაში მიღებული გამოსახულება? წარმოიქმნება თუ არა ისრის მთლიანი გამოსახულება?

13. მოაცილეთ ლინზა.

შეკითხვა 6-11: დაწვრილებით აღწერეთ, რა დაემართა მიღებულ გამოსახულებას.

შეკითხვა 6-12: ახსენით ლინზის მნიშვნელობა გამოსახულების ჩამოყალიბებაში. აღწერეთ, როგორ მოქმედებს ლინზა ობიექტის თითოეული წერტილიდან წამოსულ სინათლეზე.

მოდული 1

შესავალი გეომეტრიულ ოპტიკაში

ინტერაქტიული სალექციო
დემონსტრაცია.
სტუდენტის ფურცელი

დააბრუნეთ ეს ფურცელი სახელი _____

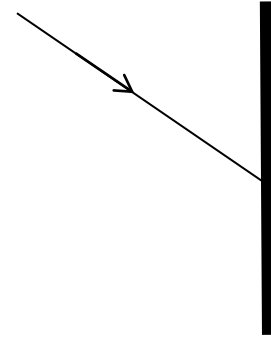
ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციები. ვარაუდების ფურცელი –
სინათლის არეკვლა და გარდატეხა.

ინსტრუქცია: ეს ფურცელი შეგროვებულ იქნება. ფურცლის ზევით დაწერეთ
თქვენი სახელი, რათა დაადასტუროთ თქვენი მონაწილეობა ამ
დემონსტრაციებში. მიყევით თქვენი ინსტრუქტორის მითითებებს. მიბმულ
შედეგების ფურცელზე შეგიძლიათ დაწეროთ ყველაფერი, რაც მოგესურვებათ და
თან წაიღოთ.

დემონსტრაცია 1: სინათლე ეცემა ბრტყელ სარკეს
(რომლის მსგავსი ჰკიდია თქვენს სააბაზანოში), როგორც
სურათზეა ნაჩვენები. სინათლის სხივი ამ ფურცლის
სიბრტყეშია.

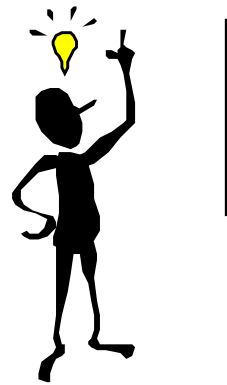
აღმართეთ სარკის ზედაპირის მართობი იმ წერტილში,
სადაც სხივი ეცემა.

იწინასწარმეტყველეთ არეკვლილი სხივის
მიმართულება და დახაზეთ იგი დიაგრამაზე.
არეკვლილი სხივი იმავე სიბრტყეში უნდა იყოს?



დემონსტრაცია 2: თქვენ საკმაოდ
ახლოს დგახართ თქვენს აბაზანაში
დაკიდებულ სარკესთან და ხედავთ
თქვენს გამოსახულებას სარკეში.
დახატეთ სარკეში მიღებული
სავარაუდო გამოსახულება
დიაგრამაზე. ამასთან აჩვენეთ:

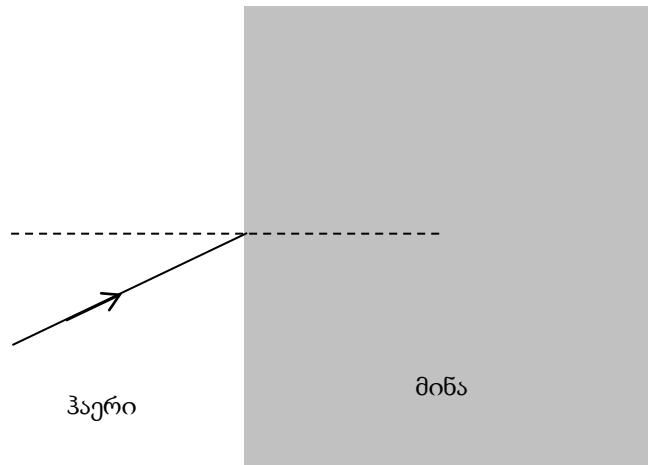
- გამოსახულების მდებარეობა
- გამოსახულების მიმართულება
- გამოსახულების სიმაღლე
- მიღებულ გამოსახულებაზე
ისრებით აღნიშნეთ, თუ თქვენი
სხეულის რა ნაწილს
დაინახავთ



დემონსტრაცია 3: სინათლის სხივი ეცემა მინის ფირფიტის ზედაპირს.

ჰაერს უფრო მეტი გარდატეხის მაჩვენებელი აქვს თუ მინას?

დიაგრამაზე დახაზეთ არეკვლილი და გარდატეხილი სხივების სავარაუდო მიმართულება.



დემონსტრაცია 4: სინათლის სხივი მართობულად ეცემა მინის ფირფიტის ზედაპირს.

იწინასწარმეტყველეთ, თუ დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი აირეკლება (100% -თან ახლოს, 50%-თან ახლოს თუ 50%-ზე გაცილებით მცირე).

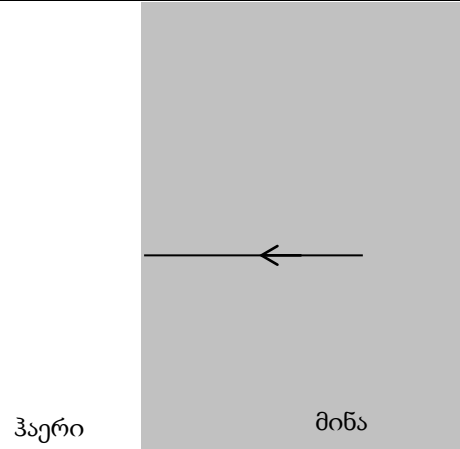
იწინასწარმეტყველეთ, თუ დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი გარდატეცდება (100% -თან ახლოს, 50%-თან ახლოს თუ 50%-ზე გაცილებით მცირე).



დემონსტრაცია 5: დავუშვათ, რომ სინათლის სხივი, რომელიც ვერცელდება მინაში, მართობულად ეცემა ჰაერისა და მინის გამყოფ ზედაპირს.

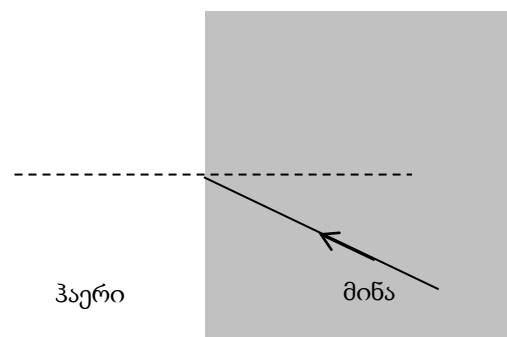
იწინასწარმეტყველეთ, თუ დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი აირეკლება. მიღებული პასუხი დაემთხვევა 4 დემონსტრაციის შედეგს? თუ არა, რამდენად დიდი იქნება განსხვავება?

იწინასწარმეტყველეთ, დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი გარდატეცდება. მიღებული პასუხი დაემთხვევა 4 დემონსტრაციის შედეგს? თუ არა, რამდენად დიდი იქნება განსხვავება?

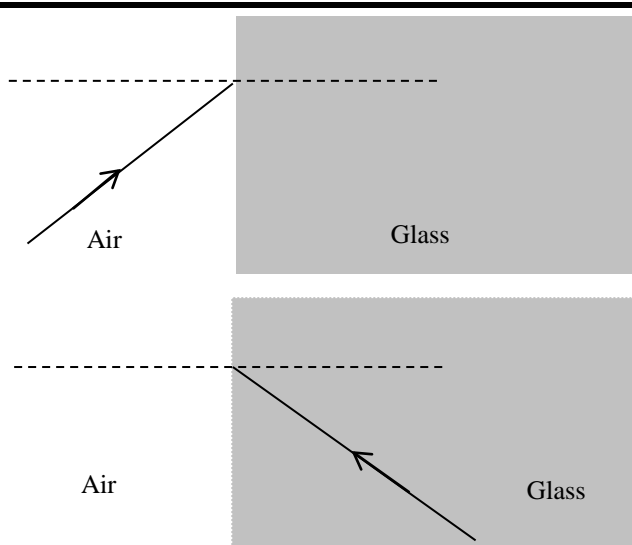


დემონსტრაცია 6: სინათლის სხივი, რომელიც ვერცელდება მინის ფირფიტაში, ეცემა მინისა და ჰაერის გამყოფ ზედაპირს.

დიაგრამაზე დახაზეთ არეკვლილი და გარდატეხილი სხივების სავარაუდო მიმართულებანი.



დემონსტრაცია 7: დემონსტრაცია 3-სა და 6- ში შესრულებულ დაკვირვებებზე დაყრდნობით ივარაუდეთ, მოცემული ორი სურათიდან რომელში არ მოხდება სხივის გარდატეხა (გარდატეხილი სხივი გაუყვება გამყოფ საზღვარს). დახაზეთ ეს შემთხვევა დიაგრამაზე.



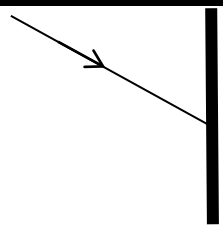
ამ შემთხვევაში დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი გადავა მეორე გარემოში?

დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი აირეკლება?

შეინახეთ ეს ფურცელი

ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციები. ვარაუდების ფურცელი – სინათლის არეკვლა და გარდატეხა.
 ვარაუდების ფურცელზე შეგიძლიათ დაწეროთ ყველაფერი, რაც მოგესურვებათ.

დემონსტრაცია 1: სინათლე ეცემა ბრტყელ სარკეს (რომლის მსგავსი ჰკიდია თქვენს სააბაზანოში), როგორც სურათზეა ნაჩვენები. სინათლის სხივი ამ ფურცლის სიბრტყეშია.



აღმართეთ სარკის ზედაპირის მართობი იმ წერტილში, სადაც სხივი ეცემა. იწინასწარმეტყველეთ არეკვლილი სხივის მიმართულება და დახაზეთ იგი დიაგრამაზე. არეკვლილი სხივი იმავე სიბრტყეში უნდა იყოს?

დემონსტრაცია 2: თქვენ საკმაოდ ახლოს დგახართ თქვენს აბაზანაში დაკიდებულ სარკესთან და ხედავთ თქვენს გამოსახულებას სარკეში. დახატეთ სარკეში მიღებული სავარაუდო გამოსახულება

დიაგრამაზე. ამასთან აჩვენეთ:

- გამოსახულების მდებარეობა
- გამოსახულების მიმართულება
- გამოსახულების სიმაღლე
- მიღებულ გამოსახულებაზე ისრებით აღნიშნეთ, თუ თქვენი სხეულის რა ნაწილს დაინახავთ

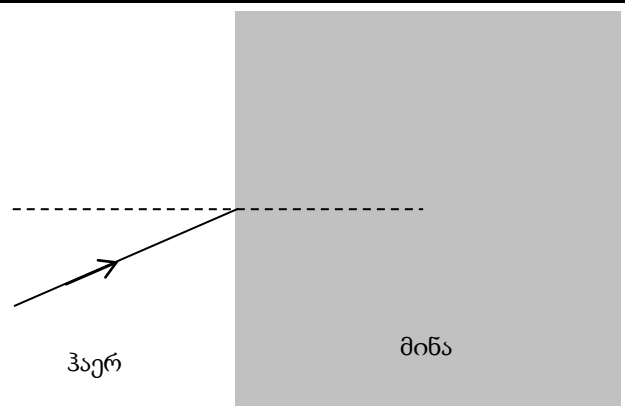


დემონსტრაცია 3: სინათლის სხივი ეცემა მინის ფირფიტის ზედაპირს.

ჰაერს უფრო მეტი გარდატეხის მაჩვენებელი აქვს თუ მინას?

დიაგრამაზე დახაზეთ არეკვლილი და გარდატეხილი სხივების სავარაუდო მიმართულება.

ამ შემთხვევაში დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი გადავა მეორე გარემოში?



დემონსტრაცია 4: სინათლის სხივი მართობულად ეცემა მინის ფირფიტის ზედაპირს.

იწინასწარმეტყველეთ, თუ დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი აირეკლება (100% -თან ახლოს, 50%-თან ახლოს თუ 50%-ზე გაცილებით მცირე).

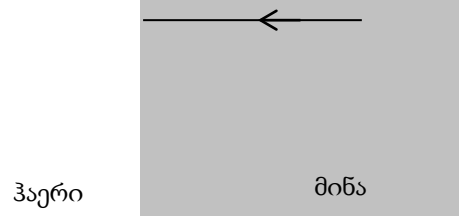
იწინასწარმეტყველეთ, თუ დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი გარდატყდება (100% -თან ახლოს, 50%-თან ახლოს თუ 50%-ზე გაცილებით მცირე).



დემონსტრაცია 5: დავუშვათ, რომ სინათლის სხივი, რომელიც ვერცელდება მინაში, მართობულად ეცემა ჰაერისა და მინის გამყოფ ზედაპირს.

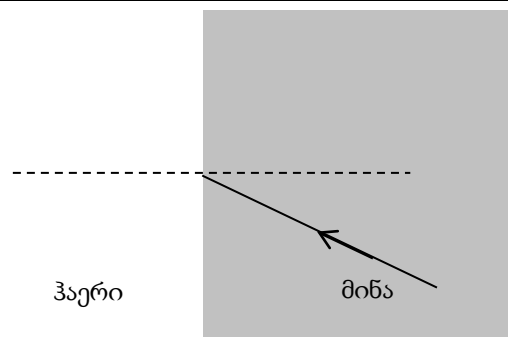
იწინასწარმეტყველეთ, თუ დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი აირეკლება. მიღებული პასუხი დაემთხვევა 4 დემონსტრაციის შედეგს? თუ არა, რამდენად დიდი იქნება განსხვავება?

იწინასწარმეტყველეთ, დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი გარდატყდება. მიღებული პასუხი დაემთხვევა 4 დემონსტრაციის შედეგს? თუ არა, რამდენად დიდი იქნება განსხვავება?



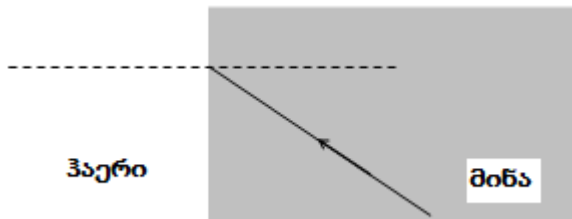
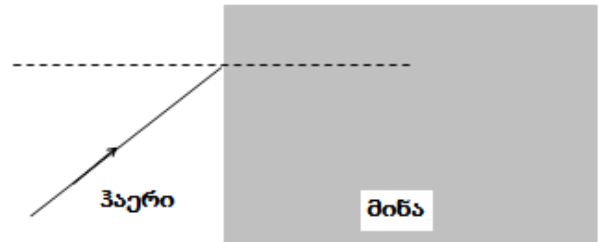
დემონსტრაცია 6: სინათლის სხივი, რომელიც ვერცელდება მინის ფირფიტაში, ეცემა მინისა და ჰაერის გამყოფ ზედაპირს.

დიაგრამაზე დახაზეთ არეკვლილი და გარდატეხილი სხივების სავარაუდო მიმართულებანი.



დემონსტრაცია 7: დემონსტრაცია

3-სა და 6- ში შესრულებულ დაკვირვებებზე დაყრდნობით ივარაუდეთ, მოცემული ორი სურათიდან რომელში არ მოხდება სხივის გარდატეხა (გარდატეხილი სხივი გაუყვება გამყოფ საზღვარს). დახაზეთ ეს შემთხვევა დიაგრამაზე.



ამ შემთხვევაში დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი გადავა მეორე გარემოში?

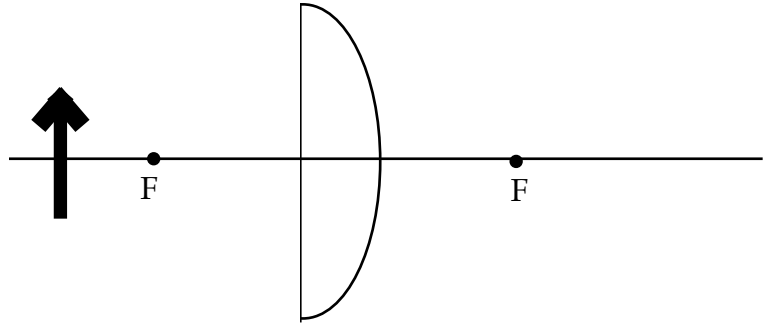
დაცემული სინათლის რამდენი პროცენტი აირეკლება?

დააბრუნეთ ეს ფურცელი სახელი _____

ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციები. ვარაუდების ფურცელი - გამოსახულების მიღება ლინზით

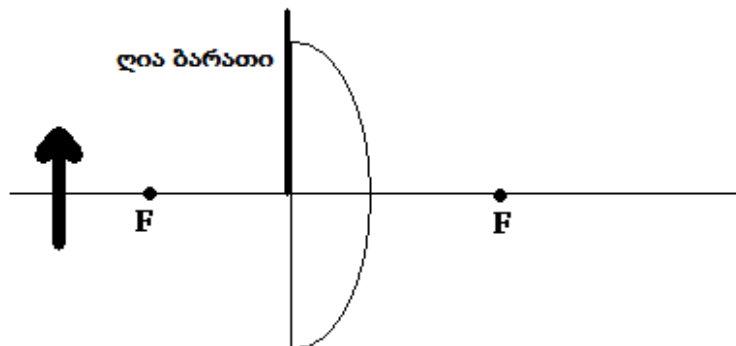
ინსტრუქცია: ეს ფურცელი შეგროვებულ იქნება. ფურცლის ზევით დაწერეთ თქვენი სახელი, რათა დაადასტუროთ თქვენი მონაწილეობა ამ დემონსტრაციებში. მიყევით თქვენი ინსტრუქტორის მითითებებს. მიზმულ შედეგების ფურცელზე შეგიძლიათ დაწეროთ ყველაფერი, რაც მოგესურვებათ და თან წაიღოთ.

დემონსტრაცია 1: გაქვთ შემკრები ლინზა. საგანი, რომელსაც ისრის ფორმა აქვს ლინზიდან ფოკუსურ მანძილზე შორს იმყოფება, როგორც დიაგრამაზეა ნაჩვენები. დახაზეთ ისრის თავიდან და ბოლოდან წამოსული რამდენიმე სხივი იმისთვის, რომ აჩვენოთ, როგორ ფორმირდება ლინზის მეორე მხარეს ისრის გამოსახულება.



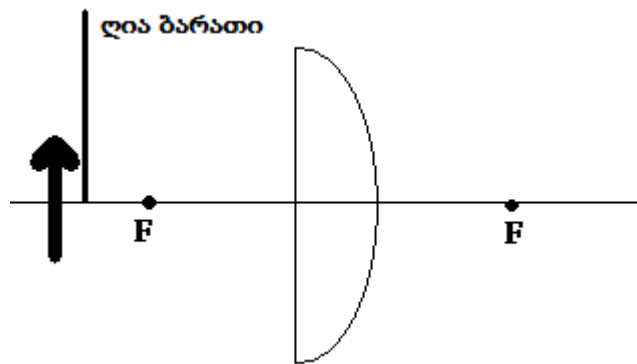
გამოსახულება ნამდვილია თუ წარმოსახვითი?

დემონსტრაცია 2: რა მოუვა მიღებულ გამოსახულებას, თუ ლინზის ზედა ნახევარს დავფარავთ ღია ბარათით? ახსენით შედეგი და გვერდით მოცემულ დიაგრამაზე აჩვენეთ, რა მოხდება პირველი დემონსტრაციის ნახაზში შესწორებების შეტანის შემდეგ.



დემონსტრაცია 3: რა მოუვა მიღებულ გამოსახულებას თუ ბარათით დავფარავთ ისრის ზედა ნახევარს? ახსენით შედეგი და გვერდით მოცემულ დიაგრამაზე აჩვენეთ, რა მოხდება პირველი

დემონსტრაციის ნახაზში შესწორებების შეტანის შემდეგ.



დემონსტრაცია 4: რა დაემართება მიღებულ გამოსახულებას, თუ ლინზას მოვაცილებთ? ახსენით შედეგი და გვერდით მოცემულ დიაგრამაზე აჩვენეთ, რა მოხდება პირველი დემონსტრაციის ნახაზში შესწორებების შეტანის შემდეგ.



დემონსტრაცია 5: რა დაემართება მიღებულ გამოსახულებას, თუ საგანს ლინზისგან შორს დავაყენებთ? შეიცვლება გამოსახულების მდებარეობა? თუ კი, როგორ?

შეიცვლება თუ არა გამოსახულების ზომა? თუ კი, როგორ?

გამოსახულება ნამდვილი იქნება თუ წარმოსახვითი?

დემონსტრაცია 6: რა დაემართება მიღებულ გამოსახულებას, თუ საგანს ლინზასთან უფრო ახლოს (მაგრამ ისევ ფოკუსური მანძილზე შორს) დავაყენებთ? შეიცვლება გამოსახულების მდებარეობა? თუ კი, როგორ?

შეიცვლება თუ არა გამოსახულების ზომა? თუ კი, როგორ?

გამოსახულება ნამდვილი იქნება თუ წარმოსახვითი?

დემონსტრაცია 7: რა დაემართება მიღებულ გამოსახულებას, თუ საგანს ლინზის ფოკუსურ მანძილზე უფრო ახლოს დავაყენებთ? შეიცვლება გამოსახულების მდებარეობა? თუ კი, როგორ?

შეიცვლება თუ არა გამოსახულების ზომა? თუ კი, როგორ?

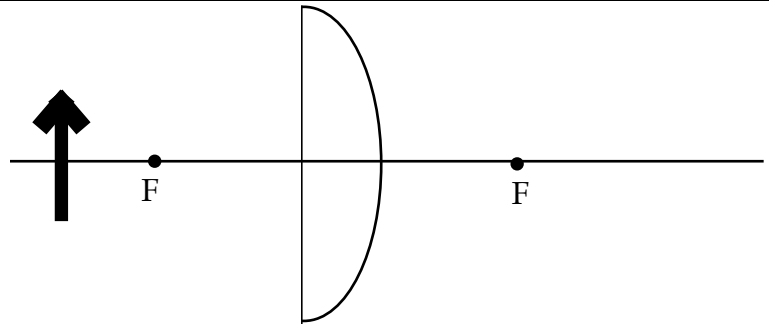
გამოსახულება ნამდვილი იქნება თუ წარმოსახვითი?

შეინახეთ ეს ფურცელი

ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციები. ვარაუდების ფურცელი -
გამოსახულების მიღება ლინზით

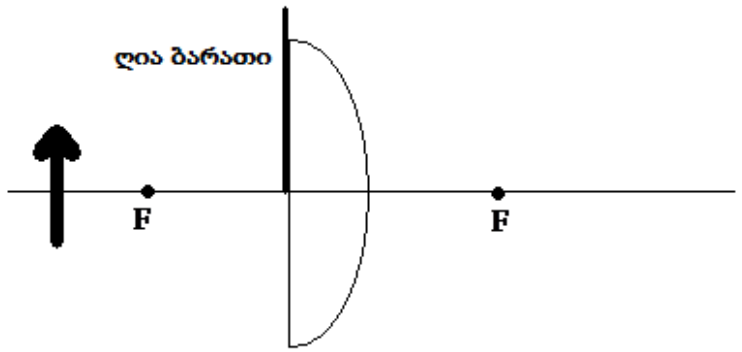
მიბმულ შედეგების ფურცელზე შეგიძლიათ დაწეროთ ყველაფერი, რაც
მოგესურვებათ და თან წაიღოთ.

დემონსტრაცია 1: გაქვთ
შემკრები ლინზა. საგანი,
რომელსაც ისრის ფორმა აქვს
ლინზიდან ფოკუსურ
მანძილზე შორს იმყოფება,
როგორც დიაგრამაზეა
ნაჩვენები. დახაზეთ ისრის
თავიდან და ბოლოდან
წამოსული რამდენიმე სხივი
იმისთვის, რომ აჩვენოთ,
როგორ ფორმირდება ლინზის
მეორე მხარეს ისრის
გამოსახულება.

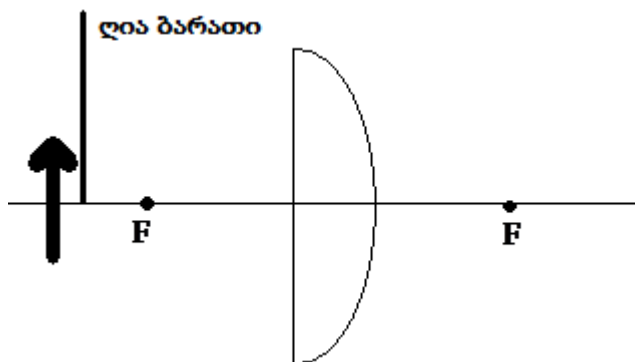


გამოსახულება ნამდვილია თუ
წარმოსახვითი?

დემონსტრაცია 2: რა მოუვა მიღებულ გამოსახულებას, თუ ლინზის ზედა ნახევარს დავფარავთ ღია ბარათით? ახსენით შედეგი და გვერდით მოცემულ დიაგრამაზე აჩვენეთ, რა მოხდება პირველი დემონსტრაციის ნახაზში შესწორებების შეტანის შემდეგ.



დემონსტრაცია 3: რა მოუვა მიღებულ გამოსახულებას თუ ბარათით დავფარავთ ისრის ზედა ნახევარს? ახსენით შედეგი და გვერდით მოცემულ დიაგრამაზე აჩვენეთ, რა მოხდება პირველი დემონსტრაციის ნახაზში შესწორებების შეტანის შემდეგ.



დემონსტრაცია 4: რა

დაემართება მიღებულ
გამოსახულებას თუ ლინზას
მოვაცილებთ? ახსენით
შედეგი და გვერდით
მოცემულ დიაგრამაზე
აჩვენეთ, რა მოხდება
პირველი დემონსტრაციის
ნახაზში შესწორებების
შეტანის შემდეგ.



დემონსტრაცია 5: რა დაემართება მიღებულ გამოსახულებას, თუ საგანს
ლინზისგან შორს დავაყენებთ? შეიცვლება გამოსახულების მდებარეობა? თუ კი,
როგორ?

შეიცვლება თუ არა გამოსახულების ზომა? თუ კი, როგორ?

გამოსახულება ნამდვილი იქნება თუ წარმოსახვითი?

დემონსტრაცია 6: რა დაემართება მიღებულ გამოსახულებას, თუ საგანს
ლინზასთან უფრო ახლოს (მაგრამ ისევ ფოკუსური მანძილზე შორს)
დავაყენებთ? შეიცვლება გამოსახულების მდებარეობა? თუ კი, როგორ?

შეიცვლება თუ არა გამოსახულების ზომა? თუ კი, როგორ?

გამოსახულება ნამდვილი იქნება თუ წარმოსახვითი?

მოდული 1
შესავალი გეომეტრიულ ოპტიკაში
სადისკუსიო შეკითხვები ოპტიკაში
ჯადოსნური ოინები

სადისკუსიო შეკითხვები ოპტიკაში *ჯადოსნობა: ხელახლა გამოჩენილი სინჯარა*

1. თქვენი აზრით, როგორ მოხერხდა სინჯარის ხელახლა გამოჩენა?
2. რატომ ხედავთ სინჯარას ჰაერსა და წყალში, მაგრამ არა ჯადოსნურ სითხეში? რა არის განსაკუთრებული ამ ჯადოსნურ სითხეში?
3. გამჭვირვალე გარემოთა რომელი მახასიათებელი განსაზღვრავს - მოხდება თუ არა არეკვლა მათ გამყოფ საზღვარზე ? როგორი უნდა იყოს ეს მახასიათებელი მოცემული ორი ნივთიერებისთვის, რომ მოხდეს არეკვლა?
4. რას იტყვით სინჯარაში გასული სინათლის შესახებ? რა მოსდის მას, როცა სინჯარა მოთავსებულია ჯადოსნურ სითხეში, ჰაერში?

სადისკუსიო შეკითხვები ოპტიკაში *ჯადოსნობა*: სანთელი წყალქვეშ

1. როგორ ფირქობთ, როგორ არის შესაძლებელი სანთლის წვა წყალქვეშ?
2. აღწერეთ მინის (ხელოვნური ბოჭკოს) სარკით მიღებული სანთლის გამოსახულება. ნამდვილია იგი თუ წარმოსახვითი? განსაზღვრეთ ორივე ტიპის გამოსახულება.
3. სანთელთან შედარებით გამოსახულება პირდაპირია თუ შებრუნებული? შეადარეთ მიღებული გამოსახულების ზომა სანთლის ზომას.
4. შეადარეთ ერთმანეთს საგნისა და გამოსახულების „მარჯვენა - მარცხენა“. თუ საგანი „მარჯვენაა“, მიღებული გამოსახულება „მარჯვენა“ იქნება თუ „მარცხენა“?
5. მინის (ხელოვნური ბოჭკოს) რომელი თვისების გამო იქცევა ფირფიტა, როგორც სარკე?

სადისკუსიო შეკითხვები ოპტიკაში *ჯადოსნობა: ნახშირის ვერცხლად გადაქცევა*

1. თქვენი აზრით, როგორ მოხდა, რომ ნახშირის ბურთი ვერცხლისას დაემგვანა?
2. რამ გამოიწვია ნახშირის ბურთის ამრეკლ ზედაპირად გადაქცევა წყალში ჩაძირვისას?
3. შეადარეთ ერთმანეთს წყლისა და ბურთის ირგვლივ მყოფი ჰაერის ფენის გარდატეხის მაჩვენებლები. რა სპეციალურ სახელს არქმევენ ჰაერის ამ ფენაზე გარდატეხას?
4. რატომ არ არის ბურთის ზედაპირი „იდეალური“ სარკე?

სადისკუსიო შეკითხვები ოპტიკაში ჯადოსნობა: ლაზერის კონის ვარდნა

1. რამ გამოიწვია ლაზერის სხივის გამრუდება და წყლის ნაკადის ფარგლებში დარჩენა?
2. შეადარეთ ერთმანეთს წყლისა და მის ირგვლივ არსებული ჰაერის გარდატეხის მაჩვენებლები.
3. რა სპეციალური სახელი ეწოდება წყლის ნაკადის ზედაპირზე სინათლის არეკვლას?
4. რომელ პრაქტიკულ მოწყობილობას აქვს მუშაობის მსგავსი პრინციპი?

მასწავლებლების გზამკვლევი 1 მოდულისთვის: შესავალი გეომეტრიულ ოპტიკაში.

მასწავლებლების გზამკვლევი 1 მოდულისთვის: შესავალი გეომეტრიულ ოპტიკაში

ზოგადი შესავალი.

სახელმძღვანელოს ეს ნაწილი შეიცავს სამი ფორმატის აქტივობებს. პირველი ნაწილი უნდა განხორციელდეს ლაბორატორიაში, რომელიც აღჭურვილია საკმარისი ხელსაწყოებით, რათა სტუდენტთა მცირე 2-4 კაციანმა ჯგუფებმა ჩაატარონ ექსპერიმენტი. მეორე ნაწილი შეიცავს ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციების (ისდ) ორ ჯგუფს, რომელიც დუბლირებას უკეთებს ლაბორატორიულ აქტივობებს: 1) არეკვლა და გარდატეხა ორი გამჭვირვალე გარემოს გამყოფ ზედაპირზე. 2) ლინზის მიერ გამოსახულების ფორმირება. ეს საკითხები სტუდენტებისთვის შეიძლება წარდგენილ იქნას ან ერთერთი ფორმატით, ან როგორც კომბინაცია ზოგიერთი ლაბორატორიული აქტივობისა რომელიმე (ისდ) აქტივობასთან. მესამე ნაწილი შეიცავს ოპტიკის ოთხ ჯადოსნურ ოინს, რომლებიც წარდგენილი იქნება, როგორც საკლასო დემონსტრაცია. სტუდენტის ფურცლები შეიცავენ სადიკუსიო შეკითხვებს. კლასი (დიდი სალექციო კლასიც კი) შეიძლება დაიყოს მცირე, 2-3 სტუდენტისგან შემდგარ ჯგუფებად და ეს შეკითხვები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ამ ინფორმაციული და შემეცნებითი „ოინების“ განხილვის სტიმულირებისთვის.

მასწავლებელთა ეს გზამკვლევი შეიცავს ინფორმაციას, თუ როგორ უნდა განვახორციელოთ თითოეული ეს მასალათა ნაკრები. მთლიანობაში ესაა შესავალი შემდეგ საკითხებში: სინათლის განხილვა სხივების მეშვეობით, არეკვლა და გარდატეხა, დისპერსია, სრული შინაგანი არეკვლა და ლინზით გამოსახულების მიღების ზოგადი საფუძვლები.

პრაქტიკული ლაბორატორიები

ნაწილი 1: პრაქტიკული ლაბორატორიის ხელსაწყოებისა და აღჭურვილობის სია

- მინიატურული ნათურა
- დენის წყარო(ან ბატარეა)
- ნათურის სამაგრი
- სინათლის ინტენსიურობის გამზომი ხელსაწყო
- სახაზავი
- ლაზერი ყურადღება : მოარიდეთ ლაზერი თვალებს!
- დაფის საშლელი ჩვარი და ცარცის მტვერი
- გამჭვირვალე სახაზავი
- პატარა თეთრი დისკო
- მინის წკირი
- ოდნავ ამღვრეული სითხით სავსე ნახევრადწრიული

გამჭვირვალე კამერა

- ტრანსპორტირი
- ფანქარი
- ფარანი ვიწრო ჭვრიტეთი
- პრიზმა
- მყარი სუფთა ცილინდრი
- ორი მინიატურული ნათურა
- სავარცხელი
- ცილინდრული ლინზა
- მწვანე ფილტრი

შენიშვნები აღჭურვილობის შესახებ

მინიატურული ნათურა: აუცილებელია, რომ გამოვიყენოთ ძალიან მცირე ზომის ნათურა, რომლის მინა იძლევა მინიმალურ დამახინჯებას. The Radio Shack (www.radioshack.com) #272-1141 არის მინიატურული ნათურა მავთულის სადენებით, რომელიც მუშაობს 12 ვოლტზე.

სინათლის გამზომი ხელსაწყო: შეიძლება გამოვიყენოთ ნებისმიერი სინათლის ინტენსიურობის გამზომი ხელსაწყო, რომელსაც წყაროს შესაბამისი გაზომვის დიაპაზონი აქვს. უკეთესი იქნება ინტენსიურობის გამზომი ხელსაწყო, რომელსაც ცალკეული პატარა სენსორი აქვს.

ლაზერი: გზამკვლევაში წაიკითხეთ ლაზერული უსაფრთხოების ნაწილი. *ლაზერის სხივი არასდროს არ უნდა იყოს მიმართული ვინმესკენ. ლაზერის სხივი აზიანებს თვალს.* მცირე სიმძლავრის (0,5 მიკროვატი) He-Ne ლაზერი ან ლაზერული პოინტერი სავსებით საკმარისია.

მინის წკირი: მინის მოკლე წკირი(დიამეტრით 0,5სმ) გამოიყენება ლაზერის სხივის ვერტიკალური მიმართულებით გასაფართოებლად. ამის შედეგად ფურცელზე ლაზერის სხივი უფრო მკაფიოდ ჩანს.

მცირე თეთრი დისკო: ეს არის 4სმ დიამეტრის მქონე თეთრი ფურცლის დისკო.

ნახევრად წრიული გამჭვირვალე კამერა: ეს ხელსაწყო ნებისმიერ ფიზიკის კათედრაზე მოიძებნება. ასეთი კამერები ხელმისაწვდომია Sargent-Welch (www.sargentwelch.com)–სგან, Refraction Cells #WL3502. კამერაში მყოფი წყლის ცოტათი ამღვრევა შეიძლება მასში რძის ერთი-ორი წვეთის დამატებით.

ფარანი ვიწრო ჭვრიტეთი: შეიძლება ჩვეულებრივი ფარნის(2D ბატარეა) გამოყენება. დაახლოებით 1მმ სიგანის ჭვრიტე შეიძლება გაკეთებულ იქნას ორი გაუმჭვირვალე ლენტისგან, რომლებიც დაეწებება ლინზაზე.

პრიზმა: პატარა მინის ან სინთეტიკური ბოჭკოსგან დამზადებული პრიზმები ხელმისაწვდომია ნებისმიერ ფიზიკის კათედრაზე. ამ აქტივობისთვის საკმარისია 25 მმ–იანი ზედაპირის მქონე პრიზმა. ისინი ხელმისაწვდომია Edmund Scientific (<http://scientificsonline.com>)–სგან, მაგალითად #3031800, Pasco Scientific

(www.pasco.com), e.g., SE-9021A or SE9022A or Sargent Welch (www.sargentwelch.com), e.g., WL3487, CPP85506-05.

მყარი გამჭვირვალე ცილინდრი: 25 მმ სისქის მქონე ცილინდრის გამოჭრა შესაძლებელია 35-50 მმ დიამეტრის მქონე Lucite-ს ფირმის ხელოვნური ბოჭკოს ღეროდან. არ არის აუცილებელი ფუძეების გაპრიალება.

ცილინდრული ლინზა: The Pasco Scientific (www.pasco.com), #OS-8492, რომელიც ნაჩვენებია TG1-1 სურათზე, მუშაობს იდეალურად. ასევე გამოდგება ნებისმიერი მსგავსი მინის ან სინთეტიკური ბოჭკოსგან დამზადებული ლინზა, რომელიც ფურცლის ფარგლებში აფოკუსირებს ნათურიდან წამოსულ სინათლეს, ისე, როგორც TG1-3 სურათზეა ნაჩვენები.



სურათი TG1-1: Pasco #OS-8492 ცილინდრული ლინზა.

მწვანე ფილტრი: გამოდგება ნებისმიერი მწვანე ფილტრი, რომელიც არაა ძალიან მუქი.

სავარცხელი: გამოდგება ნებისმიერი პოლიეთილენის სავარცხელი.

კვლევა 1: სინათლის უამრავი წერტილოვანი წყარო

1 კვლევისთვის საჭირო ხელსაწყოების და აღჭურვილობის სია

- მინიატურული ნათურა
- დენის წყარო(ან ბატარეა)
- ნათურის დამჭერი
- სინათლის ინტენსიურობის გამზომი ხელსაწყო
- სახაზავი
- ლაზერი; ყურადღება : მოარიდეთ ლაზერი თვალებს!
- დაფის საშლელი ჩვარი და ცარცის ფხვნილი
- გამჭვირვალე სახაზავი
- პატარა ფურცლის დისკო

მიმოხილვა

ეს აქტივობები შექმნილია იმისთვის, რომ სტუდენტს გააცნოს წერტილოვანი წყაროს არსი და წყაროდან წამოსული სინათლის წარმოდგენა სხივების სახით. თუ პირველი აქტივობა ნახევრადთვისებრივია, დანარჩენები მოიცავენ რაოდენობრივ მაგალითებს, რათა სტუდენტს ასწავლონ, როგორ ვრცელდება სინათლე წყაროდან.

აქტივობა 1-1: წერტილოვანი წყაროს ირგვლივ სინათლის ინტენსიურობა.

აუცილებელია გარკვეული გულისყური ამ გაზომვების კორექტულად ჩასატარებლად და წერტილოვანი წყაროდან წამოსული სინათლის ინტენსიურობის $1/R^2$ კანონით ვარდნის შესასწავლად. ამ აქტივობაში ნათურიდან ნებისმიერი მანძილისთვის ნათურის ირგვლივ ხუთ სხვადასხვა წერტილში ტარდება გაზომვები, რათა მოხდეს გასაშუალება ყველა იმ ცვლილებისა, რომელიც გამოწვეულია ნათურის გარსის არაერთგვაროვნებით და სინათლის გამზომი ხელსაწყო არაზუსტი ორიენტაციით.

შეკითხვა 1-1: ინტენსიურობა აშკარად მცირდება გამზომის(ინტენსიურობის გამზომი ხელსაწყო) ნათურიდან დაშორებისას.

შეკითხვა 1-2: სინათლე ნათურიდან ყველა მიმართულებით ვრცელდება. მისგან გამოსხივებული სინათლის სიმძლავრე ეცემა სფეროს ზედაპირს, რომლის ცენტრს ნათურა წარმოადგენს. ამ ზედაპირის ფართობი იზრდება რადიუსის გაზრდასთან ერთად, ამიტომაც მასზე დაცემული სინათლის ინტენსიურობა (სიმძლავრე ფართობის ერთეულზე) მცირდება.

შეკითხვა 1-3: რადგან სფეროს ზედაპირის ფართობი ტოლია $4\pi R^2$, ინტენსიურობა იცვლება R^2 -ის უკუპროპორციულად.

აქტივობა 1-2: : სინათლის განშლადი და პარალელური სხივები

აქტივობა 1-1 ზე დაყრდნობით, სტუდენტებს უნდა შეეძლოთ წერტილოვანი წყაროდან წამოსული რადიალურად განშლადი სხივების დახაზვა.

შეკითხვა 1-4: სხივები ნათურის ვარვარების ძაფიდან წამოსული წრფეებია, რომლებიც რადიალურად იშლებიან.

შეკითხვა 1-5: დაკვირვებიდან გამომდინარე, ლაზერიდან წამოსული სინათლე სწორხაზოვნად ვრცელდება. ამიტომაც, სანამ თქვენი თვალი არ გადაკვეთს მისგან წამოსულ სხივს, ლაზერის შუქს ვერ დაინახავთ. ცარცის მტვერი ლაზერის სინათლის ნაწილს განაბნევს თქვენი თვალის მიმართულებით, რის გამოც თქვენ დაინახავთ მას.

შეკითხვა 1-6: ლაზერიდან წამოსული სინათლე არ იშლება სივრცეში, ვრცელდება წრფივად, მაშინ, როცა ნათურიდან წამოსული სინათლე იშლება რადიალურად. ამასთან ერთად, ლაზერის სინათლე წითელი ფერისაა, ხოლო ნათურიდან წამოსული – თეთრი.

შეკითხვა 1-7: ლაზერიდან წამოსული სინათლე შესამჩნევად არ იშლება (კონა არ ფართოვდება). მისი წარმოდგენა შეიძლება ძალიან ვიწრო კონაში თავმოყრილი პარალელური სხივების სახით . ნათურიდან წამოსული სინათლე ვრცელდება რადიალურად და მისი წარმოდგენა შეიძლება განშლადი სხივების საშუალებით.

შეკითხვა 1-8: სხივები უნდა გადიოდნენ მხოლოდ 2 -ში, მაგრამ არა 1-ში და 3-ში. თუ ლაზერს ჩავანაცვლებთ წერტილოვანი წყაროთი, მაშინ რადიალურად განშლადი სინათლე სამივე წერტილში გაივლის.

აქტივობა 1-3: სხივები შორს მყოფი სინათლის წყაროდან

ეს აქტივობა დაეხმარება სტუდენტს, გაიგოს, რატომ შეიძლება წარმოვადგინოთ მზიდან(ან სხვა შორი წყაროდან) წამოსული სინათლე პარალელური სხივების სახით.

შეკითხვა 1-9: ნათურიდან დისკომდე მანძილი გაცილებით მეტია, ვიდრე მისი რადიუსი.

შეკითხვა 1-10: სინათლის საუკეთესოდ წარმოდგენა პარალელური სხივებითაა შესაძლებელი.

კვლევა 2: სინათლის ბუნების გაგება სხივების გამოყენებით.

2 კვლევისთვის საჭირო ხელსაწყოების და აღჭურვილობის სია

- ლაზერი ყურადღება : მოარიდეთ ლაზერი თვალებს!
- მინის წკირი
- მინიატურული ნათურა
- დენის წყარო(ან ბატარეა)
- ნათურის დამჭერი
- ოდნავ ამღვრეული სითხით სავსე ნახევრადწრიული გამჭვირვალე კამერა
- დაფის საშლელი ჩვარი და ცარცის ფხვნილი

მიმოხილვა

ამ კვლევაში თვისებრივად იქნება განხილული სინათლის ურთიერთქმედება გამჭვირვალე გარემოს ზედაპირთან. იგი 3 კვლევის წინასიტყვაობაა, რომელშიც არეკვლისა და გარდატეხის კანონები განხილული იქნება რაოდენობრივად.

აქტივობა 2-1: პარალელური სხივების ურთიერთქმედება გამჭვირვალე ობიექტის ზედაპირთან.

შეკითხვა 2-1: წყლის ზედაპირზე დაცემული სინათლის ნაწილი აირეკლება, ნაწილი კი გაივლის გამყოფ ზედაპირს და ვრცელდება წყალში.

აქტივობა 2-2: განშლადი სხივების ურთიერთქმედება გამჭვირვალე ზედაპირთან

გაცილებით რთულია ამ დაკვირვებების ჩატარება. ამისდა მიუხედავად, მაინც შესაძლებელია დანახვა, რომ ზედაპირიდან სხივები ისევე განშლადი კონის სახით აირეკლებიან, მსგავსად წყალში გავრცელებული სხივებისა.

შეკითხვა 2-2: წერტილოვანი წყაროდან წამოსული განშლადი სხივები ზედაპირიდან არეკვლის შემდეგაც კვლავ განშლად კონას ქმნიან.

შეკითხვა 2-3: ნათურის ადგილას შეიძლება მოვათავსოთ ლაზერი და სინათლის კონა დავუმიზნოთ გამჭვირვალე კამერაზე დატანებულ სამი წერტილიდან ერთ-ერთს. ვინაიდან ლაზერის კონა ერთი სხივის სახით არის წარმოდგენილი, შეგვიძლია თვალი მივადევნოთ მის კვალს არეკვლისა თუ გარდატეხის შემდეგ.

კვლევა 3: არეკვლისა და გარდატეხის კანონები.

3 კვლევისთვის საჭირო ხელსაწყოების და აღჭურვილობის სია

- ლაზერი ყურადღება: მოარიდეთ ლაზერი თვალებს!
- მინის წკირი
- ოდნავ ამღვრეული სითხით სავსე ნახევრადწრიული გამჭვირვალე კამერა
- დაფის საშლელი ჩვარი და ცარცის ფხვნილი
- ფანქარი
- გამჭვირვალე პლასტმასის სახაზავი
- ტრანსპორტირი
- გრაფიკული ანალიზის პროგრამული უზრუნველყოფა ან

მილიმეტრული ფურცელი

მიმოხილვა

ეს აქტივობა სტუდენტებს შეასწავლის არეკვლისა და გარდატეხის კანონებს.

აქტივობა 3-1: არეკვლის კანონი

მინის წკირი ლაზერულ კონაში ისე უნდა იყოს მოთავსებული, რომ კონა გაიშალოს ვერტიკალურად. ასე უფრო მარტივად შევძლებთ ლაზერის სინათლის კონის დანახვას ფურცელზე. გულისყურით უნდა მოვნიშნოთ ყველა წერტილი ფურცელზე, დავხაზოთ ფანქრით სწორი ხაზები და გავზომოთ ყველა კუთხე ტრანსპორტირით. მნიშვნელოვანია, რომ თითოეული დაცემის კუთხისთვის ლაზერის კონა კამერის ბრტყელ ზედაპირს ერთსა და იმავე წერტილში ეცემოდეს.

სტუდენტებს, როგორც წესი, უჭირთ სიზუსტის შეფასება, ამიტომაც მცირედი დახმარება დასაფასებელი და ღირებული იქნება დარჩენილი სამუშაოს შესასრულებლად.

შეკითხვა 3-1: კუთხეები ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს გაზომვის სიზუსტის ფარგლებში.

შეკითხვა 3-2: დაცემული და არეკვლილი კონა ერთ სიბრტყეში მდებარეობს. წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი ან გავრცელდებოდა ფურცლის ზევით ან გავიდოდა მასში.

შეკითხვა 3-3: როცა სინათლის სხივი ერთი გამჭვირვალე გარემოდან ეცემა მეორის ბრტყელ ზედაპირს (განსხვავებული გარდატეხის მაჩვენებლით), დაცემული და არეკვლილი სხივები ერთსა და იმავე სიბრტყეში იმოფებიან და მათი კუთხეები ნორმალთან ერთმანეთის ტოლია.

შეკითხვა 3-4: არეკვლილი სხივის ინტენსიურობა ნაკლებია დაცემულზე. დარჩენილი სინათლე კამერის ზედაპირის გავლით მოხვდა სითხეში.

აქტივობა 3-2: სნელიუსის გარდატეხის კანონი.

იმისთვის, რომ კამერაში მყოფ სითხეში მარტივად დავინახოთ გარდატეხილი სინათლე, საკმარისია მასში რძის რამდენიმე წვეთი ჩავასხათ. თუ სითხეს ზედმეტად აამღვრევთ, თქვენ ვეღარ შეძლებთ კამერის გამრუდებული მხრიდან გამოსული სინათლის დანახვას. აქ იგივე სიფრთხილე უნდა გამოვიჩინოთ ფურცელზე წერტილების დატანისას, როგორც აქტივობა 3-1-ში გამოვიჩინეთ. ამღვრეულ სითხეში სინათლის გაბნევის გამო, გარდატეხილი კონა არ არის ისეთი კაშკაშა, როგორც არეკვლილი და უფრო მიმოფანტულია, რის გამოც რთულია მისი დანახვა.

გრაფიკული ანალიზის პროგრამული უზრუნველყოფა საშუალებას უნდა იძლეოდეს, რომ დაიხაზოს დამოკიდებულება $\sin \theta_1$ და $\sin \theta_2$ -ს შორის. წინააღმდეგ შემთხვევაში, დახაზეთ იგი მილიმეტრიულ ფურცელზე.

შეკითხვა 3-5: გარდატეხილი სხივის მიერ ნორმალთან შექმნილი კუთხე ყოველთვის უფრო მცირეა, ვიდრე დაცემული სხივის მიერ იმავე ნორმალთან შექმნილი კუთხე.

შეკითხვა 3-6: უნდა არსებობდეს პროპორციული დამოკიდებულება $\sin \theta_1$ და $\sin \theta_2$ -ს შორის. ანუ, გრაფიკი უნდა იყოს სათავეზე გამავალი წრფე.

შეკითხვა 3-7: სნელიუსის კანონის მიხედვით, თუ $n_1 = 1.00$, $\sin \theta_1$ -ის $\sin \theta_2$ -ზე დამოკიდებულების გრაფიკის დახრა იქნება n_2 -ის ტოლი.

კვლევა 4: სრული შინაგანი არეკვლა

4 კვლევისთვის საჭირო ხელსაწყოების და აღჭურვილობის სია

- ლაზერი ყურადღება: მოარიდეთ ლაზერი თვალებს!
- მინის წკირი
- ოდნავ ამღვრეული სითხით სავსე ნახევრადწრიული გამჭვირვალე კამერა
- დაფის საშლელი ჩვარი და ცარცის ფხვნილი
- ფანქარი
- გამჭვირვალე პლასტმასის სახაზავი
- ტრანსპორტი

მიმოხილვა

ამ კვლევაში გამოყენებულია იგივე ხელსაწყოები სინათლის გარდატეხის გამოსაკვლევად, როცა იგი ვრცელდება ოპტიკურად მეტად მკვრივიდან ნაკლებად მკვრივ გარემოში. ამ დროს შესაძლებელია სრული შინაგანი არეკვლა.

შეკითხვა 4-1: როცა ჰაერიდან წამოსული სინათლე გარდატეხდება წყალში, θ_1 ყოველთვის მეტია, ვიდრე θ_2 . ეს ჩანს სნელიუსის კანონიდან:

$$\sin \theta_2 = (n_1/n_2)\sin \theta_1. \text{ რადგან } n_2 > n_1, \sin \theta_2 < \sin \theta_1, \text{ and } \theta_2 < \theta_1.$$

აქტივობა 4-1: გარდატეხა ნაკლებად მკვრივ გარემოში

ეს აქტივობა არის სრული შინაგანი არეკვლის თვისობრივი დაკვირვება. შემდგომი რაოდენობრივი დაკვირვებები გაკეთებულია აქტივობა 4-2-ში.

შეკითხვა 4-2: რადიუსი მართობულია კამერის წრიული ზედაპირისა. თუ ლაზერულ სხივს მივმართავთ რადიუსის გასწვრივ, წრიულ ზედაპირზე დაცემისას გარდატეხა არ მოხდება.

შეკითხვა 4-3: ახლა θ_2 ყოველთვის მეტია θ_1 -ზე.

შეკითხვა 4-4: θ_1 -ის გაზრდასთან ერთად θ_2 -იც იზრდება ისე, რომ იგი ყოველთვის აღემატება θ_1 -ს.

შეკითხვა 4-5: დიახ, არსებობს დაცემის ისეთი კუთხე, როცა სინათლე არ გადადის ჰაერში. ასეთ დროს იგი სრულად ირეკლება უკან, წყალში.

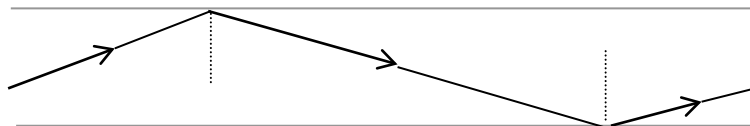
აქტივობა 4-2: გასული სინათლის „გაუჩინარება“ – რაოდენობრივი ხედვა.

იგივე სიფრთხილე უნდა გამოვიჩინოთ აქ, როგორც გამოვიჩინეთ ფურცელზე წერტილების დატანისას. ამღვრეულ სითხეში სინათლის გაბნევის გამო, გასული

კონა ნაკლებად კაშკაშაა, ვიდრე არეკვლილი და, ამავდროულად, უფრო დიფუზურად გაბნეულია, რის გამოც გასული სინათლის დანახვა რთულია.

შეკითხვა 4-6: გაზომილი მნიშვნელობა უნდა ემთხვეოდეს გამოთვლილს სნელიუსის კანონში θ_2 -ის 90° -ით შეცვლისას. θ_1 -ის მნიშვნელობა ტოლია: 48.8° .

შეკითხვა 4-7: თუ გამჭვირვალე მასალიდან დამზადებულ ოპტიკურ-ბოჭკოვან კაბელებში გავრცელებული სინათლე ეცემა ზედაპირს(ზედაპირი ემიჯნება ჰაერს), იგი მთლიანად აირეკლება უკან, კაბელში - ყოველთვის, როცა დაცემის კუთხე აღემატება კრიტიკულ მნიშვნელობას. ამიტომაც სინათლე „დახტუნავს“ აქეთ-იქით კაბელის შიგნით, ყოველგვარი „გაჟონვის“ გარეშე.



კვლევა 5: რეფრაქცია, დისპერსია, სრული შინაგანი არეკვლა და ცისარტყელა.

5 კვლევისთვის საჭირო ხელსაწყოების და აღჭურვილობის სია

- ლაზერი ყურადღება: მოარიდეთ ლაზერი თვალებს!
- ვიწრო ფარანი ჭვრიტეთი
- პრიზმა
- მყარი გამჭვირვალე ცილინდრი

მიმოხილვა

დისპერსია აღწერს გარდატეხილი სინათლის სხვადასხვანაირ გადახრას განსხვავებული ტალღის სიგრძისთვის(ფერისთვის). ასე წარმოიქმნება ფერთა სპექტრი, როცა თეთრი ფერის სინათლე ეცემა პრიზმაზე. დისპერსია და სრული შინაგანი არეკვლა მთლიანად აღწერს ცისარტყელის წარმოქმნას. ეს მოვლენები თვისებრივად განხილული იქნება ამ კვლევაში.

აქტივობა 5-1: თეთრი სინათლის დისპერსია პრიზმაში

ფარანი და ჭვრიტე აღწერილია ზემოთ. ჭვრიტე პარალელური უნდა იყოს პრიზმის ჰორიზონტალური კიდეებისა, როგორც დიაგრამაზეა ნაჩვენები. აუცილებელია, რომ ვამოძრაოთ ფარანი მანამ, სანამ არ დავინახავთ ცისარტყელის ყველაზე კარგ გამოსახულებას.

შეკითხვა 5-1: უნდა გამოჩნდეს ცისარტყელა, რომლის ზედა მხარეს წითელი ფერი მოჩანს (ყველაზე ნაკლებად გადახრილი), ხოლო მის ქვედა მხარეს კი – იისფერი(ყველაზე მეტად გადახრილი).

შეკითხვა 5-2: სნელიუსის კანონის მიხედვით, თუ n_2 დიდია, θ_2 მცირეა. რადგან θ_2 იზომება ზედაპირის ნორმალიდან, მცირე კუთხე დიდ გადახრას ნიშნავს. ამიტომაც გარდატეხის მაჩვენებელი იისფერისთვის უფრო მეტია, ვიდრე წითელი ფერისთვის.

აქტივობა 5-2: ლაზერის სინათლის დისპერსია პრიზმაში

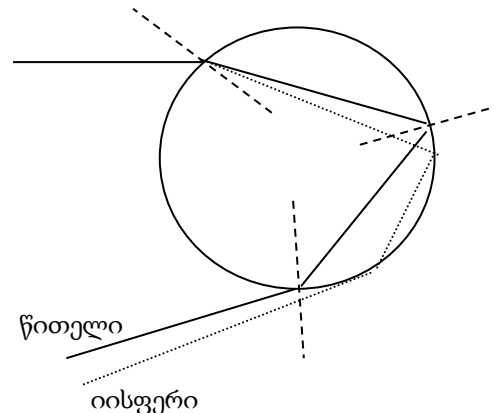
შეკითხვა 5-3: ამჯერად ცისარტყელას ფერები არ წარმოიქმნება. ლაზერის სინათლეს ტალღის სიგრძეების მხოლოდ ვიწრო სპექტრი აქვს (იგი არსებითად ერთი ფერისაა), განსხვავებით თეთრი სინათლისგან, რომელიც მთლიან ხილულ სპექტრს მოიცავს. ამის შედეგად, ლაზერის სინათლე პრიზმაში გავლის შემდეგ ვერ წარმოქმნის ცისარტყელას.

აქტივობა 5-3: ცისარტყელა

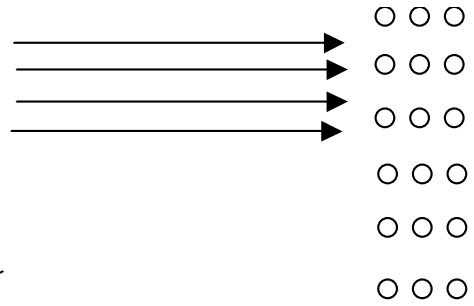
როგორც აქტივობა 5-2-ში, რამდენიმე ცდა საჭირო იქნება, რათა მივხვდეთ, ზუსტად სად უნდა დავუმიზნოთ ფარანის ვიწრო ჭკრიტედან წამოსული სინათლის კონა.

შეკითხვა 5-4: დაიმზირება ვიწრო ცისარტყელა. აუცილებელი იყო შეგვეხედა ცილინდრის ნაწილში იმ წერტილს ქვემოთ, რომელშიც ფარანის სინათლე შევიდა და მისგან მარჯვნივ და ცოტათი ზევით.

შეკითხვა 5-5: როცა სინათლე ცილინდრში შედის ჰაერიდან, იგი გარდატყდება და დისპერსიის გამო წარმოიქმნება ცისარტყელა. შემდგომ იგი ეცემა ცილინდრის უკანა ზედაპირს და ხდება სრული შინაგანი არეკვლა. სრულად არეკვლილი სხივები ეცემა ცილინდრის ზედაპირის ქვედა ნაწილს, გარდატყდება და გამოდის უკან, ჰაერში. ამ დროს იგი სრულ დისპერსიას განიცდის.



შეკითხვა 5-6: თქვენ უნდა იდგეთ სხივების ქვეშ და უყურებდეთ წვეთებს, როგორც სურათზეა ნაჩვენები.



შეკითხვა 5-7: თუ ცილინდრის მაგივრად სფეროს წარმოიდგენთ, დაინახავთ, რომ წვიმის წვეთებიდან გამოსული სინათლის დაცემის კუთხე ყოველთვის ერთნაირი უნდა იყოს (კერძოდ 42°). ესე იგი, წვიმის ყველა წვეთიდან წამოსული სინათლე წარმოქმნის სინათლის კონუსს. თქვენ მხოლოდ მის ზედა ნახევრის დანახვას შეძლებთ (ქვევითა ნაწილი ყოველთვის მიწის ქვეშ იქნება), ასე რომ თქვენ დაინახავთ ნახევარწრეს.

კვლევა 6: გამოსახულების ფორმირება ლინზების საშუალებით

6 კვლევისთვის საჭირო ხელსაწყოების და აღჭურვილობის სია

- ორი მინიატურული ნათურა
- დენის წყარო (ან ბატარეა)
- სავარცხელი
- ცილინდრული ლინზა
- მწვანე ფილტრი

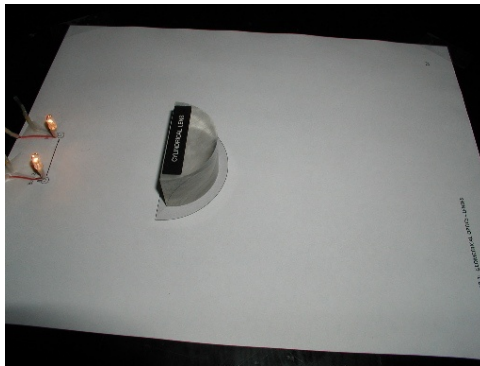
მიმოხილვა

ლინზის მიერ გამოსახულების ფორმირების ყველა შესავალ პრეზენტაციებში აქცენტი გაკეთებულია ძირითადი სხივებით დახატულ სხივთა „მარტივ“ დიაგრამებზე. ფიზიკის სწავლების კლევამ აჩვენა, რომ ასეთი მიდგომით სტუდენტები ვერ ხვდებიან გამოსახულების ფორმირების არსს, და არ აფასებენ ლინზის (ან სარკის) როლს მისი (გამოსახულების) ფორმირების პროცესში. 1 კვლევის აქტივობებში განიხილება ობიექტის ორი სხვადასხვა წერტილოვანი წყაროდან გამოსხივებულ მთელი სინათლე. კვლევიდან გამომდინარე, სტუდენტები ხვდებიან, რომ ობიექტის ერთი წერტილიდან წამოსული ყველა სინათლე, რომელიც ეცემა ლინზას, მკაფიო გამოსახულების მისაღებად უნდა ფოკუსირდებოდეს იმავე გამოსახულების ერთ წერტილში.

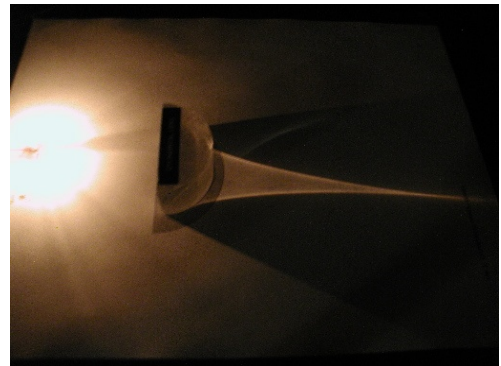
TG1-2 სურათზე ნაჩვენებია მოწყობილობა, სურათი TG1-3 აჩვენებს, თუ რა დაიკვირვება, როცა ერთ ნათურას ავანთებთ და სურათი TG1-4 აჩვენებს მდგომარეობას, როცა ორივე ნათურა ანთებულია.

აქტივობა 6-1: მარტივი ნამდვილი გამოსახულება

ლინზა მოთავსებული უნდა იყოს ფურცელზე მისთვის მონიშნულ კონტურში, ორი ნათურა კი უნდა მიეწებოს ფურცლის ზედა ნაწილს. ნათურებზე მიმაგრებული მავთულები გალუნული უნდა იყოს ისე, რომ ისინი ვერტიკალურად ზევით იყურებოდნენ და ფურცლიდან 5-10 მმ-ის დაშორებით იმყოფებოდნენ (იხილეთ სურათი TG1-2). მიღებული შედეგის დაკვირვება გამარტივდება, თუ ნათურები რაც შეიძლება კაშკაშა იქნება. ამიტომაც ისინი უნდა იკვებებოდნენ დენის წყაროს ან ბატარეის მეშვეობით, რომელიც უზრუნველყოფს სრულ სამუშაო ძაბვას(12 ვოლტს).



სურათი TG1-2: განლაგება აქტივობა 6-1-ისთვის. ნათურები დამაგრებულია ისე რომ ისინი ზევითაა მიმართული.



სურათი TG1-3: ისრის თავზე დამაგრებული ანთებული ნათურა (აქტივობა 6-1)

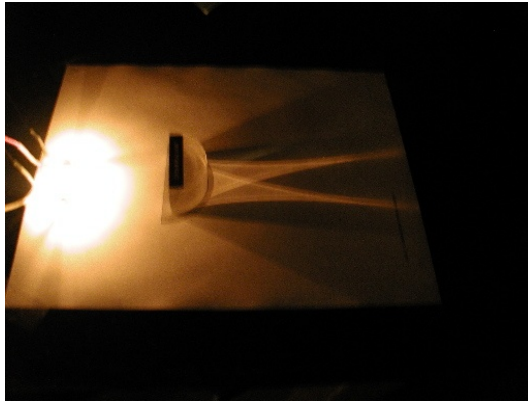
შეკითხვა 6-1: მეორე ნათურიდან წამოსული სხივები არიან განშლადი სხივები. ლინზაში გასვლის შემდეგ ისინი ლინზის მიღმა იკრიბებიან ერთ წერტილში.

შეკითხვა 6-2: მეორე ნათურიდან წამოსული სხივები ეცემიან ლინზის წინა ზედაპირის ყოველ ნაწილს.

შეკითხვა 6-3: ისრის გამოსახულება შებრუნებულია. პირველი ნათურის(ისრის თავის) სინათლე ფოკუსირდება ქვევით, როცა მეორის(ისრის ბოლოს) – ზემოთ.

შეკითხვა 6-4: მიღებული ისარი გადიდებულია. ორმაგი ფოკუსი უფრო შორსაა ლინზისგან, ვიდრე ნამდვილი ისრის ბოლოები(ცხადია, ეს დამოკიდებულია აქ გამოყენებულ ცილინდრულ ლინზაზე).

შეკითხვა 6-5: ნათურებიდან ლინზის დაშორებისას მიღებული გამოსახულება დაპატარავდება. შეამჩნევთ რომ მიღებული გამოსახულების ორივე წერტილი დაუახლოვდება ლინზას.



სურათი TG1-4: ისრის თავსა და ბოლოში მყოფი პირველი და მეორე ნათურები ანთებულია(აქტივობა6-1).

შეკითხვა 6-6: ნათურებთან ლინზის მიახლოებისას მიღებული გამოსახულება გადიდება. შეამჩნევთ რომ მიღებული გამოსახულების ორივე წერტილი დაშორდება ლინზას.

შეკითხვა 6-7: ლინზის ნათურებთან საკმაოდ ახლოს მიტანისას, ლინზიდან გამოსული სინათლე განშლადი იქნება. ამიტომაც პირველი ნათურიდან წამოსული სინათლე არასდროს შეიკრიბება წერტილში, იგივე ითქმის მეორე ნათურიდან წამოსული სინათლეზეც. ამ დროს ლინზის მიღმა გამოსახულება აღარ მიიღება.

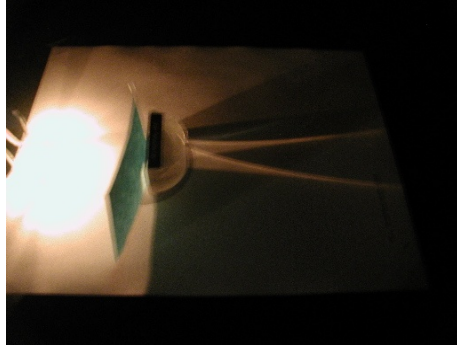
შეკითხვა 6-8: ცხადა, რომ თითოეული ნათურიდან წამოსული სინათლე, რომელიც ეცემა ლინზის დაუფარავ ზედაპირს, ისევ შეკრიბება იმავე წერილში. მთლიანი სურათი ისევ ფორმირდება. მაგრამ, დაფარულ ზედაპირზე დაცემული სინათლე (სინათლის ნახევარი) ვერასდროს აღწევს გამოსახულების წერტილს. ამიტომაც, სურათი ისევ იმავე ადგილზე წარმოიქმნება, იგი იქნება ისევ შებრუნებული, იმავე ზომის, მაგრამ უფრო მკრთალი (იხილეთ სურათი TG1-5).

შეკითხვა 6-9: მიღებული გამოსახულება ისევ იმ ადგილას იმოფება, იგი იმავე ზომისაა და შებრუნებულია. იგი მკრთალია შეკითხვა 6-8-ში აღნიშნული მიზეზის გამო..

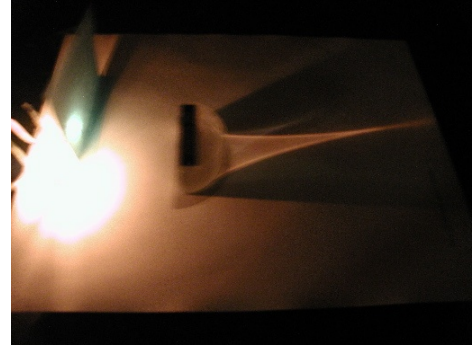
შეკითხვა 6-10: პირველი ნათურიდან წამოსული სინათლე არ აღწევს ლინზამდე. რაც იგივეა, რომ ობიექტის ზედა ნახევრიდან წამოსული სინათლე ვერ მიაღწევს ლინზამდე და მიღებული გამოსახულების ეს ნაწილი (ისრის თავი) გაქრება(იხილეთ სურათი TG1-6).

შეკითხვა 6-11: გამოსახულება ქრება. არაფერია ისეთი, რაც დააფოკუსირებდა სინათლეს გამოსახულების წერტილებზე.

შეკითხვა 6-12: ლინზა აფოკუსირებს ობიექტის ყოველი წერტილოვანი წყაროდან წამოსულ მთელ სინათლეს (რომელიც ეცემა ლინზას) გამოსახულების ერთ წერტილში. ლინზის გარეშე არანაირი სურათი არ ფორმირდება.



სურათი TG1-5: პირველი და მეორე ნათურა ანთებულია, ლინზის ქვედა ნახევარი დაფარულია ღია ბარათით. აქტივობა 6-1.



სურათი TG1-6: პირველი და მეორე ნათურა ანთებულია, პირველი ნათურა დაფარულია ღია ბარათით. აქტივობა 6-1.

ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციები.

ნაწილი 1: სინათლის არეკვლა და გარდატეხა

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- დიდი ბრტყელი სარკე ჰორიზონტალური სადგამით
- დიდი მინის ან Lucite –ს ფირფიტა
- სარკის დასაფარი ტილო
- ლაზერი ყურადღება : მოარიდეთ ლაზერი თვალებს!
- დაფის საშლელი ჩვარი და ცარცის ფხვნილი
- ცილინდრული Lucite–ის ლინზა(ნახევრადწრიული)
- მბრუნავი სამაგრი Lucite –ს ლინზისთვის
- სახაზავი

შენიშვნები აღჭურვილობის შესახებ

ბრტყელი სარკე: სარკე სააბაზანოში დაკიდებული სარკის ზომისა უნდა იყოს. ის უნდა დამაგრებული იყოს ვერტიკალურად და მიმართული უნდა იყოს კლასისკენ ისე, რომ მისი ქვედა ნაწილი დაახლოებით წელის დონეზე იმყოფებოდეს. ის თავიდან ტილოს ნაჭრით უნდა იყოს დაფარული, რათა სტუდენტებმა არ დაინახონ იგი.

Lucite-ის ფირფიტა : Lucite -ის ფირფიტის ზომა კლასისას უნდა შეესაბამებოდეს. ფირფიტა ზომებით: 0,6 მ(სიგრძე), 0,6 მ (სიგანე) საკმარისი იქნება.

ლაზერი ყურადღება : გთხოვთ წაიკითხოთ ლაზერული უსაფრთხოების ნაწილი გზამკვლევაში. იგი არავის თვალისკენ არ უნდა იყოს მიმართული! იგი აზიანებს თვალს. არ არის აუცილებელი, რომ ლაზერი მძლავრი იყოს. ლაზერული პოინტერი საკმარისი იქნება.

ცილინდრული Lucite-ის ლინზა (ნახევრადწრიული) და სამაგრი: Lucite-ის ლინზა საკმაოდ დიდი უნდა იყოს, რომ მთელმა კლასმა დაინახოს - 10 სმ რადიუსის მაინც. მისი განივკვეთი ნახევრადწრიული უნდა იყოს, სისქე - 5 სმ მაინც (იხილე სურათი TG1-7). თუ თქვენ გაქვთ ოპტიკური დაფის კომპლექტი (მაგალითად PASCO (www.pasco.com) SE-9193 or SE-9194), იგი, სავარაუდოდ, შეიცავს ასეთ ლინზას. ლინზა შეიძლება მიმაგრებულ იქნეს დაფაზე. მოსახერხებელია, რომ ლინზა დაამაგროთ ისე, რომ მას შეეძლოს ბრუნვა განივკვეთის მართობული ღერძის ირგვლივ. ოპტიკური დაფის კომპლექტი შეიცავს ასეთ სამაგრს, ან მისი გაკეთება თქვენ თვითონაც შეგიძლიათ.

დემონსტრაციები და შედეგების ნიმუშები

დემონსტრაცია 1: არეკვლის კანონი. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, ლაზერი ცილინდრული ლინზის ბრტყელ ნაწილს დაასხივით ისე, რომ იგი ეცემოდეს ზედაპირს, როგორც სტუდენტის ფურცელზე გაკეთებულ სურათზეა ნაჩვენები. ცარცის ფხვნილი გამოიყენეთ დაცემული და არეკვილი სინათლის მიმართულების დასანახად. სახაზავით შეიძლება ზედაპირის ნორმალის ჩვენება.

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: თხოვეთ სტუდენტებს, აღწერონ არეკვილი სხივის მიმართულება. ნორმალიდან გაზომილი არეკვილი სინათლის კუთხე (არეკვლის კუთხე) ემთხვევა იმავე ნორმალიდან გაზომილ დაცემული სინათლის კუთხეს (დაცემის კუთხეს)? არიან თუ არა დაცემული, არეკვილი სხივები და ნორმალი ერთ სიბრტყეში? იყოლიეთ მოხალისე, რომ შეაჯამოს არეკვლის კანონი.

დემონსტრაცია 2: გამოსახულება ბრტყელ სარკეში. დიდი სარკე, რომელიც მიმართულია კლასისკენ, დაფარული უნდა იყოს. დადექით ჩამოფარებული სარკის წინ, ისე როგორც სურათზეა ნაჩვენები და თხოვეთ სტუდენტებს ჩამოყალიბონ თავიანთი ვარაუდები. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, მოაშორეთ გადასაფარებელი სარკეს. დიდი კლასისთვის საჭირო იქნება აღწეროთ სარკეში დანახული გამოსახულება. პატარა კლასის შემთხვევაში რამდენიმე სტუდენტს მაინც შეუძლია მივიდეს სარკესთან და დააკვირდეს მასში საკუთარ გამოსახულებას. ასევე, დამსხდარ სტუდენტებს მიეცით საშუალება სარკეში ნახონ თავიანთი გამოსახულებები, ვინაიდან ყველა ვარაუდი, ბოლოს გარდა, შესაძლებელია გაანალიზდეს ამ დაკვირვებებით.

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: თხოვეთ სტუდენტებს აღწერონ სარკეში დანახული თავიანთი გამოსახულებანი. სად მოჩანს სურათი? იგი შებრუნებულია თუ არა? გამოსახულება გადიდებულია, დაპატარავებულია თუ იმავე ზომისა, რაც ობიექტი? თქვენ სხეულის უმეტეს ნაწილს ხედავთ, თუ მხოლოდ სარკის სიმაღლის ტოლს? თხოვეთ სტუდენტებს ახსნან, რატომ ხედავენ მთლიან სხეულს(ან მის უმეტეს ნაწილს). დასახმარებლად, სურათზე დახაზეთ პიროვნებიდან გამოსხივებული და სარკის ზედაპირიდან არეკვილი სხივები.

დემონსტრაცია 3: არეკვლა უფრო მკვრივი გარემოს ზედაპირზე. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, Lucite-ის ლინზის ბრტყელ ზედაპირს კუთხით დაასხივეთ ლაზერის სინათლე ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები. ამჯერად ყურადღება მიაქციეთ ბრტყელ ზედაპირზე გასულ და გამრუდებული ზედაპირიდან გამოსულ სხივს. ცარცის ფხვნილი ამჯერადაც ხელსაყრელი იქნება. თუ ლაზერის სხივი ბრტყელი ზედაპირს ცენტრში ეცემა, ის გარდატყდება ამ ზედაპირზე, მაგრამ არა გამრუდებულზე. (გარდატეხილი სხივი გავრცელდება რადიუსის გასწვრივ და იქნება გამრუდებული ზედაპირის მართობული).

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: თხოვეთ სტუდენტებს, აღწერონ გარდატეხილი სხივის მიმართულება. იხრება თუ არა სხივი ზედაპირზე? გარდატეხის კუთხე მეტია თუ ნაკლები დაცემის კუთხეზე (ორივე იზომება ზედაპირის ნორმალიდან)? ზედაპირის ნორმალი, დაცემული და გარდატეხილი სხივი ერთ სიბრტყეში იმყოფებიან? მოხალისეებს სთხოვეთ, რომ თვისობრივად ჩამოაყალიბონ გარდატეხის კანონი.

დემონსტრაცია 4: უფრო მკვრივი გარემოს ზედაპირზე არეკვლის პროცენტული რაოდენობა. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, Lucite ლინზას მცირე კუთხით დაასხივეთ ლაზერის შუქი. ცარცის ფხვნილი გამოიყენეთ ლაზერის დაცემული და არეკვლილი სხივის დასანახად. ასევე ხელსაყრელი იქნება Lucite-ს დიდი ფირფიტა დაიჭიროთ ხელში და მისცეთ სტუდენტებს საშუალება დააკვირდნენ თავიანთი ანარეკლს მასში.

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: თხოვეთ სტუდენტებს, შეადარონ დაცემული და არეკვლილი სხივების ინტენსიურობები (სინათლის კონის სიკაშკაშე). თუ გამოიყენეთ Lucite-ის ფირფიტა, ჰკითხეთ სტუდენტებს, როგორი კაშკაშა იყო მათი გამოსახულება ფირფიტაში. სურათის წარმოსაქმნელად იყო თუ არა დიდი რაოდენობით სინათლე არეკვლილი Lucite-დან? (დაცემული სინათლის მხოლოდ 4% ირეკვლება Lucite-ის ან მინის ერთი ზედაპირიდან). რატომ ირეკლავს თქვენს აბაზანაში დაკიდებული სარკე უფრო მეტ სინათლეს ვიდრე ესენი?

დემონსტრაცია 5: ნაკლებად მკვრივი გარემოს ზედაპირზე არეკვლის პროცენტული რაოდენობა. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, Lucite-ის ლინზის გამრუდებულ ზედაპირს მისი რადიუსის გასწვრივ დაასხივეთ ლაზერის სინათლე ისე, რომ იგი ეცემოდეს ბრტყელი ზედაპირის ცენტრს. სინათლე ვრცელდებოდა უფრო მკვრივ გარემოში და ახლა იგი ირეკლება ნაკლებად მკვრივი (ჰაერი) გარემოს საზღვარზე. იოლია ცარცის ფხვნილის გამოყენება გასულ სინათლეზე დასაკვირვებლად, მისი და გამრუდებულ ზედაპირზე დაცემული სხივის ინტენსიურობის ერთმანეთთან შესადარებლად. ეს შედარება არც თუ ისე მარტივად გასაკეთებელია.

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: სთხოვეთ სტუდენტებს ერთმანეთს შეადარონ დაცემული და არეკვლილი სინათლის ინტენსიურობები (სინათლის კონის სიკაშკაშე). რის გამო შეიძლება იყოს არეკვლილი სინათლის პროცენტული რაოდენობა განსხვავებული დაცემული სინათლის სხვა მიმართულებისთვის?

სინამდვილეში, ამ შემთხვევისთვისაც იგივე პროცენტული რაოდენობა – დაცემული სინათლის მხოლოდ 4% – ირეკლება Lucite-ის ან მინის ერთი ზედაპირიდან.

დემონსტრაცია 6: გარდატეხა ნაკლებად მკვირვ გარემოს ზედაპირზე. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, Lucite-ის ლინზის გამრუდებულ ზედაპირს მისი რადიუსის გასწვრივ დაასხივით ლაზერის სინათლე ისე, რომ იგი ეცემოდეს ბრტყელი ზედაპირის ცენტრს. ყურადღება მიაქციეთ ბრტყელი ზედაპირიდან გასულ სხივს. ცარცის ფხვნილის გამოყენებით გასული სინათლე გახადეთ ხილული.

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: სტუდენტებს სთხოვეთ აღწერონ გარდატეხილი სხივის მიმართულება. სხივი „გამრუდდება“ ზედაპირზე? გარდატეხის კუთხე დაცემის კუთხეზე მეტია თუ ნაკლები (ორივე იზომება ზედაპირის ნორმალიდან)? რითია ეს პასუხი 3 დემონსტრაციისგან განსხვავებული?

დემონსტრაცია 7: სრული შინაგანი არეკვლა. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის დასრულების შემდეგ, დაასხივით ლაზერი ლინზაზე ჯერ ისე, როგორც 3 დემონსტრაციაში. ლინზის ბრუნვით აჩვენეთ, რომ ყოველთვის არსებობს გასული სხივი. შემდეგ დაასხივით ლაზერი ისე, როგორც 6 დემონსტრაციაში. ამჯერადაც აბრუნეთ ლინზა მანამ, სანამ არ გაქრება გასული სხივი და მთელი სინათლე არ აირეკლება უკან, Lucite-ში.

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: კითხეთ სტუდენტებს ზედა დიაგრამაზე არის თუ არა ისეთი კუთხე, როცა აღარ იარსებებს გასული სხივი? ქვედა სურათზე? მოხალისე(ებს) თხოვეთ, აღწერონ, თუ რა არის სრული შინაგანი არეკვლა.

ნაწილი 2: გამოსახულების ფორმირება ლინზების საშუალებით

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ცილინდრული Lucite-ის ლინზა (ნახევრადწრიული)
- Lucite-ის ლინზის სამაგრი
- ლინზის დიამეტრის ნახევარი სიგრძის ისარი, დახატული თეთრ (შავ) დაფაზე, ან ღია ბარათზე.
- ორი პატარა, კაშკაშა ნათურა, დენის წყარო და შემაერთებელი სადენები
- ნათურების სამაგრი
- კვების წყარო(ან ბატარეა)
- მწვანე ფილტრი
- სავარცხელი
- ღია ბარათი

შენიშვნები აღჭურვილობის შესახებ

ცილინდრული Lucite-ის ლინზა (ნახევრადწრიული) და სამაგრი: Lucite-ის ლინზა საკმაოდ დიდი უნდა იყოს, რომ მთელმა კლასმა დაინახოს - 10 სმ რადიუსის მაინც. მისი განივკვეთი ნახევრადწრიული უნდა იყოს, და ის 5 სმ სისქის მაინც უნდა იყოს (იხილეთ სურათი TG1-7). თუ თქვენ გაქვთ ოპტიკური დაფის კომპლექტი (მაგალითად PASCO (www.pasco.com) SE-9193 or SE-9194), იგი შეიცავს ასეთ ლინზას. ლინზა შეიძლება მიმაგრებულ იქნეს დაფაზე. ოპტიკური დაფის კომპლექტი შეიცავს მაგნიტურ ან შემწოვ სამაგრს ლინზისთვის, ან შეგიძლიათ თქვენ თვითონაც დაამზადოთ. TG1-8 სურათზე იაფფასიანი ალტერნატიული ხელსაწყო ნაჩვენებია: გლუვი კედლების მქონე წყლით სავსე პლასტმასის ქილა. სურათზე ნაჩვენებია Nalgene-ის ფირმის ქილა დიამეტრით 15 სმ. ეს საერთო ხელსაწყო ხელმისაწვდომია ქიმიური დანადგარების მომმარაგებელი კომპანიებისგან. თუ ასეთ ქილას იყენებთ, უფრო კრიტიკულად უნდა მიუდგეთ მათ განლაგებასა და ნათურებს შორის მანძილის შერჩევას იმისთვის, რომ მიიღოთ სასურველი ეფექტი, როცა ლინზის ნახევარი დაფარულია (იხილეთ ქვემოთ).

ნათურები: ნათურები საკმაოდ კაშკაშა უნდა იყვნენ, მაგრამ 6 ვოლტიანი ფანრის ნათურები და ელექტრომასრებიც გამოდგება. ელექტრომასრები პარალელურად უნდა იყონ შეერთებულნი საკმარისი სიგრძის სადენებით, რომ მან მიაღწიოს ბატარეას ან კვების წყაროს. თქვენ თუ კერამიკულ მაგნიტებს დააწებებთ ელექტრო-მასრების ძირზე, მაშინ ნათურებს მარტივად მიამაგრებთ დაფას, რომლის უკანა მხარე რკინისაა.

დემონსტრაციები და შედეგების ნიმუშები

დემონსტრაცია 1: სხივთა დიაგრამა. TG1-7 სურათზე ნაჩვენებია მოწყობილობა ლინზით, ნათურებითა და ისრით. TG1-8 სურათზე ნაჩვენებია ალტერნატივა Lucite-ის ლინზით. TG1-9 სურათზე ნაჩვენებია მოწყობილობა ანთებული ნათურებით. დასაწყისისთვის სტუდენტებს აჩვენეთ მოწყობილობა ჩამქრალი ნათურებით. პირველი ვარაუდის გაკეთება იმ სტუდენტებისთვის მარტივი იქნება, რომლებმაც ლექციაზე ისწავლეს გამოსახულების აგება და რომლებმაც აქვთ სხივთა დიაგრამების დახაზვის გამოცდილება (ეს კიდევ არ ნიშნავს იმას, რომ ისინი სწორად დახაზავენ დიაგრამებს!). დემონსტრირების ამ თანმიმდევრობის იდეა მდგომარეობს სტუდენტთათვის ლინზის საშუალებით გამოსახულების ფორმირების უკეთ გაგებაში, თუ ისინი დაინახავენ, რა მოსდის ლინზაზე დაცემულ, ობიექტიდან წამოსულ ყველა სხივს.

ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, უთხარით სტუდენტებს, რომ ორი ნათურა წარმოადგენს ისრის თავსა და ბოლოში მყოფ წერტილოვან წყაროს. ჩართეთ ორივე ნათურა. შემდეგ ზედა ნათურის წინ მოათავსეთ მწვანე ფილტრი. ორივე ნათურის წინ მოათავსეთ სავარცხელი მრავალი სხივის ილუზიის შესაქმნელად.

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: სტუდენტებს სთხოვეთ აღწერონ, თუ სად იმყოფებიან ისრის თავსა და ბოლოში მყოფი ნათურების გამოსახულების

წერტილები. როგორ მოქმედებს ლინზა ობიექტიდან წამოსულ, მასზე დაცემულ სხივებზე? სად იმყოფებიან თითოეული ნათურის გამოსახულების წერტილები? რას ნიშნავს გამოსახულების ფორმირება? მიღებული გამოსახულება ნამდვილია თუ წარმოსახვითი? იგი შებრუნებულია თუ არა?



სურათი TG1-7: მოწყობილობა გამოსახულების ფორმირებაზე დასაკვირვებლად.



სურათი TG1-8: იაფფასიანი ალტერნატიული ცილინდრული ლინზა: გლუვი კედლების მქონე წყლით სავსე პლასტმასის ქილა.

დემონსტრაცია 2: ლინზის ზედა ნაწილის დაფარვა. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, დატოვეთ ორივე ნათურა ანთებული და მოათავსეთ ღია ბარათი ისე, რომ დაფაროს ლინზის ზედა ნახევარი. დარწმუნდით: სტუდენტები ხედავენ, რომ ორივე ნათურიდან წამოსული სინათლე, რომელიც ეცემა ლინზის დაუფარავ ზედაპირს, ფოკუსირდება ორ წერტილში (გამოსახულება მთლიანია, იმავე ადგილასა და უფრო მკრთალია).

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: ისევ შესაძლებელია ისრის მთლიანი გამოსახულების დანახვა? ისევ იმ ადგილას იმყოფება? როგორ შეიცვლება იგი?

დემონსტრაცია 3: ობიექტის ნახევრის დაფარვა. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, დატოვეთ ორივე ნათურა ანთებული და მოათავსეთ ღია ბარათი ისე, რომ დაფაროს ზედა ნათურა (ობიექტის ზედა ნახევარი). დარწმუნდით: სტუდენტები ხედავენ, რომ ზედა ნათურიდან წამოსული სინათლე აღარ აღწევს ლინზას და არ ფოკუსირდება წერტილში (ისრის მხოლოდ ქვედა ნახევრის გამოსახულება გამოჩნდება).

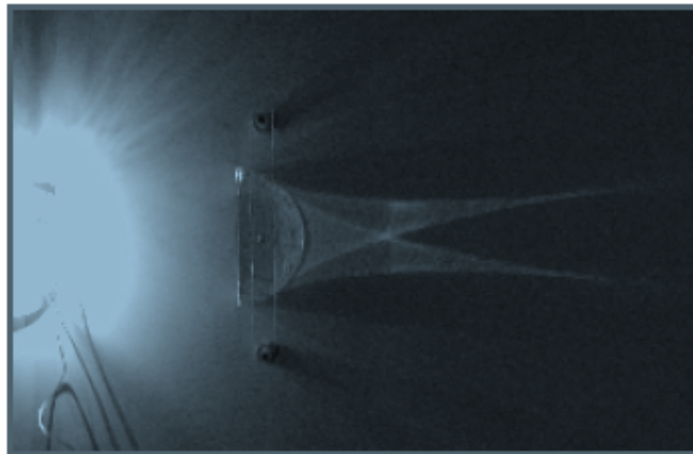
დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: ისევ გამოჩნდება ისრის მთლიანი გამოსახულება? რატომ?

დემონსტრაცია 4: ლინზის მოხსნა. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, ორივე ნათურა ჩართული დატოვეთ და მოაშორეთ ლინზა. დარწმუნდით: სტუდენტები ხედავენ, რომ ორივე ნათურიდან წამოსული სინათლე გაიშლება და არ არსებობს სინათლის შემკრები ელემენტი, რომელიც დააფოკუსირებს მას წერტილში.

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: იქნება თუ არა ისევ გამოსახულება? რატომ? რა არის გამოსახულება?

დემონსტრაცია 5: ლინზის შორ მანძილზე გადაადგილება. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, ორივე ნათურა ჩართული დატოვით და ლინზა ობიექტიდან შორ მანძილზე გადაადგილეთ. დარწმუნდით: სტუდენტები ხედავენ, რომ გამოსახულების ორი წერტილი ახლა უფრო ახლოსაა ერთმანეთთან და ლინზასთან (გამოსახულება ახლოსაა ლინზასთან და უფრო დაპატარავებულია). ორივე ნათურიდან გამოსხივებული სინათლე იმდენად გაშლილი აღარაა და უფრო ეფექტურად არის ფოკუსირებული ლინზის მეშვეობით.

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: სთხოვეთ სტუდენტებს, აღწერონ, თუ სად მიიღება გამოსახულება. ის ახლა ლინზიდან უფრო ახლოსაა თუ შორს? ის უფრო გადიდებულია, თუ შემცირებული, ვიდრე წინათ? საიდან იცით?



სურათი TG1-9: გამოსახულების ფორმირებაზე დაკვირვებები. ორივე ნათურა ანთებულია.

დემონსტრაცია 6: ლინზის მიახლოება ობიექტთან. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, ორივე ნათურა ჩართული დატოვით და ლინზა ახლოს(მაგრამ ფოკუსურ მანძილზე შორს) მიიტანეთ საგანთან. დარწმუნდით: სტუდენტები ხედავენ, რომ ისევ არსებობს გამოსახულების ორი წერტილი რომლებიც ახლა შორს არიან ერთმანეთისგან და ლინზისგან (გამოსახულება შორსაა ლინზისგან და გადიდებულია). ნათურიდან გამოსხივებული სინათლე უფრო მეტად იშლება, როცა ეცემა ლინზას და იგი ნაკლებად ეფექტურად არის ფოკუსირებული ლინზის მეშვეობით.

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: სთხოვეთ სტუდენტებს, აღწერონ, სად მიიღება გამოსახულება. იგი შორსაა ლინზიდან თუ ახლოს? ის უფრო გადიდებულია თუ დაპატარავებული, ვიდრე წინათ? საიდან იცით?

დემონსტრაცია 7: წარმოსახვითი გამოსახულება. ვარაუდების ჩამოყალიბებისა და განხილვის შემდეგ, ორივე ნათურა ჩართული დატოვით და ლინზა ობიექტთან უფრო ახლოს მიიტანეთ, ამჯერად ფოკუსურ მანძილზე ახლოს. დარწმუნდით: სტუდენტები ხედავენ, ნათურიდან წამოსული სინათლის სხივები ლინზიდან გამოსვლის შემდეგაც კვლავ განშლად კონას ქმნიან (ამჯერად ამ ლინზის მიღმა არანაირი ნამდვილი გამოსახულება არ წარმოიქმნება). ნათურიდან

გამოსხივებული სინათლე უფრო მეტად განშლადია, როცა ეცემა ლინზას და მას არ აქვს იმდენი ძალა, რომ სხივების ფოკუსირება მოახდინოს.

დისკუსია შედეგების დაკვირვების შემდეგ: სთხოვეთ სტუდენტებს აღწერონ, თუ რას აკვირდებიან. ობიექტიდან წამოსული სხივები იკრიბებიან ლინზის მიღმა გამოსახულების წერტილებში? ლინზის მარჯვნივ რომ დამდგარიყავით და მასში ჩაგეხდათ, სად დაინახავდით განშლადი სხივების წყაროს? როგორი გამოსახულები მიიღება და სად მდებარეობს იგი?

ოპტიკური ჯადოსნური ოინები

შესავალი

მარტივი დემონსტრაციების ეს კრებული შექმნილია იმ მიზნით, რომ სტუდენტს გააცნოს გეომეტრიული ოპტიკის ცნებები. 1 და 2 დემონსტრაცია, ფაქტობრივად, ცნებების შესავალია, ხოლო 3 და 4 უფრო მიზანშეწონილია ცოდნის გასამყარებლად იმ ცნებების შესახებ, რომლებიც უკვე ნასწავლი აქვთ.

ეს დემონსტრაციები პირველად მოფიქრებული იყო პრაქტიკულ მეცნიერულ ცენტრებში (Eugene, OR, USA ვერსიები Exploratorium–ისთვის) გამოსაყენებლად იმ ჯადოსნურ წარმოდგენებში, რომლებიც ყოველ შაბათ დილით იმართებოდა. ისინი წარმატებით იქნა გამოყენებული, როგორც კოლეჯის დონის ზოგადი ფიზიკის კურსის ნაწილი. მიუხედავად იმისა, რომ დემონსტრაციების უმრავლესობა არ არის ახალი და ორიგინალური, მათი ჯადოსნური ოინებად წარმოდგენა ახალია. სტუდენტთა ინტერესი მჭიდროდ უკავშირდება ამ დემონსტრაციების წარმოდგენას და ისინი ჩართულები არიან სწავლის პროცესში.

ეს დემონსტრაციები გამოყენებულ უნდა იქნას ინტერაქტიური გზით, დისკუსიებით მცირერიცხოვან ჯგუფებში. *ოპტიკის სადისკუსიო შეკითხვები* არის შექმნილი ამ დისკუსიებისთვის ხელის შესაწყობად.

ხელმისაწვდომია სხვა ოპტიკური ჯადოსნური ოინები სრულ შინაგან არეკვლაზე, სარკეებზე, პოლარიზაციაზე, ოპტიკურ აქტივობაზე, ორმაგ სხივთტებაზე და სინათლის გაბნევაზე. დამატებითი ინფორმაციისთვის დაუკავშირდით ავტორს.

ოპტიკური ჯადოსნური ოინი 1: ხელახლა გამოჩენილი სინჯარა

მიზანი

- გამჭვირვალე გარემოს ოპტიკური თვისებების (გარდატეხის მაჩვენებლის) განსხვავების მნიშვნელობის გაგება სინათლის არეკვლისა და გარდატეხისას.

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- 2600 მლ მოცულობის გამჭვირვალე მინის ჭურჭელი

- 3-4 პატარა Pyrex-ის სინჯარა(ევროპაში – Duraglas-ის სინჯარა)
- ჩაქუჩი ან ხის ძელი
- კონვერტი
- მცენარეული ზეთი ან მძიმე და მსუბუქი მინერალური ზეთი(ევროპაში პარაფინის ზეთი)
- ჯადოსნური ჯოხი

მომზადება

გამოიყენე მცენარეული ზეთი ან შეურიე მინერალური ზეთები, რათა მისი გარდატეხის მაჩვენებელი დაემთხვეს Pyrex-ის სინჯარის გარდატეხის მაჩვენებელს (მინერალური ზეთები საშუალებას მოგვცემს უფრო ზუსტად დავამთხვიოთ, მაგრამ მცენარეული ზეთის გამოყენება უფრო მარტივია და კარგადაც მუშაობს). ერთი ჭურჭელი გაავსეთ ზეთით, და მთლიანად ჩაძირეთ მასში ერთი ან ორი Pyrex-ის სინჯარა გაკვეთილის დაწყებამდე. თქვენ ვერ უნდა შეძლოთ ჩაძირული სინჯარების დანახვა. მეორე ჭურჭელი გაავსეთ წყლით. უკეთესია, თუ სინათლე გარკვეულწილად უფრო მკრთალი იქნება.

დემონსტრაცია

აიღე მშრალი სინჯარა და მოათავსე იგი კონვერტში. დაამსხვრიე იგი ჩაქუჩით ან ხის ძელით. მოხალისეს სთხოვე - ჩაიხედოს კონვერტში, რათა დარწმუნდეს, რომ სინჯარა დამსხვრეულია. უთხარით სტუდენტებს, რომ ჭურჭელში ასხია ჯადოსნური სითხე, რომელიც აღადგენს სინჯარას. ზეთიან ჭურჭელში ჩაყარეთ სინჯარის ნაწილები. თქვით რაიმე „ჯადოსნური“ სიტყვა, მაგალითად „ფიზიკა“ და/ან გაიქნიეთ ჯადოსნური ჯოხი. შემდეგ ჩაყავით ხელი და ჭურჭლიდან ამოიღეთ მთელი სინჯარა. უფრო მეტი დრამატულობითვის, ამოიღეთ მეორე სინჯარაც!!

სთხოვეთ სტუდენტებს დაიყონ პატარა, 2-4 კაციან ჯგუფებად და განიხილონ *ოპტიკის სადისკუსიო შეკითხვები* თავიანთ ჯგუფებში. ცოტა ხნის შემდეგ, მოხალისეს(ებს) სთხოვეთ, ახნას, თუ როგორ მუშაობს ეს ოინი.

ახსნა

გამჭვირვალე ობიექტები მხოლოდ ირეკლავენ ან გარდატეხენ სინათლეს, როცა ისინი იმყოფებიან განსხვავებული ოპტიკური თვისებების მქონე გარემოში (გარდატეხის განსხვავებული მაჩვენებელი). რადგან „ჯადოსნურ“ სითხეს და სინჯარას ერთნაირი მაჩვენებელი აქვს, არანაირი სინათლე არ აირეკლება ჩაძირული სინჯარიდან. ამიტომაც მას ვერ ხედავთ. სინჯარის დანახვა შეიძლება ჰაერსა ან წყალში, რადგან მათ სხვა გარდატეხის მაჩვენებელი აქვთ(განსხვავებული სინჯარის მაჩვენებლისგან).

თუ კიდევ გაქვთ მშრალი სინჯარა, ჩაძირეთ იგი (ღია ბოლო ზევით მიმართეთ) ისე, რომ ზეთი მასში ჩაედინებოდეს. სტუდენტები დაინახავენ, თუ როგორ გაუჩინარდება სინჯარა, დაწყებული მისი ძირიდან. რამდენიმე სტუდენტმა შეიძლება ისიც კი თქვას, რომ იგი მყისიერად გაუჩინარდა.

ოპტიკური ჯადოსნური ოინი 2: სანთელი წყალქვეშ

მიზანი

- ბრტყელი სარკით წარმოქმნილი წარმოსახვითი გამოსახულების თვისებების გამოკვლევა.

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- სანთელი
- ასანთი
- 2600 მლ მოცულობის გამჭვირვალე მინის ჭურჭელი
- წყლიანი კონტეინერი
- ვერტიკალურად დამაგრებული დიდი (60სმ x60სმ ზომით) გამჭვირვალე მინის ან ორგანული მინის ფირფიტა
- შავი(ან სხვა მუქი ფერის) ნაჭერი, საკმარისი ზომისა, რომ დაფაროს მინის ფირფიტა
- ჯადოსნური ჯოხი

მომზადება

გამჭვირვალე ორგანული მინის ფირფიტის წინ ჭიქაში ჩადეთ სანთელი, ხოლო მეორე ჭიქა მოათავსეთ ფირფიტის უკან, მისგან იმავე მანძილზე. შავი ნაჭერი გადაფარებული უნდა იყოს ფირფიტაზე, როცა სტუდენტები შემოვლენ ოთახში. სასურველია, თუ სინათლე ოთახში მკრთალი იქნება.

დემონსტრაცია

აანთეთ სანთელი და ისე მოიქეცით თითქოს ფირფიტის უკან მყოფ ჭურჭელშიც ანთებთ სანთელს. მოაცილეთ შავი ნაჭერი. აუხსენით სტუდენტებს, რომ ისინი ხედავენ ორ სანთელს, ერთს წინა წურჭელში მეორეს – უკანაში. თქვით ჯადოსნური სიტყვა(და მოიქნით ჯადოსნური ჯოხი) და აავსეთ უკანა ჭურჭელი წყლით. სტუდენტები დაინახავენ, რომ სანთელი უკანა ჭურჭელში იწვის წყლის ქვეშ. ეფექტი ყოველთვის დამაჯერებელი არაა და სტუდენტებს ხშირად ეცინებათ!

სთხოვეთ სტუდენტებს დაიყონ პატარა, 2-4 კაციან ჯგუფებად და განიხილონ *ოპტიკის სადისკუსიო შეკითხვები* თავიანთ ჯგუფებში. ცოტა ხნის შემდეგ, მოხალისეს(ებს) სთხოვეთ, ახნას, თუ როგორ მუშაობს ეს ოინი.

ახსნა

გამჭვირვალე ორგანული მინის ფირფიტა იქცევა, როგორც ბრტყელი სარკე: ანთებული სანთლის წარმოსახვით გამოსახულებას ქმნის ფირფიტის უკან მყოფ ჭურჭელში. მიუხედავად იმისა, რომ ორგანული მინის ფირფიტა სანთლის სინათლის მხოლოდ 4-8% ირეკლავს, ეს საკმარისია, რომ გვექონდეს სუფთა, გარკვეულწილად დამაჯერებელი გამოსახულება.

სადისკუსიო შეკითხვები და კლასში გამართული დისკუსიები სტუდენტებს გზას გაუკვლევინებენ ბრტყელი სარკით წარმოქმნილი წარმოსახვითი გამოსახულების მახასიათებლებში. იგი სარკის წინ მიიღება თუ უკან? რამდენად შორს არის? ნამდვილია თუ წარმოსახვითი? რას იტყვით მის ზომაზე (ანთებულ სანთელთან შედარებით)? ეს გამოსახულება მსგავსია აბაზანის სარკეში მიღებულისა? ხვდება თუ არა თქვენი სახიდან წამოსული სინათლე სარკის უკანა ნაწილს? უცვლის თუ არა სარკე გამოსახულებას ორიენტაციას (მარჯვენას მარცხენათი და პირიქით)? (ამის დემონსტრირებისთვის აწიეთ ხელი სარკის წინ).

ოპტიკური ჯადოსნური ოინი 3: ნახშირის ვერცხლად გადაქცევა

მიზანი

- ორი გამჭვირვალე გარემოს გამყოფ საზღვარზე სრული შინაგანი არეკვლის შესწავლა

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- სანთელი და ასანთის ღერები
- 5სმ დიამეტრის მქონე ბურთი, დამზადებული არააალებადი და ძნელად დნობადი ნივთიერებისგან, რომელიც დამაგრებულია წკირის ბოლოზე და დაფარულია სანთლის ცეცხლიდან მიღებული ჭვარტლით (ნახშირბადით)
- წყლით სავსე 600 მლ მოცულობის ჭურჭელი
- ჯადოსნური ჯოხი

მომზადება

აანთეთ სანთელი და ატრიალეთ ბურთი სანთლის ცეცხლთან მანამ, სანამ მთლიანად არ გაიჭვარტლება. აავსეთ ჭურჭელი წყლით

დემონსტრაცია

უთხარით სტუდენტებს, რომ თქვენ აღმოაჩინეთ ხერხი, თუ როგორ გადავაქციოთ ნახშირი ვერცხლად. თქვით ჯადოსნური სიტყვა(და მოიქნიეთ ჯადოსნური ჯოხი) და ჩაძირეთ ბურთი წყალში. სტუდენტები დაინახავენ ბურთის ზედაპირიდან არეკვლილ სინათლეს. ბურთი გამოჩნდება ბრწყვიალა, ვერცხლისმაგვარი ზედაპირით.

სთხოვეთ სტუდენტებს დაიყონ პატარა, 2-4 კაციან ჯგუფებად და განიხილონ *ოპტიკის სადისკუსიო შეკითხვები* თავიანთ ჯგუფებში. ცოტა ხნის შემდეგ, მოხალისეს(ებს) სთხოვეთ, ახნას, თუ როგორ მუშაობს ეს ოინი.

ახსნა

ნახშირბადი ჩაიჭერს ბურთის ზედაპირის ირგვლის მყოფ ჰაერის თხელ ფენას (ჩნდება ჰაერისგან წარმოქმნილი სასაზღვრო ფენა). ამიტომაც გარედან დაცემული სინათლე სრულიად აირეკლება უკან, წყალში და სტუდენტების თვალებისკენ. ისე ჩანს, თითქოს სინათლე ირეკვლება ბურთის ბრჭყვიალა ზედაპირიდან. სრული შინაგანი არეკვლა ხდება მაშინ, როცა სინათლე დიდი გარდატეხის მაჩვენებლიან გარემოდან (წყალი) ეცემა მცირე გარდატეხის მაჩვენებლიან გარემოს(ჰაერს). იდეალური არეკვლა არ მოხდება, რადგან სინათლის ნაწილი კრიტიკულზე ნაკლები კუთხით ეცემა. ამიტომ ბურთის ზედაპირი მაინც ჩანს.

ოპტიკური ჯადოსნური ოინი 4: ლაზერის კონის ვარდნა

მიზანი

- ორი გამჭვირვალე გარემოს გამყოფ საზღვარზე სრული შინაგანი არეკვლის შესწავლა – ბოჭკოვანი ოპტიკის მექანიზმი.

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- წყლით სავსე გამჭვირვალე მინის კონტეინერი (მაგ.: პატარა აკვარიუმი), კედელზე ფსკერთან ახლოს პატარა ნახვრეტით, რომელიც საცობითაა დახურული (დაახლოებით 0,5 სმ დიამეტრის).
- ლაზერი ყურადღება : მოარიდეთ ლაზერი თვალებს!
- ვარცლი ან ტაშტი იატაკზე წყლის ნაკადის დასახვედრად
- ჯადოსნური ჯოხი

მომზადება

ლაზერის სხივი კონტეინერის მეორე მხრიდან წყლის გავლით ეცემა საცობს.

დემონსტრაცია

თქვით ჯადოსნური სიტყვა(და მოიქნით ჯადოსნური ჯოხი) და მოაცილეთ საცობი. წყლის ნაკადი მრუდე ტრაექტორიით გამოვა ნახვრეტიდან. ლაზერის კონა გამოჰყვება წყლის ნაკადს და მასთან ერთად ვარდება.

სთხოვეთ სტუდენტებს დაიყონ პატარა, 2-4 კაციან ჯგუფებად და განიხილონ *ოპტიკის სადისკუსიო შეკითხვები* თავიანთ ჯგუფებში. ცოტა ხნის შემდეგ, მოხალისეს(ებს) სთხოვეთ, ახნას, თუ როგორ მუშაობს ეს ოინი.

ახსნა

წყლის ნაკადში მყოფი ლაზერის კონა ეცემა წყლისა და ჰაერის გამყოფ ზედაპირს (დიდი გარდატეხის მაჩვენებლიდან პატარისკენ). რადგან სინათლის დაცემის კუთხის მნიშვნელობა მეტია კრიტიკულზე, კონა სრულიად აირეკლება უკან, წყალში, თითქოს იგი დამწყვდეულია წყლის ნაკადში. აქ იგივე მექანიზმი მუშაობს, რაც ოპტიკურ ბოჭკოებში.

მოდული 2: თვალის ლინზები და ოპტიკა (ალტერნატიული ვერსია)

ვასუდევან ლაკშმინარაიანანი

ოპტომეტრიის კოლეჯი
ვატერლოოს უნივერსიტეტი
ვატერლოო, ონტარიო, კანადა
vengu@uwaterloo.ca

და

დევიდ რ. სოკოლოფი

ფიზიკის ფაკულტეტი
ორეგონის უნივერსიტეტი
იუჯინი, ორეგონი, აშშ
sokoloff@uoregon.edu

მოდული 2: თვალის ლინზები და ოპტიკა

მიმოხილვა

თვალი შედგება ორი კომპონენტისაგან - რქოვანა და კრისტალური ლინზები, რომლებიც ფუნქციონირებენ, როგორც ლინზები. იმისათვის, რომ გავიგოთ, როგორ ფუნქციონირებს თვალი ბადურაზე გამოსახულების დასაფოკუსირებლად, საჭიროა ცალკეული ლინზების შესწავლა. როგორც კი გამოსახულება ფოკუსირდება რქოვანას რეცეპტორულ უჯრედებზე, ინფორმაცია - ნერვული უჯრედების გავლით - გადაეცემა ტვინს და ხდება გამოსახულების აღქმა. ეს მოდული იკვლევს თვალის ლინზის ფუნქციონირებას და არა ტვინში მიმდინარე რთულ ნერვულ პროცესს. წინა მოდულში თქვენ გაიგეთ, რომ ცალკეული ლინზის ფუნქციაა ობიექტის თითოეული წერტილიდან მომავალი და ლინზის წინა ზედაპირზე დაცემული სინათლის ყველა სხივის მიღება და მათი ფოკუსირება გამოსახულების ერთი წერტილში. აქ თქვენ გამოარკვევთ, თუ როგორ ფორმირდება გამოსახულება ლინზების მიერ. თქვენ ასევე გაიგებთ, თუ როგორ იცვლება გამოსახულება ლინზის თვისებების ცვლილებისა და ლინზიდან ობიექტამდე მანძილის მიხედვით.

მიზნები

1. ამოზნექილი და ჩაზნექილი ლინზებით მიღებულ გამოსახულებებს შორის განსხვავებების შესწავლა
2. იმის გაგება, რომ ადამიანის თვალი არ არის ფიქსირებული ფოკუსის მქონე სისტემა და მას აქვს უნარი ცვალოს ფოკუსური მანძილი.
3. ახლომხედველობისა (*myopia*) და შორსმხედველობის (*hyperopia*) ოპტიკური საფუძვლების შესწავლა და ადამიანის თვალის ამ რეფრაქციული ანომალიების გამოსწორება
4. ცილინდრულ და სფერულ ლინზებს შორის არსებული განსხვავებების გაგება
5. ასტიგმატიზმის ოპტიკური საფუძვლების შესწავლა

კვლევა 1: დადებითი (პლუსი ანუ შემკრები) სფერული ლინზები

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ძალიან შორეული, კაშკაშა სინათლის წყარო
- სინათლის წყარო/ისარი (არაშორეული ობიექტი)
- სამი დადებითი სფერული ლინზა მათზე მითითებული ოპტიკური ძალებით
- თიხა
- სახაზავი
- ეკრანი

აქტივობა 1-1: დადებითი ლინზის ფორმა

გამოსცადეთ თქვენთვის ხელმისაწვდომი ყველა დადებითი (ლინზა დადებითი ოპტიკური ძალით) ლინზა. გაუსვით თითები თითოეული ლინზის ზედაპირზე და შეადარეთ ცენტრისა და კიდეების სისქე

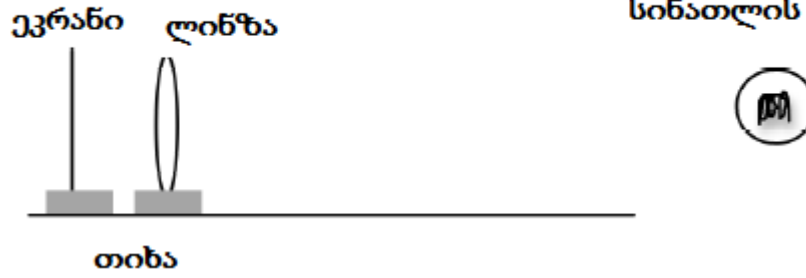
შეკითხვა 1-1: დადებითი ლინზა ცენტრში უფრო სქელია თუ კიდეებზე? იცვლება თუ არა სისქე ერთნაირად ყველა მიმართულებით ცენტრიდან კიდემდე?

აქტივობა 1-2: დადებითი ლინზების ფოკუსი და ფოკუსური მანძილი

ამ აქტივობაში თქვენ ნახავთ რას უშვრება დადებითი ლინზა შორეული წყაროდან მოსულ სინათლეს.

1. დააყენეთ კაშკაშა სინათლის წყარო თქვენი მაგიდიდან მოშორებით ოთახის გასწვრივ.
2. ამოირჩიეთ დადებითი ლინზა უდიდესი ოპტიკური ძალით (ლინზას, რომელიც ორივე მხარე ამოზნექილია, ეწოდება ორმაგი ანუ ორმხრივ ამოზნექილი ლინზა) და მაგიდაზე ლინზის ასამაღლებლად და სინათლის წყაროს პირდაპირ გასასწორებლად გამოიყენეთ თიხის ნატეხი.
3. ლინზის უკანა მხარეს თიხის ნატეხზე მოათავსეთ ეკრანი. ამოდრავთ ეკრანი მანამ, სანამ მასზე არ დაინახავთ სინათლის წყაროს მკვეთრ გამოსახულებას.

დაშორებული
სინათლის წყარო



4. გაზომეთ მანძილი ლინზასა და ეკრანს შორის: _____ სმ

შეკითხვა 1-2: აღწერეთ, რას აკვირდებით ეკრანზე. რას უშვრება ლინზა მასზე დაცემულ შორიდან მომავალ სინათლეს?

შეკითხვა 1-3: ნამდვილად არის თუ არა სინათლე ფოკუსირებული ეკრანზე? ახსენით.

5. გაიმეორეთ (3) და (4) ორი სხვა დადებითი ლინზისთვის და მიღებული მნიშვნელობები ჩაწერეთ ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში. (ლინზას, რომელსაც აქვს ერთი ბრტყელი ზედაპირი, ეწოდება ბრტყელ-ამოზნექილი, ხოლო როცა ერთი ზედაპირი ამოზნექილია და მეორე ჩაზნექილი, ასეთ ლინზას ჩაზნექილ-ამოზნექილი ანუ მენისკი ეწოდება.)

ლინზები	ლინზაზე მითითებული ოპტიკური ძალა (D)	მანძილი ლინზასა და ეკრანს შორის (სმ)	გაზომილი ლინზის ოპტიკური ძალა (D)
ორმხრივ ამოზნექილი ლინზა			
ბრტყელ-ამოზნექილი ლინზა			
ჩაზნექილ-ამოზნექილი ლინზა (მენისკი)			

კომენტარი: როდესაც წყაროდან მოსული სინათლე დადებითი ლინზის მიერ მკვეთრად ფოკუსირებულია ეკრანზე, წყაროს ეწოდება *საგანი*, ხოლო მანძილს წყაროდან ლინზამდე ეწოდება *მანძილი საგნიდან ლინზამდე*. მანძილს ეკრანიდან ლინზამდე კი ეწოდება *მანძილი გამოსახულებიდან ლინზამდე*.

განსაკუთრებულ შემთხვევაში, როცა სინათლის წყარო ლინზიდან დიდ მანძილზეა, ეკრანის მდებარეობას, სადაც მკვეთრი გამოსახულება მიიღება, ეწოდება ლინზის *ფოკუსური წერტილი(ფოკუსი)*. ამ განსაკუთრებულ შემთხვევაში მანძილს გამოსახულებიდან ლინზამდე ეწოდება ლინზის *ფოკუსური მანძილი*. ლინზის ფოკუსური მანძილი არის მისი ფოკუსირების უნარის საზომი.

როგორც თქვენ 1 მოდულში ნახეთ, შორი მანძილიდან მოსული სინათლე შეიძლება წარმოდგენილი იყოს პარალელური სხივების სახით. ამიტომაც ფოკუსი არის წერტილი, რომელშიც ლინზა აფოკუსირებს მასზე დაცემულ ღერძის პარალელური სხივებს. (**შენიშვნა:** ლინზის *ღერძი(მთავარი ოპტიკური ღერძი)* არის მის ცენტრში გამავალი და ლინზის ზედაპირის პერპენდიკულარული წარმოსახვითი წრფე).

შეკითხვა 1-4: რომელი ლინზის სიმრუდე იცვლება ყველაზე მეტად ერთი ზედაპირიდან მეორემდე? რომელ ლინზას აქვს ყველაზე მოკლე ფოკუსური მანძილი? რომელი ლინზაა უფრო ეფექტური შორეული წყაროდან მოსული სინათლის დასაფოკუსირებლად?

შეკითხვა 1-5: სცადეთ უპასუხოთ 1-4 შეკითხვას ლინზების სიმრუდისა და გარდატეხის შესახებ თქვენი ცოდნის საფუძველზე.

კომენტარი: სინათლის ფოკუსირებაში ლინზის ეფექტურობის კიდევ ერთი საზომი არის ლინზის *ოპტიკური ძალა (P)*, რომელიც განისაზღვრება $P = 1/(\text{ფოკუსური მანძილი მეტრებში})$. ლინზის ოპტიკური ძალის ერთეული არის დიოპტრი (D).

6. გამოთვალეთ სამი დადებითი ლინზის ოპტიკური ძალა დიოპტრებში და შეიტანეთ ცხრილში. ასევე შეიტანეთ ლინზაზე მითითებული ოპტიკური ძალის მნიშვნელობები.

შეკითხვა 1-6: რა განსხვავებაა გაზომილ და ლინზაზე მითითებულ ოპტიკურ ძალებს შორის? რომელი დადებითი ლინზა აფოკუსირებს უკეთ სინათლეს, მაღალი თუ დაბალი ოპტიკური ძალის მქონე? როგორია ამ ცდაში გაზომილი

ოპტიკური ძალები ლინზაზე მითითებულ ძალებთან შედარებით?

აქტივობა 1-3: მეტი რაოდენობრივი დაკვირვებები დადებითი ლინზებით

ამ აქტივობაში თქვენ უფრო მეტს გაიგებთ დადებითი ლინზებისა და მათ მიერ ფორმირებული გამოსახულებების შესახებ. თქვენი დაკვირვებები იქნება რაოდენობრივი.

1. აირჩიეთ დადებითი ლინზა საშუალო ფოკუსური მანძილით (საშუალო ოპტიკური ძალა). დაიჭირეთ ლინზა ამ ფურცლის ზემოთ, რომელზეც დაბეჭდილია ასოები, ფურცლიდან დაახლოებით ორი ფოკუსური მანძილის დაშორებით. თქვენი თვალი სჯობს იყოს ლინზის ზემოთ დაახლოებით ორმაგ ფოკუსურ მანძილზე. (შეიძლება საჭირო გახდეს ფურცლის დადება სკამზე ან იატაკზე).

შეკითხვა 1-7: აღწერეთ რას ხედავთ ლინზის უკან. ნაბეჭდი სწორად ჩანს თუ შებრუნებულია? ნაბეჭდი გადიდებული ჩანს თუ დაპატარავებული?

2. ატრიალეთ ლინზა მისი ღერძის ირგვლივ.

შეკითხვა 1-8: ხედავთ რაიმე მოძრაობას? თუ ასეა, აღწერეთ ეს მოძრაობა.

კომენტარი: 1-1 აქტივობაში თქვენ ნახეთ, რომ ლინზებს ყველა მიმართულებით ცენტრიდან კიდემდე აქვთ ერთნაირი სიმრუდე. ეს არის სფერული ლინზების თვისება და ეს არის მიზეზი, რის გამოც თქვენ ვერ ხედავთ გამოსახულების ვერანაირ მოძრაობას, როცა ლინზა ბრუნავს ღერძის ირგვლივ.

3. უყურეთ ასოებს და თან ლინზა ნელა მიუახლოვეთ ფურცელს, მაგრამ ლინზასა და ფურცელს შორის მანძილი ყოველთვის მეტი უნდა იყოს ლინზის ფოკუსურ მანძილზე.

შეკითხვა 1-9: ხედავთ გამოსახულებაში რაიმე ცვლილებას? თუ ასეა, აღწერეთ ეს ცვლილებები.

4. ლინზა მიაახლოვეთ თვალთან და ოდნავ ამოძრავეთ ის აქეთ-იქით.

შეკითხვა 1-10: აღწერეთ, რას ხედავთ. ნაბეჭდი ლინზის მიმართულებით (თანამიმართულება) მოძრაობს თუ საწინააღმდეგო მიმართულებით (უკუმიმართულება)? დადებითი ლინზის შემთხვევაში თანამიმართულებას ხედავთ თუ უკუმიმართულებას?

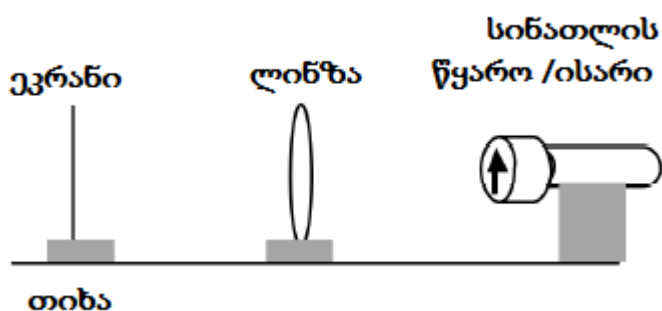
დაიჭირეთ ლინზა თქვენი თვალიდან დაახლოებით ორმაგ ფოკუსურ მანძილზე და შეხედეთ ობიექტს დერეფნის ბოლოში (შორეული ობიექტი).

შეკითხვა 1-11: გამოსახულება შებრუნებულია თუ პირდაპირი?

აქტივობა 1-4: დადებითი ლინზის მიერ ფორმირებული გამოსახულების მეტი რაოდენობრივი დაკვირვებები

გამოიყენეთ ის დადებითი ლინზა, რომელიც გამოიყენეთ 1-3 აქტივობაში. მოათავსეთ ლინზა და ეკრანი მაგიდაზე, როგორც მანამდე.

1. მოათავსეთ სინათლის წყარო/ისარი მაგიდაზე ეკრანიდან ლინზის საპირისპირო მხარეს, როგორც ქვემოთაა ნაჩვენები, ისე, რომ მანძილი ისრიდან ლინზამდე (საგნიდან ლინზამდე მანძილი) იყოს დაახლოებით 1.5 ჯერ მეტი ფოკუსურ მანძილზე.



2. სცადეთ გამოსახულების ეკრანზე ფორმირება, ეკრანის წინ და უკან მოძრაობით ლინზის მიმართ.

შეკითხვა 1-12: შეგიძლიათ ეკრანზე მკვეთრი გამოსახულების მიღება? თუ ასეა, გამოსახულება (ეკრანის მდებარეობა) ლინზიდან ფოკუსურ მანძილზე უფრო ახლოსაა, თუ უფრო შორს?

კომენტარი: გავიხსენოთ, რომ *ფოკუსური მანძილი* არის სპეციფიკური მანძილი გამოსახულებიდან ლინზამდე, როცა საგანი (სინათლის წყარო) არის ძალიან შორს (ანუ მანძილი საგნიდან ლინზამდე დიდია ფოკუსურ მანძილთან შედარებით და საგნიდან მოსული სინათლე წარმოდგენილია პარალელური სხივებით).

შეკითხვა 1-13: წყაროდან მოსული სინათლე ნამდვილად ფოკუსირებულია ეკრანზე? როგორ მიხვდით?

კომენტარი: გამოსახულებას, რომელიც მიიღება ეკრანის ერთ წერტილში ლინზის მიერ სინათლის შეკრებით, ეწოდება *ნამდვილი გამოსახულება*. ნამდვილი გამოსახულების საწინააღმდეგოდ გამოსახულებას, რომელიც მიიღება სინათლის გარდატეხილი სხივების გაგრძელების საშუალებით, ეწოდება *წარმოსახვითი გამოსახულება*.

შეკითხვა 1-14: გამოსახულება (2) ნამდვილია თუ წარმოსახვითი? გამოსახულება პირდაპირია თუ შებრუნებული? მისი ზომა საგნის (ისრის) ზომაზე დიდია თუ პატარა?

კომენტარი: გამოსახულებისა და საგნის ზომების ფარდობას *გამადიდებლობა* ეწოდება.

შეკითხვა 1-15: აღწერეთ (2)-ის *გამადიდებლობა*. იგი 1-ზე მეტია თუ ნაკლები? დადებითია თუ უარყოფითი?

3. გაიმეორეთ (2) უფრო დიდი ოპტიკური ძალის მქონე დადებითი ლინზით. საგნიდან ლინზამდე მანძილი იგივე უნდა იყოს, რაც იყო (2)-ში. ნამდვილი გამოსახულების მისაღებად საჭიროა ამოძრავოთ ეკრანი.

შეკითხვა 1-16: (2)-თან შედარებით გამოსახულება ლინზიდან უფრო შორს მიიღება, თუ უფრო ახლოს? (2)-თან შედარებით გამოსახულება გადიდებულია თუ შემცირებული? (გამადიდებლობა გაზრდილია თუ შემცირებული?) გამოსახულება პირდაპირია თუ შებრუნებული?

შეკითხვა 1-17: რა შეგიძლიათ თქვით ლინზის ოპტიკურ ძალაზე, ზემოხსენებულ (2) ლინზასთან შედარებით ?

თქვენი დაკვირვებების საფუძველზე სცადეთ უპასუხოთ დამატებით შეკითხვებს:

შეკითხვა 1-18: რა არის დამახასიათებელი ნამდვილი გამოსახულებისთვის?

შეკითხვა 1-19: რა შეგიძლიათ თქვით დადებითი ლინზის საშუალებით მიღებულ რეალურ გამოსახულებაზე - იგი ყოველთვის პირდაპირია თუ ყოველთვის შებრუნებული ? ის ყოველთვის საგანზე დიდია თუ საგანზე პატარა? გამადიდებლობა ყოველთვის დადებითია თუ ყოველთვის უარყოფითი? გამადიდებლობა ყოველთვის 1-ზე მეტია თუ ნაკლები?

შეკითხვა 1-20: როგორაა დადებითი ლინზის მიერ სხივების შეკრების უნარი დაკავშირებული ლინზის ოპტიკურ ძალასთან? ახსენით.

კომენტარი: დადებით ლინზას შეუძლია შეკრიბოს სინათლე ერთ წერტილში , თუნდაც იგი მოდიოდეს საგნის სხვადასხვა წერტილებიდან განშლადი კონის სახით. ამის გამო უწოდებენ მას შემკრებ ლინზას. შეთანხმების მიხედვით შემკრები ლინზის ოპტიკური ძალა დადებითია.

აქტივობა 1-5: გამოსახულების ცვლილება დადებით ლინზასთან საგნის მიახლოებისას

აიღეთ საშუალო ძალის ლინზა, რომელიც გქონდათ 1-4 აქტივობაში (2) და დაიჭირეთ ის ამ ფურცლის ზემოთ, ფურცლიდან დაახლოებით 1.5 ფოკუსურ მანძილზე. *დარწმუნდით, რომ თქვენი თვალი რჩება ლინზის ზემოთ ფოკუსურ მანძილზე უფრო დიდ მანძილზე.*

1. თანდათან ნელ-ნელა მიუახლოვეთ ლინზა ფურცელს, სანამ მანძილი ლინზიდან ფურცლამდე ნაკლები არ გახდება ლინზის ფოკუსურ მანძილზე.

შეკითხვა 1-21: ლინზის ფურცელთან მიახლოებისას ემართება რამე ასოების გამოსახულების ზომას?

შეკითხვა 1-22: რა დაემართება გამოსახულებას, როცა მანძილი ლინზას და ფურცელს შორის გახდება ფოკუსურ მანძილზე ნაკლები? გამოსახულება ახლა პირდაპირია თუ შებრუნებული? საგანზე დიდია თუ პატარა? ფიქრობთ, რომ ეს არის *ნამდვილი* გამოსახულება?

შეკითხვა 1-23: რომელი ცნობილი ოპტიკური მოწყობილობა შეიცავს დადებით ლინზას და იყენებს მას აღნიშნული გზით - საგნის განლაგებით ფოკუსზე ახლოს? დაასაბუთეთ.

კვლევა 2: უარყოფითი (მინუსი ან გამზნევი) სფერული ლინზები

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ძალიან დაშორებული, კაშკაშა სინათლის წყარო
- სინათლის წყარო/ისარი (არაშორეული საგანი)
- სამი უარყოფითი სფერული ლინზა
- თიხა
- სახაზავი
- ეკრანი

აქტივობა 2-1: უარყოფითი ლინზის ფორმა

შეამოწმეთ თქვენთვის ხელმისაწვდომი ყველა უარყოფითი ლინზა (ლინზები უარყოფითი ოპტიკური ძალით). გაუსვით თითები თითოეული ლინზის ზედაპირის გასწვრივ და შეადარეთ ცენტრისა და კიდების სისქე

შეკითხვა 2-1: უარყოფითი ლინზა ცენტრში უფრო სქელია თუ კიდებზე? სისქე ყველა მიმართულებით ერთნაირად იცვლება ცენტრიდან კიდემდე?

აქტივობა 2-2: რაოდენობრივი დაკვირვებები უარყოფითი ლინზით

აირჩიეთ ნებისმიერი უარყოფითი სფერული ლინზა

1. დაიჭირეთ ლინზა ამ ფურცლის ზემოთ, ფურცლიდან დაახლოებით მკლავის სიგრძის მანძილზე.

შეკითხვა 2-2: აღწერეთ, რას ხედავთ ლინზის საშუალებით.

2. ატრიალეთ ლინზა თავისი დერძის ირგვლივ.

შეკითხვა 2-3: ხედავთ რაიმე მოძრაობას? თუ ასეა, აღწერეთ ეს მოძრაობა.

3. დაიჭირეთ ლინზა ფურცლიდან ოდნავ ზემოთ - დაახლოებით 10-15 სმ-ზე და დააკვირდით ნაბეჭდ ასოებს.

შეკითხვა 2-4: ასოები გადიდებულია თუ შემცირებული? პირდაპირია თუ შებრუნებული? დაახლოებით როგორია ასოების გამადიდებლობა?

4. შეხედეთ ასოებს ლინზის აწევსას ფურცლიდან ზემოთ, თვალისკენ.

შეკითხვა 2-5: რა ცვლილებებს ხედავთ ასოების გამოსახულებაში? აღწერეთ.

5. მიუახლოვეთ ლინზა თქვენს თვალს, ამოძრავეთ ის ოდნავ აქეთ-იქით.

შეკითხვა 2-6: აღწერეთ, რას ხედავთ. უარყოფითი ლინზით თანამოძრაობას ხედავთ თუ უკუმოძრაობას?

6. დაიჭირეთ ლინზა მკლავის სიგრძის მანძილზე და შეხედეთ საგანს დერეფნის ბოლოში.

შეკითხვა 2-7: გამოსახულება პირდაპირი ჩანს თუ შებრუნებული? ზომის შესახებ რას იტყვით?

აქტივობა 2-3: მეტი რაოდენობრივი დაკვირვებები უარყოფითი ლინზით

გამოიყენეთ ისევ ის უარყოფითი ლინზა, რომელიც გქონდათ 2-2 აქტივობაში. დაბინდეთ განათება და ლინზა განათავსეთ სინათლის წყაროსა/ისარსა და მაგიდაზე მოთავსებულ ეკრანს შორის.

1. სცადეთ ნამდვილი გამოსახულების მიღება ლინზისა და ეკრანის მოძრაობის საშუალებით.

შეკითხვა 2-8: შესძელით ეკრანზე მკვეთრი გამოსახულების მიღება? თუ ასეა, აღწერეთ გამოსახულება. თუ ვერ შესძელით, შეგიძლიათ მიხვდეთ რატომ მოხდა ასე? უარყოფით ლინზას შეკრების თვისება აქვს თუ გაბნევის? ახსენით.

2. გაიმეორეთ ექსპერიმენტი სხვა უარყოფითი ლინზით.

შეკითხვა 2-9: შესძელით გამოსახულების ფორმირება? რატომ ან რატომ ვერ? იგივეს ხედავთ, რასაც (1)-ში?

სცადეთ უპასუხოდ დამატებით შეკითხვებს თქვენი დაკვირვების საფუძველზე :

შეკითხვა 2-10: რით განსხვავდება დადებითი ლინზა უარყოფითისგან? რატომ მოქმედებს უარყოფითი ლინზა განსხვავებულად საგნიდან წამოსულ განშლად სინათლის სხივებზე?

შეკითხვა 2-11: შესაძლებელია უარყოფითი ლინზის საშუალებით ნამდვილი გამოსახულების მიღება? ახსენით.

კვლევა 3: ადამიანის თვალის მოდელი

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ძალიან შორეული, კაშკაშა სინათლის წყარო
- სინათლის წყარო/ისარი (არაშორეული ობიექტი)
- დადებითი და უარყოფითი ლინზები მათზე მითითებული ოპტიკური ძალებით
- თიხა

- სახაზავი
- ეკრანი

ძალიან დაბალი ოპტიკური ძალის დადებითი ლინზისა და ეკრანის გამოყენებით თქვენ შეგიძლიათ შექმნათ ადამიანის თვალის შედარებით მარტივი მოდელი. ცალკეული დადებითი ლინზით ხდება თვალის გარდამტეხი ელემენტების (სახელდობრ, რქოვანას და კრისტალური ლინზის) სიმულაცია და ეკრანი კი ანაცვლებს ბადურას ან თვალის უკანა მხარეს, სადაც სინათლის მგრძნობიარე უჯრედები (კოლბები და ჩხირები) მდებარეობს. მანძილი ლინზიდან გამოსახულებამდე (რქოვანაგან ბადურამდე) ფიქსირებულია - იგი არ იცვლება, რასაც არ უნდა უყურებდეთ.

აქტივობა 3-1: აკომოდაცია

როგორც თქვენ კვლევა 1-ში ნახეთ, დადებითი ლინზისათვის:

1. შორეული სინათლის წყაროს ნამდვილი გამოსახულება ფორმირდება ფოკუსში (მანძილი გამოსახულებიდან ლინზამდე უდრის ფოკუსურ მანძილს).
2. თუ სინათლის წყარო (საგანი) უფრო ახლოსაა ლინზასთან (მაგრამ მანძილი საგნიდან ლინზამდე მეტია ფოკუსურ მანძილზე), მისი გამოსახულება მიიღება ლინზიდან ფოკუსზე უფრო შორს .

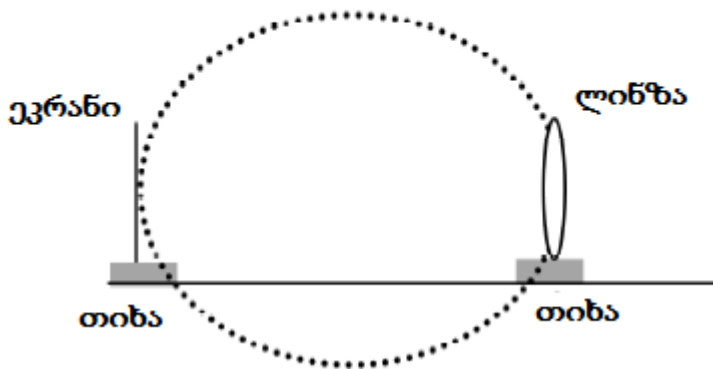
მაგრამ თვალისათვის ლინზიდან ბადურამდე მანძილი ფიქსირებულია.

ვარაუდი 3-1: როგორ ხდება, რომ თქვენს თვალს შეუძლია შორი და ახლო ობიექტების მკვეთრი გამოსახულების ფორმირება ბადურაზე? გაქვთ რაიმე მოსაზრება?

თქვენ ასევე ნახეთ, რომ დიდი ოპტიკური ძალის მქონე ლინზა სინათლის წყაროს გამოსახულებას იძლევა ლინზასთან უფრო ახლოს, ვიდრე მცირე ოპტიკური ძალის მქონე ლინზა.

1. შექმენით თქვენი თვალის მოდელი უმცირესი ოპტიკური ძალის მქონე დადებითი ლინზისა და ეკრანის გამოყენებით.

თვალის წარმოსახვითი
მოდელი



2. გამოიყენეთ თქვენი თვალის მოდელი შორეული ობიექტების დასათვალისწინებლად. შეარჩიეთ მანძილი ლინზიდან ეკრანამდე (ბადურამდე), რომ მიიღოთ მკვეთრი გამოსახულება.

შეკითხვა 3-1: ეს გამოსახულება ნამდვილია? გამოსახულება პირდაპირია თუ შებრუნებული?

3. ახლა შორეული სინათლის წყაროს ნაცვლად, სინათლე/ისარი მოათავსეთ მაგიდაზე ლინზიდან $2/3$ ფოკუსურ მანძილზე ოდნავ უფრო შორს. ეკრანი (ბადურა) სჯობს იმავე მანძილზე იყოს, რაც იყო (1)-ში. არ ამოძრავთ ის ! გახსოვდეთ, რომ მანძილი ლინზასა და ეკრანს შორის არ შეიძლება შეიცვალოს.

შეკითხვა 3-2: რას ჰგავს გამოსახულება ბადურაზე? ბუნდოვანია თუ მკვეთრი?

4. ახლა შეცვალეთ ლინზა უდიდესი ოპტიკური ძალის მქონე დადებითი ლინზით. ამოძრავთ სინათლის წყარო მანამ, სანამ ეკრანზე არ მიიღებთ მკვეთრ გამოსახულებას. გახსოვდეთ, არ შეცვალოთ ეკრანსა (ბადურა) და ლინზას შორის მანძილი.

შეკითხვა 3-3: შესძელით ეკრანზე მკვეთრი გამოსახულების მიღება? დაასაბუთეთ.

შეკითხვა 3-4: როგორი იყო საწყისი და საბოლოო ლინზების ოპტიკური ძალები? როგორ უნდა შეიცვალოს თვალის ლინზის ოპტიკური ძალა, რომ უფრო ახლოს მყოფი საგნის გამოსახულება ბადურაზე დაფოკუსირდეს?

სცადეთ პასუხი გასცეთ დამატებით შეკითხვებს თქვენი დაკვირვების საფუძველზე:

შეკითხვა 3-5: რა ტიპის ობიექტისათვის - შორეულ თუ ახლო - უნდა იყოს თქვენი თვალის ოპტიკური ელემენტების ოპტიკური ძალა უდიდესი? დაასაბუთეთ, რატომ.

შეკითხვა 3-6: რაკი მანძილი თქვენი თვალის ბადურასა და ლინზას შორის ფიქსირებულია, როგორი უნდა იყოს თქვენი თვალის ლინზის ოპტიკური ძალა, რომ შესაძლებელი იყოს შორეული და ახლო ობიექტების დანახვა? დაასაბუთეთ.

შეკითხვა 3-7: ცდა 1-ში სხვადასხვა დადებითი ლინზების ზედაპირების სიმრუდეთა განსხვავებაზე დაკვირვებით, როგორ შეიძლება გაიზარდოს თვალის ლინზის ოპტიკური ძალა? რა უნდა დაემართოს მის ფორმას? რა შეიძლება ითქვას ნივთიერებაზე, რომლისგანაც ლინზაა დამზადებული?

კომენტარი: თქვენს თვალში ლინზის ფორმის ცვლილებით მისი ოპტიკური ძალის შეცვლის პროცესს *აკომოდაცია* ეწოდება. აკომოდაცია თვალს შორი და ახლო ობიექტების დანახვის საშუალებას აძლევს.

თუმცა თქვენს თვალს აქვს უნარი არეგულიროს ლინზის/რქოვანას ოპტიკური ძალა, შორი და ახლო ობიექტების დასანახად, მაგრამ აკომოდაცია შეზღუდულია. ასევე, ზოგჯერ თვალს გააჩნიათ დეფექტი, რის გამოც შეუძლებელი ხდება შორეული ან ახლო ობიექტების მკაფიოდ დანახვა.

აქტივობა 3-2: მიოპიისა და ჰიპეროპიის მოდელირება

მიოპიის ანუ ახლომხედველობის მიზეზი შეიძლება იყოს: (ა) ზედმეტი მანძილი რქოვანადან ბადურამდე, ან: (ბ) თვალის

ოპტიკური სისტემის ზედმეტი ოპტიკური ძალა. ორივე შემთხვევაში, შორეული ობიექტების გამოსახულება მკაფიოდ ფოკუსირდება არა ბადურაზე, არამედ მის წინ.

ვარაუდი 3-2: როგორ შეიძლება თვალის მოდელით - ლინზა/ეკრანი - მოახდინოთ ახლომხედველი თვალის სიმულაცია?

1. შექმენით თქვენი თვალის მოდელი ისევე, როგორც 3-1 აქტივობაში, ამჯერად გამოიყენეთ უდიდესი ოპტიკური ძალის დადებითი ლინზა.

(**შენიშვნა:** ლინზების ეს არჩევანი, განსხვავებული 3-1 აქტივობისაგან, განპირობებულია მხოლოდ იმით, რომ მიოპიისა და მისი გამოსწორების მოდელირება შესაძლებელი გახდეს თქვენთვის ხელმისაწვდომი ლინზების შეზღუდული რაოდენობით.) მოარგეთ ეკრანი ისე, რომ შორეული ობიექტის მკვეთრი გამოსახულება დაფოკუსირდეს ეკრანზე (ბადურაზე).

2. ახლა ეკრანი გადაადგილეთ ლინზიდან 2/3 ფოკუსურ მანძილზე ოდნავ უფრო შორს. ამ აქტივობის მანძილზე არ შეცვალოთ ლინზიდან ეკრანამდე (ბადურამდე) მანძილი.

შენიშვნა: ამ ექსპერიმენტში მოდელირებისათვის ეს არის გადამეტებული. ახლომხედველ თვალში დამატებითი მანძილი რქოვანადან ბადურამდე ძალიან მცირეა ლინზა/რქოვანას სისტემის ფოკუსურ მანძილთან შედარებით.

შეკითხვა 3-10: რას ხედავთ შორეული ობიექტის შემთხვევაში?

ვარაუდი 3-3: რა ტიპის ლინზა დაგჭირდებათ გამოსახულების ეკრანზე (ბადურაზე) დასაბრუნებლად - დადებითი თუ უარყოფითი?

3. ჩაატარეთ ექსპერიმენტი თქვენთვის ხელმისაწვდომი ლინზებით შესაფერისი ლინზის საპოვნელად, რომელიც ყველაზე კარგად დააბრუნებს გამოსახულებას ფოკუსში ეკრანზე (ბადურა), როცა ლინზა კონტაქტში იქნება თვალის ლინზასთან. აღსანიშნავია, რომ არც ერთი ლინზით არ არის შესაძლებელი ძალიან მკვეთრი გამოსახულების მიღება. ამოირჩიეთ საუკეთესო ფოკუსი.

კომენტარი: თუ ხართ თვალის ექიმი, თვალის მოდელისათვის ეს იქნებოდა რეცეპტი ახლომხედველობის გამოსასწორებლად.

შეკითხვა 3-11: როგორია ყველაზე კარგად შერჩეული გამოსასწორებელი ლინზის ოპტიკური ძალა? (იყავით დარწმუნებული ნიშანში.) შედეგი შეადარეთ თქვენს ვარაუდს. დაასაბუთეთ.

ახლა სცადეთ უპასუხოთ დამატებით შეკითხვებს:

შეკითხვა 3-12: დაასაბუთეთ, თქვენს მიერ გამოყენებული ლინზით რატომ გახდა შესაძლებელი მიოპიის (ახლომხედველობის) გამოსწორება. რა იყო თვალის ლინზის პრობლემა და რა გააკეთა გამასწორებელმა ლინზამ პრობლემის გამოსასწორებლად?

შეკითხვა 3-13: თუ თქვენ ან თქვენი პარტნიორი ხართ ახლომხედველები და ატარებთ სათვალეს, მოიხსენით ის და თავად დარწმუნდით, რომ სათვალეში გამოყენებულია ამ ტიპის ლინზა. როგორ შეგიძლიათ ამის შემოწმება?

აქტივობა 3-3: ჰიპეროპიის ანუ შორსმხედველობის მოდელირება

ჰიპეროპიის ანუ შორსმხედველობის მიზეზი შეიძლება იყოს: (ა) საჭიროზე ნაკლები მანძილი რქოვანადან ბადურამდე, ან: (ბ) თვალის ოპტიკური სისტემის არასაკმარისი ოპტიკური ძალა. (სრული აკომოდაციის დროსაც კი). ორივე შემთხვევაში ახლო ობიექტები მკვეთრად არ ფოკუსირდებიან ბადურაზე და ფოკუსირდებიან მის უკან.

ვარაუდი 3-4: როგორ შეგიძლიათ შორსმხედველი თვალის მოდელის შექმნა ლინზა/ეკრანის გამოყენებით?

1. ისევ გამოიყენეთ ძლიერი დადებითი ლინზა თქვენი თვალის მოდელისთვის, მოათავსეთ სინათლის წყარო/ისარი, ლინზა და ეკრანი მაგიდაზე ისე, რომ გამოსახულება მკვეთრად ფოკუსირდეს ეკრანზე (ბადურა).

2. ეხლა შეამცირეთ მანძილი ლინზასა და ეკრანს შორის ორჯერ.

შენიშვნა: ამ ექსპერიმენტში მოდელირებისათვის ეს არის გადამეტებული. შორსმხედველ თვალში რქოვანადან ბადურამდე მანძილის შემცირება ლინზა/რქოვანას ფოკალურ მანძილთან შედარებით ძალიან მცირეა.

შეკითხვა 3-14: რას ხედავთ?

ვარაუდი 3-5: რომელი ლინზა გჭირდებათ ეკრანზე (ბადურაზე) მკვეთრი გამოსახულების დასაბრუნებლად? - დადებითი თუ უარყოფითი?

2. ჩაატარეთ ექსპერიმენტი თქვენთვის ხელმისაწვდომი ლინზებით შესაფერისი ლინზის საპოვნელად, რომელიც ყველაზე კარგად დააბრუნებს გამოსახულებას ფოკუსში ეკრანზე (ბადურა), როცა ლინზა კონტაქტში იქნება თვალის ლინზასთან. (თქვენ შეიძლება ვერ მიიღოთ მკვეთრი ფოკუსი. შეიძლება დაგჭირდეთ სინათლის წყაროს ოდნავი გადაადგილება).

კომენტარი: ისევ, თუ ხართ თვალის ექიმი, თვალის მოდელისთვის ეს იქნებოდა რეცეპტი ჰიპეროპიის გამოსასწორებლად.

შეკითხვა 3-15: როგორია ყველაზე კარგად შერჩეული გამოსასწორებელი ლინზის ოპტიკური ძალა? (იყავით დარწმუნებული ნიშანში.) შედეგი შეადარეთ თქვენს ვარაუდს. დაასაბუთეთ.

ახლა ეცადეთ უპასუხოთ დამატებით შეკითხვებს:

შეკითხვა 3-16: დაასაბუთეთ, რატომ შეძლო თქვენს მიერ შერჩეულმა ლინზამ ჰიპეროპიის (შორსმხედველობის) გამოსწორება. რა იყო თვალის ლინზის პრობლემა და რა გააკეთა გამასწორებელმა ლინზამ მის მოსაგვარებლად?

შეკითხვა 3-17: თუ თქვენ ან თქვენი პარტნიორი ხართ შორსმხედველები და ატარებთ სათვალეს, მოიხსენით ის და თავად შეამოწმეთ, რომ თქვენი გამასწორებელი სათვალე ამ ტიპის ლინზისაგან შედგება. როგორ შეიძლება ამის შემოწმება?

კომენტარი აკომოდაციაზე: ტიპიურად, ადამიანის თვალს, რომელიც შორ ობიექტს უყურებს (რაც ცნობილია, როგორც ოპტიკური უსასრულობა), აქვს დაახლოებით 60 D ეფექტური ოპტიკური ძალა. როგორც 3-1 აქტივობაში ვნახეთ, როცა ობიექტი თვალთან ახლოსაა, თვალის სრული ოპტიკური ძალა უნდა გაიზარდოს ბადურაზე გამოსახულების ეფექტურად ფოკუსირებისათვის. კუნთები მოქმედებენ კრისტალურ ლინზაზე, ლინზა უფრო მრგვალდება და მისი ოპტიკური ძალა იზრდება. ამ პროცესს *აკომოდაცია* ეწოდება. სხვა სიტყვებით, თვალს აქვს უნარი - გასაოცარი სიზუსტით არეგულიროს ფოკუსი შორი მანძილიდან ახლოსაკენ. თვალის სრული ოპტიკური ძალის დამატებით, სწორედ ეს უნარია, რომელიც ნორმალურ თვალს თვალთან ძალიან ახლოს მყოფი ობიექტების 25 სმ-ზე დანახვის საშუალებას აძლევს (25 სმ საუკეთესო ხედვის მანძილია). ყველაზე ახლო მანძილს, რომელზეც შეიძლება საგანი დავინახოთ მკაფიოდ, ეწოდება *ახლო წერტილი*.

თვალის ეფექტური ოპტიკური ძალის შეცვლით ახლო ობიექტების ავტომატურად დანახვის უნარი - თვალის აკომოდაცია - მცირდება ასაკის ზრდასთან ერთად. ეს არის მიზეზი, რის გამოც შუახნის ასაკში ახლო ობიექტების დასანახად (მაგალითად, კითხვისას) საჭირო ხდება საკითხავი სათვალის (ანუ ბიფოკალური სათვალის) გამოყენება.

კვლევა 4: ცილინდრული ლინზები და ასტიგმატიზმი

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ძალიან შორეული, კაშკაშა სინათლის წყარო
- დადებითი სფერული ლინზები
- დადებითი ცილინდრული ლინზა
- თიხა
- სახაზავი
- ეკრანი

აქტივობა 4-1: თვისებრივი დაკვირვება დადებითი ცილინდრული ლინზით

1. დაიჭირეთ ხელში დადებითი ცილინდრული ლინზა და ამოძრავეთ თითები მის ზედაპირზე.

შეკითხვა 4-1: ლინზა ყველა მიმართულებით ერთნაირი სიმრუდის არის? განსხვავდება ცილინდრული ლინზის ფორმა სფერულისაგან? თუ ასეა, რით განსხვავდება?

შენიშვნა: მიმართულებას, რომლის მართობულად ლინზა გამრუდებულია, ეწოდება ცილინდრული ლინზის *ღერძი*.

2. დაიჭირეთ ლინზა ამ ფურცლის ზემოთ ბეჭდური ასოებიდან დაახლოებით 30 სმ მანძილის დაშორებით ისე, რომ მისი *ღერძი* ფურცლის გვერდითი კიდის პარალელური იყოს.

შეკითხვა 4-2: როგორ ჩანს ასოები? კარგად მიაქციეთ ყურადღება *ღერძის* მიმართულებასა და ასოების შესახედაობას. არის გამოსახულებაში რაიმე განსხვავება *ღერძის* მიმართულებით და *ღერძის* პერპენდიკულარული მიმართულებით?

2. ახლა *ღერძის* მიმართულების შეცვლის გარეშე ამოძრავეთ ლინზა აქეთ-იქით.

შეკითხვა 4-3: თანამოდრაობას ხედავთ თუ უკუმოდრაობას? დაასაბუთეთ, როგორ მიხვდით.

3. ახლა შეატრიალეთ ლინზა ისე, რომ *ღერძი* იყოს ფურცლის ზედა კიდის პარალელური.

შეკითხვა 4-4: ლინზის მოტრიალების დროს, დაინახეთ გამოსახულების მოძრაობა? თუ ასეა, აღწერეთ. (1)-ში ძველ მდებარეობასთან შედარებით, ახლა როგორ ჩანს ასოები?

აქტივობა 4-2: მეტი თვისებრივი დაკვირვებები დადებითი ცილინდრული ლინზით

1. მოათავსეთ ცილინდრული ლინზა და ეკრანი მაგიდაზე.

2. შეასუსტეთ განათება ოთახში და სცადეთ მიიღოთ ეკრანზე შორეული ობიექტის მკვეთრი გამოსახულება ეკრანის დაშორებით ან მიახლოებით ლინზასთან.

შეკითხვა 4-5: შესაძლებელია ამის გაკეთება? მკვეთრი გამოსახულება ერთ პოზიციაში მიიღეთ? აღწერეთ, რას ხედავთ.

შეკითხვა 4-6: არის თქვენი დაკვირვებები იმის მსგავსი, რაც მიიღეთ სფერული ლინზით ცდა 1-ში? რა მსგავსება და განსხვავებაა სფერული დადებითი ლინზითა და ცილინდრული დადებითი ლინზით მიღებულ გამოსახულებებს შორის?

აქტივობა 4-3: ასტიგმატიზმი

თუ თქვენს თვალს აქვს დეფექტი, რომელიც ცნობილია, როგორც *ასტიგმატიზმი*, მისი ოპტიკური ელემენტები არ არის იდეალურად სფერული. სფერულის ნაცვლად, მას აქვს ცილინდრული მახასიათებლები. თქვენ შეგიძლიათ დაამზადოთ ასეთი ლინზა (ე.წ. *სფერულ-ცილინდრული ლინზა*) სუფთა სფერული და ცილინდრული ლინზების შეტყუპებით.

1. ამოირჩიეთ ყველაზე დიდი ოპტიკური ძალის სფერული ლინზა და მიატყუპეთ იგი ცილინდრულ ლინზასთან. მათი ერთმანეთზე მისატყუპებლად გამოიყენეთ თიხა.
2. ლინზების კომბინაცია მოათავსეთ მაგიდაზე და სცადეთ მიიღოთ ეკრანზე შორეული ობიექტის მკვეთრი გამოსახულება ეკრანის დაშორებით ან მიახლოებით ლინზასთან.

შეკითხვა 4-7: აღწერეთ, რას ხედავთ *სფერულ-ცილინდრული ლინზით*. ხედავთ ერთ სუფთა გამოსახულებას, გამოსახულებების მწკრივს თუ ორ საპირისპირო გამოსახულებას?

შეკითხვა 4-8: ეკრანის რომელ პოზიციაზე მიიღება *ყველაზე კარგი* გამოსახულება? თქვენებურად განმარტეთ *ყველაზე კარგი* გამოსახულება.

შეკითხვა 4-9: თქვენი აზრით, რომელი ლინზა უნდა გამოიყენოთ ასტიგმატიზმის გამოსასწორებლად, რაც გამოწვეულია თვალის ლინზის დადებითი ცილინდრული სიმრუდით? დაასაბუთეთ.

მასწავლებლების გზამკვლევი 2
მოდულისთვის: თვალის ლინზები
და ოპტიკა
(ალტერნატიული ვერსია)

მასწავლებლების გზამკვლევი 2 მოდულისთვის: თვალის ლინზები და ოპტიკა

ზოგადი შესავალი

ეს მოდული არის მარტივი, ნახევრადრაოდენობრივი შესავალი ლინზის საშუალებით გამოსახულების ფორმირების გასაგებად და ამ ცოდნის გამოსაყენებლად ადამიანის თვალისთვის. სტუდენტებს ვთავაზობთ უკეთ გაერკვნენ სხვადასხვა ლინზების მოქმედების არსში და გაიაზრონ, როგორ უკავშირდება ეს ნორმალური თვალის ფუნქციონირებას. ასევე განხილულია თვალის ზოგიერთი ანომალია. არავითარი განტოლებების გამოყვანა და სხივური დიაგრამების აგება არ მოხდება.

მოდული 2: ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

. ძალიან შორეული, კაშკაშა სინათლის წყარო

- სინათლის წყარო/ისარი-არაშორეული ობიექტები
- დადებითი და უარყოფითი სფერული ლინზები მათზე მონიშნული ოპტიკური ძალებით
- დადებითი ცილინდრული ლინზა
- თიხა
- სახაზავი
- ეკრანი

შენიშვნები აღჭურვილობაზე

შორეული სინათლის წყარო: ეს შეიძლება იყოს ვარვარების ნათურა (უმჯობესია გამჭვირვალე), რომელიც ლინზისგან დაშორებულია ფოკუსურ მანძილზე გაცილებით მეტი მანძილით.

სინათლის წყარო/ისარი: ეს შეიძლება იყოს განათებული ისარი ან სხვა საგანი, რომელსაც აქვს განსხვავებული წვერო და ძირი. შესაძლებელი უნდა იყოს საგნის მოთავსება ლინზიდან ფიქსირებულ მანძილზე, დამჭერით ოპტიკურ მერხზე. შესაბამისი სლაიდები შეიძლება მოიძიოთ ფიზიკის სასწავლო მოწყობილობით მოვაჭრე ნებისმიერ კომპანიაში. საგანი შეიძლება დამზადდეს გაუმჭვირვალე ლენტიდან (მაგ: შავი ელექტროსაიზოლაციო ლენტი) ამოჭრილი ისრის ფორმის ჭრილისაგან, რომელიც დაწებებულია ნახევრად გამჭვირვალე ფურცელზე და მოთავსებულია სინათლის წყაროს წინ.

ლინზების ნაკრები: საჭიროა დადებითი და უარყოფითი სფერული ლინზები. აქტივობების უკეთ ჩასატარებლად ყველაზე მიზანშეწონილია ლინზები, რომელთა ოპტიკური ძალაა ± 6.7 , ± 5 და ± 3.0 D (ფოკუსური მანძილები 15 სმ, 20 სმ და 33 სმ).

ნებისმიერი დიამეტრი დასაშვებია. ასევე საჭიროა დადებითი ცილინდრული ლინზა, რომლის ფოკუსური მანძილი დაახლოებით 7.5 სმ-ია.

თიხა: ეს აქტივობები შეიძლება ჩატარდეს ოპტიკური მერხებისა და ლინზის დამჭერების გარეშე. შეიძლება გამოყენებული იქნას თიხის ნაჭრები აღჭურვილობის მაგიდაზე დასამაგრებლად.

ეკრანი: სავსებით მისაღებია რაიმე სადგამზე მყარად დამაგრებული თეთრი ეკრანი. გამოგადგებათ ჩასანიშნი ფურცელიც.

კვლევა 1: დადებითი სფერული ლინზები

კვლევა 1: ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ძალიან შორეული, კაშკაშა სინათლის წყარო
- სინათლის წყარო/ისარი - არაშორეული ობიექტი
- დადებითი სფერული ლინზები მათზე მონიშნული ოპტიკური ძალებით
- თიხა
- სახაზავი
- ეკრანი

აქტივობა 1-1: დადებითი ლინზების ფორმა

ამ აქტივობაში შეიძლება გამოყენებული იქნას ნებისმიერი დადებითი ლინზა.

შეკითხვა 1-1: დადებითი ლინზები ცენტრში უფრო სქელია. სისქის ცვლილება ცენტრიდან კიდემდე ყველა მიმართულებით ერთნაირია.

აქტივობა 1-2: დადებითი ლინზის ფოკუსი და ფოკუსური მანძილი

ეს არის ლინზების ფოკუსური მანძილების პირდაპირი გაზომვა შორეული სინათლის წყაროს გამოყენებით.

შეკითხვა 1-2: შესაძლებელი უნდა იყოს ეკრანზე შორეული სინათლის წყაროს მკვეთრი გამოსახულების მიღება. ლინზა აფოკუსირებს სინათლეს ეკრანზე.

შეკითხვა 1-3: დიახ, სინათლე ნამდვილად ფოკუსირებულია. თქვენ შეგიძლიათ ეკრანზე დაინახოთ მკვეთრი გამოსახულება და ის ფორმირებულია სინათლით, რომელიც გაივლის ლინზაში და ფოკუსირებული იქნება მის მიერ.

შეკითხვა 1-4: ორმხრივ ამოზნექილი ლინზის სიმრუდე ყველაზე ძლიერად იცვლება ერთი ზედაპირიდან მეორემდე და მას აქვს უმოკლესი ფოკუსური მანძილი. ის ყველაზე ეფექტურად აფოკუსირებს სინათლეს.

შეკითხვა 1-5: შორეული სინათლის წყაროდან მომავალი პარალელური სხივები ყველაზე კარგად იკრიბება დიდი სიმრუდის მქონე ლინზებით, რადგან დიდია სხივების დაცემის კუთხეები (რომელიც იზომება ლინზის ზედაპირის ნორმალიდან).

შეკითხვა 1-6: შედარება დამოკიდებულია გაზომვებზე. დიდი ოპტიკური ძალის მქონე ლინზა უფრო ეფექტურად აფოკუსირებს მოკლე ტალღის სიგრძის სინათლეს.

აქტივობა 1-3: მეტი რაოდენობრივი დაკვირვებები დადებითი ლინზებით

ამ აქტივობაში გამოყენებულ ლინზას უნდა ჰქონდეს 30 სმ-ზე ნაკლები ფოკუსური მანძილი იმაში დასარწმუნებლად, რომ ფურცელი ლინზის ფოკუსს მიღმა განლაგებული. საშუალო ოპტიკური ძალის მქონე ლინზას აქვს ზუსტად განსაზღვრული ფოკუსური მანძილი - 20 სმ.

შეკითხვა 1-7: ასოები გამოჩნდება შებრუნებული და გადიდებული.

შეკითხვა 1-8: როცა ლინზა თავისი ღერძის გარშემო შემობრუნდება, ფურცელზე ასოები არ მოძრაობს.

შეკითხვა 1-9: ასოების ზომა იზრდება, როცა ლინზა ფურცელს მიუახლოვდება.

შეკითხვა 1-10: შემკრები ლინზით დაიმზირება უკუმიმართულებით მოძრაობა.

შეკითხვა 1-11: გამოსახულება შებრუნებულია.

აქტივობა 1-4: დადებითი ლინზის მიერ ფორმირებული გამოსახულების მეტი რაოდენობრივი დაკვირვებები

მნიშვნელოვანია, რომ სტუდენტებმა ამ აქტივობის პირველი ნაწილი გააკეთონ სინათლის წყაროთი/ისრით. მნიშვნელოვანია, რომ საგანი მოთავსებული იყოს ლინზიდან ფოკუსზე უფრო შორს. მიმართულებები ნაგულისხმევია ფოკუსურ მანძილზე 50%-თ უფრო შორს.

შეკითხვა 1-12: მკვეთრი გამოსახულების მიღება შესაძლებელია. როცა საგანი არ არის ძალიან შორს, მაგრამ ფოკუსურ მანძილზე ოდნავ უფრო შორს, გამოსახულება ეკრანზე მიიღება ლინზიდან უფრო შორს, ვიდრე საგანი.

შეკითხვა 1-13: დიახ, სინათლე ფოკუსირდება ეკრანზე. თქვენ შეგიძლიათ დაინახოთ მკვეთრი გამოსახულება ეკრანზე და ის ნამდვილად ფორმირებულია სინათლით, რომელიც გაივლის ლინზაში და ფოკუსირდება მის მიერ.

შეკითხვა 1-14: გამოსახულება ნამდვილია. გამოსახულება შებრუნებულია და საგანზე უფრო დიდი.

შეკითხვა 1-15: გამადიდებლობის რიცხვითი მნიშვნელობა ერთზე მეტია და ის უარყოფითია.

აღსანიშნავია, რომ თუ თქვენ გამოიყენებთ ლინზას, რომლის ოპტიკური ძალა (3)-ში მოცემულ ლინზაზე ორჯერ მეტია, მისი ფოკუსური მანძილი ორჯერ ნაკლები იქნება. ამიტომ ახლა საგნიდან ლინზამდე მანძილი ორმაგ ფოკუსურ მანძილზე მეტი იქნება.

შეკითხვა 1-16: ახლა გამოსახულება მიახლოებულია ლინზასთან. ის უფრო პატარაა, ვიდრე (2)-ში იქნა მიღებული. გამადიდებლობის რიცხვითი მნიშვნელობა ერთზე ნაკლებია, თუმცა ისევ უარყოფითია, რადგან გამოსახულება შებრუნებულია.

შეკითხვა 1-17: აღმოჩნდება, რომ დიდი ოპტიკური ძალის მქონე ლინზას აქვს უფრო დიდი მაფოკუსირებელი უნარი.

შეკითხვა 1-18: ნამდვილი გამოსახულება იქმნება რეალური სხივების გადაკვეთის შედეგად გამოსახულების ყოველ წერტილში. თუ ეკრანს მოვათავსებთ გამოსახულების ადგილას, გამოსახულება პროექცირდება ეკრანზე.

შეკითხვა 1-19: დადებითი ლინზის მიერ ფორმირებული ნამდვილი გამოსახულება ყოველთვის შებრუნებულია. ის შეიძლება იყოს საგანზე დიდი ან პატარა. გამადიდებლობა ყოველთვის უარყოფითია (გამოსახულება შებრუნებულია), მაგრამ მისი რიცხვითი მნიშვნელობა შეიძლება 1-ზე მეტი ან 1-ზე ნაკლები იყოს (საგანზე დიდი ან პატარა).

შეკითხვა 1-20: რაც უფრო დიდია დადებითი ლინზის ოპტიკური ძალა, მით უფრო ძლიერია მის მიერ სხივების შეკრების უნარი. ეს დავინახეთ (3)-ში, რადგან გამოსახულება ლინზასთან ახლოს იქნა ფორმირებული. უფრო ძლიერი ლინზისათვის ფოკუსური მანძილი შედარებით მცირეა, ე.ი. შორეული წყაროდან მოსული პარალელური სხივები ფოკუსირდება ლინზასთან უფრო ახლოს.

აქტივობა 1-5: გამოსახულების ცვლილება დადებით ლინზასთან საგნის მიახლოებისას

როცა საგანი დადებით ლინზასთან უფრო ახლოსაა, ვიდრე ფოკუსი, მიიღება პირდაპირი წარმოსახვითი გამოსახულება. ეს გამოსახულება ყოველთვის საგანზე დიდია, ხოლო გამადიდებლობა 1-ზე მეტია.

შეკითხვა 1-21: ასოების გამოსახულება იზრდება და იზრდება.

შეკითხვა 1-22: გამოსახულება ხდება პირდაპირი, როდესაც ლინზა მიუახლოვდება საგანს ფოკუსურ მანძილზე ახლოს. გამოსახულება საგანზე დიდია. ეს აღარ არის ნამდვილი გამოსახულება.

შეკითხვა 1-23: ჩვეულებრივი ლუპა არის დადებითი ლინზა, რომელიც მოთავსებულია საგნიდან ფოკუსურ მანძილზე უფრო ახლოს.

კვლევა 2: უარყოფითი სფერული ლინზები

კვლევა 2: ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ძალიან დამორებული, კაშკაშა სინათლის წყარო.
- სინათლის წყარო/ისარი-არამორეული საგანი
- უარყოფითი ლინზები მათზე მონიშნული ოპტიკური ძალებით
- თიხა
- სახაზავი
- ეკრანი

აქტივობა 2-1: უარყოფითი ლინზების ფორმა

შეკითხვა 2-1: უარყოფითი ლინზა ცენტრში უფრო თხელია, ვიდრე კიდეებში.

აქტივობა 2-2: რაოდენობრივი დაკვირვებები უარყოფითი ლინზებით

შეკითხვა 2-2: ნაბეჭდი გამოჩნდება პირდაპირი და შემცირებული.

შეკითხვა 2-3: ლინზის მოტრიალებისას არ შეიმჩნევა მოძრაობა, თუმცა დაკვირვება რთულია.

შეკითხვა 2-4: ასოები პირდაპირი და შედარებით პატარაა, ვიდრე ლინზის გარეშე. გამადიდებლობა დადებითია და 1-ზე ნაკლები.

შეკითხვა 2-5: გამოსახულება გამოჩნდება პატარა და როცა ლინზას თვალისკენ წაიღებთ, გამოსახულება გაიზრდება.

შეკითხვა 2-6: გამზნევი ლინზით დაიმზირება თანამოძრაობა.

შეკითხვა 2-7: გამოსახულება პირდაპირი და სუფთაა. ის საგანზე პატარაა.

აქტივობა 2-3: მეტი რაოდენობრივი დაკვირვებები უარყოფითი ლინზით

რა თქმა უნდა, უარყოფითი ლინზით ეკრანზე ვერ მივიღებთ ნამდვილ გამოსახულებას, მაგრამ მნიშვნელოვანია, რომ სტუდენტები თვითონ დააკვირდნენ ამას.

შეკითვა 2-8: ეკრანზე მკვეთრი გამოსახულების მიღება შეუძლებელია. საგნის ყოველი წერტილიდან წამოსული სხივები იშლება. უარყოფითი ლინზა იწვევს მათ კიდევ უფრო გაშლას და არასდროს იწვევს მათ შეკრებას ერთ წერტილში ეკრანზე.

შეკითხვა 2-9: გამოსახულების ფორმირება შეუძლებელია უფრო დიდი ოპტიკური ძალის მქონე უარყოფითი ლინზითაც.

შეკითხვა 2-10: დადებით ლინზებს აქვთ შემკრები ძალა. მათი საშუალებით შესაძლებელია საგანზე მდებარე წერტილიდან გაბნეული სხივების ფოკუსირება ნამდვილი გამოსახულების ერთ წერტილში. უარყოფითი ლინზები განაბნევენ სხივებს, ამიტომ მათ არ შეუძლიათ საგანზე მდებარე წერტილიდან წამოსული სხივების ფოკუსირება ნამდვილი გამოსახულების ერთ წერტილში.

შეკითხვა 2-11: უარყოფითი ლინზით თქვენ ვერ შეძლებთ ნამდვილი გამოსახულების ფორმირებას ზემოთხსენებული მიზეზების გამო.

კვლევა 3: ადამიანის თვალის მოდელი

კვლევა 3: ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ძალიან შორეული, კაშკაშა სინათლის წყარო
- სინათლის წყარო/ისარი-არაშორეული ობიექტი
- დადებითი და უარყოფითი ლინზები მათზე მითითებული ოპტიკური ძალებით
- თიხა
- სახაზავი
- ეკრანი

ადამიანის თვალს აქვს ორი განსხვავებული მაფოკუსირებელი ელემენტი, რქოვანა და კრისტალური ლინზა. (იხილეთ სურათი LS-1 გზამკვლევის ლაზერული უსაფრთხოების სექციაში). რქოვანა მთავარ როლს ასრულებს ფოკუსირებაში (მეტი ოპტიკური ძალა), ხოლო ლინზა (ნაკლები ოპტიკური ძალა) კარგადაა გამართული იმისთვის, რომ ნორმალურმა თვალმა დაინახოს ორივე - შორი და ახლო ობიექტები. მოდელი, რომელიც უგულებელჰყოფს ამ ორი ელემენტის განცალკევებას, შესაფერისია იმ წარმოდგენებისთვის, რომელთაც ჩვენ ვასწავლით. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ მანძილი თვალიდან გამოსახულებამდე მუდმივი რჩება იმის მიუხედავად, შორ ობიექტებს ვუყურებთ თუ ახლოს. ამიტომ ამ აქტივობებში ლინზასა და ეკრანს შორის მანძილი უნდა დარჩეს მუდმივი.

აქტივობა 3-1: აკომოდაცია

შეკითხვა 3-1: გამოსახულება ნამდვილი და შებრუნებულია.

შეკითხვა 3-2: ახლა გამოსახულება ბუნდოვანია.

შეკითხვა 3-3: დიახ, შესაძლებელია ეკრანზე მკვეთრი გამოსახულების მიღება.

შეკითხვა 3-4: საჭიროა უფრო დიდი ოპტიკური ძალის ლინზა.

შეკითხვა 3-5: ახლო ობიექტებისათვის საჭიროა ყველაზე დიდი ოპტიკური ძალა. ეს იმიტომ, რომ ახლო ობიექტიდან მომავალი და ლინზაზე დაცემული სინათლის სხივები მეტადაა გაშლილი. მათ შეკრებას მეტი ოპტიკური ძალა ჭირდება.

შეკითხვა 3-6: თქვენი თვალის ლინზის ოპტიკური ძალა ცვლადი უნდა იყოს.

შეკითხვა 3-7: დადებითი ლინზებს, რომლებსაც ყველაზე დიდი სისქე ჰქონდათ ცენტრში, გააჩნდათ ყველაზე დიდი ოპტიკური ძალა. თუ თვალის ლინზა დამზადებულია მოქნილი მასალისაგან, ის ცენტრში შეიძლება გაფართოვდეს კიდეების შეკუმშვით. ეს გამოიწვევს ლინზის ოპტიკური ძალის გაზრდას. მისი ცენტრის გათხელება შეიძლება მისი კიდეების მოდუნებით. ეს გამოიწვევს ლინზის ოპტიკური ძალის შემცირებას.

აქტივობა 3-2: მიოპიის ანუ ახლომხედველობის მოდელირება

როცა მანძილი თვალის ლინზიდან გამოსახულებამდე (რქოვანაგან ბადურამდე) გაზრდილია და შორეული ობიექტიდან წამოსული სხივები ფოკუსირდება ეკრანის (ბადურის) წინ, ეს ახლომხედველი თვალია. ლინზიდან ეკრანამდე მანძილი არ უნდა შეიცვალოს ამ აქტივობის დარჩენილ ნაწილში.

შეკითხვა 3-10: ეკრანზე გამოსახულება ახლა ბუნდოვანია.

შეკითხვა 3-11: გამასწორებელი ლინზის ოპტიკური ძალა დამოკიდებული იქნება სტუდენტის მიერ აწყობილ ინდივიდუალურ სქემაზე. თუმცა ეს იქნება უარყოფითი ლინზა.

შეკითხვა 3-12: ეს არის უარყოფითი ლინზა, რადგან თქვენი თვალის ლინზა ზედმეტად კრებს შორეული ობიექტიდან მომავალ სინათლეს და მკვეთრი გამოსახულება ბადურის წინ მიიღება. უარყოფითი გამასწორებელი ლინზა ცოტათი განაზნევის ამ სინათლეს და ახლა თვალის ლინზის ოპტიკური ძალა ზუსტია მკვეთრი გამოსახულების ერთ წერტილში სხივების შესაკრებად.

შეკითხვა 3-13: ლინზა დადებითია თუ უარყოფითი - ამის გარკვევა შეგიძლიათ, თუ შეამოწმებთ, ლინზა ცენტრში უფრო სქელია, თუ კიდევბზე. ალტერნატივა არის ის, რომ შეხედოთ შორეულ ობიექტებს, როგორც ცდა 1-სა და 2-ში.

აქტივობა 3-3: ჰიპეროპიის ანუ შორსმხედველობის მოდელირება

როცა მანძილი თვალის ლინზიდან გამოსახულებამდე (რქოვანადან ბადურამდე) შემცირებულია და სინათლის წყაროდან მომავალი სხივები ფოკუსირდება ეკრანის (ბადურის) უკან, ეს შორსმხედველი თვალია. ლინზიდან ეკრანამდე მანძილი არ უნდა შეიცვალოს ამ აქტივობის დარჩენილ ნაწილში.

შეკითხვა 3-14: ახლა გამოსახულება ბუნდოვანია, რადგან მკვეთრი გამოსახულება ფორმირდება ბადურის უკან (ეკრანი - ეკრანის თავდაპირველ მდებარეობაში).

შეკითხვა 3-15: გამასწორებელი ლინზის ძალა დამოკიდებული იქნება სტუდენტის ინდივიდუალურ უნარებზე. თუმცა ეს იქნება დადებითი ლინზა.

შეკითხვა 3-16: ეს არის დადებითი ლინზა, რადგან თქვენი თვალის ლინზა ნაკლებად კრებს ახლო ობიექტიდან მომავალ სინათლეს და მკვეთრი გამოსახულება ბადურის უკან მიიღება. დადებითი ლინზა უმატებს ოპტიკურ ძალას (შეკრებადობას) და ახლა თვალის ლინზისა და გამასწორებელი ლინზის ოპტიკური ძალების ჯამი ზუსტია სხივების შესაკრებად გამოსახულების ერთ წერტილში.

შეკითხვა 3-17: ლინზა დადებითია თუ უარყოფითი - ამის გარკვევა შეგიძლიათ, თუ შეამოწმებთ, ლინზა ცენტრში უფრო სქელია, თუ კიდევბზე. ალტერნატივა არის ის, რომ შეხედოთ შორეულ ობიექტებს, როგორც ცდა 1-სა და 2-ში.

კვლევა 4: ცილინდრული ლინზები და ასტიგმატიზმი

კვლევა 4: ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ძალიან შორეული, კაშკაშა სინათლის წყარო
- დადებითი სფერული ლინზები
- დადებითი ცილინდრული ლინზა
- თიხა
- სახაზავი
- ეკრანი

სუფთა ცილინდრულ ლინზას აქვს ერთი ღერძის გასწვრივ სიმრუდე და არ აქვს სიმრუდე მისი პერპენდიკულარული ღერძის გასწვრივ. ამიტომ, ცილინდრულ ლინზას მაფოკუსირებელი ოპტიკური ძალა აქვს ერთი მიმართულებით, რომელიც განპირობებულია სიმრუდით, მაგრამ მისი პერპენდიკულარული მიმართულებით ცილინდრულ ლინზას მაფოკუსირებელი ოპტიკური ძალა არ აქვს. სუფთა ცილინდრული და სფერული ლინზების შეერთებით მივიღებთ სფერო-ცილინდრული ლინზას, რომელსაც აქვს ორი სხვადასხვა ოპტიკური ძალა ორი პერპენდიკულარული მიმართულების გასწვრივ. შედეგად, ცილინდრული ლინზა არ მოგვცემს ერთ გამოსახულებას. ამ ორ ღერძს შორის ოპტიკური ძალა იცვლება. შედეგად, სფერო-ცილინდრული ლინზა შექმნის მთელ რიგ გამოსახულებებს.

აქტივობა 4-1: თვისებრივი დაკვირვებები დადებითი ცილინდრული ლინზით

შეკითხვა 4-1: ცილინდრული ლინზა არ არის გამრუდებული სფერული ლინზის მსგავსად. თუ სფერულ ლინზას აქვს ნებისმიერი ღერძის გასწვრივ ერთნაირი სიმრუდე, ცილინდრული ლინზა გამრუდებულია ერთი ღერძის გასწვრივ და ბრტყელია პერპენდიკულარული ღერძის გასწვრივ.

შეკითხვა 4-2: ღერძით მონიშნული მიმართულების გასწვრივ, ასოებში არანაირი ცვლილება არ იქნება. პერპენდიკულარული ღერძის გასწვრივ ასოები გაბუნდოვანდება და დაგრძელდება ან გაიჭიმება და დამახინჯდება.

შეკითხვა 4-3: თქვენ დაინახავთ უკუმოძრაობას. გამოჩნდება, რომ ასოები მოძრაობენ ლინზის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

შეკითხვა 4-4: როცა ლინზა მოტრიალდება, შეინიშნება სხვადასხვა წაგრძელებები და დამახინჯებები.

აქტივობა 4-2: მეტი რაოდენობრივი დაკვირვებები დადებითი ცილინდრული ლინზით

შეკითხვა 4-5: შესაძლებელია მკვეთრი გამოსახულების მიღება. რადგან ცილინდრული ლინზა მხოლოდ ერთი ღერძის გასწვრივაა გამრუდებული, სინათლე არ ფოკუსირდება პერპენდიკულარული მიმართულებით.

შეკითხვა 4-6: სფერული დადებითი ლინზის შემთხვევაში ეკრანზე არის ერთი მდებარეობა, სადაც მკვეთრი, ნამდვილი გამოსახულება ფოკუსირდება. დადებითი ცილინდრული ლინზის შემთხვევაში სიტუაცია განსხვავებულია. გამოსახულება

ერთი მიმართულებით წაგრძელებულია, რადგან ამ მიმართულებით არ არსებობს მაფოკუსირებელი ოპტიკური ძალა.

შეკითხვა 4-7: იქნება რამდენიმე გამოსახულება. ორი უკიდურესი გამოსახულება სუფთაა, მაგრამ შუაში მდებარე გამოსახულებები ელიფსებია.

შეკითხვა 4-8: წერტილოვანი სხეულისთვის საუკეთესო გამოსახულებაა ძალიან პატარა წრე. მისი დანახვა შესაძლებელია ორ უკიდურეს გამოსახულებას შორის.

შეკითხვა 4-9: უარყოფითი ცილინდრული ლინზა, რომლის ღერძი ასტიგმატიზმის ღერძის გასწვრივაა.

მოდული 3: ინტერფერენცია და დიფრაქცია

ჯოელ ტ. მაქუილინი

ფიზიკის ფაკულტეტი
მეცნიერებისა და ინჟინერიის სკოლა
ატენიო დე მანილას უნივერსიტეტი
ქალაქი კვეზონი, ფილიპინები
jmaquiling@ateneo.edu

ზორა ბენ ლახდარ

ფიზიკის ფაკულტეტი
ელ მანარის უნივერსიტეტი
Tunis, Tunisia
zohra.lakhdar@fst.rnu.tn

მოდული 3: ინტერფერენცია და დიფრაქცია

მიმოხილვა

ამ მოდულში შევისწავლით სინათლის ყოფაქცევას, როდესაც იგი ეცემა ძალიან პატარა ჭვრიტეს ან დაბრკოლებას და ვნახავთ, რომ გეომეტრიული ოპტიკა ვერ იძლევა ცდაზე დამზერილი რთული სურათის სწორ ახსნას. შედეგების ასახსნელად აუცილებელია სინათლე განვიხილოთ, როგორც ტალღა. სინათლის ბუნების ეს მოდელი, რომელსაც ტალღური ოპტიკა (ანუ ფიზიკური ოპტიკა) ეწოდება, აღწერს ექსპერიმენტზე დამზერილ ინტერფერენციისა და დიფრაქციის მოვლენებს. ზოგადად, ინტერფერენცია აღწერს მოვლენას, რომლის დროსაც, ტალღური ფრონტი დაყოფილია ნაწილებად ორ ან მეტ ხვრელში ან ჭვრიტეში გავლის შედეგად, ხოლო დიფრაქცია აღწერს რა ხდება, როდესაც განრთხმული სინათლის ტალღა დაბლოკილია ან შეზღუდულია ცალკეული საგნის ან ჭვრიტეს მიერ. მეორე შემთხვევაში ინტერფერენცია ხდება ერთიდაიმავე ტალღური ფრონტის სხვადასხვა წერტილში წარმოქმნილ ტალღებს შორის.

მიზნები

1. დავაკვირდეთ და ავხსნათ სინათლის ყოფაქცევა, რომელიც განპირობებულია კოჰერენტული წყაროებიდან წამოსული სინათლის ტალღების სუპერპოზიციით (ინტერფერენცია)
2. დავაკვირდეთ და ავხსნათ სინათლის ყოფაქცევა, როცა ის ურთიერთქმედებს ნივთიერ დაბრკოლებასთან (დიფრაქცია)
3. სინათლის ბუნების დადგენა.
4. ექსპერიმენტული დაკვირვების შედეგების ახსნა სინათლის ტალღური ბუნების საფუძველზე.

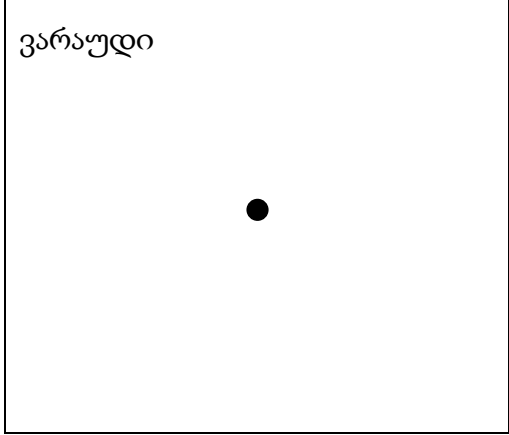
კვლევა 1 : სინათლის ტალღები, ჭვრიტეები და დაბრკოლებები

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- სუფთა წყალი ვარცლში
- 2 პიპეტი ან შპრიცი
- საპროექციო აპარატი

- ერთნაირი სიგანის მაგრამ განსხვავებული დაშორების ორმაგი ჭვრიტეების 3 კომპლექტი, ან 2 უსაფრთხო სამართებლის პირი და სარკე, რომლის დაფერილი მხარე ღიაა
- ჭვრიტეს დამჭერი
- სახაზავი ან რომელიმე სიგრძის გამზომი საშუალება
- თეთრი მუყაოს ეკრანი
- ცილინდრული ლინზები
- ლაზერი **გაფრთხილება: არ მიაწათოთ ლაზერი თვალის მიდამოებსა და თვალს**
- პლასტილინი (ლაზერის დასამაგრებლად)

რა არის ტალღა და რა თვისებები აქვს მას? დასაკვირვებლად ყველაზე მარტივი წყლის ტალღებია. გისვრიათ ოდესმე კენჭი მდგარ წყალში - ტბასა ან აუზში? რა ემართება წყალს?



ვარაუდი 1-1: მარჯვნივ ჩარჩოში გააკეთეთ ჩანახატი, რა დაემართება წყალს, თუ კენჭს ჩავაგდებთ წყლიან აუზში, სურათზე მითითებულ წერტილში.
შეამოწმეთ ვარაუდი

აქტივობა 1-1 : ტალღები წერტილოვანი წყაროდან

მოათავსეთ წყლის ვარცლი საპროექციო აპარატზე და ჩაასხით წყალი დაახლოებით 2-3 სმ სიმაღლეზე. წყლის ზედაპირიდან დაახლოებით 5სმ-ზე დაიჭირეთ პიპეტი ან შპრიცი და ჩააწვეთეთ წყალი ვარცლის ცენტრში თანაბარი სიხშირით. დააკვირდით გამოსახულებას კედელსა ან ეკრანზე. დააკვირდით, რა მოხდება, თუ ერთ წამში გაშვებული წვეთების რიცხვს გავზრდით ან შევამცირებთ.

მარჯვნივ, ჩარჩოებში ჩახატეთ დამზერილი ტალღის გამოსახულებები.

დაკვირვება, როცა წვეთები/ წამში მეტია	დაკვირვება, როცა წვეთები/ წამში ნაკლებია
●	●

შეკითხვა 1-1: აღწერეთ თქვენ მიერ ნანახი წყლის ტალღა და შეადარეთ იგი თქვენს ვარაუდს. როგორი ფორმა აქვს წერტილოვანი წყაროდან გავრცელებულ წყლის ტალღას ?

შეკითხვა 1-2: როგორ იცვლება დამორება წყლის ტალღის თხემებს შორის, როცა წამში წვეთების რიცხვი იზრდება? მცირდება?

შენიშვნა: წამში ჩამოვარდნილი წვეთების რიცხვს ეწოდება სიხშირე, ხოლო დაშორებას ორ მომდევნო თხემს შორის- ტალღის სიგრძე.

შეკითხვა 1-3 : როგორია მათემატიკური თანაფარდობა წყლის ტალღის სიგრძესა და სიხშირეს შორის? პასუხი ახსენით თქვენს დაკვირვებებზე დაყრდნობით.

ვარაუდი 1-2: დავუშვათ, რომ გაქვთ წყლის ტალღების ორი წერტილოვანი წყარო, ერთმანეთისგან დაშორებული 3 სმ-ით. სიტყვებით აღწერეთ, რა სურათი მიიღება ამ ტალღების ურთიერთქმედების შედეგად.

შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი.

აქტივობა 1-2: ტალღები ორი წერტილოვანი წყაროდან

აავსეთ ორი პიპეტი წყლით, დაიჭირეთ 3სმ-ის დაშორებით ერთმანეთისგან და 5სმ-ის მანძილზე ვარცლში წყლის ზედაპირიდან. პიპეტებს მოუჭირეთ ისე, რომ წვეთები ჩამოვარდეს ერთდროულად და ერთნაირი სიხშირით.

მარჯვნივ ჩარჩოში ჩახატეთ თქვენ მიერ დამზერილი ტალღის სურათი

შეკითხვა 1-4: აღწერეთ დამზერილი ტალღის სურათი. არსებობს თუ არა რაიმე მიმანიშნებელი, რომ ერთი წერტილოვანი წყაროდან წამოსული ტალღა იცვლება სხვა წერტილოვანი წყაროდან წამოსული ტალღების გავლენით, როდესაც მათი გავრცელების გზები იკვეთება? ახსენით თქვენი პასუხი.

დაკვირვება



შენიშვნა: წერტილოვანი წყაროდან გამოსული სინათლე შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ტალღად. რა თქმა უნდა, ტალღის თხემებს თვალის ვეღარ დავინახავთ, რადგან ეს არის ელექტრომაგნიტური ველის ტალღები, რომლის თვალის დამზერა შეუძლებელია. (ამასთანავე, სინათლის

ტალღის სიგრძე გაცილებით ნაკლებია და სიჩქარე გაცილებით დიდი, ვიდრე წყლის ტალღებისა). ვინაიდან წერტილოვანი წყაროდან ტალღები ვრცელდება ყველა მიმართულებით (სამ განზომილებაში), ეს იქნება სფერული ტალღა, განსხვავებით წყლის ტალღებისგან (ორ განზომილებაში), რომელიც წრიულად ვრცელდება.

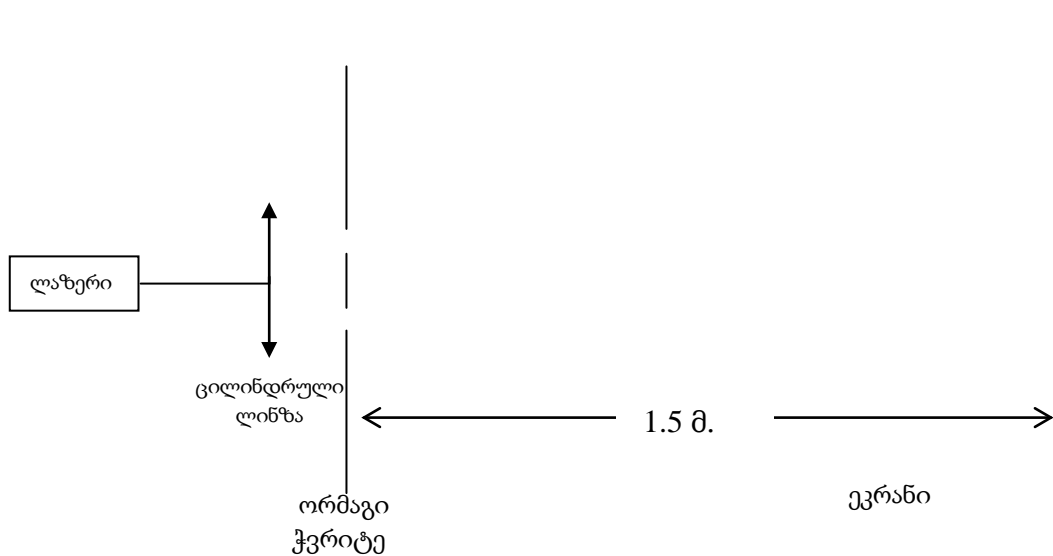
ვარაუდი 1-3 : დავუშვათ, რომ ლაზერით ანათებთ ორ ძალიან ვიწრო, ერთმანეთთან ძალიან ახლოს განლაგებულ ჭვრიტეს. (იხილეთ ნახაზი ქვემოთ).

რა სურათს მოგცემთ ჭვრიტეში გასული სინათლე მისგან ძალიან შორს მათავსებულ ეკრანზე?

შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი.

აქტივობა 1-3 : ორ ჭვრიტეში გავლილ სინათლეზე დაკვირვება

1) დააყენეთ ლაზერი, ცილინდრული ლინზა, ერთმანეთისგან დაშორებული ორი ჭვრიტე და ეკრანი, ისე, როგორც ქვევით არის ნაჩვენები. დააკვირდით სინათლის გამოსახულებას ეკრანზე.



2) ქვევით ჩარჩოში ჩახატეთ სინათლის გამოსახულება, რომელიც ეკრანზე დაინახეთ.

ეკრანი

შეკითხვა 1-5: რა დანიშნულება აქვს ცილინდრულ ლინზებს?

შენიშვნა: ეკრანზე მიღებულ ნათელ და ბნელ არეებს, ჩვეულებრივ, ზოლებს (ინტერფერენციულ ზოლებს) უწოდებენ.

შეკითხვა 1-6: ეკრანზე მიღებულ სურათის ცენტრში ნათელი ზოლი დაიმზირება თუ ბნელი?

შეკითხვა 1-7: არის თუ არა ნათელი ზოლები ერთნაირი სიგანის? არის არის თუ არა ბნელი ზოლები ერთნაირი სიგანის?

შეკითხვა 1-8: შესაძლებელია თუ არა ამ სურათის ახსნა გეომეტრიული ოპტიკის საშუალებით? როგორი გამოსახულება უნდა მიღებულიყო ეკრანზე გეომეტრიული ოპტიკის მიხედვით?

ვარაუდი 1-4: დავუშვათ, რომ ლაზერით ანათებთ ორ ძალიან ვიწრო ჭვრიტეს, რომლებიც ერთმანეთისგან უფრო მეტად არის დაშორებული, ვიდრე საწყისი ჭვრიტეები. როგორ შეიცვლება შორეულ ეკრანზე მიღებული გამოსახულება?

შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი.

3. გაიმეორეთ ცდა ერთმანეთისგან უფრო მეტად დაშორებული ჭვრიტეების წყვილისთვის.

შეკითხვა 1-9: აღწერეთ, რით განსხვავდება ეკრანზე მიღებული სურათი იმ სურათისგან, რომელიც საწყისი ჭვრიტეების წყვილისთვის მიიღეთ. როგორ იცვლება ნათელ ზოლებს (მათ ცენტრებს შორის) შორის მანძილი, როდესაც ჭვრიტეებს შორის მანძილი იზრდება?

ვარაუდი 1-5: დავუშვათ, რომ ლაზერით ანათებთ ორ ძალიან ვიწრო ჭვრიტეს, რომლებიც ერთმანეთისგან უფრო ახლოს არის, ვიდრე საწყისი ჭვრიტეები. როგორ შეიცვლება შორეულ ეკრანზე მიღებული გამოსახულება?

შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი..

4. გაიმეორეთ ცდა ერთმანეთთან უფრო ახლოს მოთავსებული ჭვრიტეებისთვის.

შეკითხვა 1-10: აღწერეთ, რით განსხვავდება ეკრანზე მიღებული სურათი იმ სურათისგან, რომელიც საწყისი ჭვრიტეების წყვილისთვის მიიღეთ. როგორ იცვლება ნათელ ზოლებს (მათ ცენტრებს შორის) შორის მანძილი, როდესაც ჭვრიტეებს შორის მანძილი მცირდება?

შეკითხვა 1-11: როგორია რაოდენობრივი თანაფარდობა ჭვრიტეებს შორის მანძილსა და ზოლებს შორის მანძილს შორის?

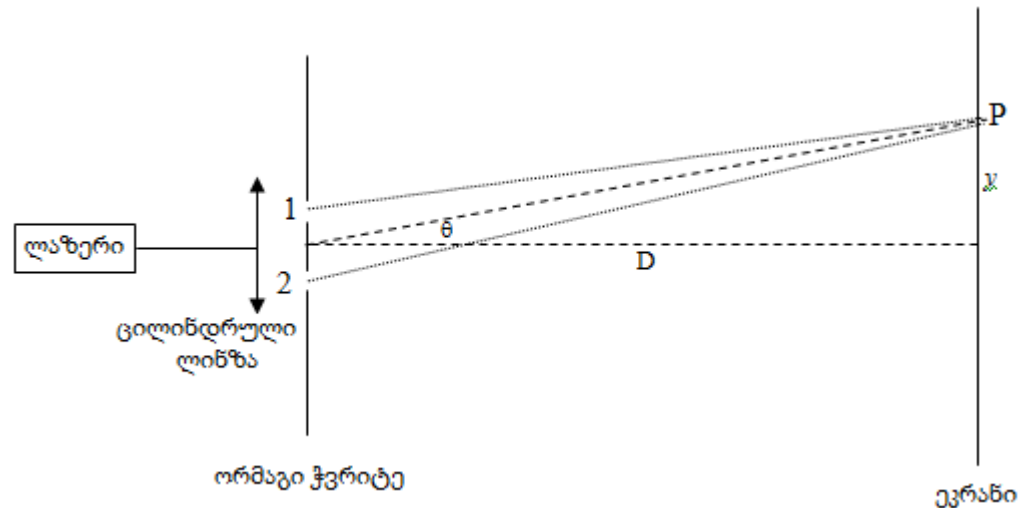
5. ერთმანეთთან უფრო ახლოს მყოფი ჭვრიტეების შემთხვევაში დააკვირდით, როგორ იცვლება სურათი ჭვრიტეების ეკრანთან მიახლოებისას და დაშორებისას.

შეკითხვა 1-12: როგორ იცვლება ნათელ ზოლებს (მათ ცენტრებს შორის) შორის მანძილი, ეკრანის ჭვრიტეებისგან დაშორებისას? ჭვრიტეებთან მიახლოებისას?

შემდეგ აქტივობაში შეისწავლით, როგორ ხსნის სინათლის ტალღური მოდელი (ანუ ფიზიკური ოპტიკა) თქვენ მიერ დამზერულ სურათებს.

აქტივობა 1-4: ორი ჭვრიტედან გამოსული სინათლის ინტერფერენციული სურათი

თუ ლაზერიდან წამოსული სინათლე გაივლის ორივე ჭვრიტეს, 1 და 2 ჭვრიტეებიდან გამოსული სინათლის ტალღები მიაღწევენ ეკრანის ნებისმიერ წერტილს



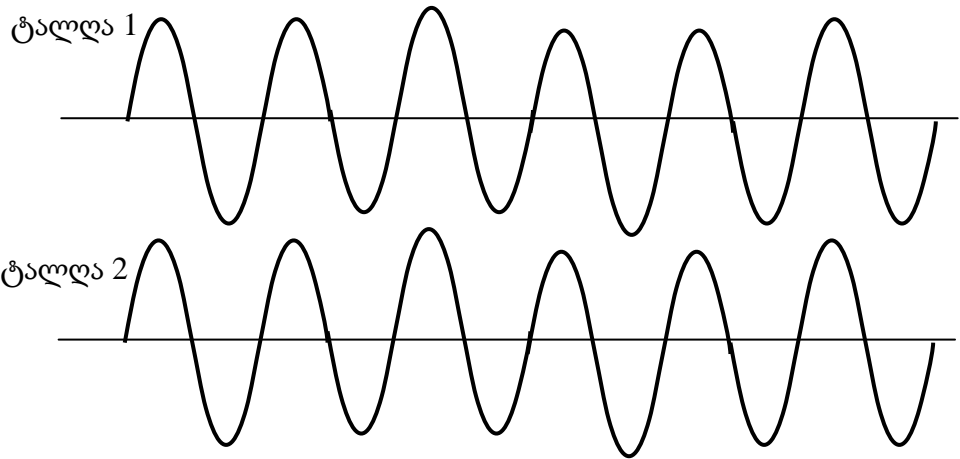
შეკითხვა 1-13: ექნება თუ არა პირველი ჭვრიტედან გამოსულ სინათლეს იგივე ტალღის სიგრძე, რაც მეორე ჭვრიტედან გამოსულს? ექნებათ თუ არა პირველი და მეორე ჭვრიტეებიდან გამოსულ სინათლის ტალღებს ერთნაირი სიგრძეები, როდესაც მიაღწევენ ეკრანს? დაასაბუთეთ.

შეკითხვა 1-14: აქვთ თუ არა ერთნაირი ფაზა 1 ჭვრიტედან წამოსულ და 2 ჭვრიტედან წამოსულ ტალღებს ჭვრიტეების დატოვების მომენტში? აქვთ თუ არა ყოველთვის ერთნაირი ფაზა ეკრანის ყოველ წერტილში 1 და 2 ჭვრიტეებიდან წამოსულ ტალღებს?

შენიშვნა: პირველი და მეორე ჭვრიტედან გამოსული სინათლის ტალღები ერთიდაიმავე წყაროდან მოდის. ამიტომ,ორივე ჭვრიტედან გამოსული სინათლის ტალღები ერთნაირი სიგრძისაა და ერთიდაიგივე ფაზა აქვთ. ასეთ წყაროს სინათლის კოჰერენტული წყარო ეწოდება. ჭვრიტეები კი განიხილება, როგორც სინათლის ორი, წერტილოვანი, კოჰერენტული წყარო.

1. ქვევით მოცემული სინუსოიდალური ტალღები წარმოადგენს 1 და 2 ჭვრიტეებიდან წამოსულ სინათლის ტალღებს, როდესაც ისინი მიაღწევენ P წერტილს ეკრანზე. (ამპლიტუდა დამოკიდებულია თითოეული სინათლის ტალღის ინტენსივობაზე). თუ P წერტილში 1 და 2 ტალღა ისეთია, როგორც ქვევით ნაჩვენებ სურათზე, ე.ი. ისინი P წერტილში ერთნაირ ფაზაში ირხვეიან. ქვევით გამოყოფილ ადგილას დახატეთ მოცემული ორი ტალღის შეკრებისას მიღებული ტალღა..

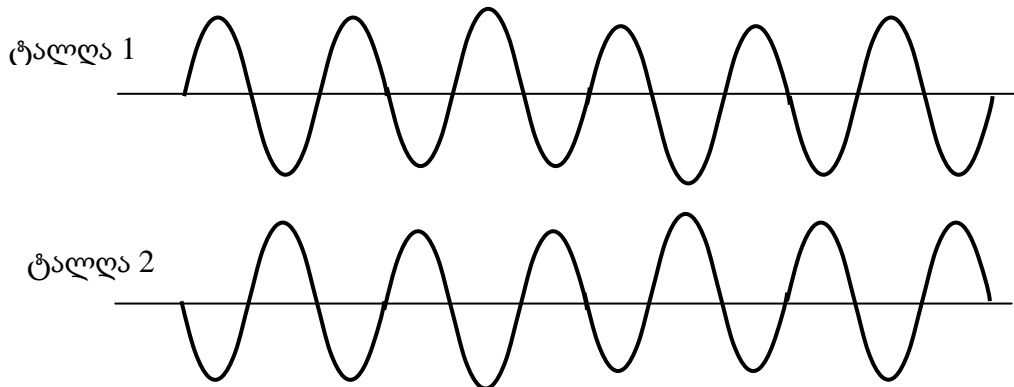
შემთხვევა 1: ერთნაირი ფაზის მქონე ტალღების შეკრება



P წერტილში
მიღებული
ტალღა

- ახლა, ჩათვალეთ, რომ ქვევით მოცემული სინუსოიდალური ტალღები წარმოადგენს ორ ტალღას, როდესაც ისინი მიაღწევენ P წერტილს, ე.ი ისინი ირხევიან ანტი ფაზაში. ქვევით გამოყოფილ ადგილას დახატეთ მოცემული ორი ტალღის შეკრებისას მიღებული ტალღა

შემთხვევა 2: საპირისპირო ფაზის მქონე ტალღების შეკრება



P წერტილში
მიღებული
ჯამური
ტალღა

შეკითხვა 1-15: რომელ შემთხვევაში წარმოიქმნება ნათელი ზოლები ეკრანზე P წერტილში? დაასაბუთეთ.

შეკითხვა 1-16: რომელ შემთხვევაში წარმოიქმნება ბნელი ზოლები ეკრანზე P წერტილში? დაასაბუთეთ.

შეკითხვა 1-17: რა განაპირობებს ეკრანის ერთ წერტილში მისულ, ორი ჭკრიტედან წამოსულ ტალღებს შორის ფაზათა სხვაობას?

შეკითხვა 1-18: გამოიყენეთ ტალღური მოდელი და ახსენით 1-3 აქტივობაში თქვენ მიერ ეკრანზე მიღებული გამოსახულებები

შეკითხვა 1-19: ამ მოდელის გამოყენებით ახსენით, რატომაც ცენტრალური ზოლი ნათელი 1-3 აქტივობაში.

შეკითხვა 1-20: 1-15 -- 1-19 კითხვებზე თქვენ მიერ გაცემულ პასუხებზე დაყრდნობით უპასუხეთ, დამოკიდებულია თუ არა ფაზებს შორის სხვაობა ლაზერის ტალღის სიგრძეზე? იქნებოდა თუ არა ეკრანზე მიღებულ გამოსახულებაში ზოლებს შორის დაშორება განსხვავებული, თუ იმავე ორმაგ ჭკრიტეს მივანათებდით მწვანე ლაზერს, რომელსაც აქვს ნაკლები ტალღის სიგრძე?

შეკითხვა 1-21: თეორიული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ პირველი ნათელი ზოლი ჩნდება ცენტრალური ნათელი ზოლის ცენტრიდან კუთხეზე, რომლის სინუსი მოცემულია ფორმულით $\sin \theta = \lambda/d$, სადაც λ არის ლაზერის სინათლის ტალღის სიგრძე, და d არის ჭკრიტეებს შორის მანძილი. θ -ს განმარტებისთვის ნახეთ ზემოთ მოცემული ნახაზი. ასევე, შევნიშნოთ, რომ $\tan \theta = y/D$. არის თქვენი შედეგები, კერძოდ, თქვენი პასუხები 1-11, 1-12 და 1-20 კითხვაზე ამ განტოლებასთან თავსებადი? დაასაბუთეთ.

კვლევა 2: სინათლის გავლა მრავალ ჭვრიტეში

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ჭვრიტეს დამჭერი
- სახაზავი ან რომელიმე სიგრძის გამზომი საშუალება

თეთრი მუყაოს ეკრანი

ცილინდრული ლინზები

- ლაზერი **გაფრთხილება: არ მიაწათოთ ლაზერი თვალის მიდამოებსა და თვალს**
- პლასტილინი (ლაზერის დასამაგრებლად)
- დიფრაქციული მესერი

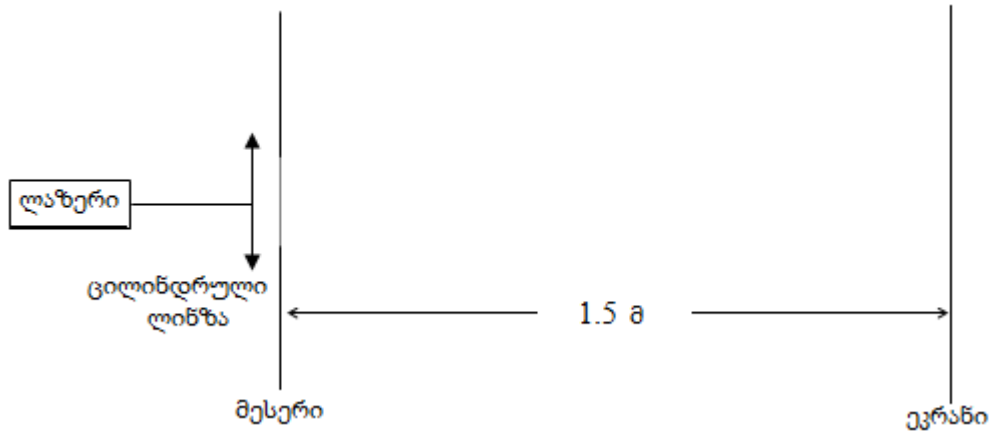
- ფარანი 1-2 მმ-იანი მუყაოს ჭვრიტეთი

რა მოხდება, თუ კოჰერენტული სინათლე გაივლის მრავალ პარალელურ ჭვრიტეს? დიფრაქციული მესერი არის მრავალ ჭვრიტეებიანი მოწყობილობა, რომელიც შედგება ერთმანეთთან ახლოს მოთავსებული მრავალი პარალელური ჭვრიტესგან

ვარაუდი 2-1: დავუშვათ, რომ ლაზერით ვანათებთ დიფრაქციულ მესერს (იხილეთ ქვემოთ მოცემული ნახაზი). რა სურათს იძლევა ძალიან შორს მოთავსებულ ეკრანზე ჭვრიტეებში გავლილი სინათლე? შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი.

აქტივობა 2-1: ლაზერის სინათლით მიღებული სურათი მრავალი ჭვრიტედან (დიფრაქციული მესერი)

1. 1-3 აქტივობის მოწყობილობაში ორმაგი ჭვრიტე ჩაანაცვლეთ დიფრაქციული მესერით, როგორც ქვევით არის ნაჩვენები. დააკვირდით ეკრანზე მიღებულ სურათს.



2. ქვევით ჩარჩოში ჩახატეთ სურათი, რომელიც ეკრანზე დაინახეთ.

ეკრანი

შეკითხვა 2-1: სიტყვებით აღწერეთ სურათი, რომელიც ეკრანზე დაინახეთ.

შეკითხვა 2-2: გამოიყენეთ კვლევა 1-ის მოდელი და ახსენით, თუ რატომ გვადლევს მრავალი ჭვრიტედან წამოსული კოჰერენტული სინათლე ეკრანზე ნათელ ზოლებს.

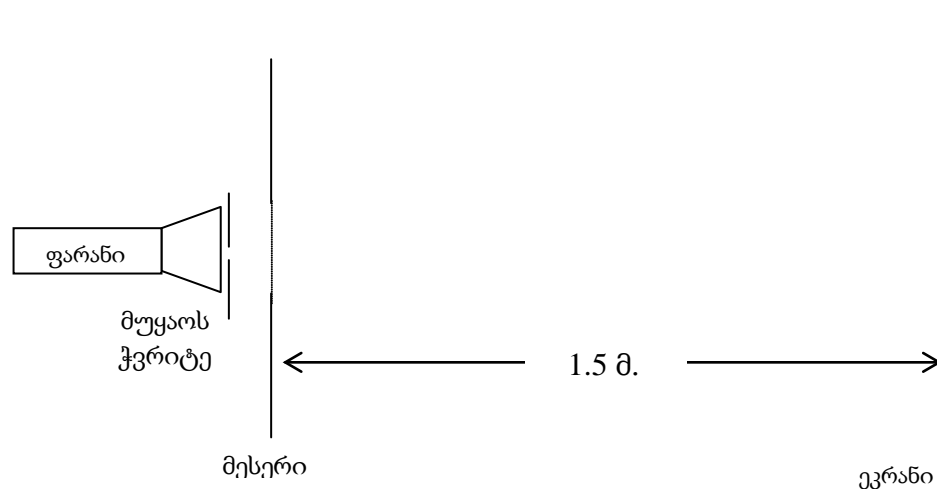
შეკითხვა 2-3: შეადარეთ მრავალი ჭვრიტედან გამოსული სინათლის გამოსახულება (ამ აქტივობაში) ორი ჭვრიტეს შემთხვევაში დამზერილს (წინა აქტივობაში).

შეკითხვა 2-4: შეეცადეთ ახსნათ, რატომ წარმოშობს 2-3 კითხვაში აღწერილ განსხვავებას მრავალი ჭვრიტედან წამოსული სინათლე.

ვარაუდი 2-2: რას დაინახავთ ეკრანზე, თუ მესერზე დაასხივებთ თეთრ სინათლეს (ყველა ხილული ტალღის სიგრძე)? (**მინიმუმ:** გამოიყენეთ 1-20 კითხვაზე გაცემული პასუხი ამ ვარაუდის გასაკეთებლად)
შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი..

აქტივობა 2-2: მრავალი ჭვრიტედან გამოსული თეთრი სინათლით მიღებული სურათი

1. დააფიქსირეთ ფარანი ჭვრიტეთი, დიფრაქციული მესერი და ეკრანი ისე, როგორც ქვემოთ არის ნაჩვენები. ფარანის ჭვრიტე უნდა იყოს მესერის ჭვრიტეების პარალელური.



2. მიანათეთ ფარანი მესერს და დააკვირდით სინათლეს ეკრანზე. **შეკითხვა 2-5:** აღწერეთ, რას ხედავთ ეკრანზე.

შეკითხვა 2-6: თქვენი დაკვირვების ასახსნელად გამოიყენეთ კვლევა 1-ის მოდელი და ფაქტი, რომ სხვადასხვა ფერის სინათლეს სხვადასხვა ტალღის სიგრძე შეესაბამება.

კვლევა 3: სინათლის ურთიერთქმედება სხვადასხვა დაბრკოლებასთან.

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ჭვრიტეს დამჭერი
- სახაზავი ან რომელიმე სიგრძის გამზომი საშუალება
- თეთრი მუყაოს ეკრანი
- ცილინდრული ლინზები
- ლაზერი **გაფრთხილება:** არ მიაწათოთ ლაზერი თვალის მიდამოებსა და თვალს

- პლასტილინი (ლაზერის დასამაგრებლად)

- ღილი (ტანსაცმლის)
- მცირე დიამეტრის სწორი მავთული (გაუმჭვირვალე)

ცდა 1-ში თქვენ დააკვირდით, რომ ორ, ერთმანეთთან ახლოს მდებარე ვიწრო ჭვრიტეში გავლილი, ლაზერიდან წამოსული სინათლე დაშორებულ ეკრანზე იძლევა ნათელი და ბნელი ზოლების საინტერესო სურათს. შემდეგ, ცდა 2-ში დამზერილ გამოსახულებას წარმოშობდა მრავალ პარალელურ ჭვრიტეზე სინათლის დასხივება. იძლევა თუ არა სხვა პატარა დაბრკოლებებზე ან ობიექტებზე დასხივებული სინათლე ასეთივე საინტერესო სურათს?

ამ ცდაში, ლაზერის სინათლეს დავასხივებთ ღილის ხვრელზე და წვრილი მავთულის ნაჭერზე. დავაკვირდებით ეკრანზე მიღებულ სურათს.

ვარაუდი: გამოთქვით ვარაუდი, როგორი გამოსახულება მიიღება ეკრანზე, რომელიც ორი დაბრკოლებიდან სხვადასხვა მანძილზეა მოთავსებული. გამოსახულებები დახატეთ ქვემოთ მოცემულ ცხრილში, ვარაუდის სვეტში.

დაბრკოლება	ნავარაუდები სინათლის გამოსახულება	დამზერილი სინათლის გამოსახულება
ღილის ხვრელი		
სწორი მავთული		

აქტივობა 3-1: ლაზერის მინათება სხვადასხვა დაბრკოლებაზე

ლაზერისა და ზემოთ მოცემული ნივთების გამოყენებით, 1,5მ-ით დაშორებული ეკრანის შემთხვევაში ჩაატარეთ დაკვირვება და შეაჯამეთ ჩანახატებით ცხრილში, დაკვირვების სვეტში.

შეკითხვა 3-1: აღწერეთ და განასხვავეთ ზოლების სურათები, რომელიც ორ დაბრკოლებაზე დაკვირვებით მიიღეთ.

შეკითხვა 3-2: შესაძლოა გეომეტრიული ოპტიკის საშუალებით ამ გამოსახულებების ახსნა??

კვლევა 4: ერთი ჭვრიტეს სისტემა

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ჭვრიტეს დამჭერი
- სახაზავი ან რომელიმე სიგრძის გამზომი საშუალება
- თეთრი მუყაოს ეკრანი
- ცილინდრული ლინზები
 - ლაზერი გაფრთხილება: არ მიაწვდით ლაზერი

თვალის მიდამოებსა და თვალს

- პლასტილინი (ლაზერის დასამაგრებლად)
- სარკე რომლის დაფერილი ზედაპირი ღიაა
- სამართებლის პირი
- 3 სხვადასხვა სიგანის ჭვრიტე - 5000 მკმ (5 მმ), 500 მკმ (0.5 მმ), და 50 მკმ (0.05 მმ)
- საზომი ლენტა

შეკითხვა 4-1: სიტყვიერად აღწერეთ დამზერილი გამოსახულება. არის თუ არა ის ცდა 1, 2 ან 3-ში დამზერილი რომელიმე გამოსახულების მსგავსი?

შეკითხვა 4-2: შეადარეთ გამოსახულება ცდა 1-ში, ორი ჭვრიტეს შემთხვევაში მიღებულ გამოსახულებას. რის მიხედვით ჰგვანან ისინი ერთმანეთს და რის მიხედვით განსხვავდებიან?

შეკითხვა 4-3: კითხვა 4-2-ში თქვენს შედარებაზე და აქტივობა 1-4-ში შემოწმებულ მოდელზე დაყრდნობით, ფიქრობთ, თუ არა, რომ ლაზერის ერთ ჭვრიტეზე მინათებით მიღებული გამოსახულების ინტენსივობა სინათლის ტალღების ინტერფერენციის შედეგია? პასუხი ახსენით.

შეკითხვა 4-4: თუ გამოსახულება მიიღება ტალღების ინტერფერენციის შედეგად, როგორ ფიქრობთ, საიდან წარმოიშობა ამ შემთხვევაში განსხვავებული ტალღები, რომლებიც ინტერფერირებენ?

შენიშვნა: ორი ჭვრიტედან ინტერფერენციაში, ორი კოჰერენტული ტალღის წარმოშობა, რომლებიც ინტერფერირებენ, ნათელია. ერთი ჭვრიტეს შემთხვევაში, წარმოშობა უფრო გართულებულია. როდესაც ლაზერიდან წამოსული ტალღა გაივლის ჭვრიტეში, ტალღის ფრონტის ყოველი წერტილი იქცევა, როგორც წყარო ახალი ტალღებისა, რომლებიც ვრცელდება ეკრანისკენ. იდეა, რომ ტალღის ფრონტის ყოველი წერტილი შეიძლება იყოს ახალი ტალღების წყარო, ცნობილია, როგორც ჰიუგენსის პრინციპი და ასეთ ინტერფერენციის პროცესს უწოდებენ დიფრაქციას, ამ შემთხვევაში, ერთი ჭვრიტედან დიფრაქციას. ეკრანზე მიღებული სინათლის ინტენსივობის განაწილების სურათი ერთმანეთისგან ოდნავ განსხვავებული ფაზის მქონე ბევრი ტალღის ინტერფერენციის შედეგია.

ვარაუდი 4-2: როგორ მოქმედებს ჭვრიტეს სიგანე ერთ-ჭვრიტიანი დიფრაქციის შემთხვევაში ცენტრალური, ნათელი ზოლის სიგანეზე? ვთქვათ, მოცემული გაქვთ, სამი a, b და c ჭვრიტე. a არის ყველაზე ვიწრო, b უფრო განიერი და c კიდევ უფრო განიერი. გამოთქვით მოსაზრება ზემოთ მოცემული

დიფრაქციული მოწყობილობისთვის დიფრაქციული სურათის ცენტრალური ნათელი ზოლების სიგანეების ფარდობაზე. გამოიყენეთ =, > და < ნიშნები ქვემოთ, რათა მიუთითოთ ეკრანზე მიღებული ნათელი ზოლების სიგანეების ურთიერთდამოკიდებულება.

ზოლის სიგანე ჭვრიტე a ზოლის სიგანე ჭვრიტე b ზოლის სიგანე ჭვრიტე c

შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი.

აქტივობა 4-2: ზოლები სხვადასხვა სიგანის ჭვრიტის შემთხვევაში

1. აქტივობა 4-2-ში გამოყენებული დიფრაქციული მოწყობილობისთვის, დაამონტაჟეთ ყველაზე ვიწრო ჭვრიტე და გაზომეთ ცენტრალური ნათელი ზოლის სიგანე.

ცენტრალური ნათელი ზოლის სიგანე ყველაზე ვიწრო ჭვრიტესთვის: _____

2. ჩანაცვლეთ ჭვრიტე მომდევნო უფრო განიერი ჭვრიტითი და შემდეგ ყველაზე განიერით და გაზომეთ ცენტრალური ნათელი ზოლის სიგანე თითოეული მათგანისთვის.

ცენტრალური ნათელი ზოლის სიგანე უფრო განიერი ჭვრიტესთვის: _____

ცენტრალური ნათელი ზოლის სიგანე ყველაზე განიერი ჭვრიტესთვის: _____

შეკითხვა 4-5: შეადარეთ სამი სხვადასხვა სიგანის ჭვრიტესთვის მიღებული ცენტრალური ნათელი ზოლის სიგანეები. დაკვირვების შედეგად ჩამოაყალიბეთ ჭვრიტეს სიგანესა და ცენტრალური ნათელი ზოლის სიგანეს შორის დამოკიდებულება.

ვთქვათ, ჭვრიტეს ორიენტაცია შეიცვალა. როგორ იმოქმედებს ეს ეკრანზე მიღებულ დიფრაქციულ სურათზე?

ვარაუდი 4-3: ივარაუდეთ, როგორი იქნება ეკრანზე მიღებული დიფრაქციული სურათი, თუ ჭვრიტეს ორიენტაცია აქტივობა 4-1-ში შეცვლილია. თითოეული შემთხვევისთვის, ქვემოთ მოცემულ ცხრილში, ვარაუდის სვეტში ჩახატეთ თქვენ მიერ ნავარაუდები დიფრაქციული სურათი.

ჭვრიტეს ორიენტაცია	ვარაუდი დიფრაქციული სურათი	დაკვირვება დიფრაქციული სურათი
ვერტიკალური		
დიაგონალური		
ჰორიზონტალური		

აქტივობა 4-3: დიფრაქციული ჭვრიტეს ორიენტაციის ცვლილება

შეასრულეთ ჭვრიტეს ორიენტაციის ყველა ცვლილება, რომელიც აღწერილია და ჩახატეთ თქვენი დაკვირვება ზემოთ მოცემული ცხრილის დაკვირვების სვეტში..

შეკითხვა 4-6: როგორ არის დაკავშირებული დიფრაქციული სურათის ორიენტაცია ჭვრიტეს ორიენტაციასთან? სინათლის როგორ ბუნებაზე მიუთითებს ეს?

შეკითხვა 4-7: ვთქვათ, გამოიყენეთ პატარა კვადრატული ხვრელი, ვიწრო ჭვრიტეს ნაცვლად. როგორი გამოსახულების მიღებას ვარაუდობთ? ახსენით თქვენს დაკვირვებებზე დაყრდნობით.

შეკითხვა 4-8: ვთქვათ, გამოიყენეთ პატარა მრგვალი ხვრელი ვიწრო ჭვრიტეს ნაცვლად. როგორი გამოსახულების მიღებას ვარაუდობთ? (გაიხსენეთ თქვენი დაკვირვებები ღილის ხვრელზე, აქტივობა 3-ში.) ახსენით თქვენს დაკვირვებებზე დაყრდნობით..

**მასწავლებლების გზამკვლევი
3 მოდულისთვის: ინტერფერენცია
და დიფრაქცია**

მასწავლებლის გზამკვლევი მოდული 3: ინტერფერენცია და დიფრაქცია

ზოგადი შესავალი

იაფფასიანი ლაზერული პოინტერით შესაძლებელია მრავალი ინტერფერენციული და დიფრაქციული მოვლენის დამზერა. ამიტომ მარტივი საგნები, როგორცაა ღილის ხვრელი, ან მავთული, შეიძლება გამოვიყენოთ დიფრაქციაზე დასაკვირვებლად. ცალკეული ან ორმაგი ჭვრიტე შეიძლება დამზადდეს სარკისგან სამართებლის პირის გამოყენებით - ალუმინით დაფარულ ზედაპირზე ჭვრიტეების დასატანად, ან ჭვრიტეებს გამოსახულების ფოტოასლის გაკეთებით გამჭვირვალე თხელ ფირზე. იაფფასიანი დიფრაქციული მესერი ასევე შეიძლება დამზადდეს CD-ის ნატეხებისგან. ამრიგად, იაფფასიანი აპარატურაც იძლევა ბევრ მოვლენაზე დაკვირვების საშუალებას.

მოდული 3 ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

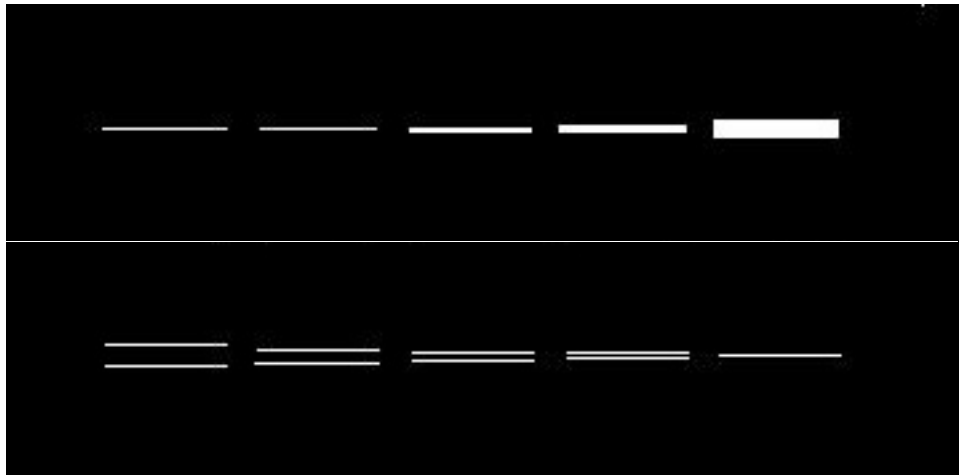
- სუფთა წყალი ვარცლში
- 2 პიპეტი ან შპრიცი
- საპროექციო აპარატი
- ერთნაირი სიგანის მაგრამ განსხვავებული დაშორების ორმაგი ჭვრიტეების 3 კომპლექტი, ან 2 უსაფრთხო სამართებლის პირი და სარკე, რომლის დაფერილი მხარე ღიაა
- ჭვრიტეს დამჭერი
- სახაზავი ან რომელიმე სიგრძის გამზომი საშუალება
- თეთრი მუყაოს ეკრანი
- ცილინდრული ლინზები
 - ლაზერი გაფრთხილება: არ მიაწათოთ ლაზერი თვალის მიდამოებსა და თვალს
- პლასტილინი (ლაზერის დასამაგრებლად)

- დიფრაქციული მესერი
- ფარანი 1-2 მმ-იანი მუყაოს ჭვრიტეთი
- ღილი (ტანსაცმლის)
- მცირე დიამეტრის მქონე სწორი მავთული
- მიკროსკოპის ობიექტივი
- სარკე, რომლის დაფერილი მხარე ღიაა
- უსაფრთხო სამართებლის პირი
- სხვადასხვა სიგანის მქონე 3 ჭვრიტე
- საზომი ლენტი

ადჭურვილობასთან დაკავშირებული შენიშვნა

ლაზერული პოინტერი: გთხოვთ, გაეცნოთ ამ გზამკვლევში ლაზერული უსაფრთხოების სექციას . *ლაზერის სხივი არასდროს არ უნდა იყოს მიმართული ოთახში მყოფი ადამიანისკენ. ლაზერი სხივი თვალისთვის საზიანოა.* ლაზერული პოინტერები ადვილად შესაძენი და იაფფასიანია. მათი შეძენა შესაძლებელია აზიის მაღაზიებში , თითოეული \$1-ზე (ამერიკული დოლარი)ნაკლებ ფასად. ასეთი იაფფასიანი ლაზერებიც კი საკმარისია ამ მოდულში განსახორციელებელი აქტივობებისთვის, თუმცა ხშირად საკმაოდ არაგამძლეა. თუ ადგილზე არ მოიპოვება ლაზერები, ყველაზე მარტივია ლაზერული პოინტერის მოძებნა რომელიმე საიტზე, საუკეთესო წყაროს საპოვნელად.

ორმაგი და ცალკეული ჭვრიტე: ქვემოთ მოცემული ჭვრიტეს შაბლონის ფოტოასლი უნდა გაკეთდეს გამჭვირვალე ფირზე, მიღებული ჭვრიტეს გამოყენება შეიძლება ამ აქტივობებში.



დიფრაქციული მესერი: იაფფასიანი დიფრაქციული მესერი გასულ სინათლეზე მრავალი წყაროდან არის ხელმისაწვდომი, მაგალითად Edmund Scientific (<http://www.scientificsonline.com>). ისინი გთავაზობენ გასულ სინათლეზე მომუშავე მესერის სლაიდებს 13,500 ჭრილით/დიუმზე (#3001307 და # 3050183) და 25,400 ჭრილით/დიუმზე (#3039502). დიფრაქციული მესერის დამზადება ასევე შესაძლებელია CD-ის ნატეხებისგან.

შინაურ პირობებში დამზადებული ერთი ჭვრიტე: შინაურ პირობებში დამზადებული ჭვრიტე უნდა გაკეთდეს სამართებლის პირით და სახაზავის გამოყენებით, სარკის მეტალით დაფარულ ზედაპირზე ჭვრიტეს ფრთხილად დატანით (ამოკაწვრით). ეს იძლევა ვიწრო ჭვრიტეს, რომელიც შესაფერისია ამ აქტივობებისთვის

შინაურ პირობებში დამზადებული ორმაგი ჭვრიტე: ორმაგი ჭვრიტეს დამზადებაც იგივენაირად ხდება, ორი სამართებლის პირის და სარკის გამოყენებით. ჩადეთ ერთი ან ორი ფურცელი ორ სამართებლის პირს შორის და შეკარით ერთად. შემდეგ ფრთხილად გამოიყენეთ სამართებლის პირები და სახაზავი სარკეზე პარალელური ჭვრიტეების გასაჭრელად. ჭვრიტეებს შორის დაშორება შეიძლება ცვალოთ სამართებლის პირებს შორის ფურცლების დამატებით..

კვლევა 1: ტალღები, სინათლე და ინტერფერენცია

კვლევა 1 ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ვარცლი ან თეფში სუფთა წყლით
- 2 პიპეტი ან შპრიცი
- საპროექციო აპარატი
- ერთნაირი სიგანის მაგრამ განსხვავებული დაშორების ორმაგი ჭვრიტეების 3 კომპლექტი, ან 2 უსაფრთხო სამართებლის პირი და სარკე, რომლის დაფერილი მხარე ღიაა
 - ჭვრიტეს დამჭერი
 - სახაზავი ან რომელიმე სიგრძის გამზომი საშუალება
- თეთრი მუყაოს ეკრანი
- ცილინდრული ლინზები

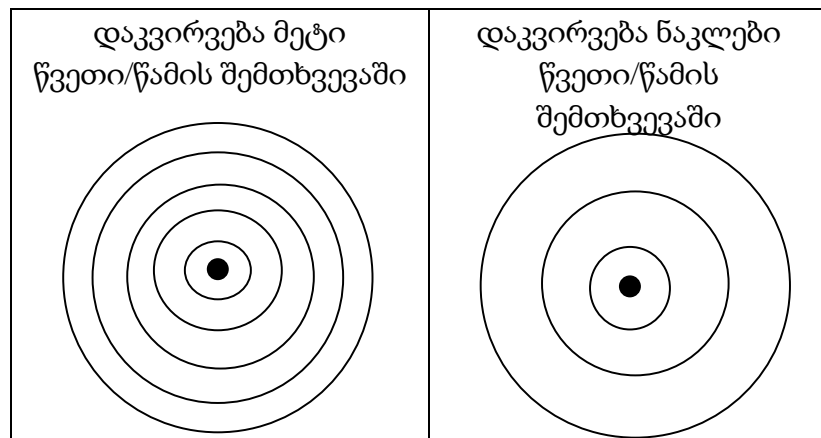
- ლაზერი გაფრთხილება: არ მიაწათოთ ლაზერი თვალის მიდამოებსა და თვალს
- პლასტილინი (ლაზერის დასამაგრებლად)

აქტივობა 1-1: ტალღები წერტილოვანი წყაროდან

წვეთების მუდმივი სიხშირით გამოშვებას და სიხშირის ცვლილებას ცოტაოდენი პრაქტიკა სჭირდება. თუმცა, შესაძლებელია წყალში წვეთების დაცემის ადგილიდან გავრცელებული წრეების მშვენიერი გამოსახულების მიღება. საპროექციო აპარატის გამოყენებით ეკრანზე ან კედელზე ამ წრეების მკაფიო გამოსახულება მიიღება. მოსწავლეების დაკვირვებები ნაჩვენები უნდა იყოს ისე, როგორ ქვემოთ სურათ TG3-1-ზეა მოცემული.

შეკითხვა 1-1: ტალღები იღებს კონცენტრული წრეების ფორმას, რომელთა ცენტრი არის წყალში წვეთის დაცემის წერტილი

შეკითხვა 1-2: როდესაც წამში დაცემული წვეთების რაოდენობა იზრდება, ტალღის თხემებს შორის დაშორება მცირდება. როდესაც წამში დაცემული წვეთების რაოდენობა მცირდება, ტალღის თხემებს შორის დაშორება იზრდება .



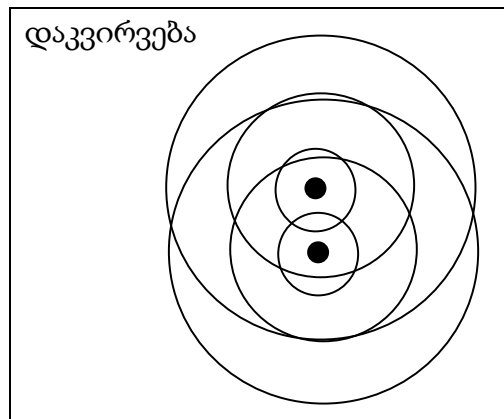
სურათი TG3-1: წყლის წვეთების ცენტრალურ წერტილში დაცემით წარმოქმნილი წყლის ტალღების ჩანახატი. მარცხენას აქვს უფრო დიდი სიხშირე, ვიდრე მარჯვენას.

შეკითხვა 1-3: სიხშირე (წამში წვეთების რიცხვი) და ტალღის სიგრძე (ტალღის თხემებს შორის მანძილი) იცვლება ერთმანეთის უკუპროპორციულად. როდესაც ერთი იზრდება, მეორე მცირდება.

აქტივობა 1-2: ტალღები ორი წერტილოვანი წყაროდან

შეუძლებელია ტალღების ინტერფერენციაზე დაკვირვება წყლის ტალღების აპარატურის გარეშე, რომელიც შედარებით მაღალი, მუდმივი სიხშირის მიღების საშუალებას იძლევა ორი წერტილოვანი წყაროსთვის. ეს აქტივობა ცხადყოფს ორ რამეს: 1) წყლის ტალღების მსგავსებას ორი წერტილოვანი წყაროსთვის და მათ გავრცელებას ამ წყაროებიდან წრიული ტალღების სახით და 2) ფაქტს, რომ ეს ორი ტალღა არ მოქმედებს ერთმანეთზე, გარდა იმ შემთხვევისა, როდესაც რაღაც წერტილში ისინი იკვეთებიან.

სურათი TG3-2 გვიჩვენებს მოსწავლის ჩანახატს.

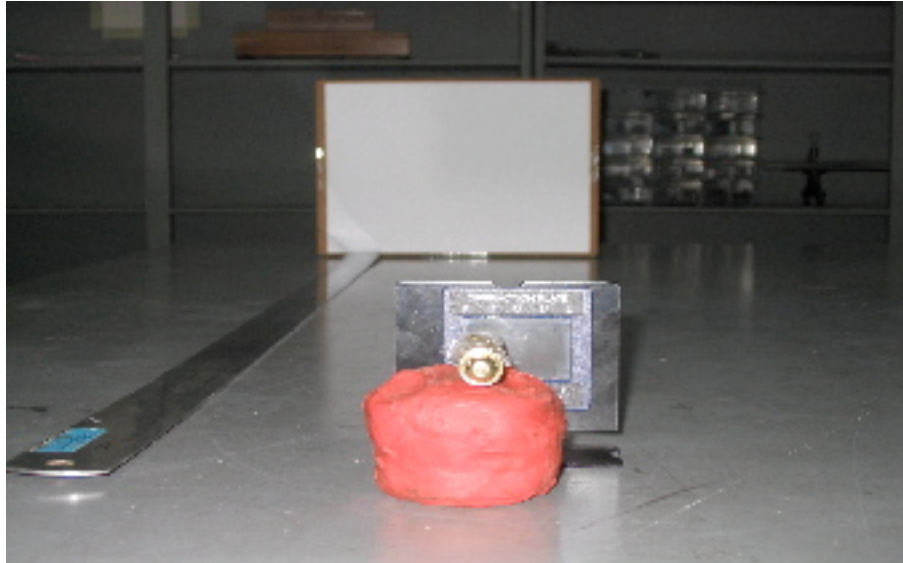


სურათი TG3-2: წანაცვლებული წყლის წვეთებით შექმნილი ორი წერტილოვანი წყაროდან წარმოქმნილი წყლის ტალღების ჩანახატი.

შეკითხვა 1-4: თითოეული წერტილოვანი წყაროდან ტალღები ისევე ვრცელდება, როგორც მანამდე. წრიული ტალღების ორი წყება წანაცვლებულია ერთმანეთის მიმართ.

აქტივობა 1-3: ორ ჭვრიტეში გავლილ სინათლეზე დაკვირვება

სურათ TG3-3-ზე ნაჩვენებია გამოყენებული აპარატურა. თიხა საკმაოდ კარგად ასრულებს ლაზერის დამმაგრებლის ფუნქციას. თუ არ გაქვთ ჭვრიტეების ან ლინზების დამჭერი, შეგიძლიათ თიხა ამ მიზნითაც გამოიყენოთ..



სურათი TG3-3 დიფრაქციის ან ინტერფერენციის დროს წარმოქმნილ ზოლებზე დასაკვირვებლად საჭირო მარტივი აპარატურის ფოტო.

სურათი TG3-4 გვიჩვენებს ორმაგი ჭვრიტეს შემთხვევაში დამზერილი ზოლების რეალურ გამოსახულებას.



სურათი TG3-4 მცირე მანძილით დაშორებულ ორ ვიწრო ჭვრიტეზე ლაზერის მინათებისას წარმოქმნილი ზოლების ფოტოსურათი.

შეკითხვა 1-5: ცილინდრული ლინზა აფართოებს ლაზერიდან წამოსულ სინათლის კონას ისე რომ, იგი ეცემა ორივე ჭვრიტეს და ანათებს მათ სრულიად თანაბრად.

შეკითხვა 1-6: გამოსახულების ცენტრში ნათელი ზოლი მიიღება.

შეკითხვა 1-7: ნათელი ზოლები უფრო განიერია, ვიდრე ბნელი ზოლები.

შეკითხვა 1-8: ეს შედეგები ვერ აიხსნება გეომეტრიული ოპტიკის საშუალებით. გეომეტრიული ოპტიკის მიხედვით ეკრანზე უნდა მიიღებოდეს ორი ნათელი ზოლი, რომელებიც შეესაბამება ორ ჭვრიტეში გავლილ ლაზერის სინათლეს.

შეკითხვა 1-9: უფრო დაშორებული ჭვრიტეებისთვის სურათი მსგავსია იმ განსხვავებით, რომ ზოლები უფრო ვიწროა და უფრო ახლოს არის ერთმანეთთან

შეკითხვა 1-10: უფრო ახლოს მყოფი ჭვრიტეებისთვის, სურათი მსგავსია იმ განსხვავებით, რომ ზოლები უფრო ფართოა და უფრო დაშორებულია ერთმანეთისგან.

შეკითხვა 1-11: ეს არის უკუპროპორციული დამოკიდებულება— რაც უფრო დიდია ჭვრიტეებს შორის მანძილი, მით უფრო ახლოს არის ზოლები ერთმანეთთან.

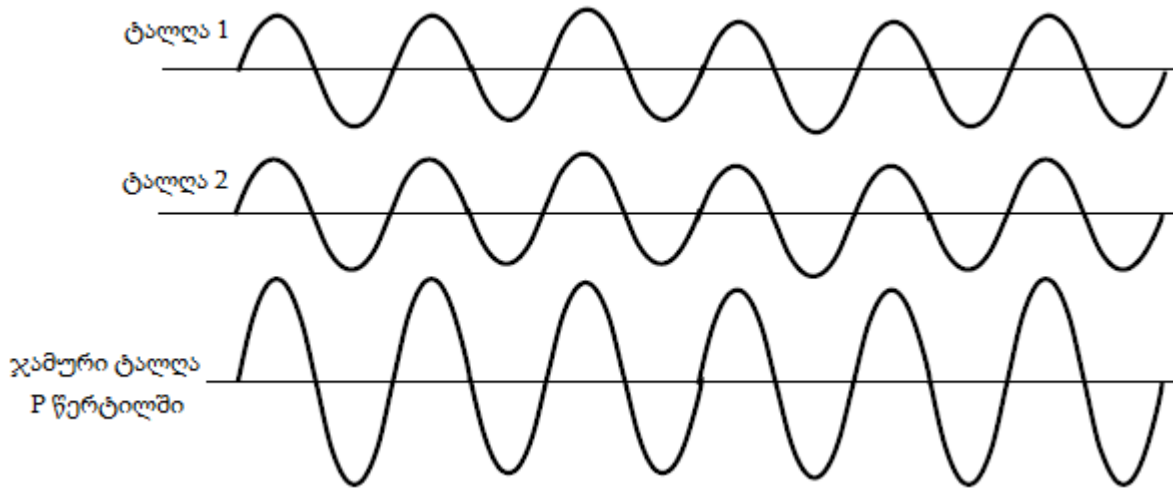
შეკითხვა 1-12: ეკრანის დაშორებისას ზოლებს შორის მანძილი უფრო დიდია, ეკრანის მოახლოებისას ზოლებს შორის მანძილი მცირდება.

აქტივობა 1-4: ორი ჭვრიტედან გამოსული სინათლის ინტერფერენციული სურათი

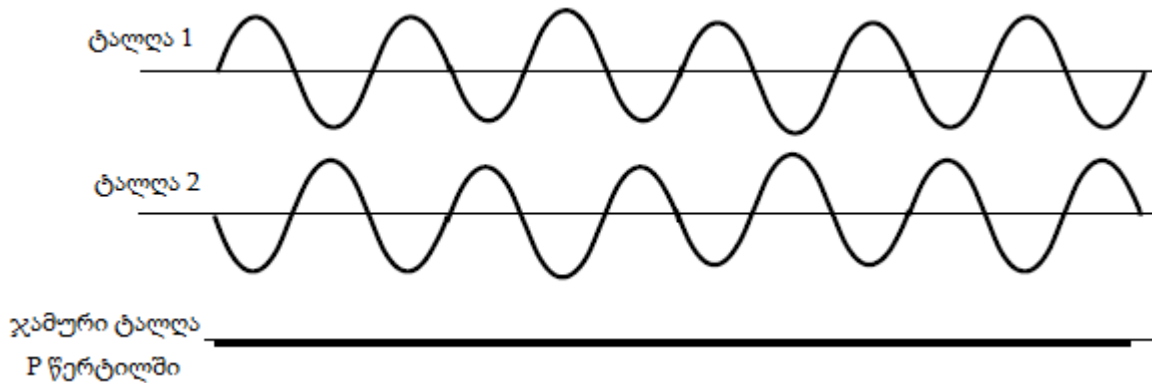
შეკითხვა 1-13: რადგან ორივე ჭვრიტედან წამოსულ ტალღებს ერთი და იგივე ლაზერი ასხივებს, ორივე მათგან აქვს ერთნაირი ტალღის სიგრძე. ეს ყოველთვის ასეა, ჭვრიტეს მდებარეობის წერტილშიც, ეკრანზეც და მათ შორის მდებარე ყველა წერტილში.

შეკითხვა 1-14: რადგან ორივე ჭვრიტედან წამოსული ტალღები წარმოიქმნა ლაზერიდან წამოსული სინათლის ერთი და იმავე ტალღურ ფრონტზე, მათ ერთნაირი ფაზა აქვთ ჭვრიტეს დატოვებისას. თუმცა, არ არის აუცილებელი, რომ ამ ორმა ტალღამ ეკრანამდე ერთი და იგივე მანძილი გაიაროს. მაგალითად, P წერტილისთვის, ჭვრიტე 1-დან წამოსული ტალღები გადიან უფრო დიდ მანძილს, ვიდრე ჭვრიტე 2-დან წამოსული ტალღები. ამრიგად, ეკრანის ზოგიერთ წერტილში ტალღები შეიძლება სხვადასხვა ფაზით მივიდეს..

შემთხვევა 1: ერთნაირი ფაზის მქონე ტალღების შეკრება



შემთხვევა 2: საპირისპირო ფაზების მქონე ტალღების შეკრება



შეკითხვა 1-15: შემთხვევა 1 ეკრანზე იძლევა ტალღას, რომელსაც აქვს უფრო დიდი ამპლიტუდა. ეს ნიშნავს რომ ამ წერტილში ეკრანზე გამოჩნდება ნათელი ზოლი.

შეკითხვა 1-16: შემთხვევა 2 ეკრანზე იძლევა ნულოვანი ამპლიტუდის მქონე ტალღას, რაც ნიშნავს, რომ ეკრანის ამ წერტილში გამოჩნდება ბნელი ზოლი.

შეკითხვა 1-17: ორი ჭვრიტედან წამოსული ტალღები P წერტილამდე გადიან სხვადასხვა მანძილს. ამ მანძილებზე ეტევა ტალღის სიგრძეთა განსხვავებული რიცხვები, რაც განაპირობებს ფაზათა შორის სხვაობას.

შეკითხვა 1-18: ეკრანის იმ წერტილებში, სადაც ჭვრიტედან წამოსული ტალღები მიდიან ერთნაირი ფაზით, გვაქვს ნათელი ზოლები. ყოველთვის, როცა გავლილ მანძილებს შორის სხვაობა ტალღის სიგრძეთა მთელი რიცხვია, ტალღები მივლენ ერთნაირი ფაზით. იმ წერტილში, რომელშიც ტალღები ზუსტად საპირისპირო ფაზით მივლენ, ჩნდება ბნელი ზოლები. როგორც შემთხვევა 2-ის სურათიდან ჩანს, ამ დროს სვლათა სხვაობა არის

ტალლის სიგრძის ნახევრის კენტი ჯერადი. შუალედში, ტალღები არც ზუსტად ერთნაირი ფაზით და არც ზუსტად საპირისპირო ფაზით ხვდებიან ერთმანეთს. შესაბამისად, ინტენსივობაც სადღაც ნათელსა და ბნელს შორის არის..

შეკითხვა 1-19: ჭვრიტედან ეკრანამდე დაშორება ერთნაირია, ამიტომ ორივე ტალღა ეკრანის ამ წერტილში ერთნაირი ფაზით მივა.

შეკითხვა 1-20: ტალლის სიგრძეთა რიცხვი, რომელიც ეტევა მანძილზე ეკრანსა და ჭვრიტეს შორის, დამოკიდებულია ტალლის სიგრძეზე. რადგან ტალლის სიგრძეთა რიცხვი, რომელიც ეტევა მანძილზე ჭვრიტე 1-დან ეკრანამდე, განსხვავდება ტალლის სიგრძეთა იმ რიცხვისგან, რომელიც ეკრანსა და ჭვრიტე 2-ს შორის ეტევა, ამ სხვაობით განისაზღვრება ფაზათა სხვაობა ამ ტალღებს შორის, რაც თავის მხრივ, სინათლის ტალლის სიგრძეზეა დამოკიდებული. ვინაიდან მწვანეს აქვს ყველაზე მოკლე ტალლის სიგრძე, პატარა წანაცვლება ეკრანის გაწვრივ გამოიწვევს მანძილებს შორის ცვლილებას ერთი ტალლის სიგრძით. ამრიგად, მიღებული ნათელი ზოლები იქნება ერთმანეთთან უფრო ახლოს და უფრო ვიწრო.

შეკითხვა 1-21: აქტივობა 1-3-ის დაკვირვებიდან ჩანს, რომ მდებარეობები (y) უფრო დიდია, თუ d პატარაა, და უფრო პატარაა, თუ d დიდია. ეს შედეგი ეთანხმება განტოლებებს. დაკვირვებები ასევე ცხადყოფს, რომ D -ს ზრდა იწვევს y -ის გადიდებას, და D -ს შემცირება იწვევს y -ის შემცირებას რაც ასევე თანხვედრაშია განტოლებებთან. 1-20 კითხვის პასუხი გვიჩვენებს, რომ მოკლე ტალლის სიგრძის შემთხვევაში, y იქნება უფრო პატარა. ეს შედეგი ეთანხმება განტოლებებს.

კვლევა 2: სინათლის გავლა მრავალ ჭვრიტეში

კვლევა 2 ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ჭვრიტეს დამჭერი
- სახაზავი ან რომელიმე სიგრძის გამზომი საშუალება
- თეთრი მუყაოს ეკრანი
- ცილინდრული ლინზები
- ლაზერი **გაფრთხილება:** არ მიაწვდეთ ლაზერი თვალის მიდამოებსა და თვალს

- პლასტილინი (ლაზერის დასამაგრებლად)
- დიფრაქციული მესერი
- ფარანი 1-2 მმ სიგანის მუყაოს ჭვრიტეთი

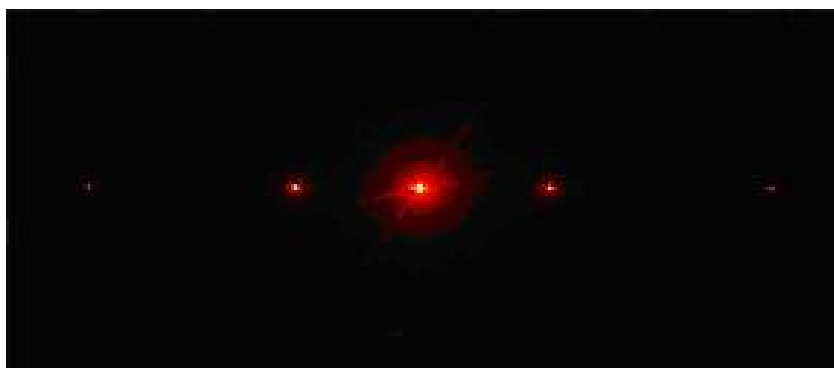
აქტივობა 2-1: ლაზერის სინათლით მიღებული სურათი მრავალი ჭვრიტედან (დიფრაქციული მესერი)

სურათი TG3-5 გვიჩვენებს ევრანზე ზოლების გამოსახულებას, ხოლო სურათი TG3-6 გვიჩვენებს შედარებას ზოლების გამოსახულებებს შორის ორმაგი ჭვრიტესა და დიფრაქციული მესერის შემთხვევაში, ჭვრიტეებს შორის ერთნაირი დაშორებაა.

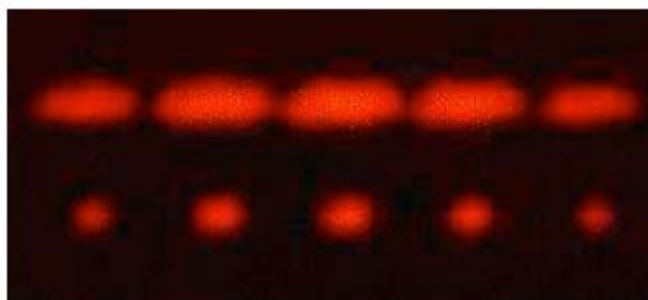
შეკითხვა 2-1: დიფრაქციული სურათი შედგება ბნელი არეებით გამოყოფილი ნათელი წითელი ლაქებისგან.

შეკითხვა 2-2: ევრანზე არის წერტილები, რომლებშიც ყველა ჭვრიტედან წამოსული ტალღა ერთნაირი ფაზით მიდის. ამ წერტილებში ტალღები იკრიბება ერთმანეთთან და იძლევა ნათელ ზოლს.

შეკითხვა 2-3: ორი ჭვრიტეს შემთხვევაში ნათელი ზოლები უფრო განიერია, ხოლო ბნელი ზოლები შედარებით ვიწროა. მესერისთვის, ნათელი ზოლები უფრო ვიწროა და ბნელი არე მათ შორის ბევრად ფართოა, ვიდრე თვითონ ნათელი ზოლები.



სურათი TG3-5: დიფრაქციულ მესერზე ლაზერის დასხივებისას მიღებული ზოლების ფოტოსურათი.



სურათი TG3-6: ჭვრიტეების წყვილზე ლაზერის სინათლის დასხივებისას მიღებული დიფრაქციული სურათის ფოტო (ზედა) და ჭვრიტეებს შორის იგივე დაშორების მქონე დიფრაქციულ

მესერზე დასხივებისას მიღებული დიფრაქციული სურათის ფოტო(ქვედა)

შეკითხვა 2-4: თუ მოშორდებით იმ წერტილს, სადაც ყველა ჭვრიტედან წამოსულ ტალღებს ერთნაირი ფაზა აქვთ, მაშინ მომიჯნავე ჭვრიტეებიდან წამოსულ ტალღებს ექნებათ ოდნავ განსხვავებული ფაზები. ნათელი ზოლების პირობა აღარ სრლდება და ოდნავი წანაცვლებისას ტალღები ჩააქრობენ ერთმანეთს და მივიღებთ ბნელ ზოლს.

აქტივობა 2-2: მრავალი ჭვრიტედან გამოსული თეთრი სინათლით მიღებული სურათი

ფარნისთვის ჭვრიტეს სიგანე უნდა იყოს 1-2 მმ. ფარანი ისე უნდა დაიჭიროთ, რომ ჭვრიტე მესერის ჭრილების პარალელური იყოს. მესერსა და ეკრანს შორის დისტანცია უნდა შეირჩეს მესერში ჭრილების რიცხვის მიხედვით. ეკრანის ცენტრში გამოჩნდება თეთრი ხაზი და ცისარტყელას გამოსახულება დაიმზირება მის მარჯვნივ ან მარცხივ იმავე ადგილას, სადაც პირველი ნათელი ლაქაა სურათ TG3-5-ში. ამას ეწოდება პირველი რიგის დიფრაქციული სურათი. თუ ფარანს საკმაო სიკაშკაშე აქვს, ცისარტყელა გამოჩნდება ყველა წერტილთან სურათ TG3-5 -ში (გარდა ცენტრალური წერტილისა).

შეკითხვა 2-5: ეკრანზე დაიმზირება ცისარტყელა ყველა ფერით, ცენტრთან ყველაზე ახლოს განლაგდება იისფერი ზოლი, ყველაზე შორს - წითელი.

შეკითხვა 2-6: მხოლოდ ერთ ფერის (თითქმის ერთ ტალღის სიგრძის მქონე) ლაზერისთვის ნათელი ზოლები გამოჩნდება ეკრანზე იმ წერტილებში, სადაც მანძილებს შორის სხვაობა მომდევნო ჭვრიტეებიდან წამოსული ტალღებისთვის ტოლი იქნება ტალღის სიგრძის მთელი რიცხვის. თეთრი სინათლე ნაკრებია ყველა ხილული სინათლის ტალღის სიგრძისა. ყოველი ტალღის სიგრძისთვის ნათელი ზოლები ჩნდება ეკრანზე ოდნავ განსხვავებულ ადგილებზე. ასე რომ, ფერები გაიშლება ცისარტყელას გამოსახულებაში.

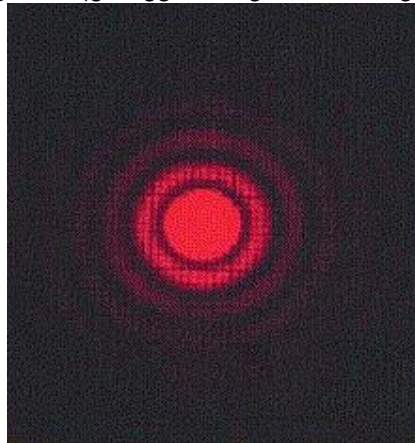
კვლევა 3: სინათლის ურთიერთქმედება სხვადასხვა დაბრკოლებასთან

კვლევა 3 ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

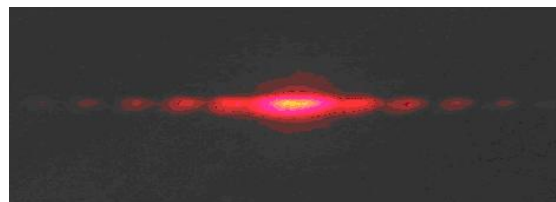
- ჭვრიტეს დამჭერი
- სახაზავი ან რომელიმე სიგრძის გამზომი საშუალება
- თეთრი მუყაოს ეკრანი
- ცილინდრული ლინზები
- ლაზერი **გაფრთხილება: არ მიაწათოთ ლაზერი თვალის მიდამოებსა და თვალს**
- პლასტილინი (ლაზერის დასამაგრებლად)
- ღილი (ტანსაცმლის)
- მცირე დიამეტრის მქონე სწორი მავთული

აქტივობა 3-1: ლაზერის მინათება სხვადასხვა დაბრკოლებაზე

სურათი TG3-7 და TG3-8 გვიჩვენებს სინათლის დიფრაქციულ სურათს, რომელიც მიიღება ეკრანზე ორი ობიექტისთვის



სურათი TG3-7: დიფრაქციული სურათი ღილის მსგავსი წრიული ხვრელისთვის.



სურათი TG3-8 დიფრაქციული სურათი წვრილი მავთულისთვის

შეკითხვა 3-1: ღილის ხვრელის შემთხვევაში ცენტრალური, წრიული ზოლის გარშემო კონცენტრული რგოლების სერიებია,

სწორი სადენის შემთხვევაში კი სურათი გამოიყურება, როგორც ფართო ზოლი, რომლის ორივე მხარეს უფრო ვიწრო ზოლების სერიებია.

შეკითხვა 3-2: გეომეტრიული ოპტიკა ვერ ხსნის ზოლების ასეთ სურათებს. გეომეტრიული ოპტიკის მიხედვით უნდა დაგვენახა დაბრკოლებების ჩრდილები.

კვლევა 4: ერთი ჭვრიტეს სისტემა

კვლევა 4 ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ჭვრიტეს დამჭერი
- სახაზავი ან რომელიმე სიგრძის გამზომი საშუალება
- თეთრი მუაოს ეკრანი
- ცილინდრული ლინზები
- ლაზერი **გაფრთხილება: არ მიაწათოთ ლაზერი თვალის მიდამოებსა და თვალს**
- პლასტილინი (ლაზერის დასამაგრებლად)
- სარკე, რომლის დაფერილი ზედაპირი ღიაა
- სამართებლის პირი
- სხვადასხვა სიგანის მქონე 3 ჭვრიტე
- საზომი ლენტი

აქტივობა 4-1: ერთჭვრიტიანი სისტემის შექმნა

სურათი TG3-10 გვიჩვენებს დიფრაქციული სურათის ორ მაგალითს, ლაზერის სინათლის ერთ ვიწრო ჭვრიტეზე დასხივებისას. ჭვრიტე დამზადებულია სარკითა და სამართებლის პირით. წინა ცდაში გამოყენებული იგივე დანადგარი: ლაზერი, ჭვრიტე, ლინზები და ეკრანი ამ ცდაშიც წარმატებით გამოიყენება.

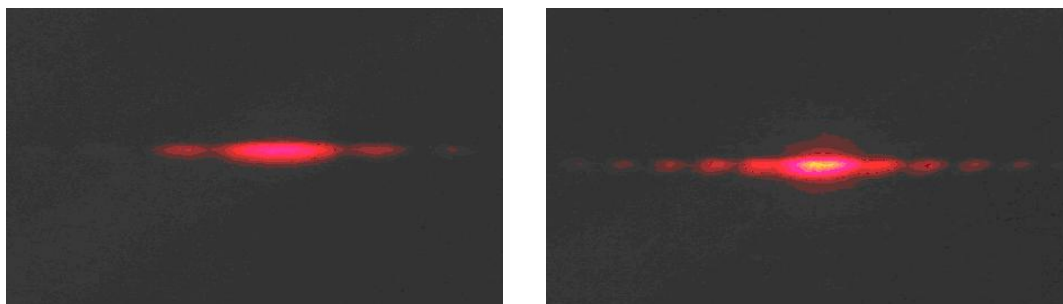
შეკითხვა 4-1: ჩნდება ძალიან ფართო ცენტრალური ნათელი ზოლი მისგან ორივე მხარეს ნათელი და ბნელი ზოლების სერიებით. ზოლების ეს სურათი მსგავსია აქტივობა 1-3-ში, მავთულისთვის მიღებული სურათისა.

შეკითხვა 4-2: ისინი გვანან ერთმანეთს იმით, რომ ორივე მათგანს აქვს ნათელი და ბნელი ზოლების სერიები. თუმცა, ზოლების სიგანით ძალიან განსხვავდებიან. კვლევა 1-ში, ყველა ნათელი ზოლი თითქმის ერთნაირი სიგანისაა და მდოვრედ არის გამოყოფილი ერთმანეთისგან. ერთი ჭვრიტესთვის, ცენტრალური

ნათელი ზოლი ბევრად ფართოა, ვიდრე დანარჩენები. დანარჩენი ნათელი ზოლები თანაბრად და დაშორებული ერთმანეთისგან.

შეკითხვა 4-3: როგორც ჩანს, ზოლოვანი სურათი გამოწვეულია სინათლის ტალღების ინტერფერენციით, რადგან არსებობს ნათელი და ბნელი ზოლები - ადგილები, სადაც ტალღები აძლიერებენ ან ასუსტებენ ერთმანეთს.

შეკითხვა 4-4: ეს გაცილებით უფრო დამაფიქრებელი კითხვაა მოსწავლეებისთვის. თუ მათ შესწავლილი არ აქვთ დიფრაქცია ჭვრიტეზე, დიდი ალბათობით, პასუხი არ ექნებათ. შენიშვნა, რომელიც ამ კითხვას მოყვება, მოკლედ პასუხობს ამ შეკითხვას.



სურათი TG3-10: შინაურ პირობებში დამზადებულ ჭვრიტეზე ლაზერის სინათლის დაცემით გამოწვეული დიფრაქციული სურათები ორი სხვადასხვანაირი, შინაურ პირობებში დამზადებული ჭვრიტესთვის

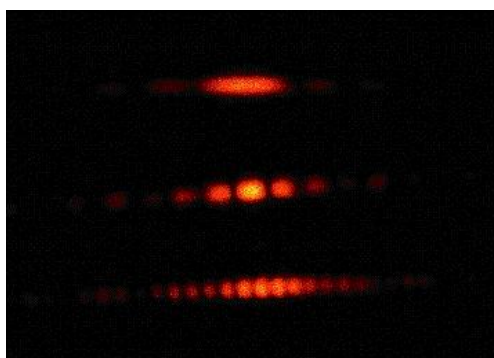
აქტივობა 4-2: ზოლები სხვადასხვა სიგანის ჭვრიტის შემთხვევაში

TG3-11 გვიჩვენებს დიფრაქციულ სურათს სამი სხვადასხვა სიგანის ჭვრიტისთვის.

ყველაზე ვიწრო
ჭვრიტე

შუალედური
სიგანის ჭვრიტე

ყველაზე
ფართო ჭვრიტე



TG3-11: დიფრაქციული სურათი ერთ ჭვრიტეზე ლაზერის სინათლის დაცემისას სამი სხვადასხვა სიგანის ჭვრიტისთვის.

კითხვა 4-5: ცენტრალური ნათელი ზოლი ყველაზე ფართოა ყველაზე ვიწრო ჭვრიტისთვის და ყველაზე ვიწრო - ყველაზე

განიერი ჭვრიტესთვის. ცენტრალური ნათელი ზოლის სიგანესა და ჭვრიტეს სიგანეს შორის უკუპროპორციული დამოკიდებულებაა.

აქტივობა 3-3: დიფრაქციული ჭვრიტეს ორიენტაციის ცვლილება

ამ აქტივობის ტიპური დაკვირვებები ნაჩვენებია ქვემოთ მოცემულ ცხრილში

ჭვრიტეს მიმართულება	დაკვირვება დიფრაქციული სურათი
ვერტიკალური	
დიაგონალური	
ჰორიზონტალური	

შეკითხვა 4-6: ზოლოვანი დიფრაქციული სურათის ორიენტაცია მართობულია ჭვრიტეს ორიენტაციისა. თუ ჭვრიტე ვერტიკალურია, დიფრაქციული სურათი გაიშლება ჰორიზონტალურად. თუ ჭვრიტე ჰორიზონტალურია, დიფრაქციული სურათი გაიშლება ვერტიკალურად. თუ ჭვრიტე დიაგონალურია, დიფრაქციული სურათი გაიშლება მისი მართობული დიაგონალური მიმართულებით. ამ დაკვირვებებიდან ჩანს, რომ სინათლეს აქვს ვექტორული ბუნება.

შეკითხვა 4-7: კვადრატული ხვრელისთვის ტალღები შეზღუდულია ჰორიზონტალურადაც და ვერტიკალურადაც. დიფრაქციული სურათი ამ დროს გაიშლება ვერტიკალურადაც და ჰორიზონტალურადაც.

შეკითხვა 4-8: მრგვალი ხვრელისთვის, ტალღები შეზღუდულია ყველა მიმართულებით. მაშასადამე, დიფრაქციული სურათი გაიშლება ყველა მიმართულებით. ამიტომაც დიფრაქციულ

სურათს წრიული რგოლების სახე აქვთ. ეს სწორედ ის შედეგია , რაც დაიმზირებოდა ცდა 3-ში დილის ხვრელზე ჩატარებული დაკვირვებისას.

მოდული 4: ატმოსფერული ოპტიკა

ივან ბ. კულაბა

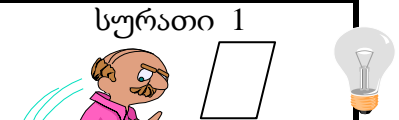
ფიზიკის ფაკულტეტი
მეცნიერებისა და ინჟინერიის სკოლა
ატენიო დე მანილას უნივერსიტეტი
ქალაქი კვებონი, ფილიპინები
iculaba@ateneo.edu

ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციები

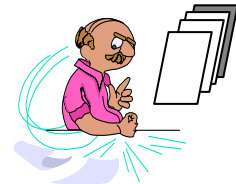
ვარაუდის ფურცელი—შთანთქმა და მრავალჯერადი გაბნევა

მითითებები: ეს ფურცელი იქნება შეგროვებული. თავში დაწერეთ თქვენი სახელი თქვენი დასწრებისა და დემონსტრაციებში მონაწილეობის დასტურად. მიჰყევით თქვენი ინსტრუქტორის მითითებებს. შეგიძლიათ შედეგების ფურცელზე დაწეროთ, რაც გნებავთ და თან იქონიოთ ის.

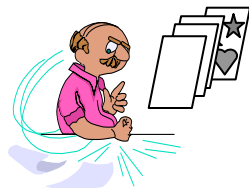
დემონსტრაცია 1: სუფთა პლასტმასის ფურცელი მოთავსებულია თქვენს წინ. შეადარეთ თქვენი სახის ანარეკლის ინტენსიურობა იმ შემთხვევაში, როცა (ა) პლასტმასის ფურცლის უკან მოთავსებულია კაშკაშა სინათლე (სურათი 1) და (ბ) იმ შემთხვევაში, როცა პლასტმასის ფურცლის უკან მოთავსებულია მუქი ფირფიტა (სურათი 2).



დემონსტრაცია 2: (ა) ახლა პლასტმასის ფურცლის უკან დაამატეთ სუფთა პლასტმასის ფურცლები მუქი ფერის ფირფიტის წინ. რა ცვლილებებს დაინახავთ თქვენს გამოსახულებაში? ერთ გამოსახულებას დაინახავთ თუ რამდენიმეს? თქვენი გამოსახულება უფრო სუფთა იქნება თუ უფრო ბუნდოვანი?

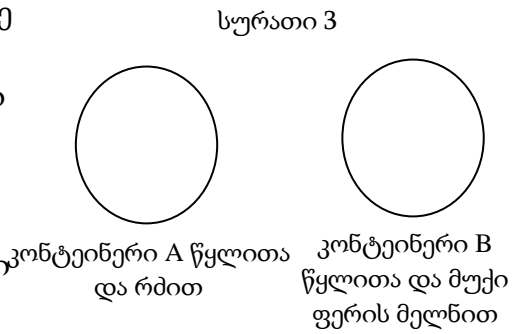


(ბ) არეკლილი სინათლის (თქვენი გამოსახულების სიკაშკაშე) ინტენსიურობა გაიზრდება, შემცირდება თუ იგივე დარჩება? შეგიძლიათ დაასაბუთოთ ნებისმიერი ცვლილების მიზეზი?

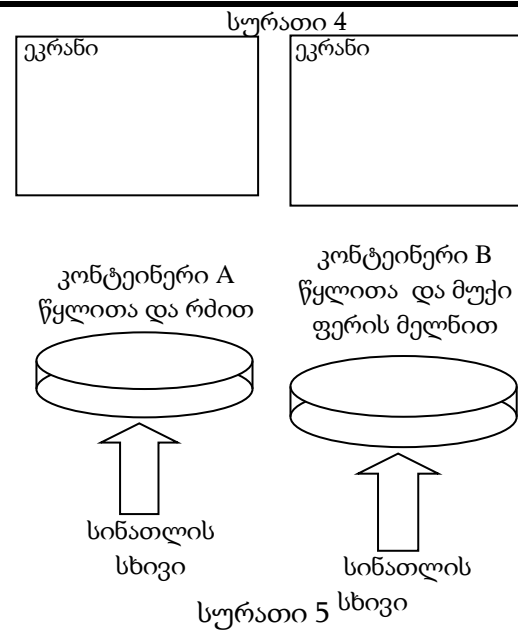


(გ) თუ მუქ ფირფიტას შეცვლით ფერადი სურათით, სურათის დანახვას ისევ ისე სუფთად შეძლებთ, როგორც მხოლოდ ერთი პლასტმასის ფურცლით?

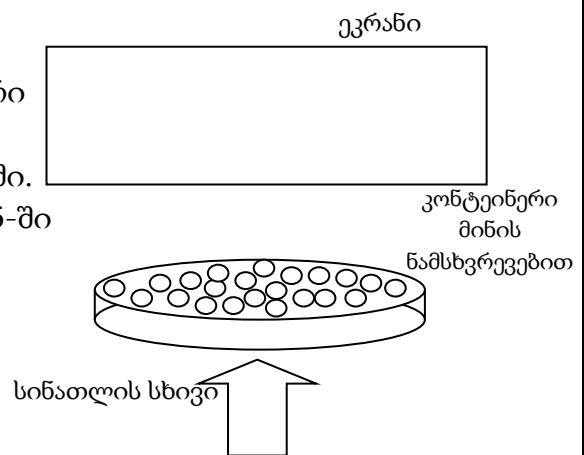
დემონსტრაცია 3: ორი ერთნაირი გამჭვირვალე მრგვალი კონტეინერი სავსეა წყლით. A კონტეინერში დამატებულია რამდენიმე წვეთი რძე, ხოლო B კონტეინერში რამდენიმე წვეთი მუქი მელანი. ორივე სითხე კარგად არის შერეული. რა ფერის სითხეებს ხედავთ თითოეულ კონტეინერში? სურათ 3-ში ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია.



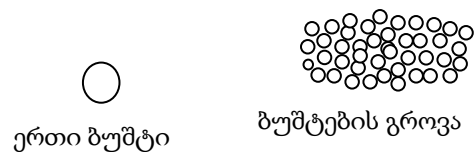
დემონსტრაცია 4: ივარაუდეთ, რომ დემონსტრაცია 3-ში თითოეული კონტეინერი განათებულია ქვემოდან და მათ თავზე მოთავსებულია ეკრანები. აღწერეთ, რას დაინახავთ თითოეულ ეკრანზე. სურათ 4-ში ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია.



დემონსტრაცია 5: ახლა გამჭვირვალე კონტეინერი სავსეა მინის მძივებით. კონტეინერი ქვემოდან განათებულია თეთრი სინათლით და მის ზემოთ მოთავსებულია თეთრი ეკრანი, როგორც დემონსტრაცია 4-ში. აღწერეთ, რას დაინახავთ ეკრანზე. სურათ 5-ში ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია.



დემონსტრაცია 6: თუ სარეცხი საშუალებისგან მივიღებთ საპნის ბუშტებს, შეადარეთ ერთი ბუშტის ფერი ბუშტების გროვის ფერს.

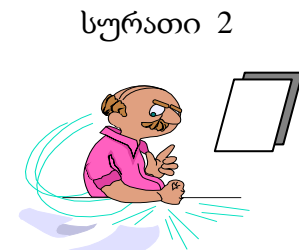
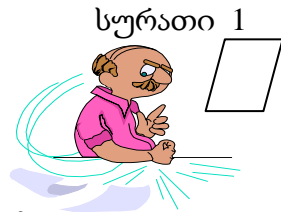


ეს ფურცელი შეინახეთ

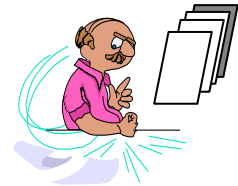
ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციები შედეგების ფურცელი— შთანთქმა და მრავალჯერადი გაზნევა

ამ ფურცელზე შეგიძლიათ დაწეროთ რაც გსურთ და თან იქონიოთ.

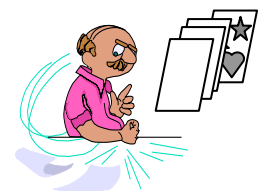
დემონსტრაცია 1: სუფთა პლასტმასის ფურცელი მოთავსებულია თქვენს წინ. შეადარეთ თქვენი სახის ანარეკლის ინტენსიურობა იმ შემთხვევაში, როცა (ა) პლასტმასის ფურცლის უკან მოთავსებულია კაშკაშა სინათლე (სურათი 1) და (ბ) იმ შემთხვევაში, როცა პლასტმასის ფურცლის უკან მოთავსებულია მუქი ფირფიტა (სურათი 2).



დემონსტრაცია 2: (ა) ახლა პლასტმასის ფურცლის უკან დაამატეთ სუფთა პლასტმასის ფურცლები მუქი ფერის ფირფიტის წინ. რა ცვლილებებს დაინახავთ თქვენს გამოსახულებაში? ერთ გამოსახულებას დაინახავთ თუ რამდენიმეს? თქვენი გამოსახულება უფრო სუფთა იქნება თუ უფრო ბუნდოვანი?

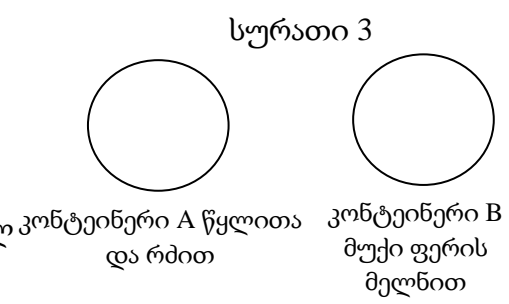


(ბ) არეკლილი სინათლის (თქვენი გამოსახულების სიკაშკაშე) ინტენსიურობა გაიზრდება, შემცირდება თუ იგივე დარჩება? შეგიძლიათ დაასაბუთოთ ნებისმიერი ცვლილების მიზეზი?

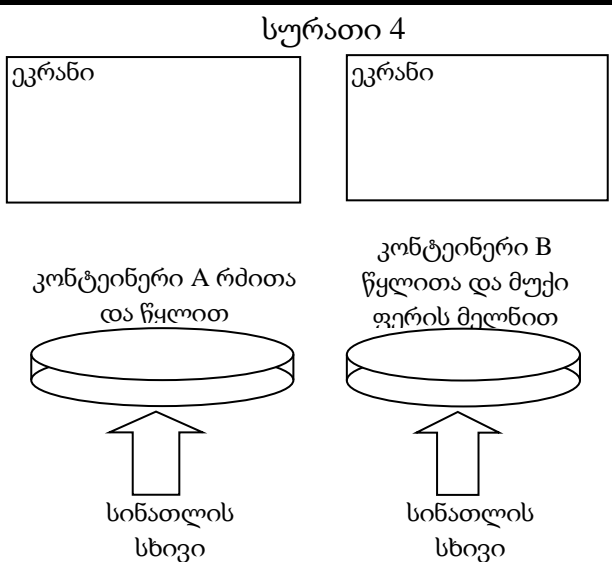


(გ) თუ მუქ ფირფიტას შეცვლით ფერადი სურათით, სურათის დანახვას ისევ ისე სუფთად შეძლებთ, როგორც მხოლოდ ერთი პლასტმასის ფურცლით?

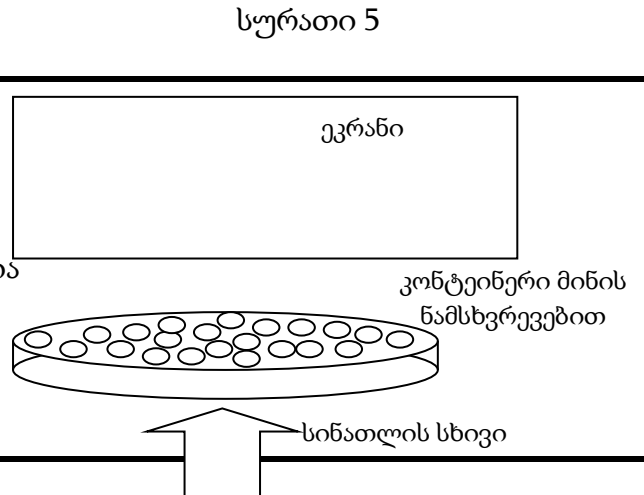
დემონსტრაცია 3: : ორი ერთნაირი გამჭვირვალე მრგვალი კონტეინერი სავსეა წყლით. A კონტეინერში დამატებულია რამდენიმე წვეთი რძე, ხოლო B კონტეინერში რამდენიმე წვეთი მუქი მელანი. ორივე სითხე კარგად არის შერეული. რა ფერის სითხეებს ხედავთ თითოეულ კონტეინერში? სურათ 3-ში ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია.



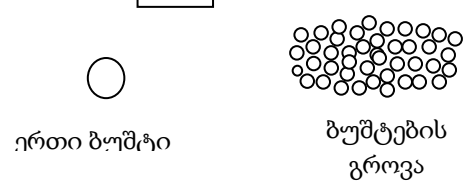
დემონსტრაცია 4: ივარაუდეთ, რომ დემონსტრაცია 3-ში თითოეული კონტეინერი განათებულია ქვემოდან და მათ თავზე მოთავსებულია ეკრანები. აღწერეთ, რას დაინახავთ თითოეულ ეკრანზე. სურათ 4-ში ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია.



დემონსტრაცია 5: ახლა გამჭვირვალე კონტეინერი სავსეა მინის მძივებით. კონტეინერი ქვემოდან განათებულია თეთრი სინათლით და მის ზემოთ მოთავსებულია თეთრი ეკრანი, როგორც დემონსტრაცია 4-ში. აღწერეთ, რას დაინახავთ ეკრანზე. სურათ 5-ში ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია.

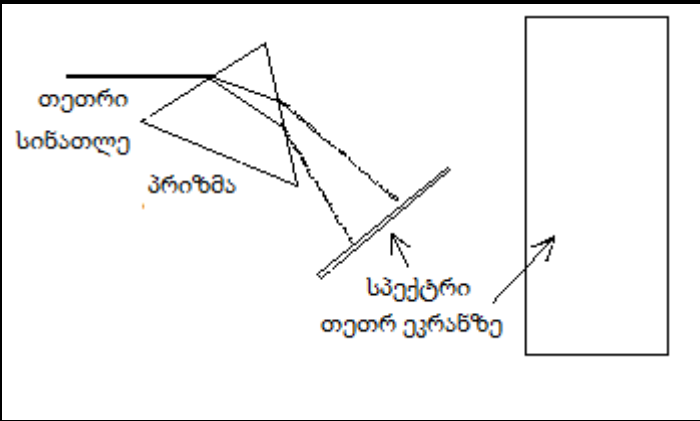


დემონსტრაცია 6: : თუ სარეცხი საშუალებებისგან მივიღებთ საპნის ბუშტებს, შეადარეთ ერთი ბუშტის ფერი ბუშტების გროვის ფერს.

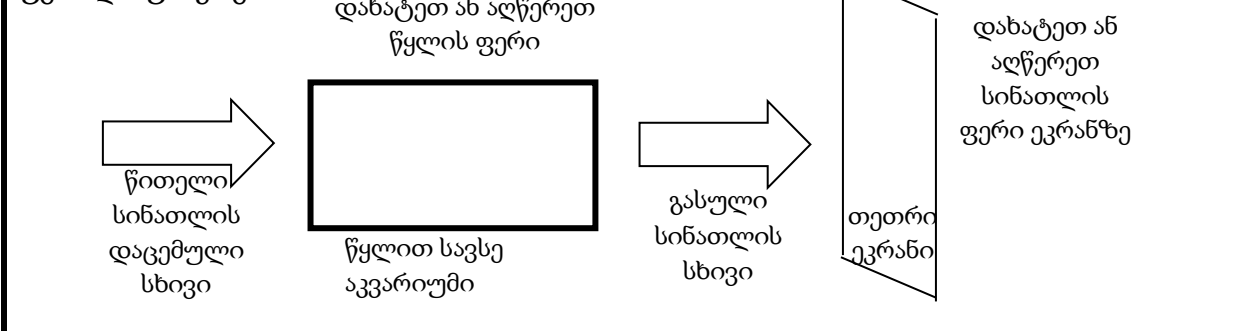


ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაცია
ვარაუდის ფურცელი—ლურჯი ცა და წითელი მზის ჩასვლა
მითითებები: ეს ფურცელი იქნება შეგროვებული. თავში დაწერეთ თქვენი სახელი თქვენი დასწრებისა და დემონსტრაციებში მონაწილეობის დასტურად. მიჰყევით თქვენი ინსტრუქტორის მითითებებს. შეგიძლიათ შედეგების ფურცელზე დაწეროთ, რაც გნებავთ და თან იქონიოთ ის.

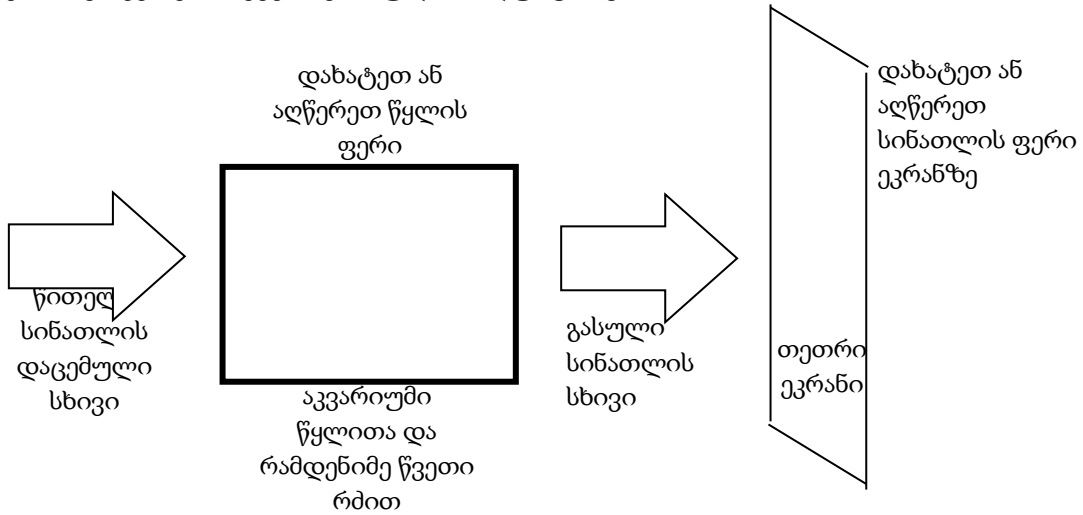
დემონსტრაცია 1: ძლიერი თეთრი სინათლის წყაროდან მომავალი სინათლე ეცემა პრიზმას. სინათლე გარდატყდება და გაიშლება მის შემცველ ფერებად, როგორც ეს ნაჩვენებია მარჯვენა სურათზე. ფერადი ფანქრების გამოყენებით დახატეთ ფერები (სპექტრი), რომელიც გამოჩნდება ეკრანზე.



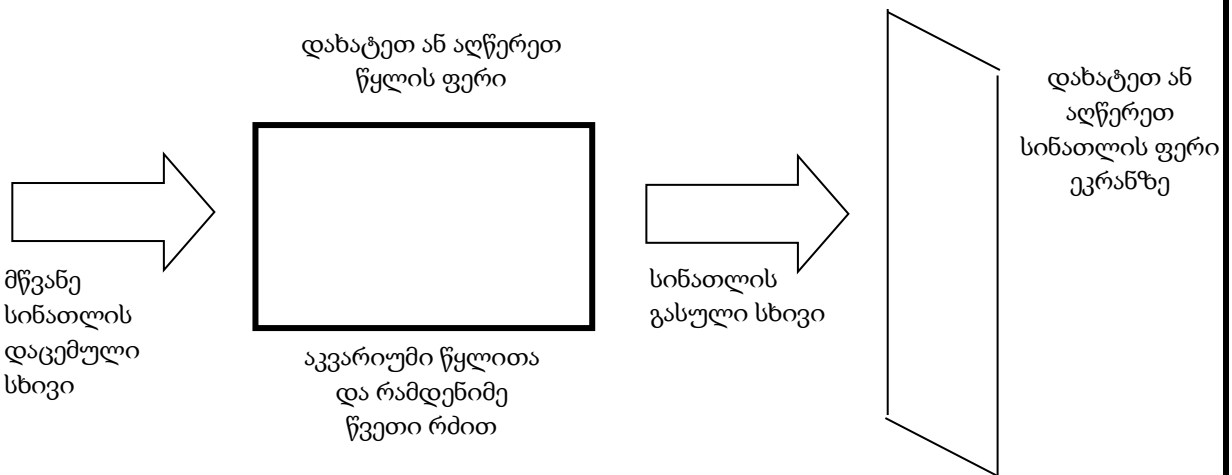
დემონსტრაცია 2: ქვემოთ მოცემულ სურათზე გამოსახულია თეთრი სინათლის დაცემა წყლით სავსე აკვარიუმზე. სინათლე, რომელიც გაივლის წყალს, დაეცემა ეკრანს. ივარაუდეთ სითხის ფერი, რომელიც გამოჩნდება აკვარიუმის გვერდითა მხარეს. ასევე ივარაუდეთ გასული სინათლის კონის ფერი, რომელიც ეკრანზე გამოჩნდება. თუ საჭიროა, თქვენი ვარაუდის ილუსტრირებისათვის გამოიყენეთ ფერადი ფანქრები.



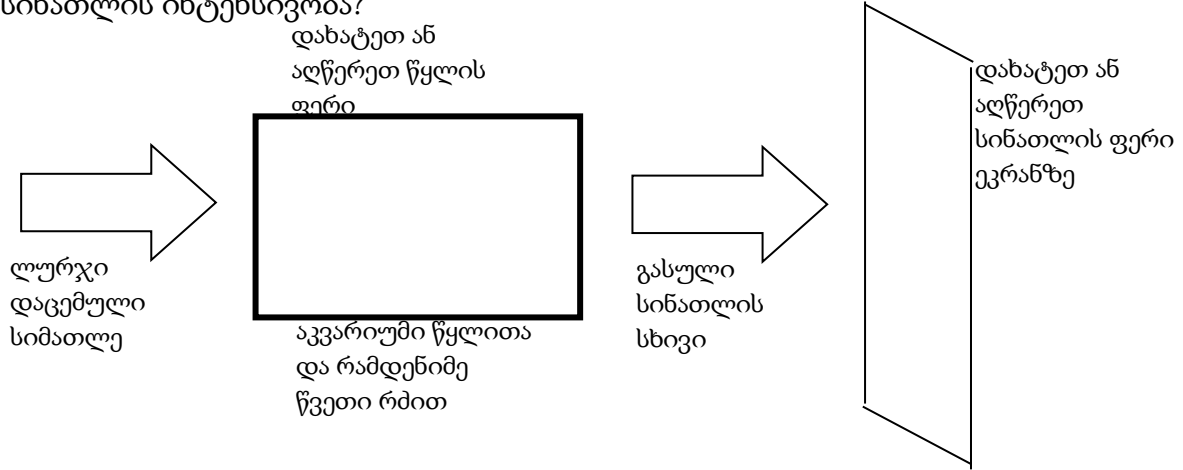
დემონსტრაცია 3ა: ქვემოთ მოცემულ სურათზე გამოსახულია წითელი სინათლის სხივი, რომელიც ეცემა წყლით სავსე აკვარიუმს. სინათლე, რომელიც წყლით სავსე აკვარიუმს გაივლის, მოხვდება თეთრ ეკრანზე. წყალში დამატებულია ძალიან ცოტა რძე და ნარევი არის კარგად გაზავებული, რძის პატარა ნაწილაკები განაწილებულია მთელს აკვარიუმში. ივარაუდეთ სითხის ფერი, რომელიც გამოჩნდება აკვარიუმის გვერდითა მხრიდან. ასევე ივარაუდეთ გასული სინათლის ფერი, რომელიც გამოჩნდება ეკრანზე. ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია.



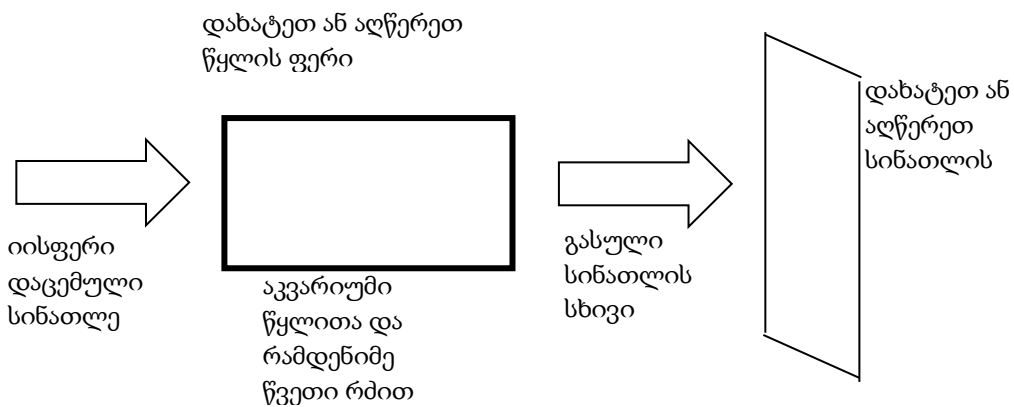
დემონსტრაცია 3ბ: ივარაუდეთ, რომ დაცემული სხივი არის მწვანე ფერის. ივარაუდეთ სითხისა და გასული სხივის ფერი. ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია. დემონსტრაცია 3ა-ში წითელ სინათლესთან შედარებით, როგორი იქნება წყლიდან სინათლის ინტენსივობა? რას იტყვით გასული სხივის ინტენსივობაზე?



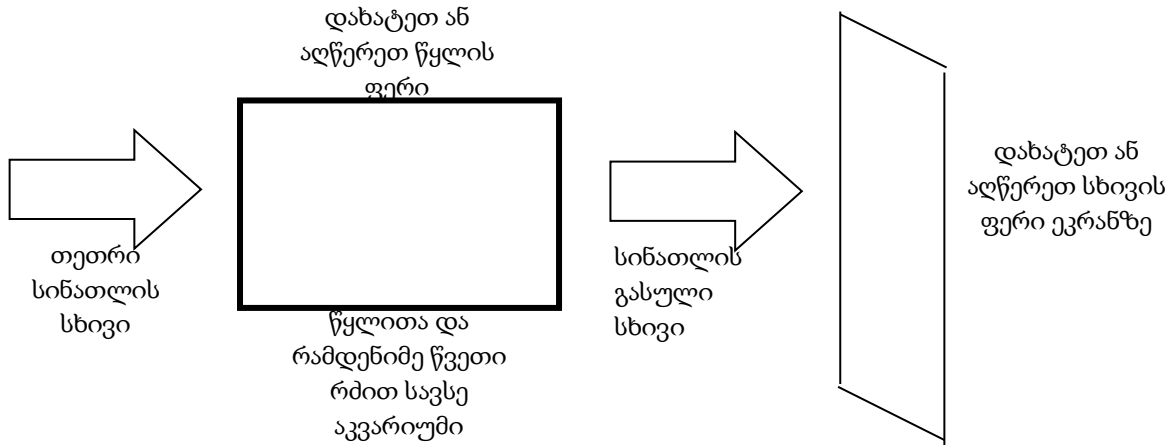
დემონსტრაცია 3გ: ახლა ივარაუდეთ, რომ დაცემული სხივი ლურჯი ფერისაა. ივარაუდეთ სითხისა და გასული სინათლის სხივის ფერი. ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია. დემონსტრაცია 3ა და 3ბ-სთან, წითელ ან მწვანე სინათლესთან შედარებით, როგორი იქნება წყლიდან სინათლის ინტენსივობა?



დემონსტრაცია 3დ: ახლა ივარაუდეთ, რომ დაცემული სინათლე იისფერია. ივარაუდეთ სითხისა და გასული სინათლის ფერი. ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია. მწვანე, წითელ ან ლურჯ სინათლესთან შედარებით, როგორი იქნება წყლიდან სინათლის ინტენსივობა? რას იტყვით გასული სინათლის სხივის ინტენსივობაზე?



დემონსტრაცია 4: ახლა თეთრი სინათლე, ყველა სხვადასხვა ფერის ნარევი, ეცემა აკვარიუმს. ივარაუდეთ სითხის ფერი, რომელიც გამოჩნდება აკვარიუმის გვერდითა მხრიდან. ასევე ივარაუდეთ გასული სხივის ფერი, რომელსაც ეკრანზე დაინახავთ. ფერადი ფანქრების გამოყენებით აჩვენეთ თქვენი ვარაუდი ქვემოთ მოყვანილ სურათზე.



დავუშვათ, რომ დიფრაქციული მესერის გამოყენებით იკვლევთ სითხის ფერს. სუფთა ფერს დაინახავთ თუ შეძლებთ სხვა ფერების დანახვასაც?

დავუშვათ, რომ დიფრაქციული მესერის გამოყენებით იკვლევთ გასული სინათლის სხივის ფერს. სუფთა ფერს დაინახავთ თუ შეძლებთ სხვა ფერების დანახვასაც?

დემონსტრაცია 5: ახლა აკვარიუმში ნელ-ნელა დაამატეთ რძის წვეთები და წყალს მოურიეთ ყოველი წვეთის შემდეგ.

აკვარიუმის გვერდიდან დამზერისას, გაბნეული სინათლის ინტენსივობა და/ან ფერი შეიცვლება? თუ კი, როგორ შეიცვლება?

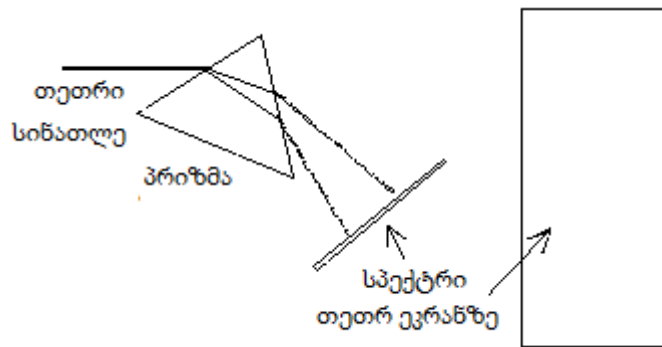
გასული სინათლის ინტენსივობა და/ან ფერი შეიცვლება ეკრანზე? თუ კი, როგორ შეიცვლება?

შეინახეთ ეს ფურცელი

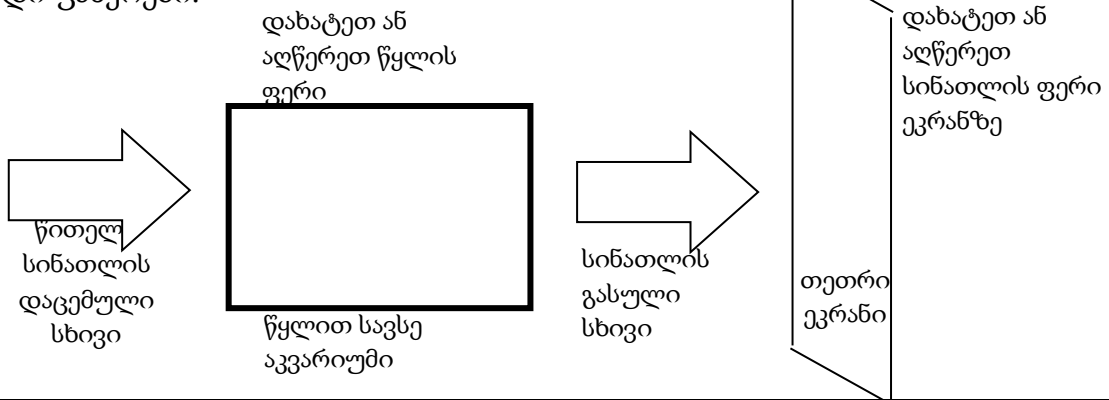
ინტერაქტიული ლექციის დემონსტრაციები შედეგების ფურცელი— ლურჯი ცა და წითელი მზის ჩასვლა

შეგიძლიათ ამ ფურცელზე დაწეროთ რაც გინდათ და თან იქონიოთ ის.

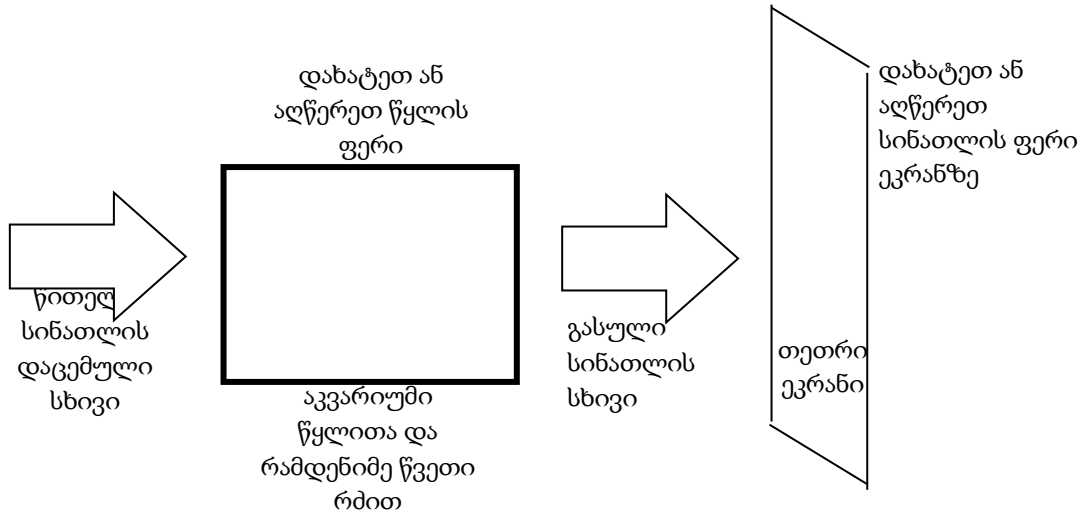
დემონსტრაცია 1: ძლიერი თეთრი სინათლის წყაროდან მომავალი სინათლე ეცემა პრიზმას. სინათლე გარდატყდება და გაიშლება მის შემცველ ფერებად, როგორც ეს ნაჩვენებია მარჯვენა სურათზე. ფერადი ფანქრების გამოყენებით დახატეთ ფერები (სპექტრი), რომელიც გამოჩნდება ეკრანზე.



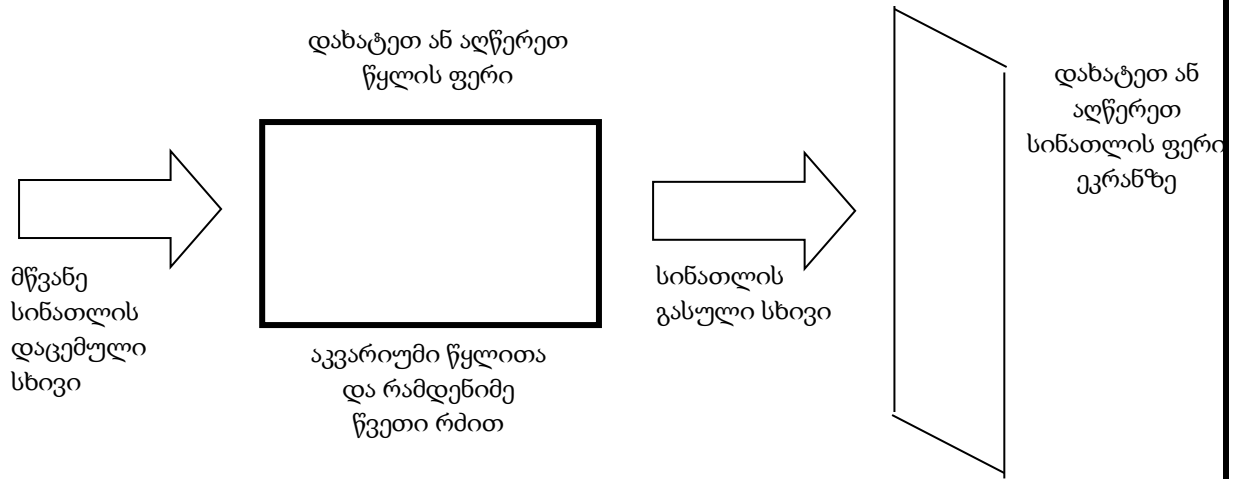
დემონსტრაცია 2: ქვემოთ მოცემულ სურათზე გამოსახულია თეთრი სინათლის დაცემა წყლით სავსე აკვარიუმზე. სინათლე, რომელიც გაივლის წყალს, დაეცემა ეკრანს. ივარაუდეთ სითხის ფერი, რომელიც გამოჩნდება აკვარიუმის გვერდითა მხარეს. ასევე ივარაუდეთ გასული სინათლის კონის ფერი, რომელიც ეკრანზე გამოჩნდება. თუ საჭიროა, თქვენი ვარაუდის ილუსტრირებისათვის გამოიყენეთ ფერადი ფანქრები.



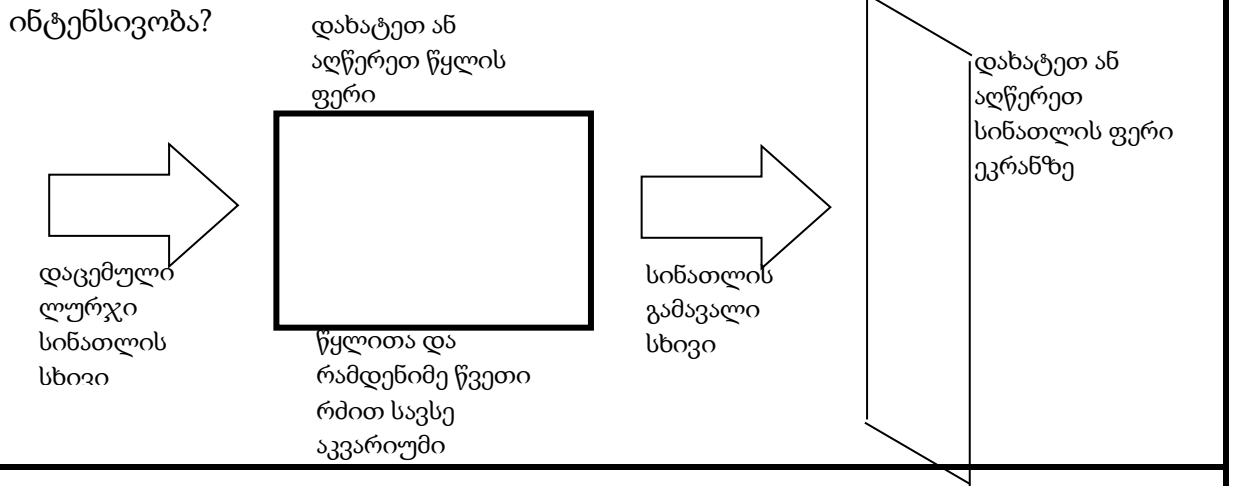
დემონსტრაცია 3ა: ქვემოთ მოცემულ სურათზე გამოსახულია წითელი სინათლის სხივი, რომელიც ეცემა წყლით სავსე აკვარიუმს. სინათლე, რომელიც წყლით სავსე აკვარიუმს გაივლის, მოხვდება თეთრ ეკრანზე. წყალში დამატებულია ძალიან ცოტა რძე და ნარევი არის კარგად გაზავებული, რძის პატარა ნაწილაკები განაწილებულია მთელს აკვარიუმში. ივარაუდეთ სითხის ფერი, რომელიც გამოჩნდება აკვარიუმის გვერდითა მხრიდან. ასევე ივარაუდეთ გასული სინათლის ფერი, რომელიც გამოჩნდება ეკრანზე. ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია.



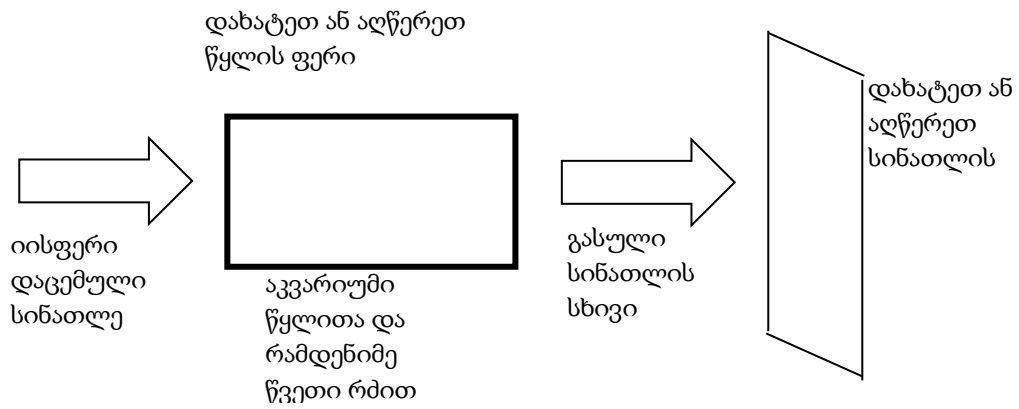
დემონსტრაცია 3ბ: ივარაუდეთ, რომ დაცემული სხივი არის მწვანე ფერის. ივარაუდეთ სითხისა და გასული სხივის ფერი. ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია. დემონსტრაცია 3ა-ში წითელ სინათლესთან შედარებით, როგორი იქნება წყლიდან სინათლის ინტენსივობა? რას იტყვით გასული სხივის ინტენსივობაზე?



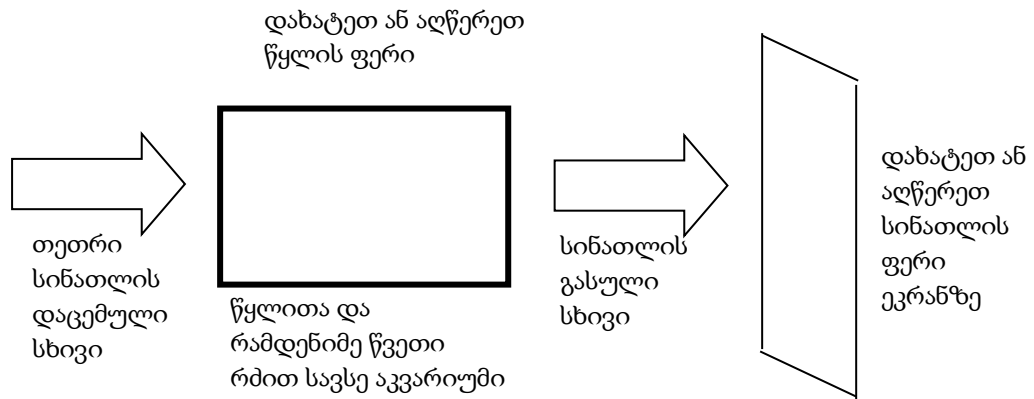
დემონსტრაცია 3გ: ახლა წარმოიდგინეთ, რომ დაცემული სინათლე ლურჯი ფერისაა. ივარაუდეთ სითხისა და გამავალი სხივის ფერი. ფერადი ფანქრების გამოყენებით მოახდინეთ თქვენი ვარაუდების ილუსტრაცია. დემონსტრაცია 3ა და 3ბ-ში, მწვანე და წითელ სინათლესთან შედარებით, როგორი იქნება სინათლის ინტენსივობა?



დემონსტრაცია 3დ: ახლა ივარაუდეთ, რომ დაცემული სინათლე იისფერია. ივარაუდეთ სითხისა და გასული სინათლის ფერი. ფერადი ფანქრების გამოყენებით გააკეთეთ თქვენი ვარაუდის ილუსტრაცია. მწვანე, წითელ ან ლურჯ სინათლესთან შედარებით, როგორი იქნება წყლიდან სინათლის ინტენსივობა? რას იტყვით გასული სინათლის სხივის ინტენსივობაზე?



დემონსტრაცია 4: ახლა თეთრი სინათლე, ყველა სხვადასხვა ფერის ნარევი, ეცემა აკვარიუმს. ივარაუდეთ სითხის ფერი, რომელიც გამოჩნდება აკვარიუმის გვერდითა მხრიდან. ასევე ივარაუდეთ გასული სხივის ფერი, რომელსაც ეკრანზე დაინახავთ. ფერადი ფანქრების გამოყენებით აჩვენეთ თქვენი ვარაუდი ქვემოთ მოყვანილ სურათზე.



დავუშვათ, რომ დიფრაქციული მესერის გამოყენებით იკვლევთ სითხის ფერს. სუფთა ფერს დაინახავთ თუ შემდეგ სხვა ფერების დანახვასაც?

დავუშვათ, რომ დიფრაქციული მესერის გამოყენებით იკვლევთ გასული სინათლის სხივის ფერს. სუფთა ფერს დაინახავთ თუ შემდეგ სხვა ფერების დანახვასაც?

დემონსტრაცია 5: ახლა აკვარიუმში ნელ-ნელა დაამატეთ რძის წვეთები და წყალს მოურიეთ ყოველი წვეთის შემდეგ.

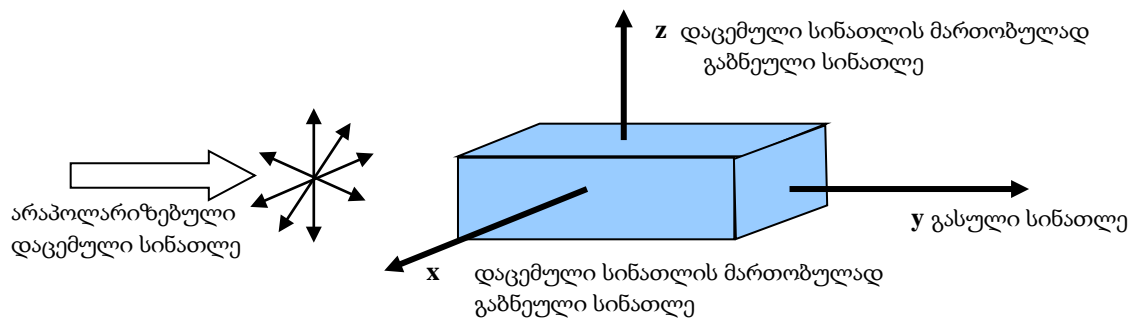
აკვარიუმის გვერდიდან დამზერისას, გაბნეული სინათლის ინტენსივობა და/ან ფერი შეიცვლება? თუ კი, როგორ შეიცვლება?

გასული სინათლის ინტენსივობა და/ან ფერი შეიცვლება ეკრანზე? თუ კი, როგორ შეიცვლება?

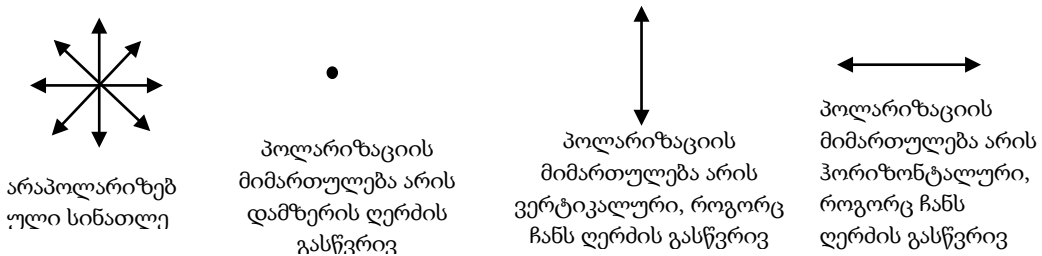
ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაცია
ვარაუდის ფურცელი—პოლარიზაცია გაბნევით

მითითებები: ეს ფურცელი იქნება შეგროვებული. თავში დაწერეთ თქვენი სახელი თქვენი დასწრებისა და დემონსტრაციებში მონაწილეობის დასტურად. მიჰყევით თქვენი ინსტრუქტორის მითითებებს. შეგიძლიათ შედეგების ფურცელზე დაწეროთ, რაც გნებავთ და თან იქონიოთ ის.

დემონსტრაცია 1: ქვემოთ მოცემულ ნახატზე ნაჩვენებია არაპოლარიზებული სინათლის სხივი, რომელიც y ღერძის გასწვრივ ვრცელდება. ის ეცემა წყლითა და რამდენიმე წვეთი რძით სავსე აკვარიუმს. x ღერძის გასწვრივ გავრცელებული სინათლე წარმოადგენს ამ ნარევის მიერ გაბნეულ სინათლეს, რომელიც მოჩანს აკვარიუმის გვერდიდან. z ღერძის გასწვრივ გავრცელებული სინათლე წარმოადგენს ამ ნარევის მიერ გაბნეულ სინათლეს, რომელიც მოჩანს აკვარიუმის ზემოდან. y ღერძის გასწვრივ გავრცელებული სინათლე წარმოადგენს ნარევაში გასულ სინათლეს, რომელიც ჩანს აკვარიუმის უკანა მხრიდან.

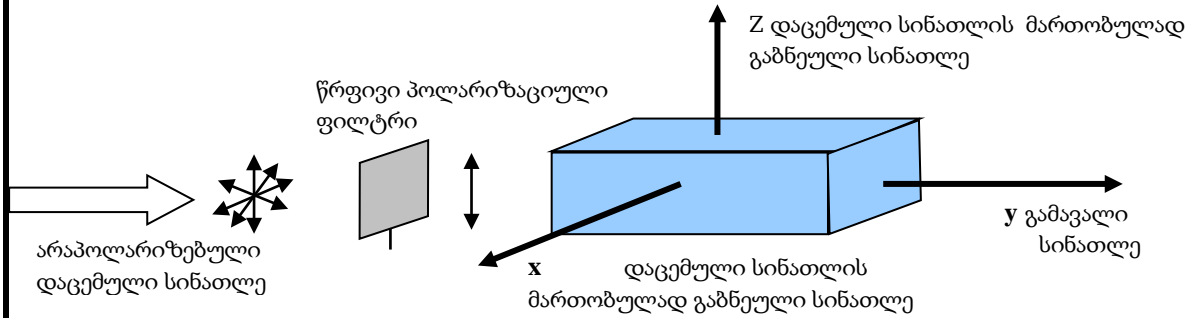


ჩანიშნეთ ქვემოთ თქვენი ვარაუდი X , Z მიმართულებით გაბნეული და Y ღერძის გასწვრივ გასული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობის შესახებ (როგორც ხედავთ აკვარიუმში). მოცემული სიმბოლოების გამოყენებით აღნიშნეთ პოლარიზაციის სხვადასხვა მდგომარეობები.



<p>ნავარაუდები პოლარიზაცია X-ს გასწვრივ</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 50px; margin-top: 10px;"></div>	<p>ნავარაუდები პოლარიზაცია Z-ს გასწვრივ</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 50px; margin-top: 10px;"></div>	<p>ნავარაუდები პოლარიზაცია y-ს გასწვრივ</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 50px; margin-top: 10px;"></div>
--	--	--

დემონსტრაცია 2: ქვემოთ მოცემულ ნახატზე ნაჩვენებია სინათლის არაპოლარიზებული სხივი, რომელიც გადის წრფივ პოლარიზაციულ ფილტრში. ვერტიკალურად პოლარიზებული სხივი ეცემა წყლისა და რძის ნარევით სავსე აკვარიუმს, როგორც დემონსტრაცია 1-ში.



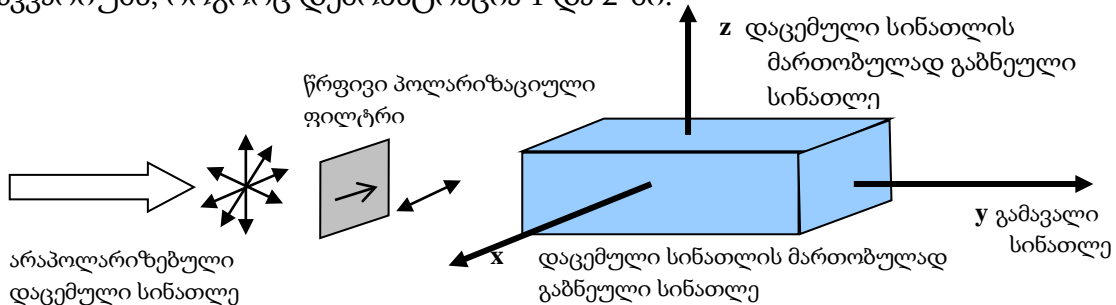
ჩანიშნეთ ქვემოთ თქვენი ვარაუდი X, Z მიმართულებით გაბნეული და Y ღერძის გასწვრივ გასული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობის შესახებ (როგორც ხედავთ აკვარიუმში). პოლარიზებული სინათლისთვის გამოიყენეთ იგივე სიმბოლოები, რაც დემონსტრაცია 1-ში.

ნავარაუდები
პოლარიზაცია
X-ს გასწვრივ

ნავარაუდები
პოლარიზაცია
y-ს გასწვრივ

ნავარაუდები
პოლარიზაცია
y-ს გასწვრივ

დემონსტრაცია 3: ქვემოთ მოცემულ ნახატზე ნაჩვენებია არაპოლარიზებული სინათლის სხივი, რომელიც გადის დემონსტრაცია 2-სგან განსხვავებით 90° კუთხით შემობრუნებულ წრფივ პოლარიზაციულ ფილტრში. ჰორიზონტალურად პოლარიზებული სხივი ეცემა წყლისა და რძის ნარევით სავსე აკვარიუმს, როგორც დემონსტრაცია 1 და 2-ში.



ჩანიშნეთ ქვემოთ თქვენი ვარაუდი X, Z მიმართულებით გაბნეული და Y ღერძის გასწვრივ გასული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობის შესახებ (როგორც ხედავთ აკვარიუმში). გამოიყენეთ იგივე სიმბოლოები, რაც დემონსტრაცია 1 და 2-ში.

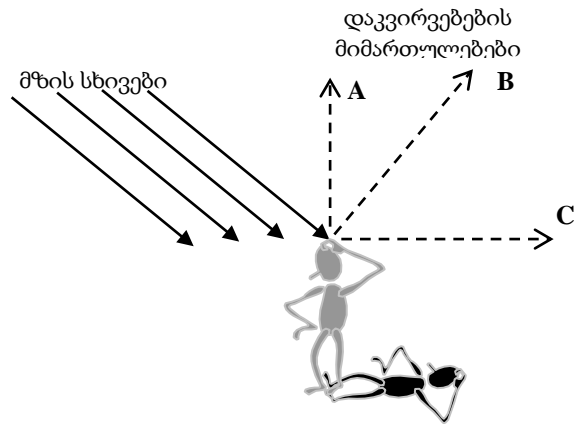
ნავარაუდები
პოლარიზაცია
x-ს გასწვრივ

ნავარაუდები
პოლარიზაცია
z-ის გასწვრივ

ნავარაუდები
პოლარიზაცია
y-ს გასწვრივ

დემონსტრაცია 4: დაკვირვების სამი შესაძლო მიმართულებიდან რომელი მიმართულებით გამოჩნდება ცა უფრო ლურჯი? **A** პირდაპირ ზემოთაა მიმართული, **B** 90 გრადუსიან კუთხეს ადგენს მზის სხივებთან, ხოლო **C** ჰორიზონტისკენაა მიმართული.

დაკვირვების სამი შესაძლო მიმართულებიდან, რომელი მიმართულებით დავინახავთ ცას შესამჩნევად პოლარიზებულს?

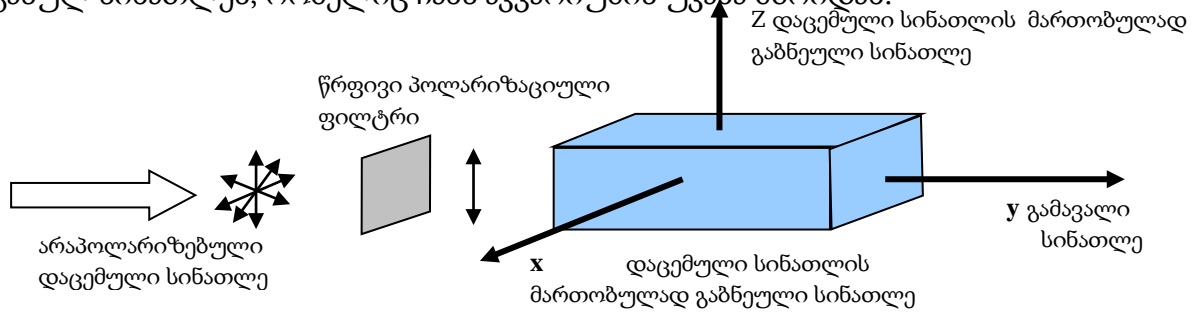


შეინახეთ ეს ფურცელი

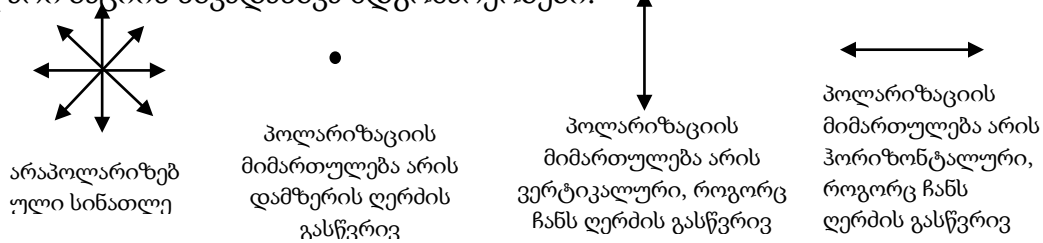
ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციები
შედგების ფურცელი — გაბნევის პოლარიზაცია

ამ ფურცელზე შეგიძლიათ დაწეროთ რაც გინდათ და იქონიოთ ის თქვენთან.

დემონსტრაცია 1: ქვემოთ მოცემულ ნახატზე ნაჩვენებია არაპოლარიზებული სინათლის სხივი, რომელიც y ღერძის გასწვრივ ვრცელდება. ის ეცემა წყლითა და რამდენიმე წვეთი რძით სავსე აკვარიუმს. x ღერძის გასწვრივ გავრცელებული სინათლე წარმოადგენს ამ ნარევის მიერ გაბნეულ სინათლეს, რომელიც მოჩანს აკვარიუმის გვერდიდან. z ღერძის გასწვრივ გავრცელებული სინათლე წარმოადგენს ამ ნარევის მიერ გაბნეულ სინათლეს, რომელიც მოჩანს აკვარიუმის ზემოდან. y ღერძის გასწვრივ გავრცელებული სინათლე წარმოადგენს ნარევიში გასულ სინათლეს, რომელიც ჩანს აკვარიუმის უკანა მხრიდან.

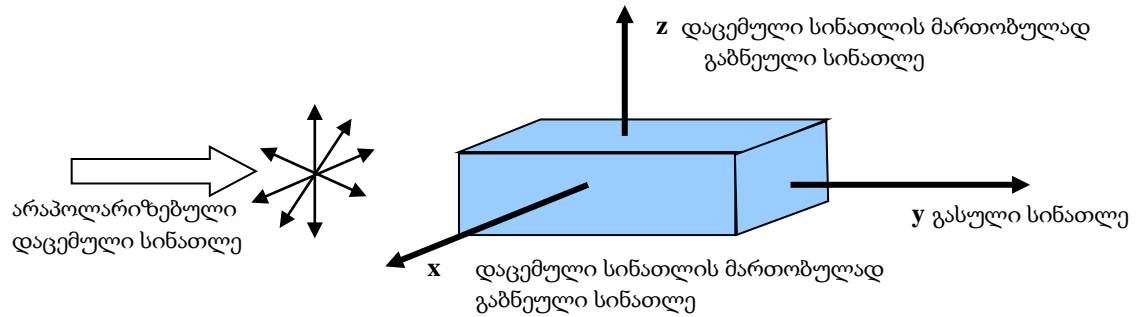


ჩანიშნეთ ქვემოთ თქვენი ვარაუდი X , Z მიმართულებით გაბნეული და Y ღერძის გასწვრივ გასული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობის შესახებ (როგორც ხედავთ აკვარიუმში). მოცემული სიმბოლოების გამოყენებით აღნიშნეთ პოლარიზაციის სხვადასხვა მდგომარეობები.



ნავარაუდები პოლარიზაცია X-ს გასწვრივ		ნავარაუდები პოლარიზაცია Z-ს გასწვრივ	
ნავარაუდები პოლარიზაცია y-ს გასწვრივ			

დემონსტრაცია 2: ქვემოთ მოცემულ ნახატზე ნაჩვენებია სინათლის არაპოლარიზებული სხივი, რომელიც გადის წრფივ პოლარიზაციულ ფილტრში. ვერტიკალურად პოლარიზებული სხივი ეცემა წყლისა და რძის ნარევით სავსე აკვარიუმს, როგორც დემონსტრაცია 1-ში.



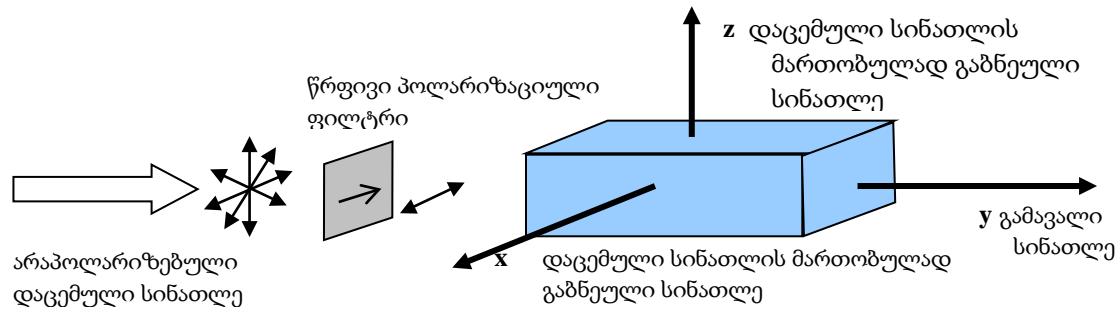
ჩანიშნეთ ქვემოთ თქვენი ვარაუდი X, Z მიმართულებით გაბნეული და Y ღერძის გასწვრივ გასული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობის შესახებ (როგორც ხედავთ აკვარიუმში). პოლარიზებული სინათლისთვის გამოიყენეთ იგივე სიმბოლოები, რაც დემონსტრაცია 1-ში.

ნავარაუდები
პოლარიზაცია
X-ს გასწვრივ

ნავარაუდები
პოლარიზაცია
y-ს გასწვრივ

ნავარაუდები
პოლარიზაცია
y-ს გასწვრივ

დემონსტრაცია 3: ქვემოთ მოცემულ ნახატზე ნაჩვენებია არაპოლარიზებული სინათლის სხივი, რომელიც გადის დემონსტრაცია 2-სგან განსხვავებით 90° კუთხით შემობრუნებულ წრფივ პოლარიზაციულ ფილტრში. ჰორიზონტალურად პოლარიზებული სხივი ეცემა წყლისა და რძის ნარევით სავსე აკვარიუმს, როგორც დემონსტრაცია 1 და 2-ში.

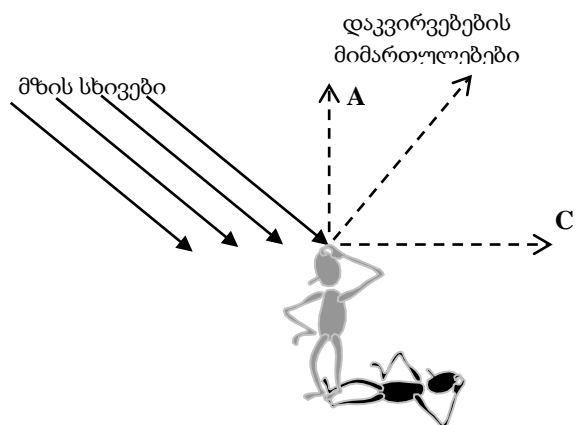


ჩანიშნეთ ქვემოთ თქვენი ვარაუდი X, Z მიმართულებით გაბნეული და Y ღერძის გასწვრივ გასული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობის შესახებ (როგორც ხედავთ აკვარიუმში). გამოიყენეთ იგივე სიმბოლოები, რაც დემონსტრაცია 1 და 2-ში.

ნავარაუდები პოლარიზაცია x-ს გასწვრივ		ნავარაუდები პოლარიზაცია z-ის გასწვრივ		ნავარაუდები პოლარიზაცია y-ს გასწვრივ	
--------------------------------------	--	---------------------------------------	--	--------------------------------------	--

დემონსტრაცია 4: დაკვირვების სამი შესაძლო მიმართულებიდან რომელი მიმართულებით გამოჩნდება ცა უფრო ლურჯი? A პირდაპირ ზემოთაა მიმართული, B 90 გრადუსიან კუთხეს ადგენს მზის სხივებთან, ხოლო C ჰორიზონტისკენაა მიმართული.

დაკვირვების სამი შესაძლო მიმართულებიდან, რომელი მიმართულებით დავინახავთ ცას შესამჩნევად პოლარიზებულს?



მასწავლებლების გზამკვლევი 4 მოდულისთვის: ატმოსფერული ოპტიკა

მასწავლებლების გზამკვლევი 4 მოდულისთვის: ატმოსფერული ოპტიკა

ნაწილი 1: შთანთქმა და მრავალჯერადი გაბნევა

მიზნები

1. ერთეული და მრავალჯერადი გაბნევის დემონსტრირება
2. გასული სინათლის ინტენსიურობაზე გაბნევის ეფექტის დემონსტრირება
3. გასული სინათლის ინტენსიურობის ცვლილების მიხედვით შთანთქმასა და გაბნევას შორის განსხვავების დემონსტრირება
4. იმის ჩვენება - ანალოგიით - რომ მრავალჯერადი გაბნევა განაპირობებს ღრუბლების და ქაფის თეთრ ფერს - ქაფისა, რომელიც წარმოიქმნება, როდესაც წყლის ტალღები ნაპირს ეხეთქება
5. იმის ჩვენება - ანალოგიით - რომ ნაწილაკებზე და ჰაერის მოლეკულებზე გაბნევა წარმოქმნის ნისლს, რაც ამცირებს ჰორიზონტზე კაშკაშა ცასა და მთებს შორის კონტრასტს

შესავალი

ინტერაქტიული ლექციის დემონსტრაციები ამ მოდულში წარმოგვიდგენენ მოვლენებს ბუნებასა და ყოველდღიურ ცხოვრებაში, რომელთაც სტუდენტების უმრავლესობა იცნობს, მაგალითად: თეთრი (და მუქი) ღრუბლები, თეთრი ქაფის წარმოქმნა მაშინ, როცა ტალღები ნაპირს აღწევენ (ან როცა გემის ცხვირი გაკვეთს წყალს), თეთრი ფერის საპნიანი წყლის მიღება სხვადასხვა ფერის საპნების შერევით წყალთან. მოლეკულურ მასშტაბში სინათლის გაბნევა რთული პროცესია. ამიტომ, თემა ახსნილია ანალოგიებით, მარტივი დემონსტრაციების გამოყენებით.

დემონსტრაცია 1ა და 1ბ არის ანალოგიები—თუმცა გამარტივებული - სინათლის გაბნევისა ცალკეული ნაწილაკებზე. მათში ნაჩვენებია, რომ გამჭვირვალე ნივთიერება - ნივთიერება, რომელიც სუსტად შთანთქავს ხილულ სინათლეს - ირეკლავს შუქს, მაგრამ ეს შეიძლება არ იყოს ცხადი, თუ უკანა შუქი კაშკაშაა. მაშინ ნივთიერების უკან მდებარე ობიექტი გაცილებით ხილულია, ვიდრე ობიექტიდან წინ არეკლილი გამოსახულება. დემონსტრაციები კონცენტრირებულია არეკლილ სინათლეზე.

დემონსტრაცია 2ა, 2ბ და 2გ არიან მრავალჯერადი არეკვლის ანალოგიები. ადამიანებს ჩვეულებრივ სჯერათ, რომ შთანთქმა ჩვეულებრივი მოვლენაა, როცა სინათლეს ვერ ვხედავთ ნივთიერების გავლით. დემონსტრაციაში ნაჩვენებია იქნება, რომ გასული სინათლის ინტენსიურობის შემცირება შეიძლება გამოიწვიოს

დაცემული სინათლის გაბნევამ ნივთიერების მიერ. დემონსტრაციებში აქცენტი კეთდება არეკლილი და გასული სინათლის ფარდობით ინტენსიურობებზე.

დემონსტრაცია 3 და 4 დამატებით გვიჩვენებს გაბნევასა და შთანთქმას შორის განსხვავებას. ამ დემონსტრაციებში ასევე განიხილება სინათლის გაბნევა ძალიან პატარა ნაწილაკებით.

დემონსტრაცია 5-ში, სინათლის გამბნევებად გამოყენებულია მინის „მძივები“. ეს არის წინა ორ დემონსტრაციაში წყლისა და რძის ნარევი სინათლის გაბნევის ანალოგი. „მძივები“ წარმოადგენენ მსხვილ ბურთულებს რძეში, რომლებიც მოქმედებენ, როგორც სინათლის გამბნევეები და რძე ჩანს თეთრად.

დემონსტრაცია 6-ში გამოყენებულია საპნის ხსნარში ჰაერის ბუშტები. ნაჩვენები იქნება, რომ ცალკეულ ბუშტებზე დაკვირვებისას ისინი გამჭვირვალეა. მაგრამ ბუშტების გროვა თეთრად გამოჩნდება. ეს მუშაობს, როგორც ანალოგია ღრუბლების მიერ სინათლის გაბნევისა.

როგორც ყველა ინტერაქტიულ სალექციო დემონსტრაციებში, მიჰყევით 8-პუნქტიან პროცედურის ცხრილს I-2 ამ სახელმძღვანელოს შესავალ ნაწილში. მიმოხილვა, შემდეგ 1) სტუდენტებისთვის დემონსტრაციების აღწერა, 2) სტუდენტები აკეთებენ მოსალოდნელი შედეგების საკუთარ ვარაუდებს ვარაუდების ფურცელზე და შემდეგ 3) განიხილავენ მათ თავიანთ უახლოეს მეზობლებთან. სტუდენტებმა 4) შემდეგ შეიძლება შეცვალონ ვარაუდი. თუ გაქვთ დრო, 5) მოიძიეთ ვარაუდები მოხალისეებისგან კლასში. შემდეგ 6) აჩვენეთ დემონსტრაციები ცხადი თვალსაჩინო შედეგებით. 7) მოხალისეებს სთხოვეთ დემონსტრაციის კონტექსტში შედეგების აღწერა და ახსნა, და 8) სხვა ანალოგიური ფიზიკური მოვლენის განხილვა, რომლის ახსნაც შეიძლება იგივე ხერხით. ძალიან მნიშვნელოვანია დაიმახსოვროთ, რომ *ინსტრუქტორმა დასკვნა უნდა გამოიტანოს უმეტესად საკლასო ოთახში სტუდენტებთან დისკუსიისას და არა ლექციის ჩატარებისას.*

ეს გზამკვლევი შეიცავს სავარაუდო დისკუსიურ შეკითხვებს, რომლებიც ამ დისკუსიაში გზამკვლევის როლს ასრულებენ.

რეკომენდაციები, თუ როგორ შევასრულოთ დემონსტრაციები, მოცემულია ქვემოთ. ყველა დაკვირვება თვალთაა გაკეთებული. ამიტომაც ამ დემონსტრაციებში უფრო მეტად გამოყენებულია ტერმინი *ფერი* და არა *ტალღის სიგრძე*. ტერმინი *გასული სინათლე*, რომელიც ჩვეულებრივ ნიშნავს განუბნეველ სხივს, ფაქტობრივად შეიცავს წინ გაბნეულ სინათლესაც. სინათლეს, რომელიც დაიშორება დაცემული სხივის მიმართულებისგან განსხვავებული მიმართულებით, ვუწოდებთ *გაბნეულ სინათლეს*.

მასწავლებლების გზამკვლევის ბოლოში მოცემულია ციტირებული ლიტერატურის სია.

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- პროექტორი ან ძლიერი თეთრი სინათლის წყარო
- ათი ან მეტი სუფთა პლასტმასის ფირფიტა (რეკომენდებულია გამჭვირვალე)
- ორი გამჭვირვალე, თხელი კონტეინერი
- მუქი ფერის დაფა
- ფერადი სურათი
- ცოტა რძე (რძის ცხიმით)
- ცოტა მუქი ფერის მელანი
- გამჭვირვალე მინის „მძივები“ (დაახლოებით 5 მმ დიამეტრით)
- წყალი
- სარეცხი საშუალება
- ლაზერული პოინტერი *გაფრთხილება: ლაზერი არ მიაწოდოთ ვინმეს თვალებზე!*

შენიშვნები დემონსტრაციასთან დაკავშირებით

დემონსტრაცია 1. დემონსტრაცია 1 ტარდება განათებულ ოთახში, სადაც სტუდენტების სახეები განათებულია. სუფთა პლასტმასის ფირფიტა დაჭერილია კაშკაშა უკანა ფონის წინ. (ამ დემონსტრაციის დროს რეკომენდებულია, რომ პლასტმასის ფირფიტები იყოს გამჭვირვალე, ბრტყელი, თხელი და არ ჰქონდეს ნაკეცი. ნებისმიერი ნაკეცი გამოიწვევს არეკვლის დამახინჯებას.) სტუდენტებს ეუბნებიან, რომ დააკვირდნენ თავიანთ ანარეკლს პლასტმასის ფირფიტაში. შემდეგ მუქი ფერის დაფას ათავსებენ პლასტმასის ფირფიტის უკან. შემდეგ ისევ ეუბნებიან სტუდენტებს დააკვირდნენ თავიანთ ანარეკლებს პლასტმასის ფირფიტაში. ისინი ადარებენ ორ სხვადასხვა დაკვირვებას.

1 ა დემონსტრაციაში ანარეკლები ოდნავ ჩანს, თუ პლასტმასის უკან მდებარე სინათლე კაშკაშაა. პლასტმასის უკან მდებარე ობიექტები გაცილებით ხილულია, როცა უკან მდებარე სინათლე კაშკაშაა.

მუქი უკანა ფონით 1 ბ დემონსტრაციაში, ანარეკლი შესამჩნევი ხდება. შავი ფერის დაფა არ ზრდის მასალის არეკვლის უნარს. ის, უბრალოდ, ზრდის გამჭვირვალე მასალის ორ მხარეს შორის კონტრასტს.

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. რა ემართება სინათლეს, რომელიც ეცემა პლასტმასის ფირფიტას?
2. რატომ არის პლასტმასის უკან მდებარე ობიექტები მეტად ხილული ვიდრე თქვენს ანარეკლი, როცა პლასტმასის უკან მდებარე სინათლე კაშკაშაა?

3. რატომ არის თქვენი ანარეკლი გაცილებით კარგი, როცა პლასტმასის ფირფიტის უკან მოთავსებულია მუქი ფერის დაფა? დაფა პლასტმასის არეკვლის უნარს ზრდის?

ალტერნატიული დემონსტრაცია 1. ალტერნატიულ დემონსტრაციაში სუფთა მინის ფირფიტა მოთავსებულია მაგიდაზე ვერტიკალურად. სტუდენტი ზის მინის წინ და მეორე სტუდენტი ზის საპირისპირო მხარეს. თითოეულ სტუდენტს ანათებს ნათურა რეგულირებადი ჩამრთველით. თითოეული სტუდენტი აღწერს, რას ხედავს ის სარკიდან ანარეკლში და სარკის გავლით, როცა ნათურები თანაბრად ანათებენ ან როცა ერთი სტუდენტის ნათურა უფრო კაშკაშებს, ვიდრე მეორისა. ეს დემონსტრაცია უნდა ჩატარდეს ჩაბნელებულ ოთახში. თითოეული ნათურა მიმართული უნდა იყოს სტუდენტის სახისკენ. სინათლის ინტენსიურობის დასარეგულირებლად შესაძლებელია ჩამრთველის გამოყენება. აღსანიშნავია, რომ შესაძლებელია ნათურების ფარდობითი ინტენსიურობების ისე შერჩევა, რომ ორი გამოსახულება (არეკლილი და გავლილი) ერთმანეთს დაედოს და შედეგად მივიღოთ სახის უჩვეულო გამოსახულება.

დემონსტრაცია 2ა. მუქი ფერის დაფის წინ დამატებულია პლასტმასის ფირფიტები. სტუდენტები აკვირდებიან ინტენსიურობაში ცვლილებას და ანარეკლის სიმკვეთრეს, როცა პლასტმასის ფირფიტების რაოდენობა გაზრდილია.

მუქი ფერის დაფა შეცვალეს ფერადი სურათით. სურათს ათავსებენ ერთი პლასტმასის ფირფიტის უკან და ფირფიტებს ამატებენ, სანამ მათი რაოდენობა არ გახდება 10 ან მეტი სურათის წინ. სტუდენტები აკვირდებიან და აღწერენ ხილვადობაში ცვლილებას ფირფიტების დამატებისას.

დემონსტრაცია 2ბ. პლასტმასის ფირფიტის წინ შეიძლება მოთავსებული იყოს ანთებული ნათურა. სტუდენტების ჯგუფი აკვირდება ცვლილებას ნათურის ანარეკლში, პლასტმასის ფირფიტების რაოდენობის გაზრდისას. ამავე დროს სტუდენტების სხვა ჯგუფი აკვირდება პლასტმასის ფირფიტების უკანა მხარეს. ისინი ინიშნავენ სინათლის ინტენსიურობის ცვლილებას, როცა პლასტმასის ფირფიტების რაოდენობა იზრდება.

დემონსტრაცია 2გ. ამ დემონსტრაციაში გამოყენებულია ლაზერული პოინტერი. გთხოვთ, წაიკითხოთ გზამკვლევის ლაზერული უსაფრთხოების ნაწილი. *ლაზერის სხივი არ მიმართოთ ოთახში მყოფი არც ერთი ადამიანისკენ. ლაზერის სხივი საზიანოა თვალისთვის.*

შემდეგში, აჩვენეთ სტუდენტებს, რომ თითოეული პლასტმასის ფირფიტა ირეკლავს სინათლეს, ლაზერული პოინტერი ანათებს ერთ ფირფიტას და აირეკლება ჭერზე. სტუდენტები აკვირდებიან ლაზერის სხივის წერტილებს ჭერზე, როცა იზრდება პლასტმასის ფირფიტების რაოდენობა. ისინი ასევე აკვირდებიან პლასტმასის ფირფიტაში გასული და თეთრ ფურცელზე დაცემული ლაზერის შუქის ინტენსიურობას.

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. რატომ იზრდება არეკვლის ინტენსიურობა ფირფიტების დამატებისას ?
2. დაიმზირება მრავალი ანარეკლი გამოსახულება? საიდან მოდიან ეს გამოსახულებები ?
3. რატომ არ შეიძლება ფერადი სურათის დანახვა მრავალი პლასტმასის ფირფიტის უკან ?
4. პლასტმასის ფირფიტების რაოდენობის გაზრდასთან ერთად რატომ იზრდება ლაზერის სხივის წერტილების რაოდენობაც ჭერზე?
5. რატომ მცირდება გასული სინათლის ინტენსიურობა პლასტმასის ფირფიტების რაოდენობის ზრდასთან ერთად?

დემონსტრაციები 3 და 4. პროექტორზე მოთავსებულია ორი იდენტური თხელი გამჭვირვალე კონტეინერი. ორივე კონტეინერი ნახევრად სავსეა წყლით. წყალში დამატებულია რამდენიმე წვეთი რძე. მეორე კონტეინერში დამატებულია რამდენიმე წვეთი მუქი ფერის მელანი. სტუდენტები აკვირდებიან ორივე სითხის ფერს გვერდებიდან და თითოეული კონტეინერის ძირიდან. ისინი ასევე აკვირდებიან ჩრდილებს ეკრანზე.

წყალისა და რძის ნარევი გამოიყურება კაშკაშად და მოთეთროდ, როცა წყლისა და შავი ფერის მელნის ნარევი გამოიყურება მუქად. ამავდროულად, ორივე იძლევა მუქ ჩრდილს ეკრანზე. რძისა და წყლის ნარევი ადგილი აქვს ძლიერ გაბნევას და სითხე ჩანს მოთეთრო. სინათლე განიბნევა არა მარტო ეკრანის, არამდე სხვადასხვა მიმართულებით და ეკრანზეც ტოვებს ჩრდილს. მელნისა და წყლის ნარევი შთანთქავს სინათლეს და თითქმის არანაირი სინათლე არ მიდის ეკრანამდე.

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. აღწერეთ სითხის ფერები თითოეულ კონტეინერში.
2. აღწერეთ თითოეული კონტეინერის მიერ ეკრანზე დატოვებული ჩრდილის ფერი.
3. შეგიძლიათ დაასაბუთოთ, რატომ ტოვებს ორივე კონტეინერი მუქ ჩრდილებს ეკრანზე?

დემონსტრაცია 5. გამჭვირვალე მინის კონტეინერი ნახევრად სავსეა წყლით. კონტეინერები მოთავსებულია პროექტორზე. კონტეინერში მოთავსებულია გამჭვირვალე მინის „მძივები“. სტუდენტები აკვირდებიან „მძივების“ მიერ გაბნეულ სინათლეს კონტეინერის გვერდებიდან და ძირიდან. ისინი ასევე აკვირდებიან მძივების ჩრდილს ეკრანზე.

მინის „მძივები“ გააბნევენ დაცემულ სინათლეს, რაც აშკარაა მათი ბრჭყვიალის გამო. ამიტომ გასული სინათლე შესუსტდება, რაზეც მიუთითებს ეკრანზე მუქი ჩრდილის გამოჩენა.

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. როგორ გამოიყურება მინის „მძივები“, როცა მათ ვაკვირდებით კონტინერის გვერდებიდან და ძირიდან? შეგიძლიათ თქვენი დაკვირვების ახსნა?
2. რატომ ჩანს ეკრანზე მინის მძივებისაგან გამოწვეული ჩრდილები ?

დემონსტრაცია 6. წყალში საპნის ბუშტების წარმოსაქმნელად შერეულია სარეცხი საშუალება. ერთი ბუშტის გამჭვირვალობა შეადარეთ ბუშტების გროვის გამჭვირვალობას.

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. რატომ ჩანს ერთი ბუშტი გამჭვირვალე და ბუშტების სქელი გროვა თეთრი ?
2. შეგიძლიათ ეს დემონსტრაციები დააკავშიროთ ღრუბლების თეთრ (და ზოგჯერ მუქ) ფერთან ? ან თეთრი ფერის ქაფთან, რომელიც წარმოიქმნება ტალღების დაჯახებისას ნაპირზე?
3. შეგიძლიათ ახსნათ, კარგ ამინდშიც, შორეული მთები რატომ ჩანს ნისლიანი? მინიშნება: რა არის დამკვირვებელსა და მთას შორის? რა მოსდის სინათლეს, რომელიც მთიდან მოდის თქვენს თვალზეამდე ?

ნაწილი 2: ლურჯი ცა და წითელი მზის ჩასვლა

მიზნები

1. დაკვირვება სინათლის გაბნევის სპექტრალურ დამოკიდებულებაზე
2. ლურჯი ცისა და წითელი მზის ჩასვლის ფიზიკური ახსნა
3. სხვა მსგავსი მოვლენების ახსნა

შესავალი

ულრუბლო დღეს დედამიწაზე მყოფი დამკვირვებლისთვის ცა მოჩანს ლურჯი. ღრუბლების ზემოთ ცა ყოველთვის ლურჯია. თუმცა სილურჯის ელფერი იცვლება დაკვირვების მიმართულებებთან ერთად. ის არის ღია (ბაცი) ლურჯი, როცა ვუყურებთ ცას იმ ხაზის გასწვრივ, საიდანაც მზის ნათება მოდის და არის მუქი ლურჯი, თუკი ვიყურებით ამ ხაზიდან მოშორებით. კოსმოსიდანაც დედამიწის ატმოსფერო ლურჯად გამოჩნდება. რატომ არის ცა ლურჯი ?

მზის ამოსვლისა და ჩასვლის დროს, ატმოსფეროს ფერი ყვითლად, ნარინჯისფრად ან წითლად ჩანს. რატომ ? მოცემული ინტერაქტიული სალექციო დემონსტრაციები დაგეხმარებათ ამ შეკითხვებზე პასუხის გაცემაში.

1 დემონსტრაცია შეიძლება გაკეთდეს გარეთ მზის სხივებით (პირდაპირი ან გაბნეული), როგორც სინათლის წყაროთი ან ოთახში ნათურის გამოყენებით. დემონსტრაციის მიზანია პრიზმის ან მარტივი სპექტროსკოპის გამოყენებით აჩვენოს, რომ თეთრი ფერი შედგება სხვადასხვა ფერებისაგან.

2 დემონსტრაცია აჩვენებს, რომ სუფთა წყალი - მასში შეტივტივებული რძის ნაწილაკების გარეშე - არ ცვლის თეთრ სინათლეს გაბნევით.

3 დემონსტრაცია აჩვენებს, რომ თითოეული ფერი განიცდის გაბნევას წყალში შეტივტივებული რძის ნაწილაკების მიერ და გამავალი სინათლე იგივე ფერისაა, რაც დაცემული სინათლე (დაუშვით, რომ ნარევი არ არის ოპტიკურად მკვრივი).

4 დემონსტრაცია აჩვენებს, რომ - როცა გამოიყენება თეთრი სინათლე - გაბნეულ კონაში დომინანტი ლურჯი ფერია.

5 დემონსტრაცია გაკეთებულია გასული და გაბნეული სხივების სპექტრული სისუფთავის შესამოწმებლად სპექტროსკოპის გამოყენებით.

როგორც ყველა ინტერაქტიულ სალექციო დემონსტრაციებში, მიჰყევით 8-პუნქტიან პროცედურის ცხრილს I-2 ამ სახელმძღვანელოს შესავალ ნაწილში. მიმოხილვა, შემდეგ 1) სტუდენტებისთვის დემონსტრაციების აღწერა, 2) სტუდენტები აკეთებენ მოსალოდნელი შედეგების საკუთარ ვარაუდებს ვარაუდების ფურცელზე და შემდეგ 3) განიხილავენ მათ თავიანთ უახლოეს მეზობლებთან. სტუდენტებმა 4) შემდეგ შეიძლება შეცვალონ ვარაუდი. თუ გაქვთ დრო, 5) მოიძიეთ ვარაუდები მოხალისეებისგან კლასში. შემდეგ 6) აჩვენეთ დემონსტრაციები ცხადი თვალსაჩინო შედეგებით. 7) მოხალისეებს სთხოვეთ დემონსტრაციის კონტექსტში შედეგების აღწერა და ახსნა, და 8) სხვა ანალოგიური ფიზიკური მოვლენის განხილვა, რომლის ახსნაც შეიძლება იგივე ხერხით. ძალიან მნიშვნელოვანია დაიმახსოვროთ, რომ *ინსტრუქტორმა დასკვნა უნდა გამოიტანოს უმეტესად საკლასო ოთახში სტუდენტებთან დისკუსიისას და არა ლექციის ჩატარებისას.*

ეს გზამკვლევი შეიცავს სავარაუდო დისკუსიურ შეკითხვებს, რომლებიც ამ დისკუსიაში გზამკვლევის როლს ასრულებენ.

რეკომენდაციები, თუ როგორ შევასრულოთ დემონსტრაციები, მოცემულია ქვემოთ. ყველა დაკვირვება თვალითაა გაკეთებული. ამიტომაც ამ დემონსტრაციებში უფრო მეტად გამოყენებულია ტერმინი *ფერი* და არა *ტალღის სიგრძე*. ტერმინი *გასული სინათლე*, რომელიც ჩვეულებრივ ნიშნავს განუბნეველ სხივს, ფაქტობრივად შეიცავს წინ გაბნეულ სინათლესაც. სინათლეს, რომელიც დაიშორება დაცემული სხივის მიმართულებისგან განსხვავებული მიმართულებით, ვუწოდებთ *გაბნეულ სინათლეს*.

მასწავლებლების გზამკვლევის ბოლოში მოცემულია ციტირებული ლიტერატურის სია.

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- სლაიდების პროექტორი (ან ნებისმიერი სინათლის წყარო რომელიც სინათლის სხივთა პარალელურ კონას იძლევა)
- 1 მმ სიგანის მუყაოს ჭვრიტე
- პრიზმა
- აკვარიუმი ან თასი

- მარტივი სპექტროსკოპი დიფრაქციული მესერიტ
- ცოტაოდენი რძე (რძის ცხიმით)
- სამედიცინო პიპეტი
- წითელი, მწვანე, ლურჯი და იისფერი ფილტრები
- მთვარის დაბნელებისას გადაღებული მთვარის სურათი

შენიშვნები აღჭურვილობის შესახებ

სინათლის წყარო: უმჯობესია გამოყენებული იქნას ინტენსიური სინათლის წყარო. ყველაზე რეკომენდებულია პროექტორი, რადგან ინტენსიურია, კარგად კოლიმირებული, და ჰალოგენური ნათურა მიახლოებით თეთრ სინათლეს იძლევა.

თუ გამოიყენება ფარანი, რეკომენდებულია ახალი ბატარეების გამოყენება. გარდა ნაკლები ინტენსიურობისა, თუ ბატარეები სუსტია, ნათურის გამოსხივება მოკლე ტალღის სიგრძეთა უბანში (ლურჯი ან იისფერი) ნაკლებია, ვიდრე გრძელტალღოვან უბანში (წითელი). გაბნევა გამოჩნდება უფრო მოყვითალო ან მოწითალო, ვიდრე მოლურჯო. ფარნების უმეტესობა არ იძლევა სხივთა პარალელურ კონას. სინათლის კოლიმირებული ნაკადის (ანუ პარალელურ სხივთა კონის) მისაღებად განათავსეთ ნილაბი პატარა მრგვალი ჭრილით ფანრის წინ. ნილაბის ჭრილს მოარგეთ ცილინდრული მილი. მთელი მოწყობილობა TG4-1 სურათზეა მოცემული.



სურათი TG4-1: ფარნისგან წამოსული სინათლისგან პარალელური კონის მისაღები კონსტრუქცია.

სხვა ალტერნატიული სინათლის წყარო, რომელიც უპირატესად რეკომენდებულია, არის თეთრი სინათლის გამომსხივებელი დიოდი (LED). არსებობს სუპერკაშკაშა ასეთი დიოდები და შემკრები ლინზის გამოყენებით შეიძლება მივიღოთ პარალელური სხივების კონა. არსებობს ფარნები, რომლებშიც გამოყენებულია LED -ს თეთრი სინათლის წყარო მათში ჩაშენებული ლინზებით, რათა პარალელურ სხივთა კონა მივიღოთ. ამ სინათლის წყაროთი გაბნევა ჩანს უფრო მოლურჯოდ.

ფილტრები: ფილტრებად შეიძლება გამოყენებული იქნას ფერადი ცელოფანი. თუმცა აღსანიშნავია, რომ ფერად ცელოფანში გასული სინათლე შეიძლება მოგვეჩვენოს ლურჯად, მაგრამ ის არაა წმინდა ლურჯი, რაშიც შეგვიძლია დავრწმუნდეთ მარტივი სპექტროსკოპის გამოყენებით. თეთრი სინათლის წყაროს

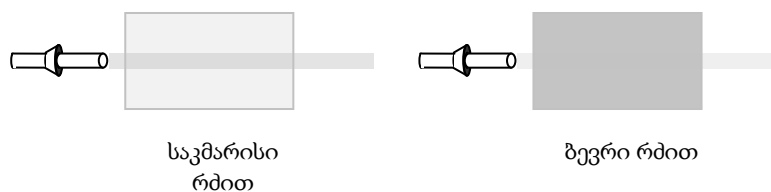
წინ მდებარე ოთხიდან ხუთამდე ცელოფნის ფენა შეიძლება საკმარისი იყოს საჭირო ფერის შესაქმნელად.

ფერადი ფილტრების ალტერნატივად გამოიყენეთ ლურჯი, მწვანე და წითელი სინათლის გამომსხივებელი დიოდები. გაბნეული სინათლე გამოჩნდება უფრო კამკაშა.

აკვარიუმი: სუფთა მინის და სუფთა აკრილის აკვარიუმი საუკეთესოა ამ დემონსტრაციებისათვის. თუ ეს ხელმისაწვდომი არაა, შეიძლება გამჭვირვალე პლასტმასის კონტეინერების გამოყენება. თუმცა აღსანიშნავია, რომ ეს მასალები, მოთავსებულნი გადაჯვარედინებულ პოლარიზატორებს შორის, ჩვეულებრივ, იძენენ შეფერილობას მათში აღძრული შიდა დაძაბულობების გამო. ამ ფერების წარმოშობის განხილვა საინტერესოა, მაგრამ ამას ყურადღება გადააქვს გაბნევიდან. ეს დემონსტრაციები ასევე შეიძლება ჩატარდეს პროექტორის გამოყენებითაც. აკვარიუმის ნაცვლად შეიძლება გამოყენებულ იქნას თასი. მნიშვნელოვანია, რომ ნიღბის წრიულ ხვრელს ჰქონდეს იგივე დიამეტრი, რაც თასს.

გამბნევი ნაწილაკების წყარო: ამ მოდულში განხილულ სადემონსტრაციო ცდებში რძე (თხევადი ან ფხვნილის სახით) არის ძირითადი მასალა, რომელიც გამოიყენება, როგორც სინათლის გამბნევი ნაწილაკების ერთობლიობა. არსებობს ისეთი ზეთები, რომელთაც შეუძლიათ კარგად შეერიონ წყალს და რომლებიც გამოიყენებიან, როგორც გამაგრილებელი ჩარხებში და საკერავ მანქანებში. “Fuchs” არის ასეთი ტიპის ზეთების ერთ-ერთი ბრენდული დასახელება. ასეთი ზეთის რამდენიმე წვეთი წყალში გამოიწვევს ნარევის თეთრ ფერს მრავალჯერადი გაბნევის გამო. ინტუიციით ეს ასე არ უნდა იყოს, რადგან ზეთის ფერი მოყვითალოა. ეს არის კარგი საწყისი წერტილი იმის განხილვისთვის, თუ როგორ ქმნის მრავალჯერადი გაბნევა თეთრ ფერს.

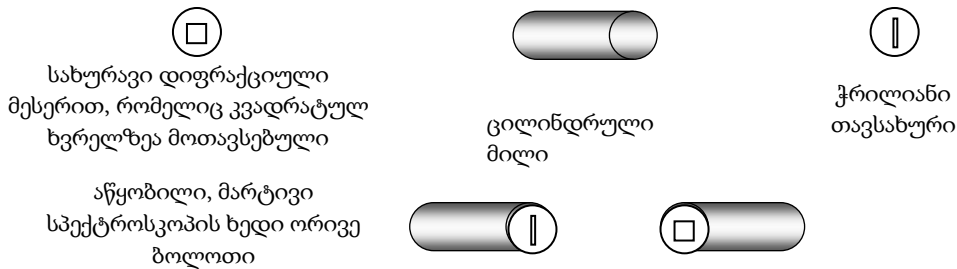
გაბნეულ სინათლეზე დაკვირვება ყველაზე კარგად ტარდება მაშინ, როცა სინათლის სხივი კარგად ჩანს სითხეში. *წყალში ჩაასხით რძის (ან შერევადი ზეთის) მხოლოდ მცირე რაოდენობა.* თუ წყალში ბევრ რძეს ჩაასხამთ, დაინახავთ დიფუზურად გაბნეულ სინათლეს.



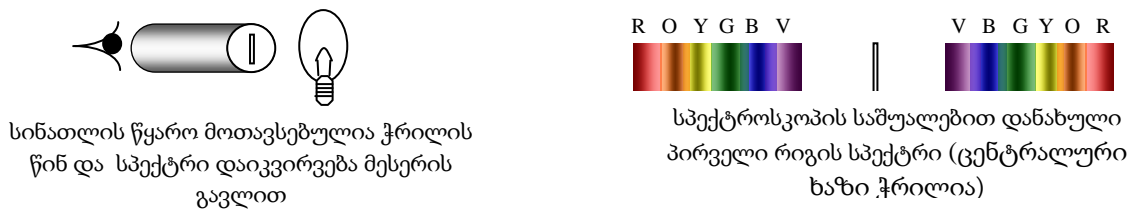
მარტივი სპექტროსკოპის კონსტრუირება: მარტივი სპექტროსკოპი შეიძლება გამოყენებულ იქნას პრიზმის ნაცვლად სინათლის წყაროს სპექტრის თვისობრივი დაკვირვებისათვის. ის შეიძლება გაკეთდეს 30სმ სიგრძისა და 4სმ დიამეტრის მქონე ცილინდრული მილისგან. ეს არის ტიპური ალუმინის ფოლგის გრაგნილი. მუყაოს სახურავს, რომლითაც დახურულია მისი ერთი ბოლო, აქვს 1მმ სიგანისა და 2 სმ სიგრძის ჭრილი. მეორე ბოლოში სახურავს აქვს 1სმ x 1სმ კვადრატული ხვრელი. (იხ. სურათი TG4-2). დიფრაქციული მესერი ამ ხვრელზეა მიმაგრებული.

ჭრილისა და მესერის მდებარეობები ისეა მორგებული, რომ სპექტრული ხაზები ჭრილის პარალელურად ჩანს. (იხ. სურათი TG4-3).

თუ გამოვიყენებთ 500 ხაზი/მმ-იან მესერს, დავინახავთ ორი რიგის დიფრაქციას. თავსახურები კარგად უნდა იყოს მორგებული და სინათლე ჭრილის გარდა არსაიდან არ უნდა გამოდიოდეს.



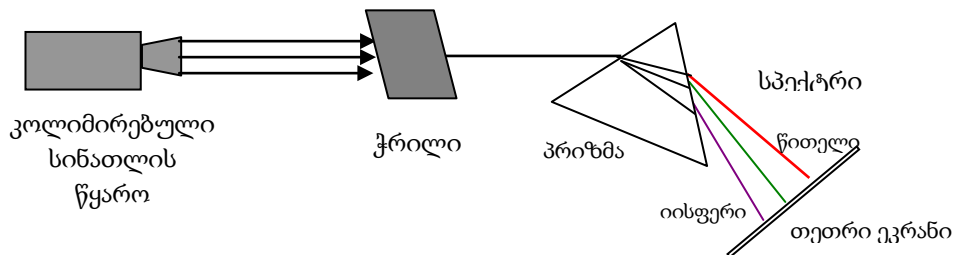
სურათი TG4-2: მარტივი სპექტროსკოპის კონსტრუქცია



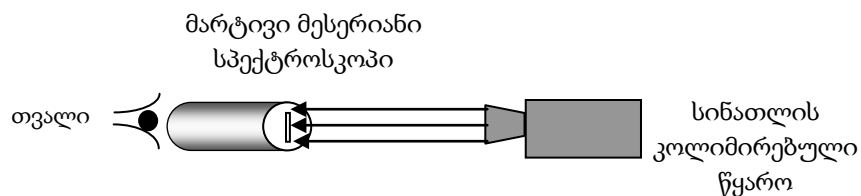
სურათი TG4-3: მარტივი სპექტროსკოპით დანახული თეთრი სინათლის სპექტრი

შენიშვნები დემონსტრაციაზე

დემონსტრაცია 1. დაიჭირეთ პრიზმა ისე, რომ სინათლე ბლაგვი კუთხით ეცემოდეს ერთერთ წახნაგს. სპექტრის დანახვა შესაძლებელია პრიზმის უკან მდებარე თეთრ ეკრანზე. იხ. სურათი TG4-4.



მარტივი მესერიანი სპექტროსკოპი ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას პროექტორიდან მომავალი თეთრი სინათლის სპექტრზე დასაკვირვებლად. მოწყობილობა მოცემულია TG4-5 სურათზე. ალტერნატიულად, ეს დემონსტრაცია შეიძლება ჩატარდეს გარეთ, პროექტორის ნაცვლად მზის სინათლის გამოყენებით. ორივე, პრიზმაც და სპექტროსკოპიც, აჩვენებს, რომ პროექტორიდან (ან მზიდან) მომავალი სინათლე არის სხვადასხვა ფერების ნარევი. ფერები (თვალით ხილული) ორივე ოპტიკური ინსტრუმენტის გამოყენებით იდენტური აღმოჩნდება, თუმცა მათი განლაგება შეიძლება სხვადასხვაგვარი იყოს.



სურათი TG4-5: ჩვეულებრივი სპექტროსკოპი თეთრი სინათლის სპექტრის დასანახად

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. აღწერეთ რას ხედავთ, როცა სინათლე გაივლის პრიზმაში ან დიფრაქციულ მესერში.
2. მოახდინეთ იმ ფერების იდენტიფიკაცია, რომელსაც ხედავთ ეკრანზე ან მესერის გავლით.
3. ამ შეკითხვის დასმას მაშინ აქვს აზრი, როცა დაკვირვებები ტარდება როგორც სპექტროსკოპისა, ასევე პრიზმის გამოყენებით: პრიზმითა და სპექტროსკოპით დანახული ფერები მსგავსია?

დემონსტრაცია 2. ამ დემონსტრაციის ჩატარება შეიძლება ოთახში ონკანის წყლით სავსე აკვარიუმის გამოყენებით. ონკანის წყალი უმჯობესია, რადგან გამოხდილი წყალი არ შეიცავს სინათლის გამბნევ ნაწილაკებს. წყლიანი კონტეინერი მოთავსებულია პროექტორიდან მომავალი სინათლის გზაზე (სურათი TG4-6). (როცა ეს კეთდება გარეთ, მზის სინათლის გამოყენებით, შესაძლებელია უფრო პატარა კონტეინერის გამოყენება.) დაკვირვებები ტარდება ორივეზე - კონტეინერში გავრცელებისას გაბნეულ სინათლეზეც და წყალში გასულ, ეკრანზე დაცემულ სინათლეზეც.

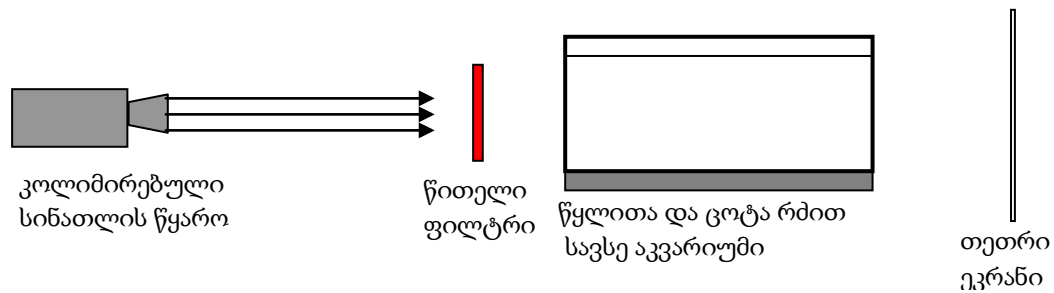
გაბნეული სინათლის ინტენსიურობა დამოკიდებულია წყალში შეტივტივებულ ნაწილაკების რაოდენობაზე. ნაწილაკები გამოჩნდება, როგორც მუდმივად მოძრავი, პატარა, მნათი ობიექტები. არც გაბნეულ და არც გასულ სინათლეში არ ჩანს ცალკეული ფერები.

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. შესაძლებელია წყალში გავრცელებისას სინათლის მკაფიოდ დანახვა? რატომ? ან რატომ არა?
2. წყალში გავრცელებისას ჩანს რომელიმე ცალკეული სინათლის ფერი? რას იტყვით გასულ სინათლეზე, რომელიც ეკრანზე გამოჩნდება?

დემონსტრაცია 3. ეს დემონსტრაცია ყველაზე კარგად გაკეთდება ჩაბნელებულ ოთახში. წყლით სავსე აკვარიუმში დამატებულია რამდენიმე წვეთი რძე. აკვარიუმის გვერდზე ეცემა ინტენსიური კოლიმირებული წყაროდან მომავალი სინათლე, როგორც ეს ნაჩვენებია TG4-7 სურათზე. სინათლის წყაროსა და აკვარიუმს შორის მოთავსებულია წითელი ფილტრი. ეკრანზე დაიმზირება წყლის ფერი აკვარიუმში და გასული სინათლის ფერი, რომელიც პროექცირდება ეკრანზე. წითელი ფილტრი იცვლება სხვა ფერის ფილტრებით და დაიმზირება გაბნეული და გასული სინათლის ფერი და ინტენსიურობები.

გაბნეული სინათლე, როცა დაცემული სინათლე ლურჯია (ლურჯი ფილტრით), ჩანს უფრო კაშკაშა, ვიდრე სხვა ფერები. მაგრამ აქ შეიძლება გაჩნდეს აზრთა სხვადასხვაობები. თუკი პროექტორს გამოვიყენებთ, მაშინ შესაძლებელია ერთდროულად დავაკვირდეთ გაბნევას სხვადასხვა ფერის დაცემული სხივისთვის. ეს ალტერნატიული დემონსტრაცია აღწერილია ალტერნატიული მოწყობილობების სექციაში. დემონსტრაცია 4 -ს მიზანია ამ საკითხების გადაწყვეტა.



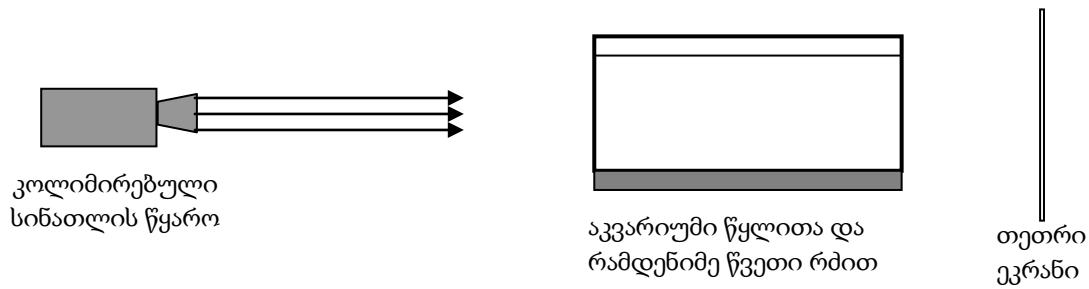
სურათი TG4-7: მოწყობილობა დემონსტრაცია 3-სთვის

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. თქვენი აზრით, რა მიზანს ემსახურებოდა მცირე რაოდენობით რძის შერევა წყალში?
2. დაცემული სინათლის (რომელიც შედის აკვარიუმში) ფერთან შედარებით, როგორია გაბნეული და გასული სინათლის ფერები?
3. რომელი ფერის დაცემული სინათლის სხივი გაიბნა ყველაზე მეტი ინტენსიურობით? ყველაზე ნაკლები ინტენსიურობით?

დემონსტრაცია 4. ამ დემონსტრაციაში სინათლის წყაროსა და აკვარიუმს შორის ფილტრი არ არის მოთავსებული, როგორც ნაჩვენებია TG4-8 სურათზე. თეთრი

სინათლის სხივი, სხვადასხვა ფერების ნარევი, ეცემა აკვარიუმს. წყალში დამატებულია ცოტა რძე, როგორც დემონსტრაცია 3-ში.



სურათი TG4-8: მოწყობილობა რძის ცხიმის ნაწილაკებით სინათლის გაბნევაზე დასაკვირვებლად

ჩაინიშნეთ გაბნეული სინათლისა და გამავალი სხივის ფერი. მარტივი სპექტროსკოპის გამოყენებით დააკვირდით სითხის ფერების სპექტრს და გასული სხივის ფერების სპექტრს.

როცა დამატებულია ცოტა რძე, გაბნეული სინათლე ჩანს მოლურჯო ფერის, ხოლო გასული სინათლე ეკრანზე ჩანს მოყვითალოდ. თუმცა, სპექტროსკოპით დაკვირვებისას, არც გაბნეული სინათლის ფერია სუფთა ლურჯი და არც გასული სინათლის ფერი - სუფთა ყვითელი. გაბნეულ და გასულ სინათლეში მოიძებნება ხილული სპექტრის ყველა ფერი.

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. აღწერეთ გასული და გაბნეული სინათლის ფერები.
2. რომელი ფერი განიბნევა ყველაზე მეტად? ყველაზე ნაკლებად?
3. შეგიძლიათ ახსნათ გასული სინათლის ფერის მიზეზი?
4. გაბნეული სინათლის ფერი ერთნაირია შეუიარაღებელი თვალითა და მარტივი სპექტროსკოპით დაკვირვებისას? თუ არაა ერთნაირი, შეგიძლიათ ახსნათ განსხვავება?

დემონსტრაცია 5. ნელ-ნელა წყალს დაამატეთ მეტი რძე, მოურიეთ და დააკვირდით გაბნეული და გასული სინათლის ინტენსიურობისა და ფერის ცვლილებას.

როცა წყალს მეტი რძე დაემატება, გაბნეული სინათლე უფრო კაშკაშად გამოჩნდება და გათეთრდება. გასული სინათლის ფერი კი შეიცვლება ყვითელიდან ნარინჯისფერით და წყალში მეტი რძის დამატებასთან ერთად წითლით. მისი ინტენსიურობა უფრო შემცირდება, როცა რძის რაოდენობა გაიზრდება.

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. აღწერეთ ცვლილება გაბნეული სინათლის ფერსა და ინტენსიურობაში წყალში მეტი რძის დამატების შემდეგ.
2. აღწერეთ ცვლილება გასული სინათლის ფერსა და ინტენსიურობაში წყალში მეტი რძის დამატების შემდეგ.
3. შეგიძლიათ დაასაბუთოთ, რატომ მუქდება ეკრანი წყალში მეტი რძის დამატებისას?
4. წარმოიდგინეთ, რომ აკვარიუმში მყოფი ნარევი წარმოადგენს დედამიწის ატმოსფეროს. რას წარმოადგენს წყალი? რას წარმოადგენს რძე?
5. რა მხრივ არის დემონსტრაცია ლურჯი ცისა და წითელი მზის ჩასვლის მოვლენის მსგავსი? შეგიძლიათ ახსნათ, როგორ ხდება ეს მოვლენა ბუნებაში?
6. რელიის თეორიის თანახმად, ცალკეულ იზოტროპულ ნაწილაკებზე გაბნევისას, რომელთა ზომები დაცემული სინათლის ტალღის სიგრძეზე მცირეა, გაბნევის ინტენსიურობა ტალღის სიგრძის მეოთხე ხარისხის უკუპროპორციულია. დაასაბუთეთ, რატომ განიბნევა ლურჯი სინათლე უფრო ეფექტურად, ვიდრე წითელი.
7. ვინაიდან იისფერ სინათლეს აქვს უფრო მოკლე ტალღის სიგრძე, ვიდრე ლურჯ სინათლეს, რატომ ჩანს ცა ლურჯი და არა იისფერი?
8. როგორ შეგიძლიათ ახსნათ სიგარეტიდან წამოსული კვამლის, ძრავიდან გამონაბოლქვი კვამლისა და ცხაურაზე საჭმლის მომზადების დროს წარმოქმნილი კვამლის მოლურჯო ფერი?
9. აღწერეთ მთვარის ფერი მისი სრული დაბნელების დროს. შეგიძლიათ იმის დასაბუთება, რატომ აქვს მას ასეთი ფერი?
10. როდესაც დგახართ გორაკის წვერზე და გარშემო იხედებით, გარშემომყოფი მცენარეები მწვანედ მოჩანს, მაგრამ შორი ტყიანი მთები შეიძლება ლურჯად გამოჩნდნენ. ჰორიზონტს იქით, უფრო დაშორებული მთები კი თეთრად ჩანან. თქვენი აზრით, რატომ ხდება ასე?

ალტერნატიული მოწყობილობები

პროექტორისა და თასის გამოყენებით: დემონსტრაციაში შეიძლება აკვარიუმის შეცვლა თასით და პროექტორის გამოყენება. მნიშვნელოვანია, რომ ნიღაბი თასის დიამეტრის მქონე მრგვალი ჭრილით მოთავსდეს პროექტორზე და ეკრანზე მხოლოდ თასში გასული სინათლე გამოჩნდეს.

დაცემული სინათლიდან სხვადასხვა ფერის გაბნეული და გასული სინათლის ფარდობითი ინტენსიურობები შეიძლება ერთდროულად დავინახოთ პროექტორზე მდებარე ორი პატარა გამჭვირვალე კონტეინერის საშუალებით. მათში რძის კონცენტრაცია ერთნაირი უნდა იყოს. თითოეული კონტეინერისთვის უნდა იყოს ნიღაბი მრგვალი ხვრელით. თითოეული კონტეინერის ქვეშ მოთავსებულია ფილტრი.

პროექტორისა და ცელოფნის ფილტრების ადგილას შეიძლება გამოყენებულ იქნას სუპერკაშკაშა წითელი, მწვანე და ლურჯი სინათლის გამომსხიველები დიოდები

(LED). ასეთ დიოდებს უფრო სუფთა სპექტრი აქვთ, ვიდრე ცელოფანს. კოლიმაციისათვის საჭიროა შემკრები ლინზა. სუპერკაშკაშა თეთრი სინათლის LED-ს გამოყენება ნათურისა და მზის სინათლის ნაცვლად მოხერხებულია, თუმცა მისი სპექტრი წითელ უბანში არასრულყოფილია. ამიტომ გაბნეული სინათლე ძალიან მოლურჯო გამოჩნდება.

ტინდალის ეფექტი: ლურჯი ცისა და წითელი მზის ჩასვლის სადემონსტრაციოდ შეიძლება სხვა მეთოდის გამოყენება - ნატრიუმის თიოსულფატისა და წყლის ნარევი, რომელიც ასხია აკვარიუმში ან თასში (თუ გამოყენებულია პროექტორი), დამატებულია მარილმჟავა. გოგირდის შეტივტივებული ნაწილაკები, რომლებიც გამონთავისუფლდნენ მჟავასთან ქიმიური რეაქციის შედეგად, რძის ცხიმების ბურთულების მსგავსად მოქმედებენ, როგორც გამბნეველები. დეტალები მოცემულია ქვემოთ:

აღჭურვილობა და ხელსაწყოები

- 10 გალონიანი(დაახლოებით 40 ლ) აკვარიუმი ან დიდი თასი
- გამობდილი წყალი
- 120 გრამი ნატრიუმის თიოსულფატი (NaS_2O_3)
- 60 მლ კონცენტრირებული HCl
- სლაიდების პროექტორი ისეთნაირად გამოჭრილი სლაიდით. რომ ეკრანზე მიიღოს წრის ფორმის გამისახულება.
- დიდი მოსარევი ჯოხი
- თეთრი ეკრანი

პროცედურა:

მომზადეთ აკვარიუმი ან თასი, სანამ გაკვეთილი დაიწყება. აავსეთ ის ზემოდან 4 დიუმამდე. დაამატეთ 120 გრამი NaS_2O_3 და მოურიეთ. პროექტორი მოათავსეთ ისე, რომ ანათებდეს ეკრანს აკვარიუმის გავლით. სინათლე ეკრანზე აუდიტორიის ყველა მხრიდან უნდა ჩანდეს.

ჩართეთ პროექტორი, ჩააქრეთ ოთახის განათებები და აკვარიუმში ჩაასხით მარილმჟავა (არ მოურიეთ). ფერის შესაცვლელად საჭიროა 10-15 წუთი. ეს დრო შეგიძლიათ გამოიყენოთ სტუდენტებთან დისკუსიისთვის იმის შესახებ, თუ რა ხდება.

ნაწილი 3: პოლარიზაცია გაბნევით

მიზნები

1. გასული და გაბნეული სხივის პოლარიზაციის დადგენა იმ პირობებში, როდესაც დაცემული სხივი არ არის პოლარიზებული.
2. გასული და გაბნეული სინათლის პოლარიზაციის დადგენა იმ პირობებში, როცა დაცემული სხივი პოლარიზებულია.
3. ლურჯ ცაზე და მის პოლარიზაციის მდგომარეობაზე დაკვირვება
4. იმის გამოკვლევა, ამჟღავნებენ თუ არა ღრუბლები პოლარიზაციას

5. იმის ახსნა, თუ როგორ გამოიყენება წრფივი პოლარიზატორი ფოტოაპარატებში ცასა და ღრუბლებს შორის კონტრასტის გასაუმჯობესებლად.

შესავალი

წინა დემონსტრაციებში თქვენ აკვირდებოდით გაბნეული სინათლის სპექტრულ მახასიათებლებს. ამ დემონსტრაციებში გამოკვლეული იქნება გაბნეული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობა. თვისებრივი შედეგები დაეხმარება სტუდენტებს ცაში გაბნეული სინათლის პოლარიზაციის გაგებაში.

დემონსტრაცია 1 და 2-ში თქვენ გაეცნობით გაბნეული სინათლის პოლარიზაციას, როცა არაპოლარიზებული და პოლარიზებული სინათლის სხივები ეცემა გარემოს, რომელშიც შეტივტივებულია ნაწილაკები. დემონსტრაცია 3-ში პირველი ორი დემონსტრაციის შედეგები დაუკავშირდება ცის სინათლეს. დემონსტრაცია 4-ში დაკვირვებული იქნება ცის სინათლე.

სექციებში „შენიშვნები აღჭურვილობის შესახებ“ და „შენიშვნები დემონსტრაციების შესახებ“ მოცემულია მითითებები მასალების შერჩევისა და მოწყობილობათა მომზადების შესახებ. მოდულის ბოლოში მოცემულია ლიტერატურისა სია გაბნევისა და პოლარიზაციაზე წიგნებიდან და ჟურნალებიდან.

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- აკვარიუმი
- ინტენსიური კოლიმირებული თეთრი სინათლის წყარო
- წყალი
- ორი წრფივი პოლარიზაციული ფილტრი (პოლაროიდი)
- ცოტა მოუხდელი რძე
- მოსარევი ჯოხი

შენიშვნები აღჭურვილობის შესახებ

სინათლის წყარო: გამოიყენეთ იგივე სინათლის წყარო, რომელიც აღწერილია ნაწილი 2-ს შენიშვნებში.

პოლარიზაციული ფილტრები: პოლაროიდულ ფირს აქვს თვისება - მოახდინოს არაპოლარიზებული სინათლის წრფივად პოლარიზება. იგი გამოიგონა ლენდმა (E.H. Land) 1938 წელს. იგი შედგება ნახშირწყალბადის მოლეკულების გრძელი ჯაჭვისაგან, რომლებიც განლაგებულნი არიან ერთი წრფის გასწვრივ გარკვეული მიმართულებით - ეს მიიღწევა ფირფიტის ერთი მიმართულებით გაჭიმვისას მომზადების პროცესში. დიქროული ნივთიერების მიკროკრისტალები, როგორცაა გუანინის იოდოსულფატი, ჩასმულია პლასტმასის ფირფიტაში ისე, რომ გრძელი ჯაჭვი ხდება გამტარი ოპტიკურ სიხშირეებზე. როდესაც დაცემული სინათლის ელექტრული ვექტორი პარალელურია ჯაჭვისა, ის შთაინთქმება, ხოლო როცა პერპენდიკულარულია - გადის. ჯაჭვის პერპენდიკულარულ

მიმართულებას *გაშვების ღერძი ეწოდება*. პოლაროიდის შექმნის დროს მისი გაშვების ღერძი, ჩვეულებრივ, მითითებული არაა. მაგრამ ეს შეიძლება მარტივად გაირკვეს, თუ ფილტრით შევხედავთ მზხინვარე, არამეტალური ზედაპირიდან არეკლილ სინათლეს, როგორც ქვემოთაა ნაჩვენები. არეკლილი სინათლე სინათლის დაცემის სიბრტყის პერპენდიკულარულად ნაწილობრივ პოლარიზებულია. ფილტრს აბრუნებენ მანამ, სანამ არეკლილი სხივის ინტენსიურობა ფილტრში გავლის შემდეგ არ იქნება მინიმალური. ამ მდებარეობაში პოლაროიდის გაშვების ღერძი სინათლის დაცემის სიბრტყის პარალელურია. (ის სურათი TG4-9.)

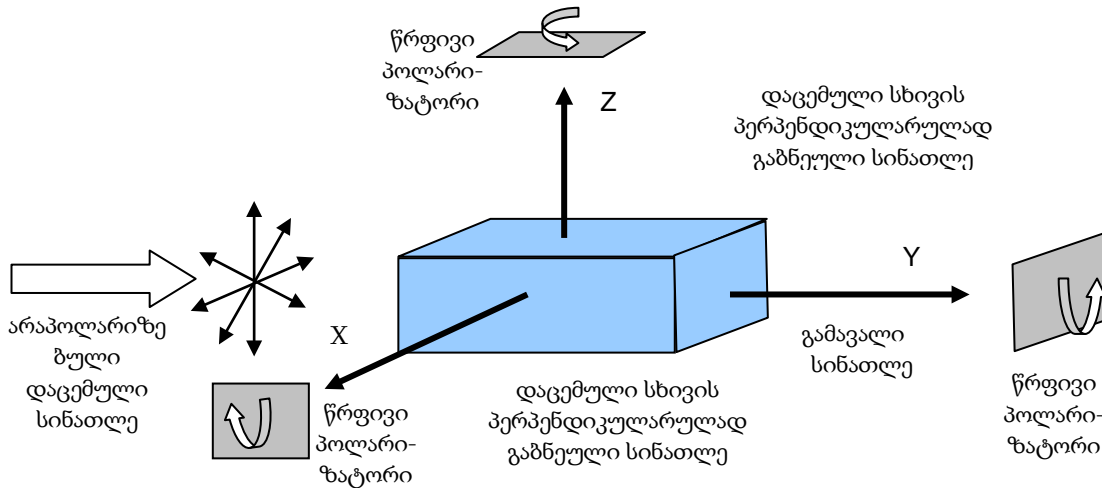
გამზნევი ნაწილაკები და აკვარიუმი: იხილეთ შენიშვნები აღჭურვილობის შესახებ ნაწილი 2-სთვის.

შენიშვნები დემონსტრაციის შესახებ

დემონსტრაცია 1. აკვარიუმი სავსეა წყლით. წყალში დამატებულია ცოტა რძე, საკმარისი რაოდენობა იმისათვის, რომ ნარევი გახდეს მოთეთრო, თუმცა ჯერ კიდევ გამჭვირვალე. რძის ცხიმის ბურთულები მოქმედებენ, როგორც სინათლის გამზნევეები. არაპოლარიზებული კოლიმირებული სინათლის წყარო ანათებს აკვარიუმის გვერდს.

გამოყენებულია წრფივი პოლარიზაციული ფილტრი იმის გასაგებად, პოლარიზდება თუ არა გაზნეული და გასული სინათლე. მოწყობილობა ნაჩვენებია ქვემოთ, TG4-10 სურათზე. პოლარიზატორი ბრუნავს. პოლარიზატორის გავლით დანახული სინათლის ინტენსიურობის შეცვლა ნიშნავს, რომ სინათლე პოლარიზებულია. მაქსიმალური გავლადობა აჩვენებს, რომ სინათლის პოლარიზაცია პოლარიზატორის გაშვების ღერძის პარალელურია. მინიმალური გავლადობა აჩვენებს, რომ სინათლის პოლარიზაცია პოლარიზატორის გაშვების ღერძის პერპენდიკულარულია. თუ პოლარიზატორის მოტრიალებით არ იცვლება ინტენსიურობა, მაშინ სინათლე არაპოლარიზებულია.

x ღერძის მიმართულებით გაბნეული სინათლე ბევრად უფრო ინტენსიურია, როცა პოლარიზაციის გაშვების ღერძი ორიენტირებულია ვერტიკალურად, ვიდრე მაშინ, როცა გაშვების ღერძი ორიენტირებულია ჰორიზონტალურად. ეს ნიშნავს, რომ x მიმართულების გასწვრივ გაბნეული სინათლე პოლარიზდება z მიმართულებით (ვერტიკალურად). აღსანიშნავია, რომ პოლარიზაცია ასევე პერპენდიკულარულია არაპოლარიზებული დაცემული სხივის გავრცელების მიმართულებისა.



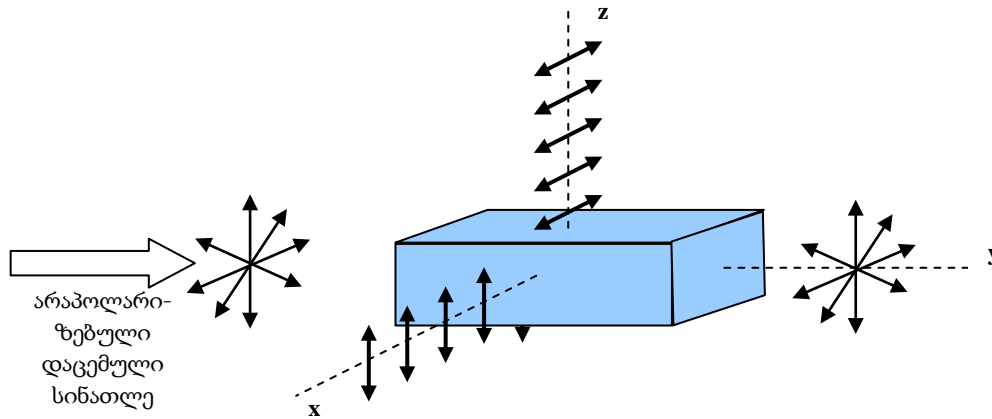
სურათი TG4-10: პატარა შეტივტივებული ნაწილაკებით გაბნეული სინათლის პოლარიზაციის გამოსაკვლევი მოწყობილობა

z ღერძის მიმართულებით გაბნეული სინათლე ბევრად უფრო ინტენსიურია, როცა პოლარიზაციის გაშვების ღერძი ორიენტირებულია x - ღერძის გასწვრივ, ვიდრე მაშინ, როცა გაშვების ღერძი ორიენტირებულია y -ღერძის გასწვრივ. ეს ნიშნავს, რომ z მიმართულების გასწვრივ გაბნეული სინათლე პოლარიზდება x მიმართულებით (ჰორიზონტალურად) და პერპენდიკულარულია არაპოლარიზებული დაცემული სხივის გავრცელების მიმართულებისა.

როდესაც პოლარიზირებული ბრუნავს, გასული სინათლის ინტენსიურობა არ იცვლება. ეს ნიშნავს, რომ გასული სინათლე არაა პოლარიზებული (ან შეიძლება იყოს წრიულად პოლარიზებული).

ეს დაკვირვებები ილუსტრირებულია ქვემოთ, TG4-11 სურათზე.

სინათლის ტალღების ელექტრული ველი ირხევა სინათლის გავრცელების მიმართულების პერპენდიკულარულად. ნაწილაკის მიერ სინათლის გაბნევის პროცესში ეს ელექტრული ველი იწვევს ნაწილაკში ელექტრონების რხევას ელექტრული ველის მიმართულებით. ეს ელექტრონები ხელახლა ასხივებენ სინათლეს რხევის პერპენდიკულარული ყველა მიმართულებით, მაგრამ არა რხევის მიმართულებით. ამიტომ გაბნევა არასდროს გამოიწვევს სინათლის პოლარიზაციას დაცემული სინათლის გავრცელების მიმართულების გასწვრივ.



სურათი TG4-11: დემონსტრაცია 1-ში დამზერილი გაბნეული და გასული სინათლის პოლარიზაცია

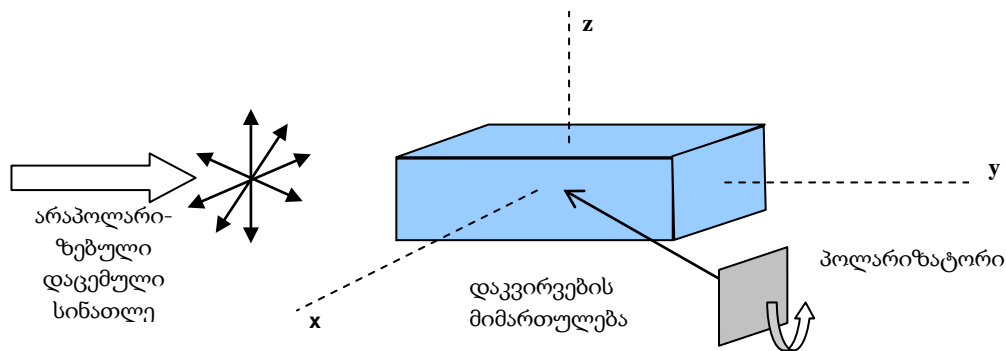
ცალკეული იზოტროპული ნაწილაკის მიერ სინათლის გაბნევის თეორიაში, რომელიც შექმნა რელეიმ, იგულისხმებოდა, რომ ნაწილაკის ზომა დაცემული სინათლის ტალღის სიგრძესთან შედარებით მცირეა. ამ თეორიის მიხედვით, გაბნეული სინათლე არაპოლარიზებულია წინა და უკანა მიმართულებით და სრულიად პოლარიზებულია დაცემული სხივის მიმართულების პერპენდიკულარული მიმართულებით. ძალიან ცოტა რძის გამოყენება დაახლოებით გვიჩვენებს ამ მოვლენას. თუ დამატებულია ბევრი რძე, მაშინ მრავალჯერადი გაბნევა გამოიწვევს გაბნეული სინათლის ნაწილობრივ პოლარიზაციას.

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. აღწერეთ გაბნეული სინათლის პოლარიზაცია x -სა და z -ს გასწვრივ - მიუთითეთ პოლარიზაციის მიმართულებები და ახსენით, როდის არის პოლარიზაცია სრული ან ნაწილობრივი? აღწერეთ პოლარიზაციის მიმართულება დაცემული სხივის გავრცელების მიმართულების მიმართ.
2. შესაძლებელია თუ არა გაბნეული სინათლის პოლარიზაციის მიმართულება ემთხვეოდეს დაცემული სხივის გავრცელების მიმართულებას (ამ შემთხვევაში, y -ღერძის მიმართულებას)? როგორ აქცევს გაბნევა არაპოლარიზებულ სინათლეს პოლარიზებულ სინათლედ?
3. აღწერეთ y -ს გასწვრივ გასული სინათლის პოლარიზაცია, მიუთითეთ პოლარიზაციის მიმართულება და ახსენით, როდის არის პოლარიზაცია სრული და ნაწილობრივი. თქვენი დაკვირვების საფუძველზე, შეგიძლიათ ახსნათ გაბნეული სინათლის პოლარიზაცია ?

არასავალდებულო დამატებითი დემონსტრაცია. ამ დამატებით დემონსტრაციაში გაბნეული სინათლე სხვა კუთხით დაიკვირვება და პოლარიზაციის ხარისხი შედარებულია წინა დემონსტრაციის შედეგთან. დაუსვით სტუდენტებს შემდეგი შეკითხვები: თუ გაბნეული სინათლე x -ს გასწვრივ პოლარიზებულია ხოლო y -ს

გასწვრივ არაპოლარიზებული, პოლარიზაციის ხარისხში იქნება თუ არა ცვლილება, თუ გაბნეული სინათლე დაიკვირვება ირიბი მიმართულებიდან, როგორც ქვემოთაა ნაჩვენები?

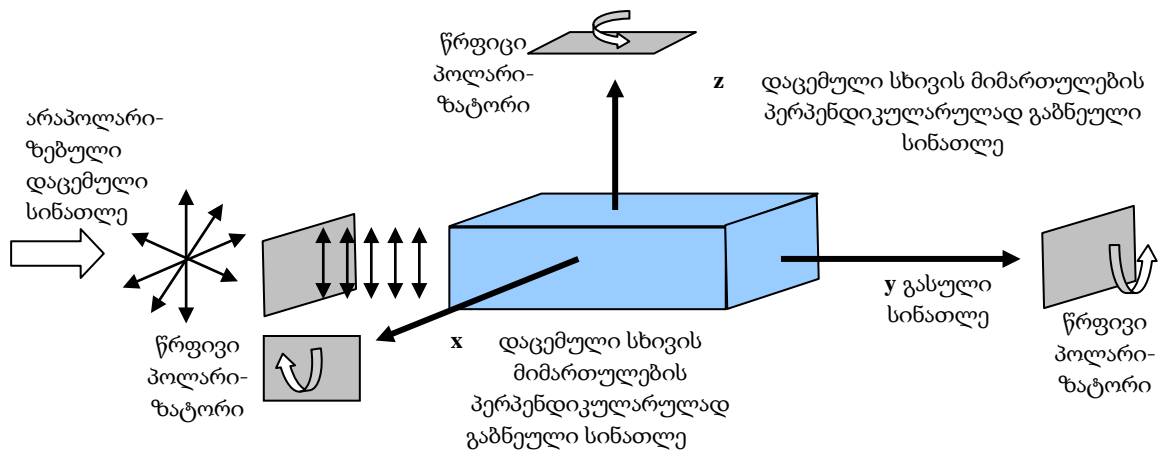


ამ დამატებით დემონსტრაციაში გამოჩნდება, რომ გაბნეული სინათლის პოლარიზაციის ხარისხი სხივის გავრცელების პერპენდიკულარული მიმართულებით უფრო მაღალია, ვიდრე ირიბი კუთხით.

დემონსტრაციები 2 და 3. დემონსტრაციები 2 და 3 შექმნილია 1 დემონსტრაციაში მიღებული დასკვნების დასადასტურებლად. გამოყენებულია იგივე მოწყობილობა - წყლითა და რამდენიმე წვეთი რძით სავსე აკვარიუმი. განსხვავება არის ის, რომ არაპოლარიზებული კოლიმირებული სინათლე აკვარიუმზე დაცემამდე გაივლის წრფივ პოლარიზაციულ ფილტრში, რომლის გაშვების ღერძი მიმართულია z ღერძის გასწვრივ (ვერტიკალური მიმართულებით) დემონსტრაცია 2-ში და x ღერძის გასწვრივ (ჰორიზონტალური მიმართულებით) - დემონსტრაცია 3-ში. ამიტომ, ვერტიკალურად პოლარიზებული სინათლე ეცემა აკვარიუმს დემონსტრაცია 2-ში და ჰორიზონტალურად პოლარიზებული - დემონსტრაცია 3-ში.

სხვა წრფივი პოლარიზაციული ფილტრები გამოყენებულია გაბნეული და გასული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობის განსასაზღვრად, როგორც წინა ექსპერიმენტებში (იხ. სურათი TG4-12). x -სა და y -ს მიმართულებით გაბნეული და z -ს მიმართულებით გასული სინათლის პოლარიზაცია გამოკვლეულია პოლარიზატორის ბრუნვით და მასში გასულ სინათლეზე დაკვირვებით.

დემონსტრაცია 2-ში x -ს გასწვრივ გაბნეული სინათლე უფრო ინტენსიურია, როცა პოლაროიდი ორიენტირებულია ვერტიკალურად, ვიდრე ჰორიზონტალურად. ეს ნიშნავს, რომ x -ს მიმართულებით გაბნეული სინათლე პოლარიზდება z -ს გასწვრივ და არაპოლარიზებული დაცემული სხივის გავრცელების მიმართულების პერპენდიკულარულად.



სურათი TG4-12: მოწყობილობა დემონსტრაცია 1-სა და 2-სთვის (დემონსტრაცია 3-ში პოლარიზატორი სინათლის წყაროს წინ მოტრიალებულია 90° კუთხით).

z -ს გასწვრივ გაბნეულ სინათლეს ახლა აქვს დაბალი ინტენსიურობა იმის მიუხედავად, ვუყურებთ თუ არა მას პოლარიზატორით. ამ მიმართულებით განიბნევა ძალიან ცოტა სინათლე. დაცემულ და გამავალ სხივებს აქვთ ერთნაირი პოლარიზაცია. დემონსტრაცია 3-ში, როცა სინათლის წყაროს წინ მდებარე წრფივი პოლარიზატორი მობრუნებულია 90° -თ, x -ს გასწვრივ გაბნეული სინათლის ინტენსიურობა უმნიშვნელო ხდება, ხოლო გასული სხივისა და z ღერძის გასწვრივ გაბნეული სინათლის ინტენსიურობა იზრდება, თანაც მათ ისეთივე პოლარიზაცია აქვთ, როგორც დაცემულ სხივს.

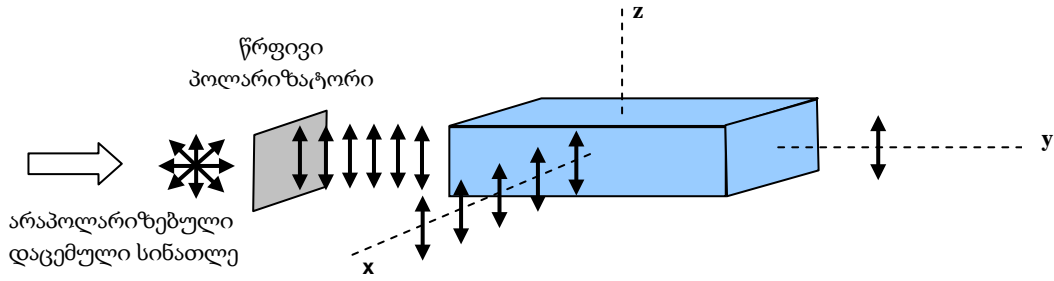
სურათი TG4-13-სა და TG4-14-ში ილუსტრირებულია მოსალოდნელი შედეგები.

სადისკუსიო შეკითხვები დემონსტრაცია 2-სთვის:

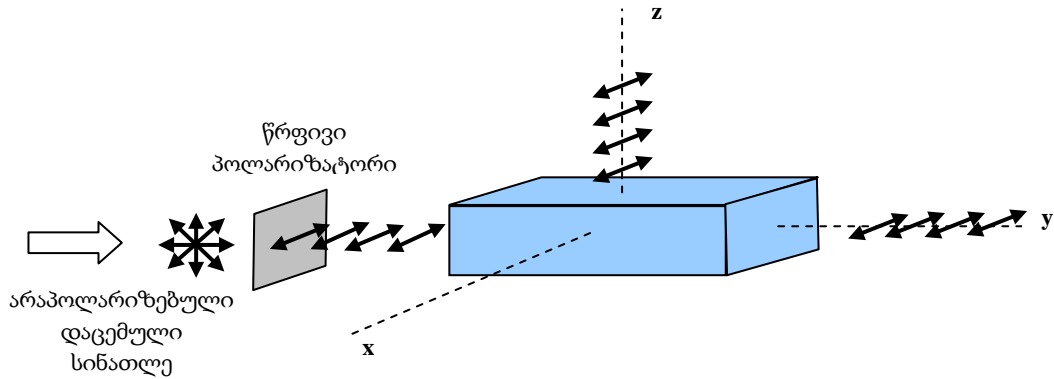
1. შეადარეთ z -ს გასწვრივ გაბნეული სინათლის და x -ს გასწვრივ გაბნეული სინათლის ინტენსიურობები.
2. რატომ განიბნევა ძალიან ცოტა სინათლე z -ს მიმართულებით ?
3. როგორ ფიქრობთ, რა მოხდება თუ სინათლის წყაროს წინ მდებარე პოლარიზატორს მოვატრიალებთ ისე, რომ მისი გაშვების ღერძი x ღერძის გასწვრივ იყოს? აღწერეთ გაბნეული სინათლის პოლარიზაცია.

სადისკუსიო შეკითხვები დემონსტრაცია 3-სთვის:

1. შეადარეთ z -ს გასწვრივ გაბნეული სინათლის და x -ს გასწვრივ გაბნეული სინათლის ინტენსიურობები.
2. რატომ განიბნევა ძალიან ცოტა სინათლე x -ს მიმართულებით ?

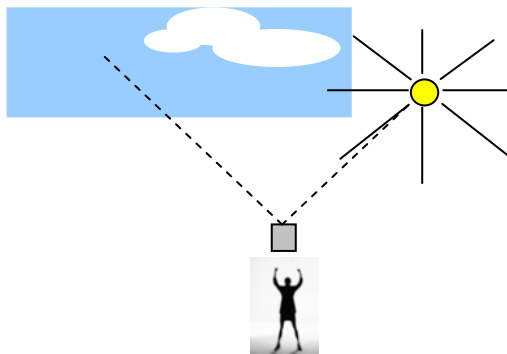


სურათი TG4-13: პოლარიზაციის მოსალოდნელი დაკვირვებები დემონსტრაცია 2-ში.



სურათი TG4-14: პოლარიზაციის მოსალოდნელი დაკვირვებები დემონსტრაცია 3-ში.

დემონსტრაცია 4. ეს არის გარეთ ჩასატარებელი დემონსტრაცია, სადაც სტუდენტები იყენებენ იმ დაკვირვებებს, რომლებიც გააკეთეს დემონსტრაცია 1-3-ში ატმოსფეროში მოლეკულებისა და ნაწილაკების მიერ მზის სინათლის გაბნევაზე.



დადექით ისე, რომ მზე თქვენს უკან იყოს, დაიჭირეთ პოლარიზატორი თქვენს წინ და უყურეთ ცას. მოაბრუნეთ პოლარიზატორი და დააკვირდით ლურჯი გაბნეული სინათლის პოლარიზაციას. გახედეთ პოლარიზატორს ცაზე სხვა მიმართულებით. სცადეთ იპოვოთ მზის მიმართ მიმართულება, სადაც იქნება მაქსიმალური პოლარიზაცია. **პირდაპირ არ შეხედოთ მზეს. ამან შეიძლება დაგიზიანოთ თვალები.**

შემდეგ შეხედეთ ღრუბლებს პოლარიზატორით. მოატრიალეთ პოლარიზატორი და დააკვირდით, არის თუ არა ღრუბლების მიერ არეკლილი სინათლე პოლარიზებული.

ბოლოს შეხედეთ ცის იმ ნაწილს, რომელიც ნაწილობრივ ღრუბლითაა დაფარული. მოატრიალეთ პოლარიზატორი და შეადარეთ ღრუბლების მიერ არეკლილი სინათლისა და ლურჯი გაბნეული სინათლის ფარდობითი ინტენსიურობების ცვლილებები.

დამატებითი დემონსტრაცია. ასევე საინტერესო იქნება პოლაროიდის საშუალებით დააკვირდეთ მზის პირდაპირი სხივების დიფუზურ არეკვლას ჩვენს ირგვლივ არსებულ სხეულებზე (ფოთლები, წყლიანი აუზი და სხვა). არეკლილი სინათლე ასევე ნაწილობრივ პოლარიზებული აღმოჩნდება.

სადისკუსიო შეკითხვები:

1. მზის მიმართ, რომელი მიმართულებითაა ლურჯი ცის პოლარიზაცია მაქსიმალური?
2. ღრუბლების მიერ არეკლილი სინათლე პოლარიზებულია ?
3. როგორ ქმნის პოლარიზაციული ფილტრი ღრუბლებისა და ცის გამოსახულებების კონტრასტს კამერებში ?
4. თუ მზე ჰორიზონტიდან 45 გრადუსზეა, როგორ ფიქრობთ, ცის რომელ ნაწილში დააკვირდებით მაქსიმალურ პოლარიზაციას?

ლიტერატურა

წიგნები

1. G.D. Freier and F.J. Anderson, *A Demonstration Handbook for Physics*, (American Association of Physics Teachers, U.S.A. 1981).
2. K. Gibbs, *The Resourceful Physics Teacher*, (Bristol, IOP Publishing, 1999).
3. *The Exploratorium Science Snackbook*, <http://www.exploratorium.edu>.
4. R. Ehrlich, *Turning the World Inside Out*, (Princeton, NJ, Princeton University Press, 1990).
5. E. Broch, C. McLaren, and K. Johnston. *Physics is Fun*. Sopris West, Inc. Colorado. 1993.
6. S. McGrath, *Fun with Physics*, (Washington, DC, National Geographic Society, 1955).
7. Brenda Walpole, *175 Science Experiments to Amuse and Amaze Your Friends*, New York, Random House, 1988).
8. Robert L. Wolke, *What Einstein Didn't Know*, (New York, Dell, 1997).
9. Craig. F. Bohren, *Clouds in a Glass of Beer*, New York, Wiley, 1987).
10. Marcel Minnaert. *Light and Color in the Outdoors*, New York, Springer-Verlag, 1993).
11. Francisco Glover, S.J., *An Introduction to Natural Science: Science and Light*, (Manila, Cardinal Bookstore, 1972).

12. David Falk, Dieter Brill and David Stork, *Seeing the Light: Optics in Nature, Photography, Color, Vision, and Holography*. New York, 1986).
13. William Swindell, ed., *Polarized Light*, (Stroudsburg, PA, Dowden, Hutchinson and Ross, 1975).
14. E. Hecht and A. Zajac, *Optics*, (New York , Addison-Wesley, 1975).

სტატიები ჟურნალებიდან

1. Haym Kruglak, “ A simplified sunset demonstration,” *Phys. Teach.* **11**, 559 (1973).
2. Marla H. Moore, “ Blue sky and red sunsets,” *Phys. Teach.* **12**, 436-437 (1974).
3. Jay S. Huebuer, “Tricks of the trade: A golden oldie- projecting a sunset,” *Phys. Teach.* **32**, 147 (1994).
4. E-Qing Zhu and Se-yeun Mak, “Demonstrating colors of sky and sunset,” *Phys. Teach.* **32**, 420 (1994).
5. M. Vollmer and Robert Tammer, “Laboratory experiments in atmospheric optics,” *Appl. Optics* **37**, 1557-1568 (1998).
6. E. Boss, “Teachable optics (absorption, Scattering, and the color of the ocean),” *Optics and Photonics News* **16** (11), 12-13 (2005).
7. J. A. Shaw, “The digital blue sky at night,” *Optics and Photonics News* **7** (11), 54-55 (1996).
8. J.A. Shaw, ”What color is the night sky,” *Optics and Photonics News* **16** (11) 18-23 (2005).

Feature Atmospheric Optics Issues in the Journal of the Optical Society of America Applied Optics

1. *J. Opt. Soc. Am.* **69**, 1051-1198 (1979).
2. *J. Opt. Soc. Am.* **73**, 1622-1664 (1983).
3. *J. Opt. Soc. Am.* **A4**, 558-620 (1987).
4. *Appl. Opt.* **30**, 3381-3552 (1991).
5. *Appl. Opt.* **33**, 4535-4760 (1994).
6. *Appl. Opt.* **37**, 1425-1588 (1998).
7. *Appl. Opt.* **42** (3), (2003)
8. *Appl. Opt.* **44** (27), (2005)

მოდული 5: ინფორმაციის ოპტიკურად გადაცემა

ალექს მაზოლინი

საინჟინრო და ინდუსტრიული მეცნიერებების ფაკულტეტი
სვინბურნის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტი
Hawthorn, Victoria, Australia
amazolini@swin.edu.au

მოდული 5: ინფორმაციის ოპტიკურად გადაცემა

მიმოხილვა

მოდულ 1-4-ში შესწავლილი ოპტიკური კანონზომიერებების გამოყენების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი სფეროა ოპტიკური კომუნიკაცია. ამ და მომდევნო მოდულებში ყველაფერს ერთად მოუყრით თავს და ელექტრონიკის საფუძვლების გამოყენებით ააწყობთ მარტივ ოპტიკური კომუნიკაციის სისტემას.

მიზნები

1. შეისწავლოთ, როგორ შეიძლება ინფორმაციის გადაცემა გამგზავნიდან მიმღებამდე.
2. შეისწავლოთ, როგორ შეიძლება ინფორმაციის გადაცემა სინათლის გამოყენებით.
3. მარტივი ოპტიკური წყაროს (შუქდიოდი (LED) და ლაზერული დიოდი) და ოპტიკური დეტექტორის (ფოტოტრანზისტორი) წრედების აგება
4. ოპტიკური მოდულაციის დემონსტრირება (ეს ნიშნავს ელექტრული სიგნალის გარდაქმნას ეკვივალენტურ ოპტიკურ სიგნალად და შემდეგ ოპტიკური სიგნალის უკან, ელექტრულ სიგნალად გარდაქმნას)
5. ინფორმაციის კოდირების კონცეფციის ჩვენება

კვლევა 1: ანალოგური გადაცემის სისტემა

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

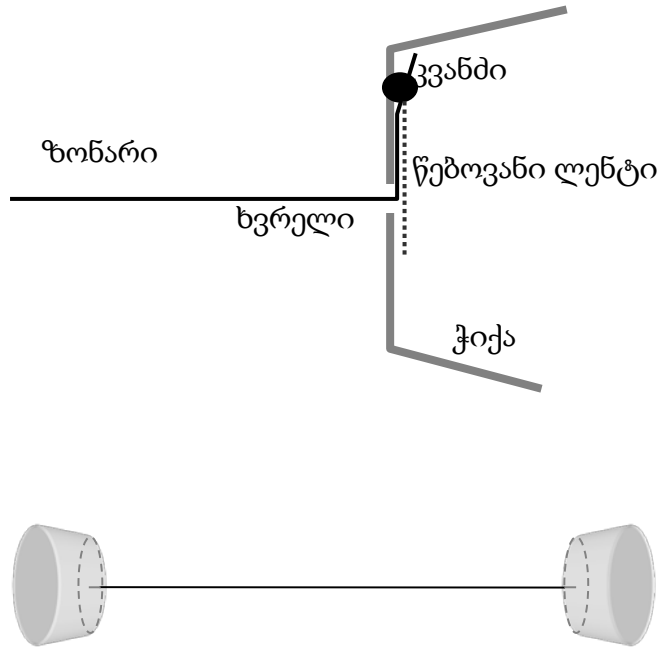
- ორი პოლიეთილენის ან პლასტმასის ჭიქა
- კბილის ჩხირი, პატარა ხვრელის გასაკეთებლად
- წებოვანი ლენტი
- ანკესის გრძელი მკედი ან მტკიცე ძაფი

ოდესმე აგიწყვიათ ”ზონრიანი ტელეფონი”? ეს არის მარტივი სათამაშო მოწყობილობა, რომელიც ხმოვანი გზავნილების შედარებით დიდ მანძილზე გადაცემის საშუალებას იძლევა.

აქტივობა 1-1: ზონრიანი ტელეფონის აწყობა

1. ააწყეთ ქვემოთ ნაჩვენები “ზონრიანი ტელეფონი”. ზონარი უნდა გააძვრინოთ ჭიქის ძირში გაკეთებულ პატარა ხვრელში,

როგორც ქვემოთ ნაჩვენებ სურათზეა გამოსახული. გაკვანძვით ზონარი და წებოვანი ლენტის გამოყენებით საიმედოდ დაამაგრეთ ჭიქის ძირის შიგნით.



2. ერთმა მოსწავლემ ოთახში უნდა დაიჭიროს ერთი ჭიქა, ხოლო მეორე მოსწავლე მეორე ჭიქით, რომელიც პირველს ზონრით უკავშირდება, უნდა გავიდეს მეორე ოთახში, რომელიც პირველი ოთახისგან კარით ან ფანჯრით არის გამოყოფილი. ოთახების გამყოფი კარი ან ფანჯარა დახურეთ ნაწილობრივ, რათა მოსწავლეებს არ ესმოდეთ ერთმანეთის ხმა ჰაერის მეშვეობით. დარწმუნდით, რომ ჭიქების შემაერთებელი ზონარი თავისუფალია და არ ეხება რამე ობიექტს (მაგალითად, კარს, ფანჯარას ან იატაკს).
3. ზონარი შეინარჩუნეთ დაჭიმულ მდგომარეობაში, ილაპარაკეთ ერთერთ ჭიქაში (გადამცემი) და ნახეთ, ესმის თუ არა თქვენი ნათქვამი თქვენს მეგობარს მეორე ჭიქის ყურთან ახლოს მიტანისას (მიმღები).



შეკითხვა 1-1: რა არის ბგერა? როგორ ვრცელდება?

შეკითხვა 1-2: როგორ გამოსცემს ადამიანი "ხმოვან" ბგერებს?

შეკითხვა 1-3: როგორ ესმის ადამიანს "ხმოვანი" ბგერა?

შეკითხვა 1-4: ჩვენი "ზონრიანი ტელეფონის" შემთხვევაში რომელ გარემოში ვრცელდება ბგერა?

შეკითხვა 1-5: როგორ მოქმედებს ზონრის დაჭიმულობა და სიგრძე ბგერის ხმამაღლობასა და სისუფთავეზე?

შეკითხვა 1-6: რატომ არის მნიშვნელოვანი ზონრის გატარება თითქმის დახურულ ფანჯარასა ან კარში?

შეკითხვა 1-7: ანალოგური სიგნალი განიმარტება, როგორც სიგნალი, რომელიც დროის მიხედვით უწყვეტად იცვლება. რატომ შეიძლება ეწოდოს ზემოთ აღწერილ გადამცემ სისტემას "ანალოგური გადაცემის" სისტემა?

კვლევა 2: ციფრული გადაცემის სისტემა

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ელექტრონული ღილაკიანი ჩამრთველი
- წითელი LED
- წინაღობები (390 ომი, 1.8 ომი)
- ფოტოტრანზისტორი
- მუდმივი დენის პიეზოზუმერი
- 9 ვ-იანი ელემენტის მიმყვანი სადენები (ორი შეკვრა)
- 1 მ 2 მმ დიამეტრის მქონე პლასტიკური ოპტიკური ბოჭკო
- ორი 9 ვ-იანი ელემენტი ტრანზისტორისთვის.
- ორი ელექტრული პლატა
- ლაზერული დიოდის მოდული *გაფრთხილება: არავის მიანათოთ ლაზერი თვალში ან თვალის მიდამოებში!*
- დაფის საშლელი და ცარცის ფხვნილი
- აუდიო გარდამქმნელი
- მინი მიკროფონი და ფენოპლასტის ჭიქა
- 3.5მმ -იანი მონო აუდიო შესაერთებელი
- 1 კომი წინაღობა, 1 მკვ ტევადობის კონდენსატორი და 0.5 ვატიანი გამაძლიერებელი მოწყობილობა (გამოიყენეთ ეს ხელსაწყოები, თუ ხელი არ მიგიწვდებათ HI-FI -ს აუდიო გამაძლიერებელთან და დინამიკთან).
- LM317 ძაბვის რეგულატორი, 5 კომი ცვლადი წინაღობა, 240 ომი ფიქსირებული წინაღობა(გამოიყენეთ ეს ხელსაწყოები ცვლადი ძაბვის კვების წყაროს ასაწყობად ლაზერული დიოდისთვის, თუ ხელი არ მიგიწვდებათ მუდმივი ძაბვის ლაბორატორიულ წყაროსთან, რომლის ძაბვა იცვლება 3 – 3.5 ვოლტის ფარგლებში)
- აუდიო წყარო (მაგნიტოფონი,MP3 ან CD player, და ა.შ.)

შესავალი

თუ გსურთ ცდა 1-ში აწყობილი ზონრიანი ტელეფონის გამოყენებით გადასცეთ ინფორმაცია , რომ საჭიროებთ დახმარებას, თქვენ შეგიძლიათ დაიყვიროთ „მიშველეთ“ გადამცემ ჭიქაში. (ე.ი გაგზავნოთ ანალოგური ხმოვანი შეტყობინება). არსებობს თუ არა სხვა გზა ზონარში იგივე ინფორმაციის - „მიშველეთ“ - გადასაცემად გადამცემიდან მიმღებისკენ სხვანაირი ფორმატით ?

როგორც ანალოგური სიგნალის (ანუ რხევის ამპლიტუდა ზონრის გასწვრივ პროპორციულია ხმოვანი სიგნალისა) გადაცემის ალტერნატივა, თქვენ ასევე შეგეძლოთ გაგეგზავნათ ციფრული იმპულსების მიმდევრობა, რომლითაც კოდირებული იქნებოდა შეტყობინება „მიშველეთ“ და ეს შეიძლებოდა გადაცემულიყო ზონრიანი ტელეფონით. გადამცემ სისტემას, რომელიც იყენებს დაშიფრულ დისკრეტულ იმპულსებს, ეწოდება ციფრული გადაცემის სისტემა.

ციფრული გადაცემის სისტემაში ინფორმაციის წარმოდგენა შეიძლება შემდეგნაირად:

- „არ არის სიგნალი“, როგორც წესი წარმოდგენილია ციფრული სიგნალით – „0“
- „არის სიგნალი“, წარმოდგენილია – „1“ –ით

იმპულსის არსებობა/არ არსებობის(ეი „1“ ან „0“ –ის) დადგენა უფრო მარტივია, ვიდრე სიგნალის ამპლიტუდაში მცირე ცვლილების შემჩნევა. განსაკუთრებით მაშინ, როცა ხაზზე სხვა უამრავი „ხმაურია“. ციფრული სისტემებით ინფორმაცია შეიძლება გაიგზავნოს ან ციფრული შრიფტით რომელშიც თითოეული სიმბოლო წარმოდგენილია უნიკალური კოდით ან საწყისი ანალოგური გზავნილის ციფრულ ფორმატში გადაყვანით.

შეკითხვა 2-1: სიგნალის იდენტიფიცირებისა და გაშიფრვის თვალსაზრისით რა არის ანალოგური ან ციფრული გადაცემის სისტემების ნაკლოვანებები და უპირატესობები?

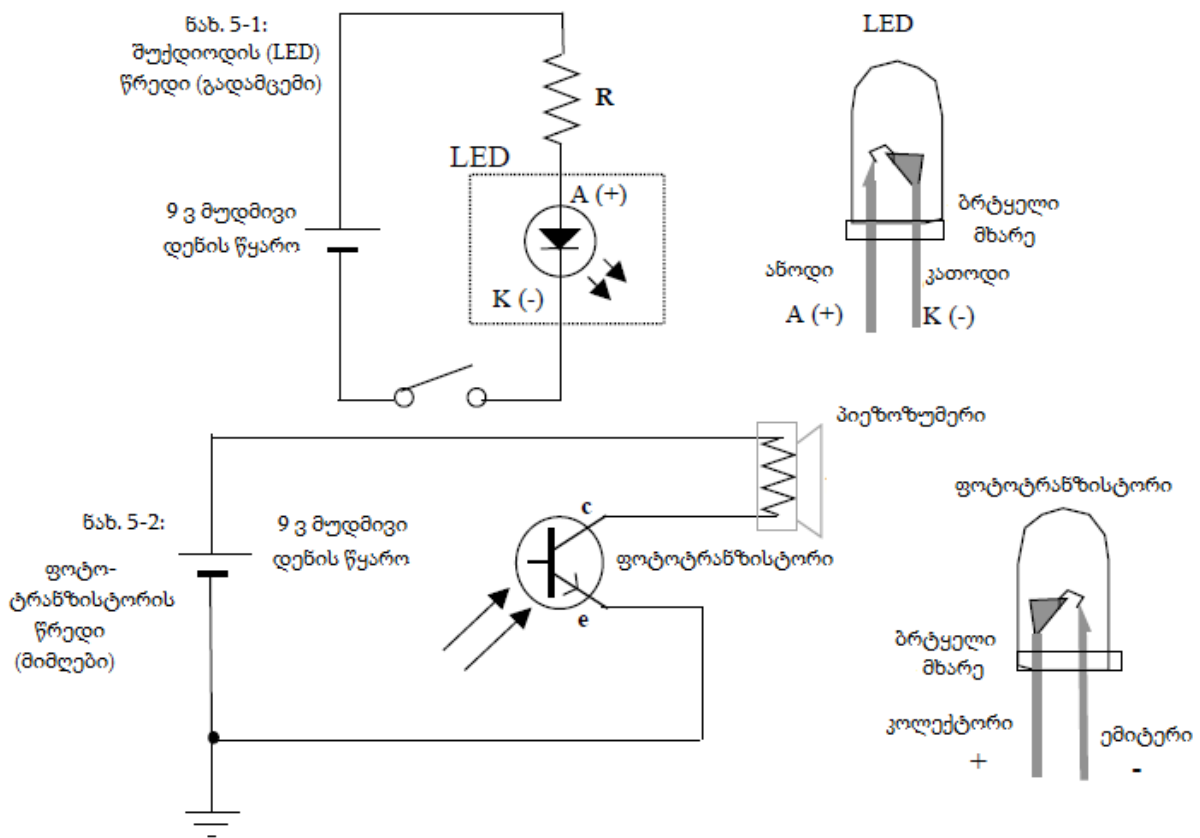
შეკითხვა 2-2: როგორ არის დაშიფრული ტექსტური გზავნილი მობილური ტელეფონების ციფრულ სისტემაში (რომელიც იყენებს ციფრულ იმპულსებს ინფორმაციის გასაგზავნად) ?

შეკითხვა 2-3: როგორ არის დაშიფრული ხმოვანი გზავნილი მობილური ტელეფონების ციფრულ სისტემაში?

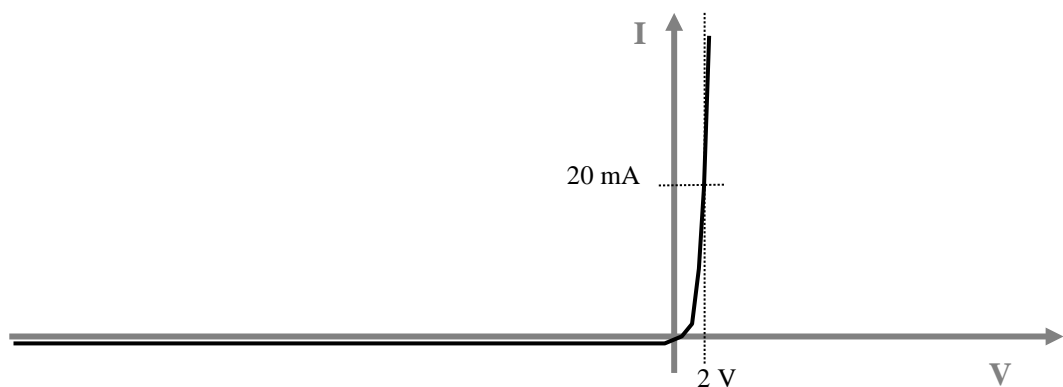
შეკითხვა 2-4: რომელ სისტემას გადააქვს ინფორმაცია ყველაზე ეფექტურად (ტექსტურს თუ ხმოვანს)?

აქტივობა 2-1: როგორ მუშაობს მარტივი LED „ოპტიკური ტელეგრაფი“

მარტივი „ოპტიკური ტელეგრაფი“ შეიძლება აიწყოს შუქდიოდებით (LED) (გადამცემი) და ფოტოტრანზისტორით (მიმღები). ქვემოთ ნაჩვენებია წრედები:



LED – ის ტიპური ვოლტ-ამპერული (I-V) მახასიათებელი ნაჩვენებია 5-3 სურათზე. ამ აქტივობაში გამოყენებული წითელი LED – ისთვის ნორმალური სამუშაო დენის ძალა არის 20 mA,



სურათი 5-3: ტიპური LED I-V მახასიათებელი მრუდი

როდესაც მოდებული პირდაპირი ძაბვა დაახლოებით 2.0 ვოლტია. ამ ნორმალურ I-V მახასიათებელს არასდროს არ უნდა გადავაჭარბოთ.

1. განსაზღვრეთ დენის ძალის ზღვრული მნიშვნელობა ფიქსირებული წინაღობისთვის (R), რომელიც ცხადყოფს, რომ მაქსიმალური დენის ძალა LED – ში არასდროს გადააჭარბებს 20 mA – ს, როცა LED – ის წრედში გამოიყენება 9-ვოლტიანი ბატარეა. ქვემოთ აჩვენეთ თქვენი ნამუშევარი.

შეკითხვა 2-5: თქვენ გაქვთ 390 ომი წინაღობა. თქვენი გამოთვლების მიხედვით, უსაფრთხოა ეს წინაღობა LED-ის წრედში გამოსაყენებლად? რატომ?

კომენტარი: შეიძლება იმის ჩვენება, რომ LED- ის მიერ გამოსხივებული სინათლის ინტენსიურობა პირდაპირ პროპორციულია მასში გამავალი დენის ძალისა. როცა გადამცემ წრედში ჩამრთველი (იხილეთ სურათი 5-1) ღიაა, მაშინ დენი არ გადის LED-ში და სინათლე არ გენერირდება. როცა ჩამრთველი ჩაკეტილია, LED – ში გადის მაქსიმალური დენი და LED კაშკაშებს. LED –ის სინათლის სიგნალის ამ ჩართვა-გამორთვის დეტექტირება და გაძლიერება შეუძლია ფოტოტრანზისტორს მიმღების წრედში (იხილეთ სურათი 5-2). როცა LED – ის გამოსხივებული სინათლე დაეცემა ფოტოტრანზისტორს, ამ უკანასკნელს შეუძლია წარმოქმნას საკმარისი დენის ძალა პიეზოზუმერის ჩასართავად, რომელიც გამოსცემს ხმამაღალ ბგერებს (ხმაურს).

2. გამოიყენეთ მორზეს კოდების ცხრილი სურათ 5-4 –ში და გაგზავნეთ მარტივი გზავნილი LED გადამცემიდან ფოტოტრანზისტორულ მიმღებში.

შეკითხვა 2-6: ეს გადამცემი სისტემა ციფრულია თუ ანალოგური? ახსენით.

შეკითხვა 2-7: რომელ გარემოში ვრცელდება ინფორმაცია?

A	.-	I	..	N	-.	V	...-	0	-----
B	....	J	.---	O	---	W	.--	1	.----
C	-. -.	K	-.-	P	.-.	X	-.-.	2	..----
D	...-	L	.-..	Q	---.	Y	-.-.	3	...--
E	.	M	--	R	.-.	Z	--..	4-
F	..-.			S	...			5	.....
G	--.			T	-			6	-....
H	....	Letter	Morse	U	..-			7	--...
								8	---..
								9	-----

სურათი 5-4:მორზეს კოდის ცხრილი (მორზეს ანბანი)

შეკითხვა 2-8: ინფორმაციის იმპულსები გადაეცემა ტალღური შეშფოთებებით. რით განსხვავდება ეს სინათლის ტალღები გრძივი (ბგერითი) ტალღებისგან ზონრიანი ტელეფონის ზონარში?

შეკითხვა 2-9:რა ემართება სინათლის ინტენსიურობას მიმღებზე, როცა აშორებ ერთმანეთს LED –ს და ფოტოტრანზისტორს. რატომ?

შეკითხვა 2-10: იქნებოდა თუ არა პრაქტიკული ამ გზით ინფორმაციის გადაცემა დიდ მანძილზე? ახსენით თქვენი პასუხი.

შეკითხვა 2-11:ვთქვათ, თქვენ იმყოფებით კოსმოსურ ხომალდში და თქვენგან 100მ–ის დაშორებით არის მეორე ხომალდი, რომელშიც არ არიან ადამიანები. თქვენ აკვირდებით მეორე ხომალდს ფანჯრიდან, რომელსაც შეუძლია გაატაროს დედამიწისკენ სინათლეც და ბგერაც. მოხდა დიდი აფეთქება უეკიპაჟო ხომალდზე. განიხილეთ თქვენს მეზობლებთან: რატომ შეგიძლიათ დაინახოთ აფეთქება, მაგრამ ვერ გაიგონოთ? საჭიროა თუ არა გარემო ბგერითი სიგნალის გადასაცემად? საჭიროა თუ არა გარემო სინათლის ტალღებისთვის?

აქტივობა 2-2: ოპტიკურ ბოჭკოვანი კომუნიკაციის სისტემა

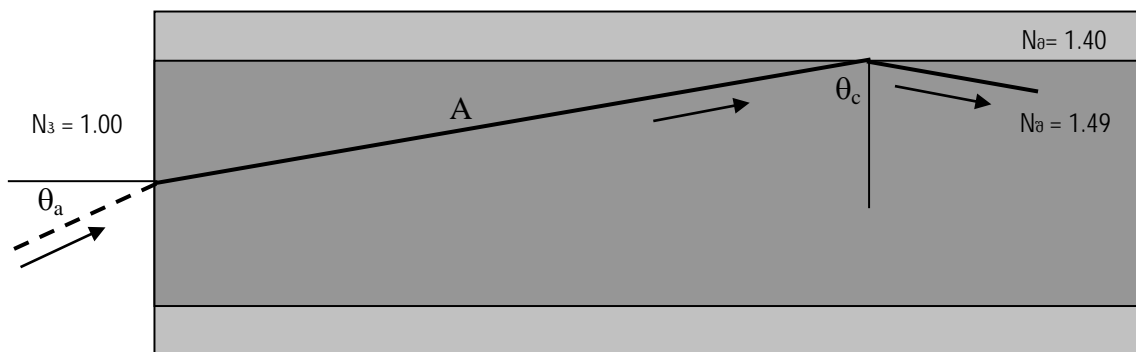
ჩვენ გვინდა, რომ მოვათავსოთ ოპტიკური ბოჭკოს ერთი ბოლო LED გადამცემთან ახლოს, მეორე ბოლო - მიმღებ ფოტოტრანზისტორთან ახლოს და შევქმნათ მარტივი ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ოპტიკური ტელეგრაფი.

ვარაუდი 2-1: მიმღებ ფოტოტრანზისტორზე სინათლის ნათების დონე გაიზრდება თუ შემცირდება იმ შემთხვევასთან შედარებით, როცა ვიყენებდით გრძელ საჭერო გზას?

1. ოპტიკური ბოჭკოს შუაგულის ზომა დიდია (დაახლოებით 2 მმ დიამეტრის) და მისი ორი ბოლო მოთავსებულია გადამცემთან და მიმღებთან რაც შეიძლება ახლოს (რომლებიც, თავის მხრივ, გარკვეული დისტანციით დაშორებულია ერთმანეთისგან).

შეკითხვა 2-12: შეადარეთ სიგნალები მიმღებზე ოპტიკური ბოჭკოთი და ოპტიკური ბოჭკოს გარეშე. დეტექტირებული სიგნალების დონე იცვლება?

შენიშვნა: ოპტიკურ ბოჭკოს, რომელსაც თქვენ იყენებთ ამ მოდულში, აქვს 2 მმ დიამეტრის პლასტიკური შუაგული, რომლის გარდატეხის მაჩვენებელია დაახლოებით 1.49. შუაგულის გარშემო არის სხვადასხვა პლასტიკური მასალისგან დამზადებული მიმტკეცები, რომელთა გარდატეხის მაჩვენებელია დაახლოებით 1.40. ბოჭკოს განივკვეთი ნაჩვენებია სურათ 5-5 – ზე.



სურათი-5-5: პლასტიკური ოპტიკური ბოჭკოს განივკვეთი

შეკითხვა 2-13: სნელიუსის კანონის მიხედვით ($n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$), განსაზღვრეთ კრიტიკული კუთხე θ_c ოპტიკური ბოჭკოს შუაგულში გამავალი სინათლის A სხივისთვის (როგორც

ნაჩვენებია სურათ 5-5-ზე) , როცა ის ეცემა შუაგულისა და მიმტკეცი მასალის გამყოფ საზღვარს. აჩვენეთ თქვენი გამოთვლები. (გაიხსენეთ, რომ კრიტიკული კუთხე (θ_c) არის ის მინიმალური კუთხე, რომლისთვისაც სინათლე აღარ გადავა მიმტკეც ნივთიერებაში, ანუ რომლისთვისაც ხდება სრული არეკვლა.)

შეკითხვა 2-14: რა ემართება სინათლის ნებისმიერ სხივს, რომელიც დაეცემა შუაგულისა და მიმტკეცის გამყოფ საზღვარს კრიტიკულ კუთხეზე მეტი კუთხით ($\theta > \theta_c$)? რა მოხდება, თუ დაცემის კუთხე ნაკლებია კრიტიკულ კუთხეზე?

კომენტარი: ოპტიკური ბოჭკოს შუაგულისა და მიმტკეცის გამყოფ საზღვარზე სრული შინაგანი არეკვლის გამო ნებისმიერი სხივი, რომელიც ეცემა კრიტიკულ კუთხეზე მეტი კუთხით, ჩაიჭირება და მიემართება ბოჭკოს შიგნით და არ გადის შუაგულის გარეთ (ზოგიერთი აქ გამოყენებული ბოჭკოსთვის ზოგიერთი სინათლე შეიძლება ასევე გადავიდეს მიმტკეცში, მაგრამ ეს არ არის ძალიან ეფექტური, რადგან მიმტკეცის და ჰაერის გამყოფ ზედაპირს აქვს ბევრი ხარვეზი, ნაკაწრი, მტვერი ან სინათლის დაკარგვის სხვა მიზეზი).

შეკითხვა 2-15: ისევ სნელიუსის კანონის გამოყენებით განსაზღვრეთ კუთხე θ_a გარეგანი სინათლის სხივისა, რომელიც შედის ბოჭკოს შუაგულში, გარდატყდება და შემდეგ ხდება კრიტიკული კუთხის სხივი A. ეს კუთხე ასევე ცნობილია როგორც ოპტიკური ბოჭკოს *მიღების კუთხე* (θ_a). (იხილეთ სურათი 5-5.)

შეკითხვა 2-16: რა ემართება სინათლის სხივს, რომელიც შედის ოპტიკურ ბოჭკოს შუაგულში მიღების კუთხეზე ნაკლები კუთხით? მიღების კუთხეზე მეტი კუთხით?

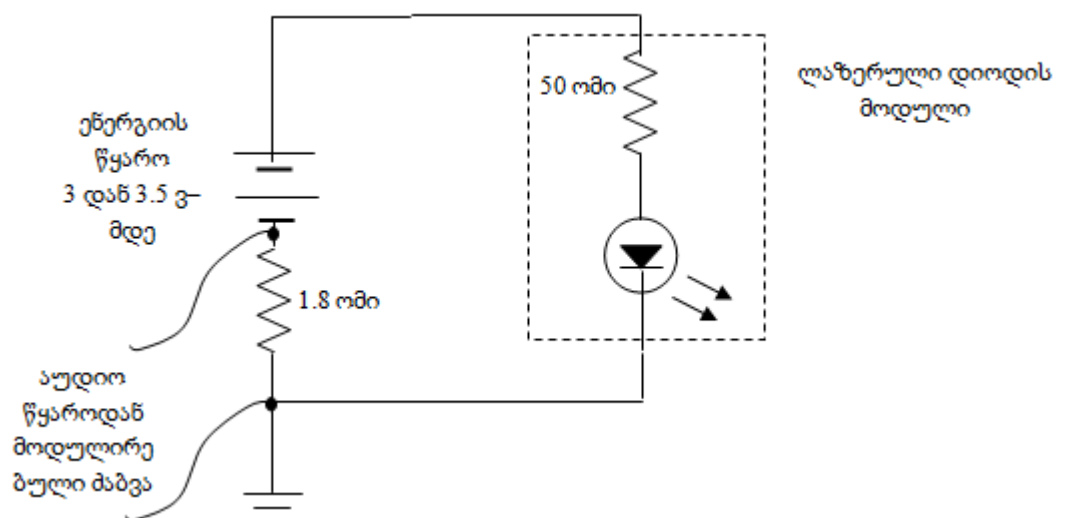
შეკითხვა 2-17: ახსენით, რატომ იძლევა LED ისა და ფოტოდეტექტორის ოპტიკური ბოჭკოთი შეერთება უფრო ძლიერ სიგნალს, ვიდრე უბრალოდ საჰაერო გზის გამოყენება.

აქტივობა 2-3: მარტივი ლაზერული დიოდი „ოპტიკური ხმოვანი საკომუნიკაციო სისტემა“

გაფრთხილება: არასდროს მიმართოთ ლაზერის სხივი ოთახში მყოფი ადამიანის მიმართ. ლაზერის სხივი თვალისთვის საზიანოა.

მარტივი ლაზერული დიოდის მოდული, რომლის პოვნაც შეიძლება იიფვასიან ლაზერულ პოინტერებში, წარმოადგენს იდეალურ ძაბვით კონტროლირებულ სინათლის მოდულატორს. სინათლის გამოსავალი ლაზერული დიოდიდან პირდაპირ პროპორციულია მასში გამავალი დენის ძალისა, რომელიც, თავის მხრივ, პირდაპირპროპორციულია მოდებული ძაბვისა საკმაოდ ფართო დიაპაზონში. ეს ნიშნავს იმას, რომ თუ ლაზერზე მოდებულ ძაბვას დაამატებთ პატარა ცვლად მამოდულირებელ ძაბვას (რომელიც, თავის მხრივ, აუდიო სიგნალის პროპორციულია), ლაზერული დიოდიდან სინათლის გამოსავალი შეიცვლება წრფივად ცვლადი მამოდულირებელი ძაბვის მიხედვით.

ძაბვის მოდულაციის მარტივი წრედი (რომელიც მოქმედებს, როგორც „აუდიო სინათლის გადამცემი“) ნაჩვენებია ქვემოთ სურათ 5-6-ზე. მაღალი სიზუსტის (HI-FI) ხარისხიანი ხმისთვის, შეგიძლიათ გამოიყენოთ პორტატული მაგნიტოფონი, MP3 ან CD ფლეიერი, როგორც მოდულაციის წყარო.



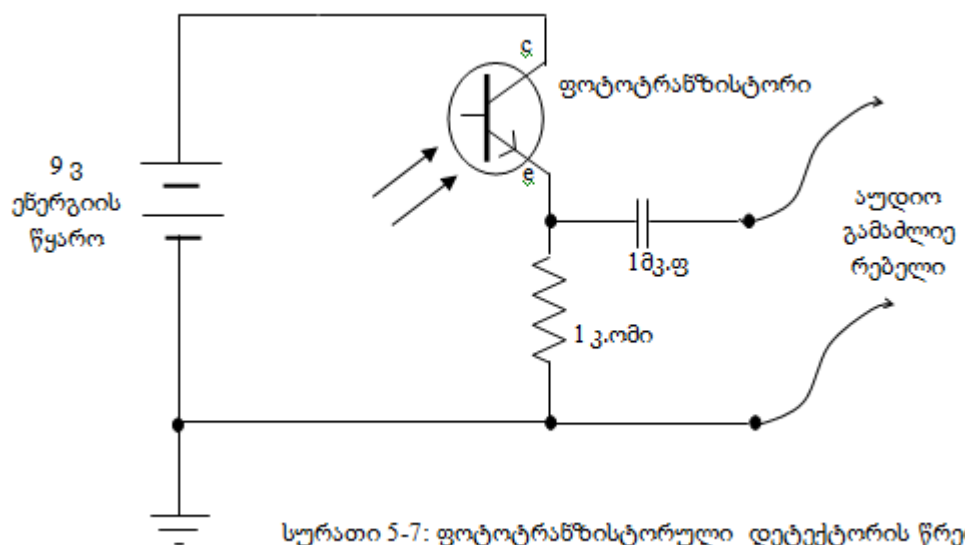
სურათი 5-6: ლაზერული დიოდი (LD) ხმის მოდულაციის წყარო

1. ასწიეთ მოდებული ცვლადი ძაბვა 3 ვოლტზე ოდნავ მაღლა. ლაზერული დიოდი თავიდან სუსტად ბჟუტავს, შემდეგ კი უეცრად აკაშკაშდება. (ეს მიუთითებს, რომ ლაზერული დიოდი ამუშავდა).

გაფრთხილება: არ გადააჭარბოთ ლაზერული დიოდის ამუშავებისთვის საჭირო ძაბვის მინიმალურ მნიშვნელობას, რადგან ძალიან მაღალი ძაბვა გამოიწვევს გადახურებას და ლაზერული დიოდი გაფუჭდება.

2. მიამაგრეთ აუდიო წყარო, გამოიჩინეთ სიფრთხილე სიგნალის და დამამიწებელი სადენის სწორად შესაერთებლად, შეაერთეთ ისე, როგორც სურათ 5-6-ზეა ნაჩვენები

ძაბვით მოდულირებული ლაზერული დიოდიდან სინათლის გამოსავალის ცვლილებები (ვარიაციები) შეიძლება უკუგარდაიქმნას ელექტრულ სიგნალად ფოტოტრანზისტორის მეშვეობით, რომელსაც აქვს მაღალი გაძლიერება და საკმარისი სიგანის სიხშირის ზოლი აუდიო მოდულირებული სიგნალისთვის. შესაფერისი ფოტოტრანზისტორის წრედი ნაჩვენებია ქვემოთ სურათ 5-7-ზე. ფოტოტრანზისტორის წრედიდან წამოსული სიგნალი უნდა გაძლიერდეს და დაუკავშირდეს მაღალი ხარისხის დინამიკის სისტემას. HI-FI ხარისხის ხმის მიღება შესაძლებელია კომპიუტერის გამაძლიერებელი დინამიკის ან აუდიო სისტემის მეშვეობით, ან აუდიო გამაძლიერებლის კონსტრუირებით.



შეკითხვა 2-18: რამდენად კარგად მუშაობს ეს სისტემა ხმის აუდიო წყაროდან გამაძლიერებლამდე გადასაცემად?

შეკითხვა 2-19: არსებობს თუ არა რამე ზღვარი ამგვარი სისტემით გადაცემული ინფორმაციის რაოდენობისთვის? ახსენით.

მასწავლებლების გზამკვლევი 5
მოდულისთვის:
ინფორმაციის ოპტიკურად
გადაცემა

მასწავლებლების გზამკვლევი 5 მოდულისთვის: ინფორმაციის ოპტიკურად გადაცემა ზოგადი შესავალი

მოდულ 1–4-ში შესწავლილი ოპტიკის მარტივი პრინციპების და შედარებით მარტივი ელექტრონიკის გამოყენებით შესაძლებელია მარტივი ოპტიკური საკომუნიკაციო სისტემის აწყობა.

მოდული 5 ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

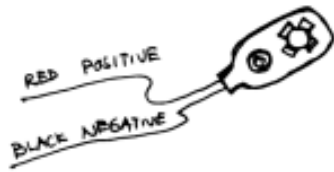
- ორი პოლიეთილენის ან პლასტმასის ჭიქა
- კბილის ჩხირი, პატარა ხვრელის გასაკეთებლად
- წებოვანი ლენტი
- ანკესის გრძელი მკედი ან მტკიცე ძაფი
- ელექტრონული დილაკიანი ჩამრთველი
- წითელი LED
- წინაღობები (390 ომი, 1.8 ომი)
- ფოტოტრანზისტორი
- მუდმივი დენის პიეზოზუმერი
- 9ვ-იანი ელემენტის მიმყვანი სადენები (ორი შეკვრა)
- 1 მ სიგრძის 2 მმ დიამეტრის მქონე პლასტიკური ოპტიკური ბოჭკო
- ორი 9 ვ-იანი ელემენტი ტრანზისტორისთვის
- ორი ელექტრონული პლატა
- ლაზერული დიოდის მოდული
- აუდიო გარდამქმნელი
- მინი მიკროფონი და ფენოპლასტის ჭიქა
- 3.5მმ-იანი მონო-აუდიო შესაერთებელი
- 1 კომი წინაღობა, 1 მკვ ტევადობის კონდენსატორი და 0.5 ვატიანი გამაძლიერებელი მოწყობილობა (გამოიყენეთ ეს ხელსაწყოები, თუ ხელი არ მიგიწვდებათ HI-FI -ს აუდიო გამაძლიერებელთან და დინამიკთან).
- LM317 ძაბვის რეგულატორი, 5 კ. ომი ცვლადი წინაღობა, 240 ომი ფიქსირებული წინაღობა(გამოიყენეთ ეს ხელსაწყოები ცვლადი ძაბვის კვების წყაროს ასაწყობად ლაზერული დიოდისთვის, თუ ხელი არ მიგიწვდებათ მუდმივი ძაბვის ლაბორატორიულ წყაროსთან, რომლის ძაბვა იცვლება 3 – 3.5 ვოლტის ფარგლებში)
- აუდიო წყარო (მაგნიტოფონი, MP3 ან CD player, და ა.შ.)

წინამდებარე ცხრილში მოცემულია ინფორმაცია ამ ნივთების და მათი მოპოვების შესაძლებლობის შესახებ.

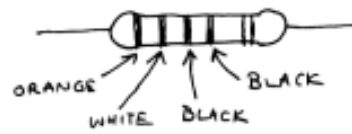
ნივთი	მომწოდებელი	ნაწილის ნომერი	დაახლოებითი ღირებულება (აშშ დოლარი)	საიტის მისამართი
5მმ-იანი სუპერ-კაშკაშა წითელი LED	LEDგაყიდვები (ავსტრალია)	7000MCD , 15°	\$0.75	www.ledsales.com.au/
27 მმ-იანი მინი დინამიკი	Dick Smith Electronics (ავსტრალია) ან მსგავსი მომწოდებელი	C2208	\$1.50	www.dse.com.au/cgi-bin/dse.storefront
აუდიო გარდამქნელი	Dick Smith	M0216	\$0.75	იგივე მისამართი, რაც ზევით არის მოცემული
ელექტრონული ღილაკიანი ჩამრთველი	Dick Smith	P7572	\$0.75	იგივე მისამართი, რაც ზევით არის მოცემული
3.5 მმ-იანი მონო შესაერთებელი	Dick Smith	P1134	\$0.40	იგივე მისამართი, რაც ზევით არის მოცემული
16 მმ-იანი წრფივი 5კომი პოტენციომეტრი	Dick Smith	R7553	\$0.75	იგივე მისამართი, რაც ზევით არის მოცემული
პლასტიკური ოპტიკური ბოჭკო (CK-80, 0.080" დიამ)	Industrial Fiber optics (აშშ)	IF-C-U2000	\$2.50/m	www.i-fiberoptics.com/
ფოტოტრანზისტორი	Electus Distribution (Australia)	ZD1950	\$0.75	www.electusdistribution.com.au/
აუდიო გამაძლიერებლის კომპლექტი 0.5 W	Dick Smith	K5604	\$4.50	www.dse.com.au/
მინი პიეზოზუმერი (3-16 V DC)	Jaycar electronics supplier or similar	AB3462	\$2.25	http://www.jaycar.com.au/
5 mW ლაზერული დიოდის მოდული	Oatley Electronics or similar supplier	LM1	\$3.40	http://www.oatleyelectronics.com/
ძაბვის რეგულატორი, წინაღობები, პლატები, ელემენტები, კონდენსატორები	ნებისმიერი ელექტრონიკის მომწოდებელი			

კომპონენტების ჩანახატები

(a) 9V BATTERY LEAD



(b) 390Ω

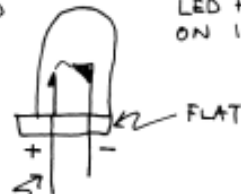


(c) SWITCH



bottom SWITCH BETWEEN A and B OR C and D

(d) LED



LED HAS RED "L" ON IT

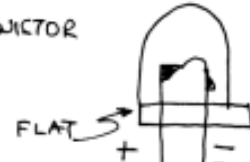
(e) BUZZER



RED POSITIVE
BLACK NEGATIVE

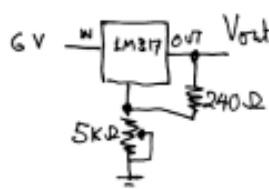
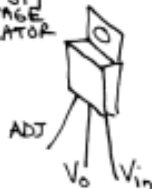
OPERATES BETWEEN 9 → 12 VOLTS DC

(f) PHOTOTRANCICTOR

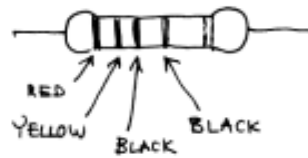


NEGATIVE LEAD PAINTED BLUE

(g) LM317 VOLTAGE REGULATOR



(h) 240Ω

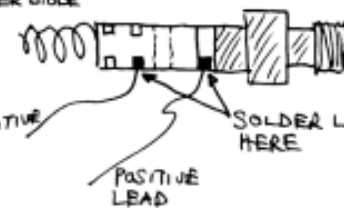


(i) 5kΩ VARIABLE RESISTOR

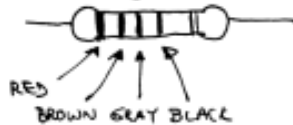


VARIABLE RESISTANCE BETWEEN A & B OR B & C

(j) LASER DIODE



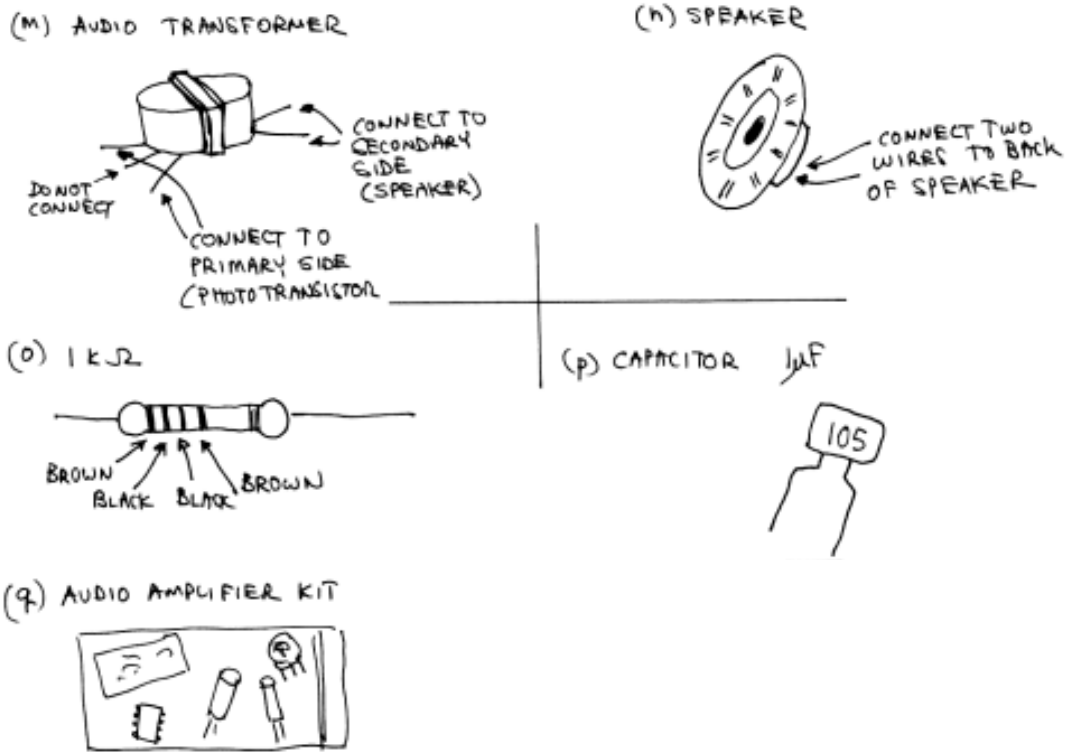
(k) 1.8Ω (actually 2.0Ω)



(l) AUDIO PLUG



CONNECT POSITIVE & NEGATIVE LEADS AND USE THIS WITH YOUR AUDIO SOUND SOURCE



კვლევა 1: ანალოგური გადაცემის სისტემა

კვლევა 1 ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ორი პოლიეთილენის ან პლასტმასის ჭიქა
- კბილის ჩხირი, პატარა ხვრელის გასაკეთებლად
- წებოვანი ლენტი
- გრძელი ანკესის მკედი ან მტკიცე ძაფი

აქტივობა 1-1: ზონრიანი ტელეფონის აწყობა

მნიშვნელოვანია დარწმუნდეთ იმაში, რომ ჭიქების შემაერთებელი ზონარი დაჭიმულია და არ ეხება არაფერს.

შეკითხვა 1-1: ბგერა არის რხევა, რომელიც ვრცელდება გარემოში (ჰაერი, წყალი და ა.შ.) და რომელსაც გადააქვს ენერგია ერთი წერტილიდან მეორეში. ბგერა ვრცელდება, როგორც გრძივი ტალღა - ტალღა, რომელშიც შემფოთებები (რხევები) სრულდება გავრცელების მიმართულების გასწვრივ. ჰაერში ეს შემფოთება არის წნევის ცვლილება, რომელიც ვრცელდება სივრცეში ბგერის სიჩქარით. ბგერა მექანიკური ტალღის მაგალითია (ტალღა, რომელიც გასავრცელებლად საჭიროებს გარემოს).

შეკითხვა 1-2: ფილტვებიდან ამოსული ჰაერი ჩაუვლის ყელში ხმის იოგებს და იწვევს მათ რხევას სიხშირის სხვადასხვა დიაპაზონში. ეს რხევები გადაეცემა ჰაერის ნაკადს. პირის ფორმა და ენის (და კბილების) მდებარეობა იწვევს რხევების მოდულირებას ბგერის წარმოსაქმნელად, რომელიც შემდეგ პირიდან გადაიცემა ჰაერში.

შეკითხვა 1-3: ბგერითი ტალღები შედის ყურში, და დაუყოვნებლივ იწვევს ყურის შიდა ნაწილში (კობლეა) ნაზი აპკის რხევას. ეს რხევები გარდაიქმნება ელექტრულ სიგნალებად, რომლებიც ნერვული უჯრედების გავლით ტვინისკენ იგზავნება..

შეკითხვა 1-4: ზონრიან ტელეფონში ბგერითი ტალღები ჰაერის ნაცვლად ვრცელდება ზონრის გასწვრივ.

შეკითხვა 1-5: რაც უფრო გრძელია ზონარი, მით მეტი იქნება ბგერის ენერჯის დანაკარგი ჰაერში, ტალღის გავრცელებისას ზონრის გასწვრივ. რაც უფრო დაჭიმულია ზონარი, მით უფრო ეფექტურად, ნაკლები დანაკარგით გავრცელდება ბგერითი ტალღა ზონრის გასწვრივ. მაშასადამე, ორივე ფაქტორი: სიგრძე და დაჭიმულობაც მოქმედებს ხმამაღლობაზე და მკაფიოობაზეც (ე.ი. სიგნალის ხმაურთან ფარდობაზე).

შეკითხვა 1-6: თითქმის სრულად დახურული კარი ან ფანჯარა დაბლოკავს ჰაერში ბგერის გადაცემას. ამ აქტივობაში ეს მნიშვნელოვანია იმის დემონსტრირებისთვის, რომ ბგერა რეალურად გადაიცემა ზონრის გასწვრივ.

შეკითხვა 1-7: ზონრისა და ჭიქის სისტემაში (ჰაერში ბგერის გავრცელების მსგავსად), ბგერით ტალღას შეიძლება ჰქონდეს ნებისმიერი მნიშვნელობის ამპლიტუდა ნულის ჩათვლით, იმის მიხედვით, თუ როგორ ბგერებს წარმოვქმნით გადამცემ ჭიქასთან. რადგან ამპლიტუდა (და ინტენსიურობა) იცვლება უწყვეტად, ე.ი. ეს არის ანალოგური სისტემა.

კვლევა 2: ციფრული გადაცემის სისტემა

კვლევა 2 ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- ელექტრონული დილაკიანი ჩამრთველი
- წითელი LED
- წინაღობები (390 Ω, 1.8 Ω)
- ფოტოტრანზისტორი
- მუდმივი დენის პიეზოზუმერი
- 9 ვ-იანი ელემენტის მიმყვანი სადენები (ორი შეკვრა)

- 1 მ სიგრძის 2 მმ დიამეტრის მქონე პლასტიკური ოპტიკური ბოჭკო
- ორი 9 ვ-იანი ელემენტი ტრანზისტორისთვის.
- ორი ელექტრული პლატა
- ლაზერული დიოდის მოდული
- აუდიო გარდამქმნელი
- მინი მიკროფონი და ფენოპლასტის ჭიქა
- 3.5მმ-იანი მონო აუდიო შესაერთებელი
- 1 კომი წინაღობა, 1 მკვ ტევადობის კონდენსატორი და 0.5 ვატიანი გამაძლიერებელი მოწყობილობა (გამოიყენეთ ეს ხელსაწყოები, თუ ხელი არ მიგიწვდებათ HI-FI -ს აუდიო გამაძლიერებელთან და დინამიკთან).
- LM317 ძაბვის რეგულატორი, 5 კომი ცვლადი წინაღობა, 240 ომი ფიქსირებული წინაღობა(გამოიყენეთ ეს ხელსაწყოები ცვლადი ძაბვის კვების წყაროს ასაწყობად ლაზერული დიოდისთვის, თუ ხელი არ მიგიწვდებათ მუდმივი ძაბვის ლაბორატორიულ წყაროსთან, რომლის ძაბვა იცვლება 3 – 3.5 ვოლტის ფარგლებში)
- აუდიო წყარო (მაგნიტოფონი, MP3 ან CD player, და ა.შ.)

ციფრული სისტემები ძალიან განსხვავდება ანალოგური სისტემებისგან. მოსწავლეებისთვის მნიშვნელოვანია განსხვავებების გაგება და მიხვედრა, რატომ არის უმჯობესი ციფრული სისტემების გამოყენება ოპტიკური კომუნიკაციისთვის.

შეკითხვა 2-1: ანალოგური სისტემის მთავარი ნაკლოვანება იმაში მდგომარეობს, რომ სიგნალის გადაცემისას გარე ხმაური აბრკოლებს სიგნალს. რადგან ანალოგური სიგნალი წარმოდგენილია ტალღის ამპლიტუდით, ნებისმიერი ფაქტორი, რაც ცვლის ამპლიტუდას, შეცვლის გადაცემულ სიგნალს. ციფრული გადაცემის სისტემების მთავარი უპირატესობა ისაა, რომ ხმაური მასზე გაცილებით ნაკლებ გავლენას ახდენს. ციფრულ სისტემაში სიგნალი გადაიცემა კოდირებული იმპულსებით (ლოგიკური 1 გამოსახავს იმპულსის არსებობას, ლოგიკური 0 მის არარსებობას). ხმაურისთვის ბევრად რთულია რომ სრულად შენიღბოს ასეთი იმპულსების არსებობა ან არ არსებობა. რა თქმა უნდა, ციფრული სიგნალის კოდირება/დეკოდირებისთვის ბევრად რთული სქემაა საჭირო, ვიდრე ანალოგური სიგნალისთვის.

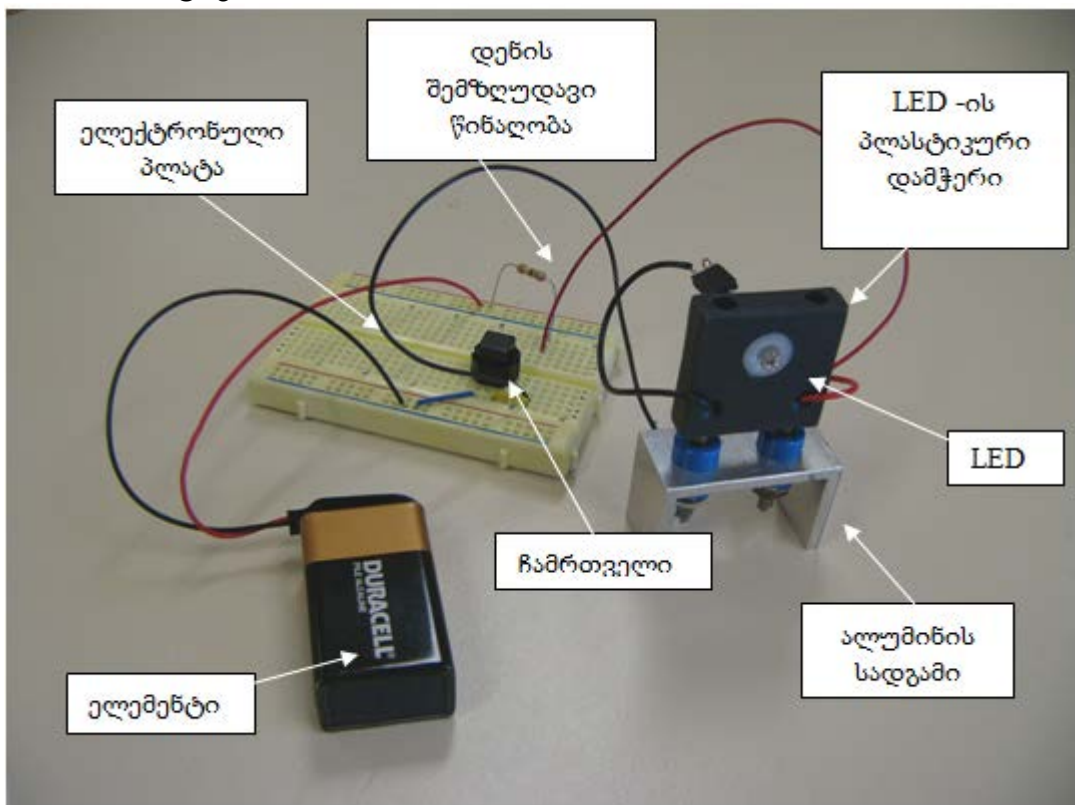
შეკითხვა 2-2: კოდირება გამოიყენება ტექსტური გზავნილის თითოეული ასოს წარმოსადგენად.

შეკითხვა 2-3: დროის სხვადასხვა მომენტებში ხდება ანალოგური სიგნალის ნიმუშის აღება და მისი გადაყვანა ეკვივალენტურ ციფრულ კოდში. ეს ნიშნავს, რომ ანალოგურ სიგნალში ჩადებული ინფორმაციის ნაწილი იკარგება. მნიშვნელოვანია, რომ ნიმუშების აღება ხდებოდეს საკმაოდ ხშირად, რათა ხმოვანი სიგნალის ხარისხი ძალიან არ დაიკარგოს.

შეკითხვა 2-4: ტექსტური გზავნილები ბევრად ეფექტური და უფრო ზუსტია, რადგან ანბანში განსაზღვრული რაოდენობის ასოების წარმოსადგენად საჭიროა კოდების განსაზღვრული რიცხვი. რა თქმა უნდა, გადაიცემა ნაკლები ინფორმაცია (მაგალითად არავითარი ინფორმაცია ადამიანის ხმის ხმამაღლობის და ტემბრის შესახებ). ხმოვანი სიგნალისთვის, ანალოგური ხმოვანი სიგნალის ნიმუში უნდა აიღოს რამდენიმე ასეული წამში და თითოეული გააციფრულოთ მაღალი გარჩევისუნარიანობით. რაც ნიშნავს, რომ ბევრად მეტი ბიტი არის საჭირო იმავე ინფორმაციის გამოსახატად ხმოვანი სიგნალით, ვიდრე ტექსტური გზავნილით.

აქტივობა 2-1: როგორ მუშაობს მარტივი LED „ოპტიკური ტელეგრაფი“

ქვემოთ მოცემული სურათი გვიჩვენებს რამდენიმე მაგალითს, როგორ შეგიძლიათ მარტივად მოახდინოთ ამ ყველაფრის დემონსტრირება თქვენი მოსწავლეებისთვის თქვენსავე სასწავლებელში. სურათი TG5-1 გვიჩვენებს LED გადამცემს, ხოლო სურათი TG5-2 გვიჩვენებს ფოტოტრანზისტორულ დეტექტორს. LED და ფოტოტრანზისტორი დაფიქსირებულია მარტივ სადგამზე, რომელთა ვერტიკალურად დარეგულირება მარტივია.



სურათი TG5-1: LED გადამცემის სქემის ნიმუში.

ალტერნატიულად, LED და ფოტოტრანზისტორი შეიძლება მარტივად დამაგრდეს ელექტრონულ პლატებზე, როგორც ნაჩვენებია TG5-3 და TG5-4 სურათებზე.

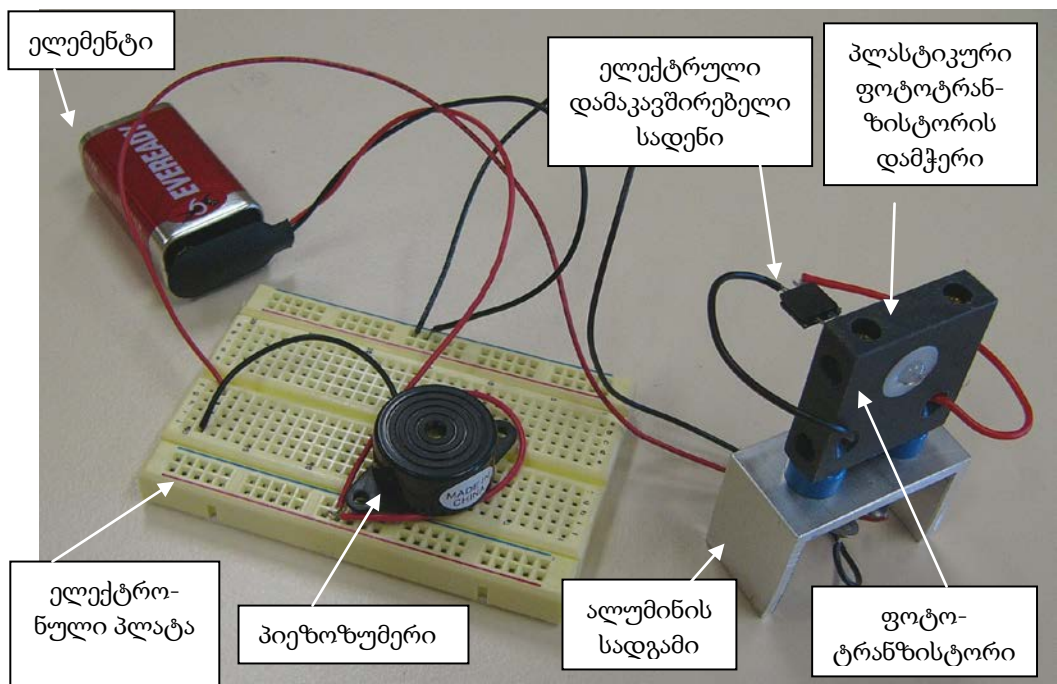
შეკითხვა 2-5: 5-1 სურათზე მოცემულ წრედში, კვების წყაროზე, წინააღობაზე და LED-ზე მოდებულ ძაბვათა ჯამი უნდა უდრიდეს ნულს. მუშაობისას, LED-ზე მოდებული ძაბვა ტოლია 2.0 V-ის. ამრიგად, $9 - IR - 2 = 0$, $I(390) = 7$, $I = 7/390 = 18 \text{ mA}$ რაც ნაკლებია მაქსიმალურ 20 mA-ზე. ამ წინააღობის გამოყენება უსაფრთხოა ამ LED-სთვის.

შეკითხვა 2-6: ეს არის ციფრული სისტემა, ვინაიდან ინფორმაცია ციფრულად კოდირებულია, ე.ი. ჩამრთველი და პიეზოზუმერი

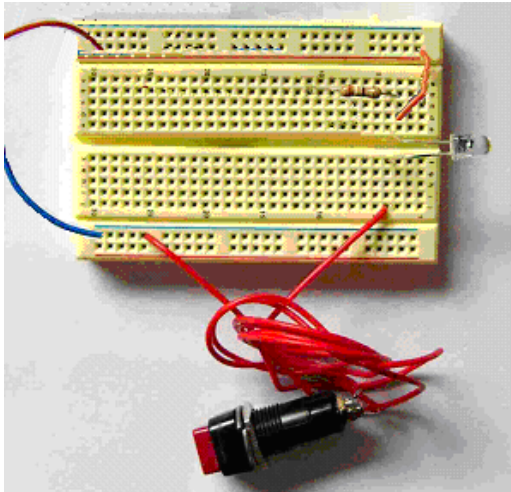
ან ჩართულია, ან გამორთული. არა აქვს მნიშვნელობა, რამდენად ხმამაღალია ზუმერი, გადაცემული ინფორმაცია (“1” -ების და “0”-ების მიმდევრობა) ერთნაირია.

შეკითხვა 2-7: LED –სა და ფოტოტრანზისტორს შორის არეში ინფორმაცია მიდის, როგორც სინათლის ტალღა. (იხილეთ კითხვა 2-11.) ამ შემთხვევაში ეს უბანი არის ჰაერი, მაგრამ სისტემა ისეთივე წარმატებით იმუშავებდა, ამ უბანში ვაკუუმი რომ ყოფილიყო.

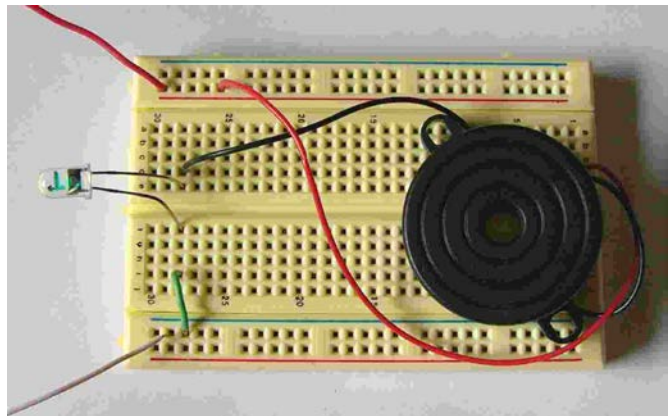
შეკითხვა 2-8: სინათლის ტალღა არის განივი ელექტრო-მაგნიტური ტალღა. რხევა გავრცელების მიმართულების მართობულია, განსხვავებით ბგერისგან, რომელიც გრძივი ტალღაა. სინათლის ტალღები ვრცელდება სინათლის სიჩქარით, რაც გაცილებით დიდია, ვიდრე ბგერის სიჩქარე. ელექტრომაგნიტურ ტალღებს (სინათლე) არ სჭირდება გარემო (ე.ი სინათლის სხივს ვაკუუმშიც შეუძლია გადაადგილება) განსხვავებით ბგერითი ტალღებისგან, რომლებიც საჭიროებენ გარემოს. ამ შემთხვევაში, სინათლის ტალღებს შეუძლიათ LED–ის დატოვების შემდეგ სივრცეში გავრცელება, მაშინ, როდესაც ბგერითი ტალღები საკმაოდ შემოსაზღვრულია ზონრით.



სურათი TG5-2 ფოტოტრანზისტორული დეტექტორის სქემის ნიმუშის ფოტოსურათი



სურათი TG5-3: ელექტრულ პლატაზე დამაგრებული LED



სურათი TG5-4: ელექტრულ პლატაზე დამაგრებული ფოტოტრანზისტორი

შეკითხვა 2-9: სინათლის ტალღის ინტენსიურობა მცირდება, როდესაც იზრდება დაშორება LED –დან. ეს იმის შედეგია, რომ LED–დან გამოსხივებული სინათლის ტალღა განიბნევა სივრცეში.

შეკითხვა 2-10: ეს არ იქნება პრაქტიკული, რადგან, ბოლოს დაბოლოს, დაშორება იმდენად დიდი გახდება, რომ საკმარისი სინათლე ვეღარ მიაღწევს LED–დან ფოტოტრანზისტორამდე. სიგნალის მიღება გახდება შეუძლებელი. ცხადია, გვჭირდება სინათლის ენერჯის წყაროდან დეტექტორამდე მიტანის რაღაც მეთოდის შემუშავება, თუ გვსურს ამ სისტემის დიდ მანძილებზე გამოყენება.

შეკითხვა 2-11: ბგერით ტალღებს გასავრცელებლად სჭირდებათ გარემო, სინათლის ტალღებს – არა. ვაკუუმურ სივრცეში უეკიპაჟო კოსმოსური ხომალდის აფეთქებისას ბგერითი ტალღები ვერ გავრცელდება და ვერ მოვა თქვენამდე, მაგრამ გავრცელდება სინათლის ტალღები. ასე რომ, შეძლებთ დაინახოთ აფეთქება, მაგრამ ვერ გაიგონებთ მის ხმას.

აქტივობა 2-2: ოპტიკურ–ბოჭკოვანი საკომუნიკაციო სისტემა

ამ აქტივობაში, დაგჭირდებათ მოსწავლის დახმარება, რათა ბოჭკოს ერთი ბოლო დაიჭიროს LED წყაროსთან ახლოს, ხოლო ბოჭკოს მეორე ბოლო – ფოტოტრანზისტორთან. ამ ხერხით შეგვიძლია სინათლის ენერჯია კარგად დავუკავშიროთ LED – დან ფოტოტრანზისტორს, სინათლის გაშვებით ბოჭკოს გასწვრივ.

შეკითხვა 2-12: ოპტიკური ბოჭკოთი გადაცემული სიგნალი ბევრად ძლიერია, ვიდრე მის გარეშე.

შეკითხვა 2-13: გამოიყენეთ $n_1=1.49$, $\theta_1=\theta_c$, $n_2=1.40$ და $\theta_2=90^\circ$ (არავითარი გარდატეხილი სხივი), $1.49 \sin \theta_c=1.40 \sin 90^\circ$, $\sin \theta_c = 1.40/1.49 = 0.940$, $\theta_c = 70^\circ$.

შეკითხვა 2-14: კრიტიკულ კუთხეზე დიდი კუთხით შუაგულის და მიმტკეცის საზღვარზე დაცემული სინათლე სრულიად აირეკლება უკან, შუაგულში (სრული შინაგანი არეკვლით). შუაგულის მხრიდან ამ სინათლეს დანაკარგი არა აქვს. კრიტიკულ კუთხეზე ნაკლები კუთხით დაცემული სინათლე ნაწილობრივ აირეკლება, ხოლო ნაწილობრივ გატარდება. სინათლის გარკვეული ნაწილი იკარგება შუაგულიდან მიმტკეცამდე.

შეკითხვა 2-15: მიღების კუთხე არის კუთხე, რომლითაც სინათლე ეცემა ბოჭკოს ბოლოს, ისე, რომ ამ ზედაპირზე გარდატეხის შემდეგ ეცემა შუაგულისა და მიმტკეცის გამყოფს კრიტიკული კუთხით. 5-4 სურათიდან, ახლა $n_1=1.00$, $\theta_1=\theta_a$, $n_2=1.49$ და $\theta_2=90^\circ$ - $\theta_c=20^\circ$. $1.00 \sin \theta_a=1.49 \sin 20^\circ$, $\sin \theta_a = 0.510/1.00=0.510$. $\theta_a = 30.6^\circ$.

შეკითხვა 2-16: ბოჭკოზე მიღების კუთხეზე ნაკლები კუთხით დაცემული სინათლე შედის ბოჭკოში იმ სხივების გაწვრივ, რომლებიც მიმტკეცს ეცემა კრიტიკულ კუთხეზე დიდი კუთხით. სინათლე სრულად აირეკლება უკან, ბოჭკოში. სინათლე, რომელიც ეცემა მიღების კუთხეზე დიდი კუთხით, მიმტკეცს ეცემა კრიტიკულ კუთხეზე ნაკლები კუთხით. ამ სინათლის ნაწილი გადადის მიმტკეცში და, შესაბამისად, იკარგება შუაგულიდან.

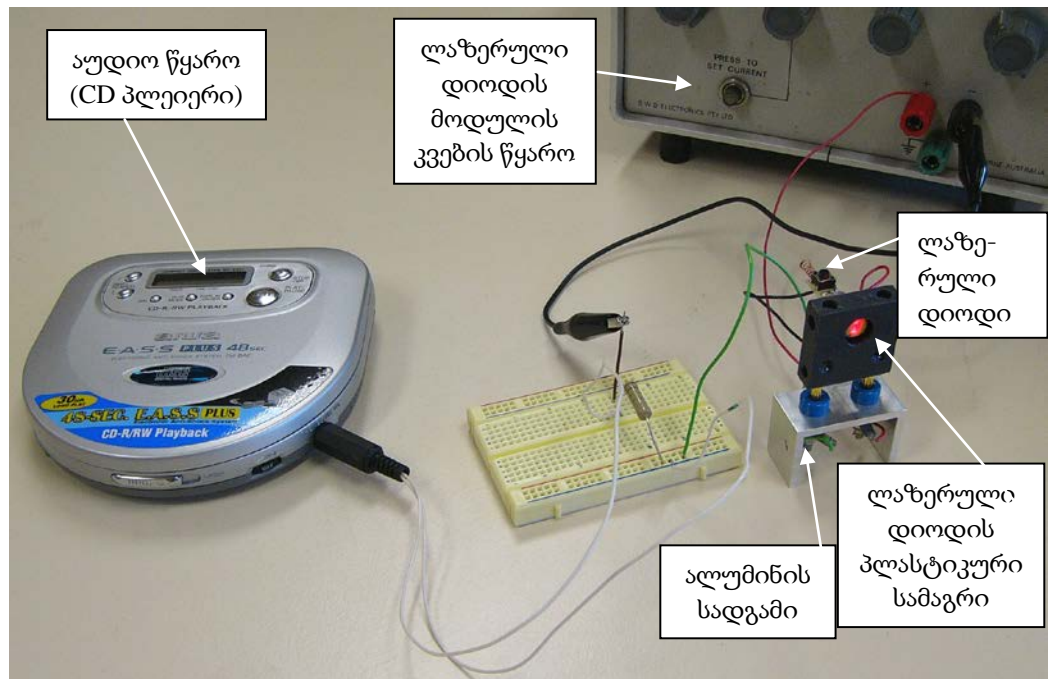
შეკითხვა 2-17: საჰაერო გზისთვის, LED –დან წამოსული სინათლე განიბნევა და მხოლოდ ნაწილი ეცემა ფოტოტრანზისტორზე. გრძელ მანძილებზე ფოტოტრანზისტორზე დაცემული სინათლე შეიძლება იყოს სრული სინათლის ძალიან მცირე ნაწილი. ოპტიკური ბოჭკოსთვის, სინათლის უმეტესი ნაწილი, რომელიც მოხვდა ბოჭკოში, რჩება და ვრცელდება შუაგულში. ამრიგად, სინათლის ძალიან მცირე ნაწილი იკარგება, მისი უდიდესი ნაწილი აღწევს ფოტოტრანზისტორამდე.

აქტივობა 2-3: მარტივი ლაზერული დიოდი “ოპტიკურ ხმოვანი საკომუნიკაციო სისტემა”

დიოდური ლაზერის მარტივი ვარიანტი “სინათლის აუდიო გადამცემი” ნაჩვენებია TG5-5 სურათზე. ეს კონკრეტული HI-FI ხარისხის ნიმუში იყენებს პორტატულ CD ფლეიერს მოდულაციის წყაროდ. ეს ნიმუში იყენებს ცვლადი ძაბვის ლაზორატორიულ წყაროს ლაზერული დიოდის კვებისთვის. ალტერნატიულად, მარტივი, იაფფასიანი, ელემენტებზე

მომუშავე ცვლადი ძაბვის წყარო (LM317 ძაბვის რეგულატორის მიკროჩიპის ბაზაზე) მარტივად შეიძლება აიწყოს საინფორმაციო ფურცელსა და აპლიკაციის შენიშვნებში მოცემული ინსტრუქციით. რაც ხელმისაწვდომია შემდეგ მისამართზე <http://www.national.com/pf/LM/LM317.html> ონლაინ ნახვაზე დაწკაპუნებით.

გაფრთხილება: ლაზერს შეუძლია გამოიწვიოს თვალის სერიოზული დაზიანება. გთხოვთ გაეცნოთ ამ გზამკვლევის ლაზერული უსაფრთხოების სექციას

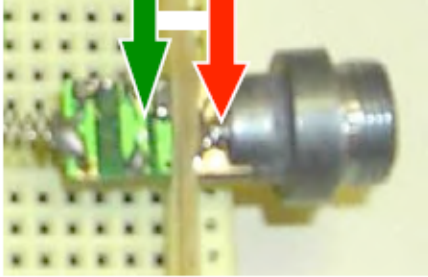


სურათი TG5-5: სინათლის აუდიო გადამცემის ფოტოსურათი, რომელიც აუდიო წყაროდ იყენებს CD ფლეიერს.

სადენები შეაერთეთ ლაზერულ დიოდთან, ისე როგორც TG5-6 სურათზეა ნაჩვენები:

თუ გსურთ გვერდი აუქციოთ ჩამრთველს,
უარყოფითი (მწვანე) სადენი ჩართეთ აქ

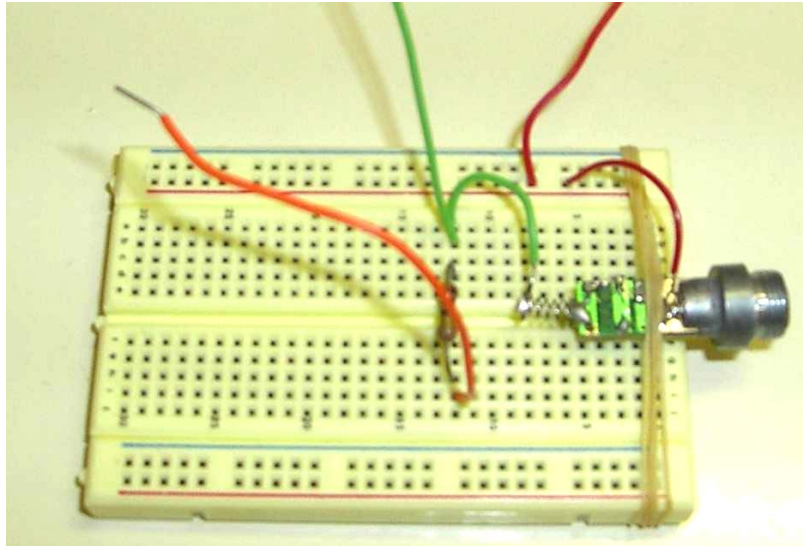
დადებითი(წითელი) სადენი ჩართეთ აქ (ე.ი. ყუთთან)



თუ არ გსურთ გვერდი აუქციოთ ჩამრთველს,
უარყოფითი (მწვანე) სადენი მიუერთეთ ზამბარას

სურათი TG5-6: ლაზერული დიოდის სადენების შეერთების მიმართულება..

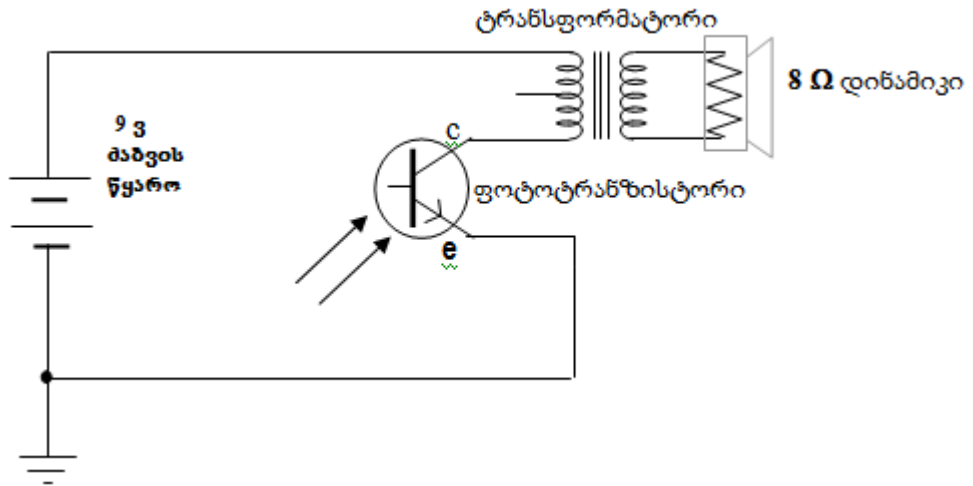
ალტერნატიულად, შეიძლება გსურდეთ ლაზერული დიოდის პირდაპირ ელექტრონულ პლატაზე დამაგრება, როგორც ნაჩვენებია TG5-7 სურათზე. დიოდური ლაზერის მოდულის პლატაზე დასამაგრებლად შეგიძლიათ გამოიყენოთ რეზინის ზონარი.



სურათი TG5-7: ლაზერული დიოდის პირდაპირ პლატაზე დამაგრების მეთოდის ფოტოსურათი.

ფოტოტრანზისტორული მიმღების დიზაინი:
 ფოტოტრანზისტორის წრედიდან გამოსული სიგნალი უნდა გაძლიერდეს მაღალი ხარისხის დინამიკთან დასაკავშირებლად. HI-FI ხარისხის ბგერის მიღება შესაძლებელია კომპიუტერის ან აუდიო სისტემის გამაძლიერებლიანი დინამიკის საშუალებით. ამ შემთხვევაში TG5-6 სურათზე ნაჩვენები წრედი შეგვიძლია გამოვიყენოთ. 1 კომი წინაღობა მუშაობს, როგორც დატვირთვის წინაღობა და 1 მკვ ტევადობის კონდენსატორი - როგორც სიგნალიდან მუდმივი კომპონენტების გამაცალკეებელი (ე.ი. სიგნალის მხოლოდ დროში ცვალებადი ნაწილი გაძლიერდება - სწორედ ასეთი იყო მოთხოვნა). ალტერნატიულად - თუ HI-FI სისტემა არა არის ხელმისაწვდომი, მაშინ მარტივი და იაფი აუდიო გამაძლიერებელი (0.5 ვტ) შეიძლება ავაწყოთ აუდიო გამაძლიერებლის კომპლექტით. დეტალები, თუ სად უნდა მოვიძიოთ ეს კომპლექტი და ინსტრუქცია მოცემულია აღჭურვილობის დანართში.

მაშინაც კი, თუ აუდიო გამაძლიერებელი არ არის ხელმისაწვდომი, ერთ მოდულიანი ფოტოტრანზისტორული გამაძლიერებელი შეგიძლიათ შეაერთოთ იაფფასიან აუდიო გადამყვანთან და მინიატურულ დინამიკთან, ისე, როგორც ნაჩვენებია TG5-8 სურათზე, საწყისი აუდიო სიგნალის აღწარმოებისთვის. მიუხედავად იმისა, რომ ეს არ გვაძლევს HI-FI ხარისხის ბგერას, მაინც საკმარისია მარტივი დემონსტრირებისთვის. TG5-8 სურათზე ნაჩვენები წრედი ასაწყობად ძალიან მარტივი და იაფფასიანია.



სურათი TG5-8: აუდიო გარდამქნელში ფოტოტრანზისტორის და მინიატურული დინამიკის შეერთების სქემის დიაგრამა

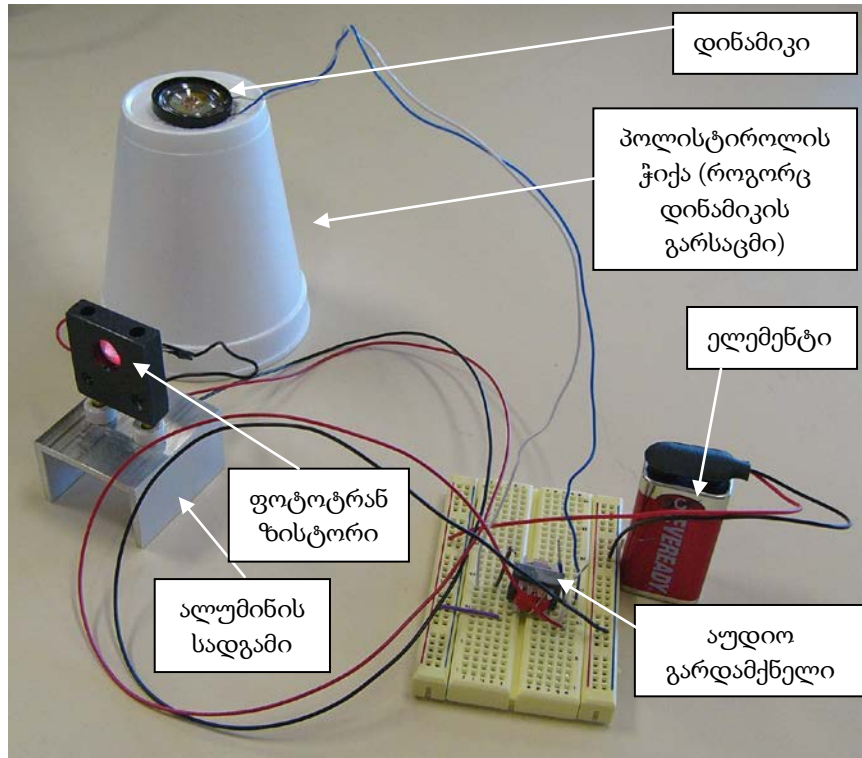
ფოტოტრანზისტორი გამოიყენება სინათლის მიერ გენერირებული ფოტოდენის გასაძლიერებლად. კოლექტორის დენი მართავს დინამიკს აუდიო გარდამქნელის საშუალებით. აუდიო გარდამქნელის საწყისი წინაღობა მუდმივი დენის მიმართ დაახლოებით 110 ომია. ტრანსფორმატორი მოქმედებს, როგორც დამადაბლებელი მოწყობილობა. ამრიგად, მეორად ხვიაზე დინამიკის მოქმედი წინაღობა 8 ომი შეესაბამება პირველად ხვიაზე 1 კომი მოჩვენებით წინაღობას 1 კვც სიხშირის დროს. ფოტოტრანზისტორს შეუძლია ასეთი მოჩვენებითი დატვირთვა მართოს საკმაოდ კარგად.

TG5 სურათზე ნაჩვენებია ნიმუში ფოტოტრანზისტორული დეტექტორისა, რომელიც მართავს პატარა დინამიკს მარტივი აუდიო გარდამქნელის საშუალებით. პოლისტიროლის ჭიქა მშვენივრად იფარავს დინამიკს და ამაღლებს ბგერის ხმამაღლობას. დამაკავშირებელი სადენები:

ფოტოტრანზისტორი: გრძელი სადენი წარმოადგენს ემიტერს (ე.ი. მიერთებულია წრედის უარყოფით ბოლოსთან). სადენი პლასტმასის ყუთის ბრტყელ ზედაპირზე არის კოლექტორი.

ტრანსფორმატორი: გარე ორი სადენი გამოიყენება როგორც პირველადი ხვია.

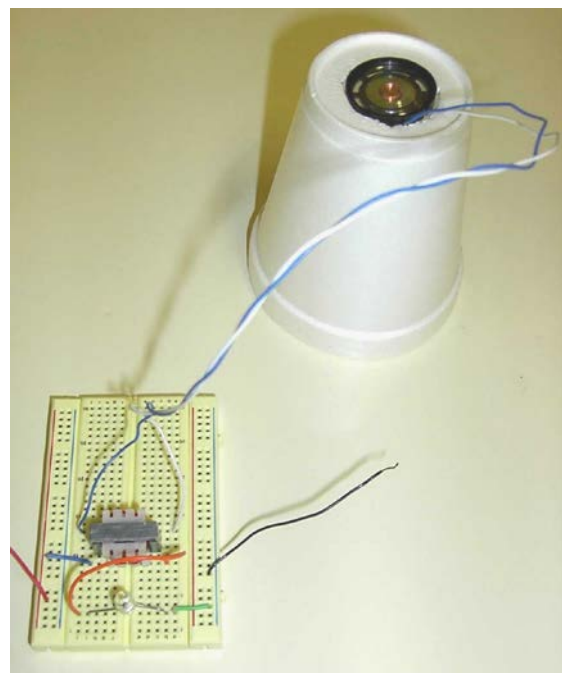
დინამიკი: სადენები უნდა მიერჩილოს დინამიკს, რომელიც უნდა მოვათავსოთ სახით ჩვენგან, ისე რომ ზუსტად დაიკავოს (შეავსოს) პოლისტიროლის ჭიქის ხვრელი.



სურათი TG5-9: ფოტოტრანზისტორ/დინამიკის აუდიო გარდამქნელით შეერთების ფოტოსურათი

სურათი TG5-10 გვიჩვენებს სხვა ვარიანტს, როდესაც ფოტოტრანზისტორი და გარდამქნელი ორივე დამაგრებულია ელექტრონულ პლატაზე.

სურათი TG5-10:
 ალტერნატიული მიმდების
 ფოტოსურათი.
 ფოტოტრანზისტორი და
 აუდიო გარდამქნელი
 დამაგრებულია პლატაზე.



მოდული 6: მულტიპლექსირება ტალღის სიგრძის დაყოფით

ალექს მაზოლინი

საინჟინრო და ინდუსტრიული მეცნიერებების ფაკულტეტი

სვინბურნის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტი

Hawthorn, Victoria Australia

amazolini@swin.edu.au

მოდული 6: მულტიპლექსირება ტალღის სიგრძის დაყოფით

მიმოხილვა:

5 მოდულში თქვენ იხილეთ, თუ როგორ შეიძლება ინფორმაციის გადაცემა ოპტიკური-ბოჭკოვანი გადამცემი ხაზით. ეფექტური საკომუნიკაციო სისტემის შესაქმნელად საჭიროა ასეთი ხაზით გაგზავნილი ინფორმაციის რაოდენობა იყოს მაქსიმალური. ამ მოდულში შეხვდებით ამის მიღწევის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მეთოდს - მულტიპლექსირებას ტალღის სიგრძის დაყოფით. ეს არის ფოტონიკის მნიშვნელოვანი კომპონენტი - ოპტიკური ტექნოლოგიისა, რომელიც ყველა ოპტიკური გადამცემი სისტემის სული და გულია.

ეს მოდული უნდა მოსინჯოთ 5 მოდულის შემდეგ. კვლევა 1-ში უნდა შეასრულოთ მოსამზადებელი მსჯელობა, სანამ დაიწყებთ ლაბორატორიულ აქტივობებს.

მიზნები:

1. იმ ფაქტორების გამოკვლევა, რომელიც ზღუდავს გადამცემიდან მიმღებამდე ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარეს.
2. დადგენა, თუ როგორ შეიძლება ოპტიკური ბოჭკოთი გადაცემული ინფორმაციის რაოდენობის გაზრდა
3. სინათლის დისპერსიის გამოკვლევა
4. ფერთა შეკრების გამოკვლევა
5. სინათლის იმ უნიკალური თვისებების გამოკვლევა, რომელიც იძლევა ტალღის სიგრძის დაყოფით მულტიპლექსირების (*WDM*) საშუალებას
6. *WDM*-ის დემონსტრირება
7. პრაქტიკული *WDM* სისტემების გამოკვლევა.

კვლევა 1: მოსამზადებელი მსჯელობა

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

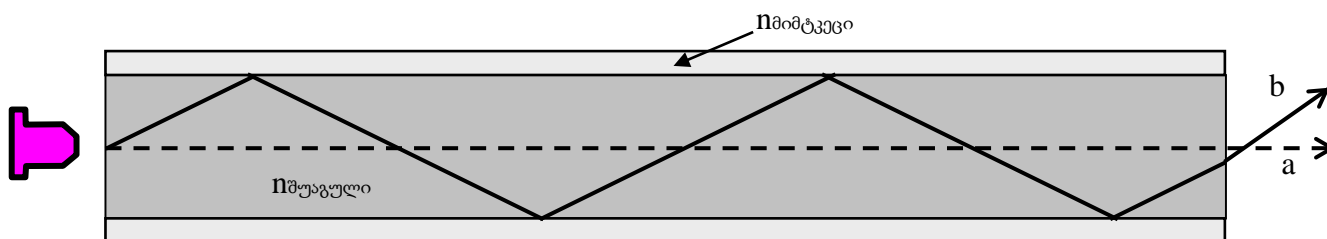
- წითელი-მწვანე-ლურჯი LED (ცნობილია როგორც თეთრი LED ან WLED) და მიკროკონტროლერიანი მმართველი
- 1 მეტრი მიმტკეცილი (გარსაცმიანი) პლასტიკური ბოჭკო (2 მმ დიამეტრის მიმტკეცი, 1.96 მმ დიამეტრის შუაგული).
- 4.5 ვოლტი (3xAA) ელემენტების შეკვრა მიკროკონტროლერის კვებისთვის

- პლასტიკური ლინზა (ფოკუსური მანძილი დაახლოებით 25 მმ, დიამეტრი 25 მმ)
- Mylar-ის თხელი აკვის ფურცელი (როგორც ეკრანი)
- ოპტიკურ ბოჭკოსთან დამაკავშირებელი პლასტიკური WLED
- WLED/მიკროკონტროლერიანი მმართველის დამჭერი
- ოპტიკური ბოჭკოს დამჭერი
- ლინზების დამჭერი (სიმაღლის დარეგულირების შესაძლებლობით)

აქტივობა 1-1: იმპულსის გაზნევა

განვიხილოთ LED, რომლის სინათლე შეერთებულია ოპტიკური ბოჭკოს შუაგულთან. სინათლე შეიძლება გავრცელდეს ბოჭკოში ბევრი შესაძლო გზით. 1 მოდულში თქვენ შეისწავლეთ სრული შინაგანი არეკვლა უფრო დიდი გარდატეხის მაჩვენებლის მქონე გარემოს გამყოფ ზედაპირზე უფრო მცირე გარდატეხის მაჩვენებლის მქონე გარემოსთან. ეს იდეები 5 მოდულში გამოიყენეთ ოპტიკური ბოჭკოსთვის. სრული შინაგანი არეკვლა მოხდება, როგორც კი სინათლე დაეცემა შუაგულისა და მიმტკეცის გამყოფ საზღვარს კრიტიკულ კუთხეზე დიდი კუთხით. ამის შემდეგ სინათლე მიემართება ოპტიკურ ბოჭკოში დანაკარგის გარეშე.

ქვემოთ მოცემული დიაგრამა გვიჩვენებს სინათლის ორ შესაძლო სხივს ბოჭკოს სწორხაზოვან უბანზე. წყვეტილი სხივი (a) ვრცელდება ბოჭკოს ოპტიკური ღერძების გასწვრივ, გამუქებული სხივი (b) ვრცელდება ბოჭკოში ზიგ-ზაგით და განიცდის რიგ სრულ შინაგან არეკვლას..



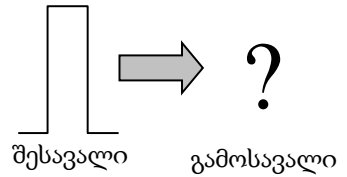
ოპტიკური ბოჭკოს შუაგულს აქვს მუდმივი გარდატეხის მაჩვენებელი ($n_{\text{შუაგული}}$), რომელიც ოდნავ დიდია მიმტკეცის გარდატეხის მაჩვენებელ ($n_{\text{მიმტკეცი}}$)-ზე. ასეთ ბოჭკოს ეწოდება საფეხურის მსგავსი გარდატეხის მაჩვენებლიანი მრავალ-მოდულიანი (მრავალ-რეჟიმიანი) ბოჭკო.

დავუშვათ, LED ირთვება და ითიშება ძალიან სწრაფად და იძლევა სინათლის ძალიან ხანმოკლე იმპულსს.

LED-დან გამომავალი სხივები ოპტიკური ბოჭკოს შესასვლელს შესაძლებელია ეცემოდნენ (და ხვდებოდნენ ბოჭკოში) სხვადასხვა კუთხით.

შეკითხვა1-1: ნაჩვენები ორი სინათლის სხივისთვის— (a) გზის და (b) გზის გასწვრივ, რომელი მათგანი გაივლის ბოჭკოს უმოკლეს დროში? ახსენით.

შეკითხვა1-2: თუ LED ასხივებს ხანმოკლე მართკუთხა სინათლის იმპულსებს (როგორც მარჯვნივ არის ნაჩვენები), რომელიც ანათებს ბოჭკოს შესასვლელს, მაშინ რა ემართება ამ სინათლის იმპულსების ფორმას მას შემდეგ, რაც ამ იმპულსების შემქმნელი ტალღები გავლენ ბოჭკოს გამოსავალ ბოლოში ბევრი სხვადასხვა შესაძლო გზის გასწვრივ? ახსენით.



კომენტარი: წინა დიაგრამაში ნაჩვენები ორი გზის (a და b) გავლის დროებს შორის განსხვავება ძალიან მცირეა, მაგრამ შედეგად იძლევა იმპულსების გარკვეულწილად გაბნევას. თუ იპულსები ძალიან ხანმოკლეა და ახლოს არის ერთმანეთთან, იპულსების გაბნევა მათ ინდივიდუალურ იდენტიფიცირებას ძალიან გაართულებს.



თანამედროვე ციფრული ოპტიკურ-ბოჭკოვანი საკომუნიკაციო სისტემა იყენებს სინათლის ულტრა ვიწრო იპულსებს ინფორმაციის გასაგზავნად. ყოველ იმპულსს ან მის არ არსებობას გამოხატავს ორი ციფრი ანუ ბიტი (1 ან 0). სინათლის ეს იმპულსები იგზავნება ბოჭკოთი გადამცემიდან მიმღებამდე.

შეკითხვა 1-3: მოცემული ბოჭკოთი, როგორ შეგვიძლია ინფორმაციის გადაცემა ყველაზე დიდი სიჩქარით? (ე.ი მეტი ბიტი წამში) გადამცემიდან მიმღებამდე?

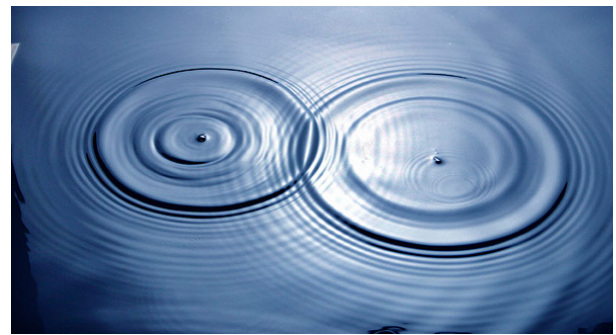
შეკითხვა 1-4: საბოლოოდ, რა შეზღუდავს ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარეს (ე.ი. იმპულსების მაქსიმალურ რიცხვს, რომელიც შეიძლება გაიგზავნოს ბოჭკოთი ერთ წამში)?

კომენტარი: ოპტიკურ ბოჭკოში იმპულსის გაბნევის ბევრი გამომწვევი მიზეზი არსებობს, სწორედ ეს არის ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარის სიდიდის ნამდვილი შემზღუდავი.

აქტივობა 1-2: წყლის ტალღები დამდგარ გუბურაზე

როგორც 3 მოდულში იხილეთ, თუ ქვას ჩააგდებთ დამდგარ გუბურაში, ტალღური შემფოთება გაიშლება წყლის ზედაპირზე (წყლის ჭავლების მთელია სერია, რომელიც ვრცელდება წრიული რგოლების სახით იმ წერტილიდან, რომელშიც ქვა ჩავარდა წყალში). თუ გუბურაში ჩააგდებთ მეორე ქვას (თითქმის იმავე დროს) პირველ ქვასთან ახლოს, დაინახავთ წყლის ჭავლების კვალს, როგორც ქვემოთ დიაგრამაზეა ნაჩვენები.

შეკითხვა 1-5: თუ უყურებთ იმ წერტილებს, სადაც ორი ტალღა გადაფარავს ერთმანეთს, რას დაინახავთ, როდესაც: (a) ერთი ტალღის ამობურცულობა (მაქსიმუმი) ემთხვევა მეორე ტალღის ამობურცულობას და (b) ერთი ტალღის ამობურცულობა ემთხვევა მეორე ტალღის ჩაღრმავებულობას (მინიმუმს)?

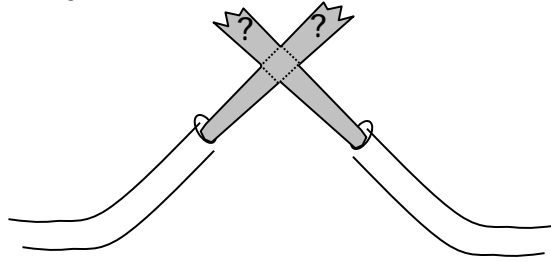


ეს სამი სურათი გადაღებულია Andrew Davidhazy-ის მიერ და შეგიძლიათ მოიძიოთ შემდეგ ვებ-მისამართზე: www.rit.edu/~andpph/exhibit-3.html

შეკითხვა 1-6: რას დაინახავთ, როდესაც ორი ტალღა გაივლის ერთმანეთში? რა გავლენა აქვს მეორე ქვის მიერ შექმნილ ჭავლებს პირველი ქვის მიერ შექმნილი ჭავლების გავრცელებაზე?

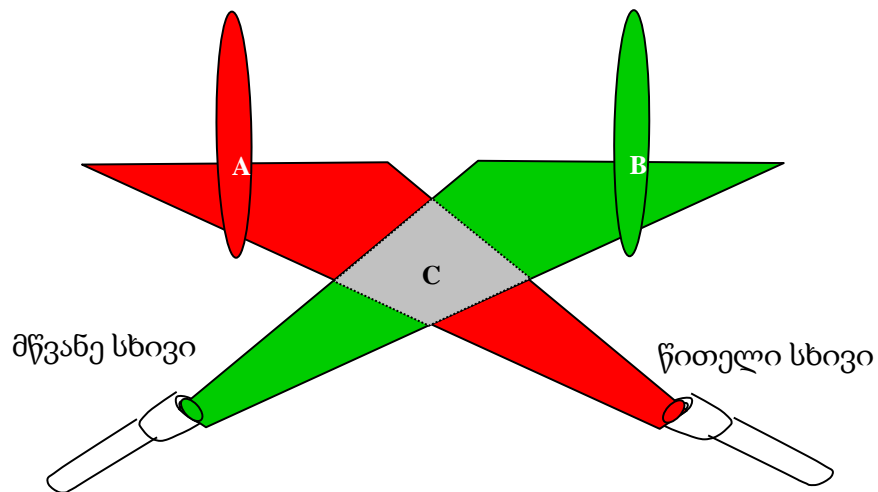
აქტივობა 1-3: სინათლის ტალღური ხასიათი

1. ვთქვათ, ორი სარწყავი შლანგიდან გამოსული წყლის ნაკადები კვეთს ერთმანეთს.



შეკითხვა 1-7: რა ემართებათ წყლის ნაკადებს გადაკვეთის უბნის მიღმა?

2. ახლა განვიხილოთ ორი ფარანი სხვადასხვა ფერის სინათლის სხივით (წითელი და მწვანე), რომლებიც გადაკვეთენ ერთმანეთს, როგორც ქვემოთ არის ნაჩვენები



შეკითხვა 1-8: რომ შეგეძლოთ თეთრი ფურცლის მოთავსება სინათლის სხივებზე სხვადასხვა ადგილას, რა ფერს დაინახავდით A წერტილში? B წერტილში? C წერტილში?

შეკითხვა 1-9: გადაკვეთის C უბნის მიღმა როგორ მოქმედებს წითელი სხივის არსებობა მწვანე სხივზე?

კომენტარი: სინათლის სხივები იქცევიან როგორც ტალღები, რომლებიც არ ზემოქმედებენ ერთმანეთზე გადაკვეთის ზონის

გავლის შემდეგ (ე.ი ყოველი ფერის ტალღა ვრცელდება ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად)!

კვლევა 2: WDM სისტემის გამოკვლევა

ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

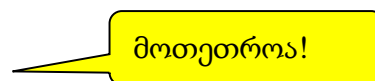
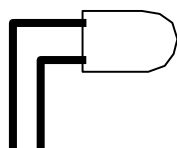
- წითელი-მწვანე-ლურჯი LED (ცნობილია როგორც თეთრი LED ან WLED) და მიკროკონტროლერიანი მმართველი
- 1 მეტრი მიმტკეცილი (გარსაცმიანი) პლასტიკური ბოჭკო (2 მმ დიამეტრის მიმტკეცი, 1.96 მმ დიამეტრის შუაგული).
- 4.5 ვოლტი (3xAA) ელემენტების შეკვრა მიკროკონტროლერის კვებისთვის
- პლასტიკური ლინზა (ფოკუსური მანძილი დაახლოებით 25 მმ, დიამეტრი 25 მმ)
- წითელი ფილტრი (ცელოფნის ნაჭერი)
- 25 მმ x 25 მმ დიფრაქციული მესერი
- დიფრაქციული მესერის დამჭერი
- ფოტოტრანზისტორის დამჭერი.
- ფოტოტრანზისტორული აუდიო გამაძლიერებელი, რომლის მსგავსი გაკეთებული იყო 5 მოდულში

აქტივობა 2-1: წითელ-მწვანე-ლურჯი(RGB) LED-ის გამოკვლევა

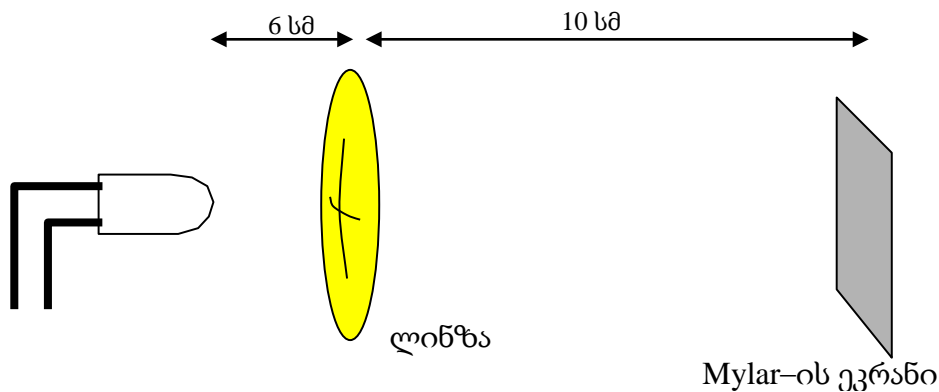
გაფრთხილება: ამ აქტივობაში მიკროკონტროლერიანი მმართველის მკვებავი ძაბვა არ უნდა აჭარბებდეს 5.5 ვოლტს, რადგან ყოველთვის დააზიანებს მოწყობილობას. ძაბვის წყაროს პოლარობის შეცვლას მსგავსი შედეგი მოჰყვება.

ადამიანთა უმრავლესობას უნახავს წითელი LED-ები, მაგრამ მათგან მხოლოდ ზოგიერთს – მწვანე ან ლურჯი LED-ები. RGB LED აქვს სამივე ფერი ერთად!

1. შეამოწმეთ RGB LED-ს გამოსავალი. შეაერთეთ 4.5 ვ-იანი დენის წყარო LED მიკროკონტროლერთან. (იხილეთ **გაფრთხილება** ზემოთ.) როდესაც კვება შეერთებულია, LED მყისიერად ირთვება და LED-ის გამოსავალზე ჩნდება “მოთეთრო” სინათლე.



2. ახლა თქვენ გამოიყენებთ ლინზებს RGB LED-ს ზედაპირიდან წამოსული თეთრი სინათლის ფოკუსირებით ეკრანზე გამოსახულების მისაღებად. ამით შეძლებთ LED –ის გამოსავალს უფრო დეტალურად დააკვირდეთ.



ვარაუდი 2-1: როგორ ფიქრობთ, რა დაიმზირება ეკრანზე? დახატეთ თქვენი ვარაუდი მარჯვნივ ჩარჩოში.

ვარაუდი

3. LED –დან დაახლოებით 6სმ-ზე დაამაგრეთ ლინზა. დარწმუნდით, რომ LED-ის მხარეს ლინზის ნაკლებად გამრუდებული ზედაპირია მოქცეული. Mylar-ის ეკრანი მოათავსეთ ლინზიდან დაახლოებით 10სმ-ზე და ამოდრავთ წინ და უკან, სანამ LED-ის გამოსახულება არ გახდება მკაფიო.

დაკვირვება

რა დაიმზირება ეკრანზე? დახატეთ თქვენი დაკვირვების შედეგი მარჯვნივ ჩარჩოში..

შეკითხვა 2-1: რომელი ფერების დანახვა შეიძლება გამოსახულებაზე?

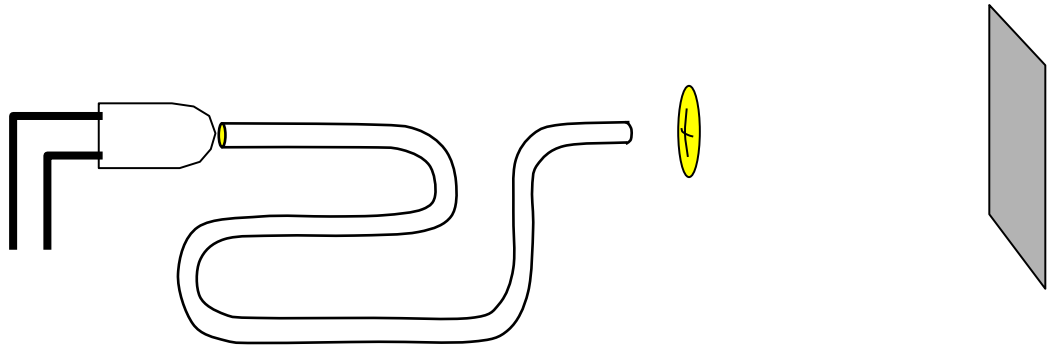
4. მომდევნო კითხვები გაარჩიეთ თქვენს მეწყვილე(ებ)სთან ერთად და შემდეგ უპასუხეთ

შეკითხვა 2-2: ყველა ფერი ერთნაირად მკვეთრია? თუ არა, რატომ არა? აქვს თუ არა რამე კავშირი ამას გაზნევასთან?

შეკითხვა 2-3: რატომ არის LED “თეთრი”, როდესაც ჩვენ მას ვუყურებთ? რა პროცესის გამო ჩანს ის თეთრად?

აქტივობა 2-2: RGB LED სინათლის გაგზავნა ოპტიკურ ბოჭკოში

1. 2 მმ-იანი დიამეტრის პლასტიკური ოპტიკური ბოჭკო უნდა მოათავსოთ RGB LED ზედაპირის ცენტრში. ისევე გამოიყენეთ მარტივი ლინზა, რათა დააფოკუსიროთ ოპტიკური ბოჭკოს გამოსასვლელი ზედაპირიდან წამოსული თეთრი სინათლე ეკრანზე გამოსახულების მისაღებად და ბოჭკოს გამოსავალს უკეთესი სიმკვეთრით დააკვირდეთ.



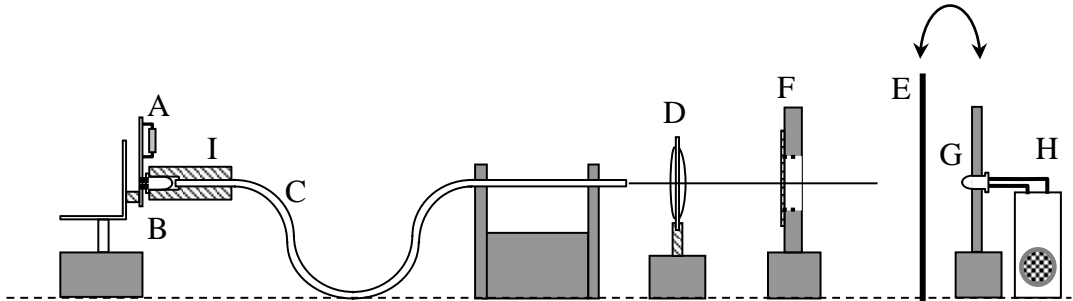
ვარაუდი 2-2: თქვენი აზრით, რა დაიმზირება ეკრანზე? დახატეთ თქვენი ვარაუდი მარჯვნივ, ვარაუდის ჩარჩოში..

ვარაუდი	დაკვირვება

2. შეართეთ ოპტიკური ბოჭკო LED-თან პლასტიკური დამაკავშირებლის გამოყენებით. ბოჭკოს მეორე ბოლო გაატარეთ ბოჭკოს დამჭერის ხვრელში. ლინზა მოათავსეთ 3,5 სმ-ის დაშორებით ბოჭკოს ბოლოდან და ეკრანი – დაახლოებით 13სმ-ზე ლინზიდან. მკვეთრი გამოსახულების მისაღებად არეგულირეთ ეკრანის მდებარეობა.

ქვემოთ მოცემულ დიაგრამაზე ნაჩვენებია მოწყობილობის სქემა. (A) მიკროკონტროლერი, (B) WLED, (C) ოპტიკური

ბოჭკო, (D) ლინზა, (E) Mylar-ის ეკრანი, (F) წითელი ცელოფანი, (G) ფოტოტრანზისტორი (ანაცვლებს Mylar-ის ეკრანს), (H) აუდიო გამამღიერებელი და (I) WLED-ის ოპტიკურ ბოჭკოსთან დამაკავშირებელი.



რას დაინახავთ ეკრანზე? დახატეთ დაკვირვების ჩარჩოში ზემოთ.

3. მომდევნო კითხვები განიხილეთ თქვენს მეწყვილე(ებ)თან ერთად და უპასუხეთ

შეკითხვა 2-4: ახსენით, რატომ მიიღეთ ამჯერად აქტივობა 2-1-ში, ოპტიკური ბოჭკოს გარეშე, მიღებული გამოსახულებისგან განსხვავებული სურათი? ორივე არ არის ერთიანი დამაკავშირებელი LED-დან წამოსული სინათლის გამოსახულება!?

შეკითხვა 2-5: რა ემართება LED –ის წითელი, მწვანე და ლურჯი წყაროდან წამოსულ სიგნალებს ოპტიკური ბოჭკოს გავლის შემდეგ?

კვლევა 3: ინფორმაციის გაგზავნა ოპტიკური ბოჭკოთი

თუ გვაქვს რაღაც ინფორმაცია, შეგვიძლია დავშიფროთ იგი სინათლის იმპულსების მიმდევრობით და გავუშვათ ოპტიკურ ბოჭკოში. ამ კოდირებული სინათლის იმპულსების წყაროს *გადამცემი* ეწოდება.

ეს იმპულსები ვრცელდება ბოჭკოში დანაკარგის გარეშე და მისი დეტექტირება და გაშიფვრა შესაძლებელია მეორე ბოლოში. მოწყობილობას, რომელიც ამას ახორციელებს, ჰქვია *მიმღები*.

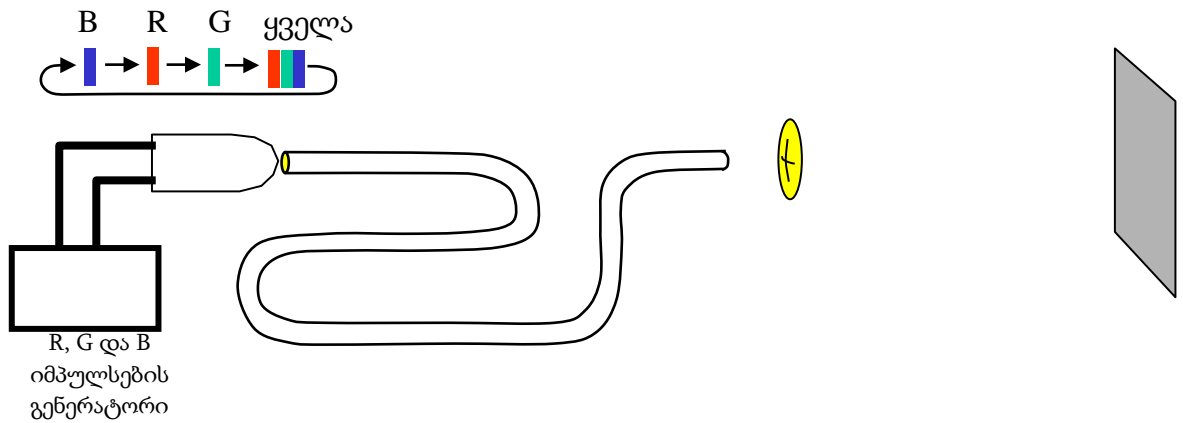
RGB LED –ში სამი პატარა წყაროდან თითოეული შეიძლება აკონტროლოთ დამოუკიდებლად, ამიტომ შეგვიძლია

გავაგზავნოთ სხვადასხვა R, G ან B სინათლის იმპულსები ბოჭკოში. ამ ხერხით ინფორმაციის გაგზავნა შესაძლებელია ნებისმიერი ან სამივე ფერის არხით.

მიკროკონტროლერის გამოყენება შეგვიძლია RGB LED –დან R, G და B სინათლის იმპულსების სხვადასხვა მიმდევრობის მისაღებად. (ეს წარმოადგენს სამ სხვადასხვა ინფორმაციულ ნაკადს.)

აქტივობა 3-1: სინათლის ფერადი იმპულსების მიმდევრობის გაგზავნა ბოჭკოთი

ვთქვათ, გადამცემის მიკროკონტროლერი აწარმოებს ოთხი ფერის გამეორებად იმპულსებს შემდეგი მიმდევრობით: იმპულსი 1—ლურჯი, იმპულსი 2—წითელი, იმპულსი 3—მწვანე, იმპულსი 4—სამივე ფერი ერთად.



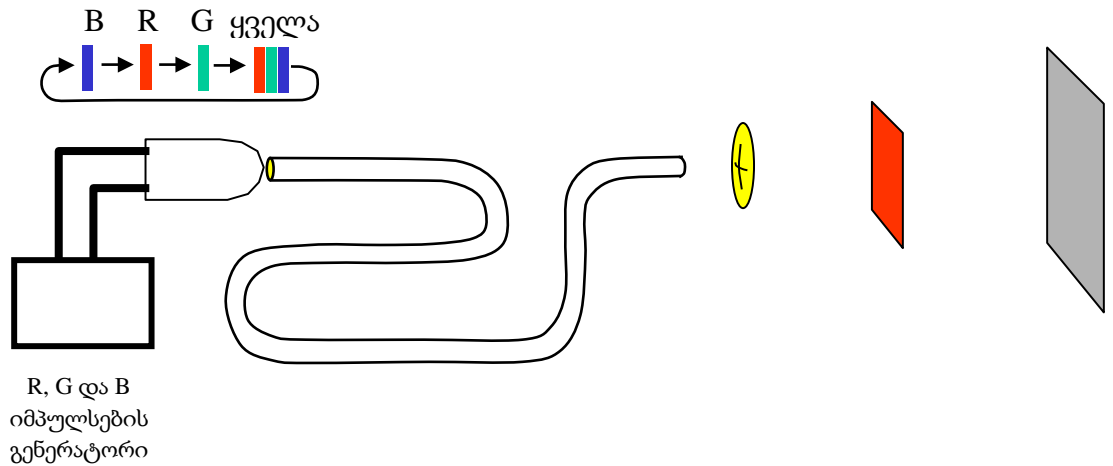
ვარაუდი 3-1: როგორ ფიქრობთ, ფერების და ფორმების როგორი მიმდევრობა დაიმზირება ეკრანზე?

1. დააჭირეთ მიკროკონტროლერის ღილაკს მხოლოდ ერთხელ. რასაც მოყვება იმპულსების განსაზღვრული მიმდევრობის გამოშვება—B იმპულსი, R იმპულსი, G იმპულსი, (B+ R+G) იმპულსი.

შეკითხვა 3-1: ფერების და ფორმების როგორი მიმდევრობა დაიმზირება ეკრანზე სინამდვილეში?

შეკითხვა 3-2: რატომ აქვთ იმპულსებს ეს სპეციფიკური ფერები? რატომ არ არის სამივე ფერადი იმპულსი არც წითელი, არც მწვანე, არც ლურჯი?

2. მოათავსეთ წითელი ცელოფნის ნაჭერი ლინზასა და ეკრანს შორის, როგორც ქვემოთ დიაგრამაზეა ნაჩვენები.



ვარაუდი 3-2: იმპულსების იგივე მიმდევრობის გამოყენებით (B იმპულსი, R იმპულსი, G იმპულსი, (B+ R+G) იმპულსი), ფერების და ფორმების როგორ მიმდევრობას მიიღებთ, თქვენი აზრით, ეკრანზე?

შეკითხვა 3-3: ფერების და ფორმების როგორი მიმდევრობა გამოჩნდა ეკრანზე რეალურად?

შეკითხვა 3-4: როგორი გავლენა აქვს წითელ ცელოფნის ნაჭერს გამოსახულების მიმდევრობაზე? რატომ ხდება ასე? რა ფუნქციას ასრულებს ცელოფნის ნაჭერი?

კომენტარი: ოპტიკური ბოჭკო R, G და B წყაროებიდან წამოსულ იმპულსებს აერთიანებს და უშვებს ერთ გადამცემ ხაზში. ამ პროცესს - ბევრი შემავალი ინფორმაციული ნაკადის კომბინირებას ერთ გამოსავალ ინფორმაციულ ნაკადში - *მულტიპლექსირება* ეწოდება

თუ “1” წარმოადგენს “სინათლის იმპულსს” და “0” წარმოადგენს “სინათლის იმპულსის არ არსებობას”, მაშინ, წინა აქტივობებში

გამოყენებული იმპულსების თანმიმდევრობისთვის, სხვადასხვა არხით გაგზავნილი ინფორმაცია იქნება:

ლურჯი არხი 1001 1001 1001 და ა.შ.
 წითელი არხი 0101 0101 0101 და ა.შ.
 მწვანე არხი 0011 0011 0011 და ა.შ.

წითელი ფილტრი წითელი არხიდან წამოსული ინფორმაციის სხვა ორი არხისგან (მწვანე ან ლურჯი) გამოიჯვნის საშუალებას იძლევა. ეს იმას ნიშნავს, რომ წითელი ფილტრის გამოყენებისას მხოლოდ წითელი არხი 0101 0101 0101 მიაღწევს ეკრანს. შეგვიძლია წითელი ფილტრი ჩავანაცვლოთ მწვანე ან ლურჯი ფილტრით და ინფორმაციის ნაკადების განცალკევება მოვახდინოთ ამ ფერებისთვის

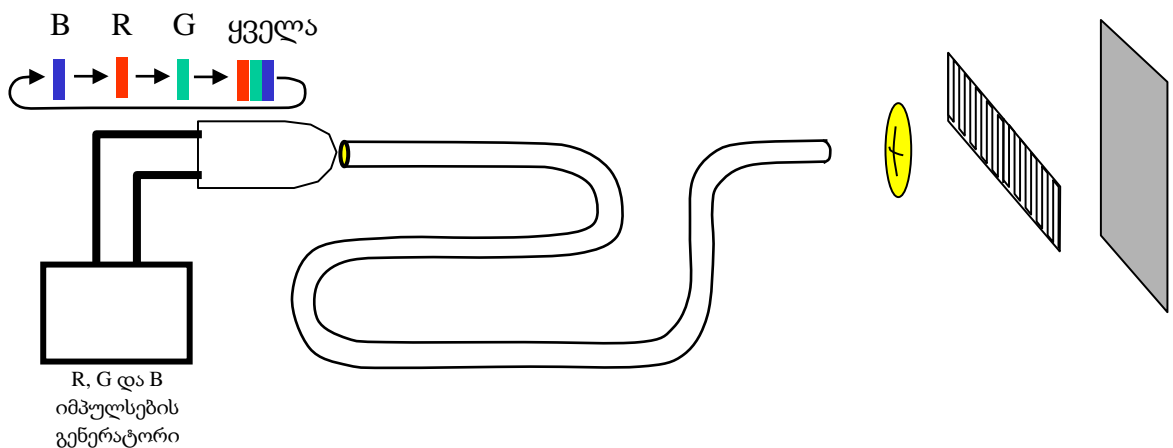
შეკითხვა 3-5: ოპტიკური ბოჭკოს მიერ გადატანილი ინფორმაციის ტევადობის ზრდაზე იმოქმედებს თუ არა ფილტრის გამოყენება?

შეკითხვა 3-6: რა შეგვიძლია გავაკეთოთ ოპტიკური ბოჭკოს მიერ გადატანილი ინფორმაციის ტევადობის სამჯერ გასაზრდელად?

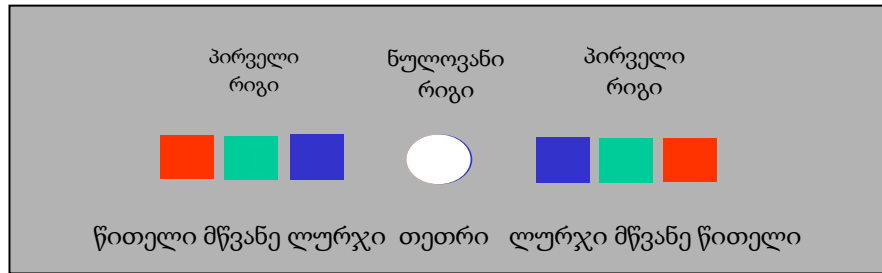
აქტივობა 3-2: ინფორმაციის აღდგენა დიფრაქციული მესერის გამოყენებით.

ოპტიკური ბოჭკოდან გამოსული სინათლის დასაშლელად და ეკრანზე განცალკევებული R, G და B ლაქების მისაღებად არსებობს ორი მოწყობილობა – პრიზმა ან დიფრაქციული მესერი. ეს კი საშუალებას იძლევა ერთდროულად დავინახოთ წითელ, მწვანე და ლურჯ იმპულსებში მოქცეული ინფორმაციის ნაკადები.

გამოვიყენებთ ისეთივე დიფრაქციულ მესერს, როგორც 3 მოდულში შეგხვდათ და რომელსაც მოვათავსებთ ლინზასა და ეკრანს შორის.



თუ გადაცემული იყო თეთრი სინათლის იმპულსი, ეკრანზე დაინახავთ შემდეგ გამოსახულებას:

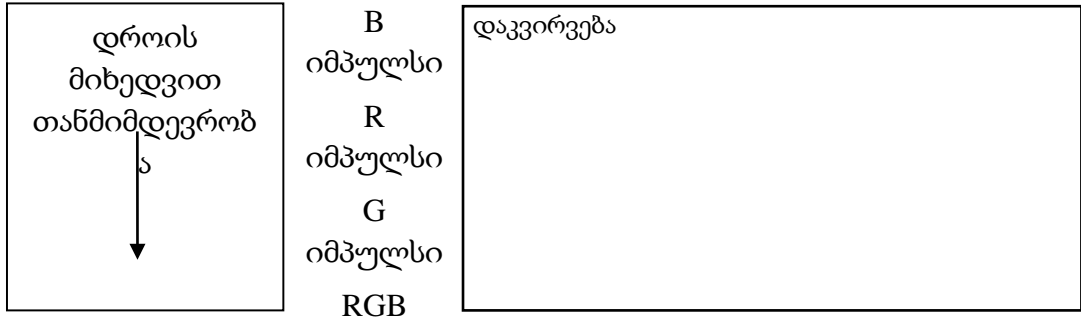


შეკითხვა 3-7: ახსენით, რატომ გამოიყურება თეთრი სინათლის იმპულსის გამოსახულება ასე. განიხილეთ სხვადასხვა ფერის გამოსახულებების ფორმა და მდებარეობა.

ვარაუდი 3-3: ფერების და ფორმების როგორი მიმდევრობა გამოჩნდება ეკრანზე წინა აქტივობაში გამოყენებული იმპულსების მიმდევრობისთვის: ლურჯი იმპულსი, შემდეგ წითელი იმპულსი, შემდეგ მწვანე იმპულსი, შემდეგ კომბინირებული (R+G+B) იმპულსი? ქვემოთ მოცემულ ჩარჩოში თითოეული იმპულსის სახელის გასწვრივ ჩახატეთ იმპულსის მდებარეობა ეკრანის ცენტრის მიმართ.

<p>დროის მიხედვით თანმიმდევრობა</p> <p>↓</p>	<p>B იმპულსი</p> <p>R იმპულსი</p> <p>G იმპულსი</p> <p>RGB იმპულსი</p>	<p>ვარაუდი</p>
--	---	----------------

- წითელი ფილტრი (წინა აქტივობაში გამოყენებული) ჩაანაცვლეთ მესერი და მესერი მოათავსეთ ისე, რომ ეკრანზე მიიღოთ კარგად დაფოკუსებული სუფთა გამოსახულება.
- ჩახატეთ ეკრანზე დამზერილი ფერების და ფორმების მიმდევრობა.



შეკითხვა 3-8: 3 მოდულში ჩატარებული თქვენი დაკვირვების მიხედვით შეეცადეთ ახსნათ, პირველი რიგის დიფრაქციულ მესერში რატომ არის ლურჯი ლაქა ეკრანის ცენტრთან ყველაზე ახლოს და წითელი ლაქა ცენტრიდან ყველაზე შორს?

შეკითხვა 3-9: რატომ არის ნულოვანი რიგის ლაქები წრიული და პირველი რიგის ლაქები არაწრიული?

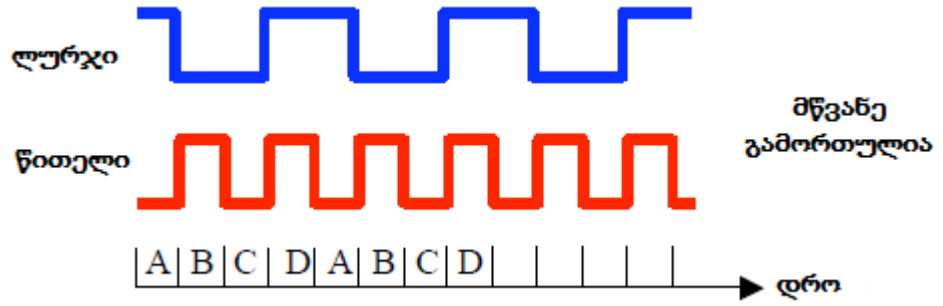
აქტივობა 3-3: მულტიპლექსირება ტალღის სიგრძის დაყოფით დიფრაქციული მესერის გამოყენებით

მესერის დახმარებით შეგვიძლია ერთმანეთისგან დამოუკიდებელი ინფორმაციების გადაცემა იმპულსების სხვადასხვა მიმდევრობების გაგზავნით სხვადასხვა ფერის (RGB) არხებში.

ამ მეთოდს ეწოდება *მულტიპლექსირება ტალღის სიგრძის დაყოფით (WDM)*.

შეკითხვა 3-10: ზრდის თუ არა WDM ოპტიკური ბოჭკოს მიერ გადატანილი ინფორმაციის ტევადობას? რატომ კი, ან რატომ არა?

ვარაუდი 3-4: რას დაინახავდით ეკრანზე წითელი და ლურჯი იმპულსების შემდეგი მიმდევრობა ერთდროულად რომ გაგეგზავნათ ოპტიკურ ბოჭკოში



დროის მიხედვით თანმიმდევრობა ↓	ინტერვალი	ვარაუდი
	A	
	B	
	C	
	D	

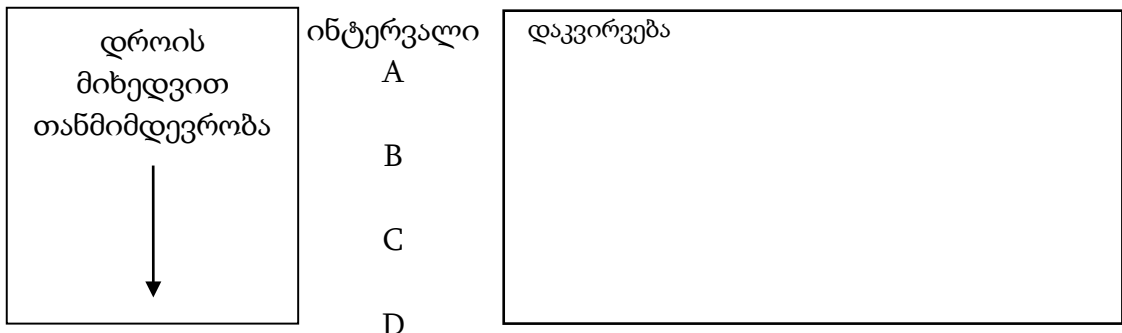
1. ისევ დააჭირეთ მიკროკონტროლერის ღილაკს **მხოლოდ ერთხელ**. (ეს იმას ნიშნავს, რომ მოწყობილობის ჩართვის შემდეგ ღილაკი **მეორედ** გამოვიყენეთ). ამას მოჰყვება მიკროკონტროლერის მიერ წითელი-ლურჯი LED იმპულსების განსაზღვრული მიმდევრობის გენერირება, რომელიც ნაჩვენებია ზემოთ.
2. ჩახატეთ ეკრანზე დამზერილი ფერების და ფორმების მიმდევრობა.

დროის მიხედვით თანმიმდევრობა ↓	ინტერვალი	დაკვირვება
	A	
	B	
	C	
	D	

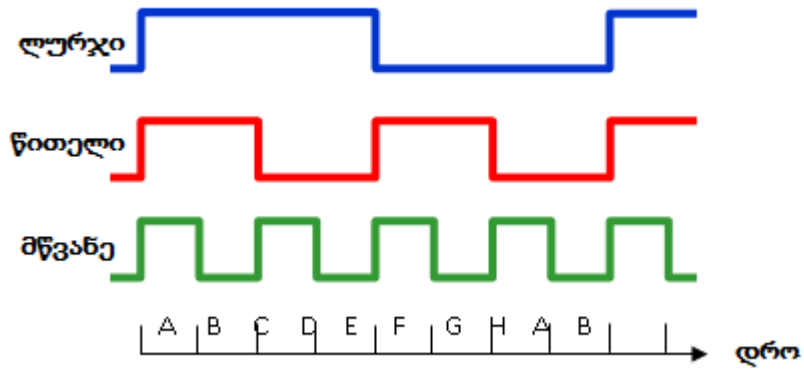
შეკითხვა 3-11: წითელ და ლურჯ ფერთან ერთად გამოჩნდება ახალი ფერი. რომელია ეს ფერი? როგორ წარმოიქმნა?

შეკითხვა 3-12: რა მოხდება, თუ მწვანე ფერს დავამატებთ წითელს? რა ფერი მიიღება ამ დამატების შედეგად? (შეამოწმეთ მომდევნო დაკვირვებით.)

3. ისევ დააჭირეთ მიკროკონტროლერის ღილაკს ***მხოლოდ ერთხელ***. (ეს იმას ნიშნავს, რომ მოწყობილობის ჩართვის შემდეგ ღილაკი **მესამედ** გამოვიყენეთ). მიკროკონტროლერი დაიწყებს მწვანე-წითელი მიმდევრობის გენერირებას, რაც საშუალებას მოგცემთ ეკრანზე დააკვირდეთ ამ ორი ფერის შეკრების შედეგს. **შენიშვნა:** აქაც იმავე მიმდევრობას მიიღებთ, რაც ვარაუდ 3-4-ში იმ გამონაკლისით, რომ ლურჯი სიგნალი ჩართულია მწვანე სიგნალთან ერთად.



ვარაუდი 3-5: რას დაინახავდით ეკრანზე, თუ წითელი, მწვანე და ლურჯი იმპულსების მოცემულ მიმდევრობას ოპტიკურ ბოჭკოში გაუშვებდით:



<p>დროის მიხედვით თანმიმდევრობა</p> <p>↓</p>	<p>ინტერვალი</p> <p>A</p> <p>B</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>E</p> <p>F</p> <p>G</p> <p>H</p>	<p>ვარაუდი</p>
--	--	----------------

4. ისევ დააჭირეთ მიკროკონტროლერის ღილაკს **მხოლოდ ერთხელ**. (ეს იმას ნიშნავს, რომ მოწყობილობის ჩართვის შემდეგ ღილაკი **მეოთხედ** გამოვიყენეთ). მიკროკონტროლერი დაიწყებს განსაზღვრული მიმდევრობის იმპულსების გამოშვებას, როგორც ზემოთ არის ნაჩვენები.
5. ჩახატეთ ეკრანზე დამზერილი ფერების და ფორმების მიმდევრობა.

<p>დროის მიხედვით თანმიმდევრობა</p> <p>↓</p>	<p>ინტერვალი</p> <p>A</p> <p>B</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>E</p> <p>F</p> <p>G</p> <p>H</p>	<p>დაკვირვება</p>
--	--	-------------------

შეკითხვა 3-13: საწყის ფერებთან: წითელ მწვანე და ლურჯთან ერთად დაინახავთ დამატებით ფერებს მეწამულს (R+B) და ყვითელს (G+R). რომელი მესამე დამატებითი ფერი გამოჩნდება? როგორ წარმოიქმნება იგი?

აქტივობა 3-4: WDM–ის აუდიო დემონსტრირება

დემონსტრირებისთვის, ორი განცალკევებული ციფრული აუდიო კოდი გავგზავნოთ ბოჭკოში WDM–თი (ერთი სიგნალი გაგზავნილია ლურჯი სინათლით, მეორე – წითლით). დიფრაქციული მესერი გამოიყენება მიმღებზე ამ ორი სიგნალის ერთმანეთისგან განსაცალკევებლად.

როდესაც ფოტოტრანზისტორულ აუდიო გამამლიერებელს გადავადგილებთ ლურჯიდან წითელი ლაქისკენ, შესაბამისად იცვლება ხმის ტონიც.

1. ისევ დააჭირეთ მიკროკონტროლერის ღილაკს ***მხოლოდ ერთხელ***. (ეს იმას ნიშნავს, რომ მოწყობილობის ჩართვის შემდეგ ღილაკი **მეხუთედ** გამოვიყენეთ). მიკროკონტროლერი დაიწყებს წითელი და ლურჯი სიგნალის სწრაფად, მაგრამ სხვადასხვა სიჩქარით ჩართვა–გამორთვას.
2. Mylar-ის ეკრანი ჩაანაცვლეთ ფოტოტრანზისტორული დეტექტორით და აუდიო გამამლიერებლით. ეს სისტემა ლურჯი და წითელი სინათლის მაღალი სიხშირის იმპულსებს გარდაქმნის ორ მკაფიო ხმის ტონად.

შეკითხვა 3-14: რას გაიგონებთ, როდესაც ფოტოტრანზისტორს გადავადგილებთ პირველი რიგის წითელი დიფრაქციული ზოლიდან პირველი რიგის ლურჯ დიფრაქციულ ზოლისკენ? ახსენით, რატომ ხდება ეს ცვლილება დეტექტორის ერთი ზოლიდან მეორისკენ გადაადგილებისას.

**მასწავლებლების გზამკვლევი
6 მოდულისთვის:
მულტიპლექსირება ტაღლის
სიგრძის დაყოფით**

მასწავლებლების გზამკვლევი მოდული 6: მულტიპლექსირება ტალღის სიგრძის დაყოფით

ზოგადი შესავალი

იმისთვის, რომ ოპტიკურ-ბოჭკოვანი საკომუნიკაციო სისტემით გადაცემული ინფორმაცია იყოს მაქსიმალური, საჭიროა რამდენიმე სხვადასხვა არხით ინფორმაციის ერთდროულად გაგზავნა. ერთ-ერთი მეთოდი ამის მისაღწევად არის სწორედ *მულტიპლექსირება ტალღის სიგრძის დაყოფით (WDM)*. ამ მოდულში განხილულია WDM-ის გამარტივებული მოდელი.

მოდული 6 ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- წითელი-მწვანე-ლურჯი LED (ცნობილია როგორც თეთრი LED ან WLED) და მიკროკონტროლერიანი მმართველი
 - 1 მეტრი მიმტკეცილი (გარსაცმიანი) პლასტიკური ბოჭკო (2 მმ დიამეტრის მიმტკეცი, 1.96 მმ დიამეტრის შუაგული).
 - 4.5 ვოლტი (3xAA) ელემენტების შეკვრა მიკროკონტროლერის კვებისთვის
 - პლასტიკური ლინზა (ფოკუსური მანძილი დაახლოებით 25 მმ, დიამეტრი 25 მმ)
 - Mylar-ის თხელი აპკის ფურცელი (როგორც ეკრანი)
 - ოპტიკურ ბოჭკოსთან დამაკავშირებელი პლასტიკური WLED
 - WLED/მიკროკონტროლერიანი მმართველის დამჭერი
 - ოპტიკური ბოჭკოს დამჭერი
 - ლინზის დამჭერი (სიმაღლის დარეგულირების შესაძლებლობით))*
 - წითელი ფილტრი (ცელოფანი)
 - 25 მმ x 25 მმ დიფრაქციული მესერი
 - დიფრაქციული მესერის დამჭერი *
 - ფოტოტრანზისტორის დამჭერი*
 - მოდულ 5-ში გამოყენებული ფოტოტრანზისტორული აუდიო გამამდიერებელი.
- * მოცემული ნივთები ლოკალურადაც ხელმისაწვდომი იქნება, ან შეიძლება დაგჭირდეთ მათი დამზადება, რაც ბევრი სხვადასხვა გზით არის შესაძლებელი. ამ სახელმძღვანელოში მოცემული ფოტოები გიჩვენებთ ზოგიერთ მაგალითს.

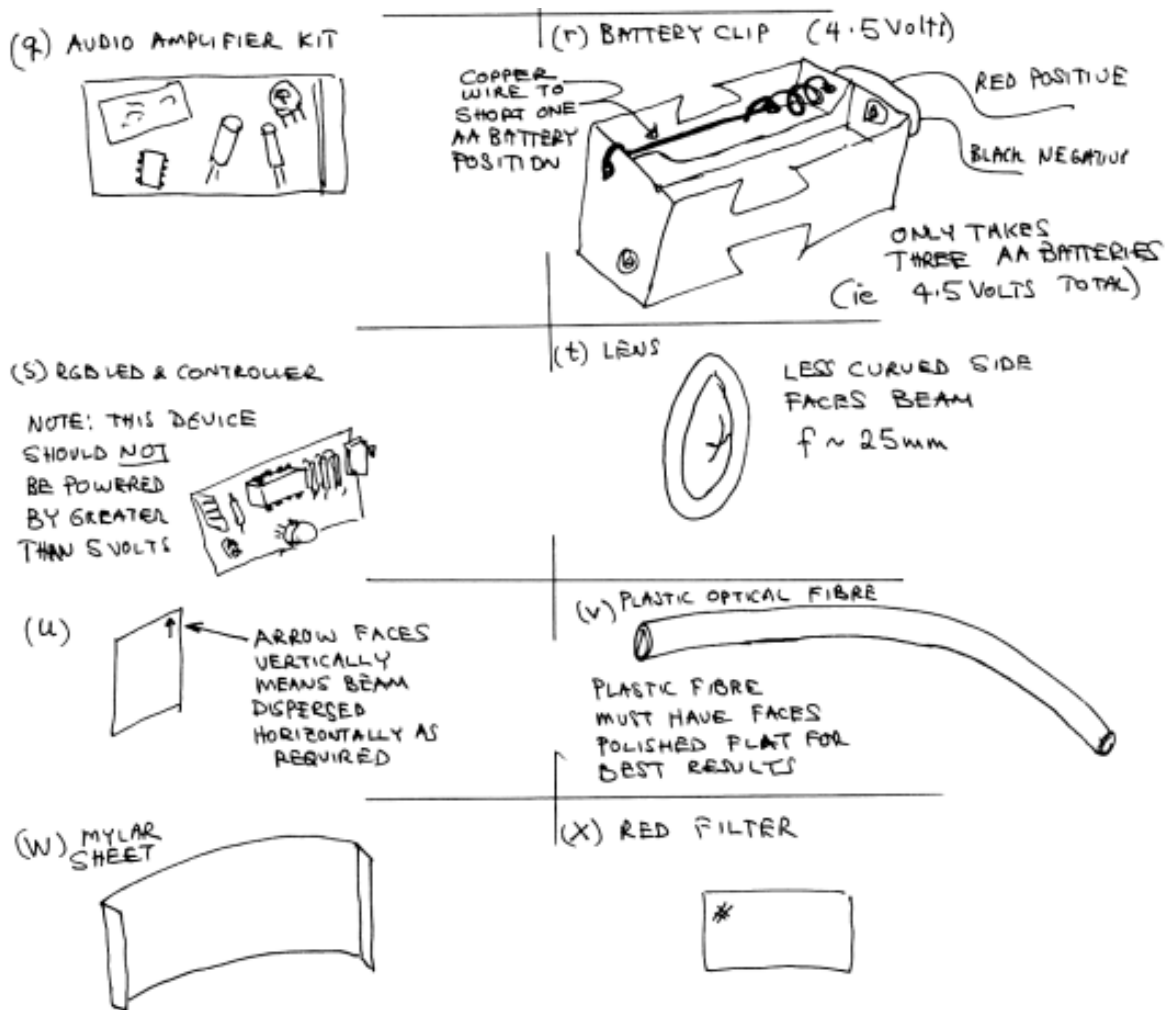
შენიშვნები აღჭურვილობასთან დაკავშირებით

WDM აქტივობისთვის საჭირო აპარატურასთან დაკავშირებული წინასწარი დეტალები იხილეთ მასწავლებლის წიგნის ბოლო ნაწილში მითითებულ ლიტერატურის სიაში.

ქვემოთ ცხრილში მოცემულია საჭირო ნივთებზე ინორმაცია და მათი შესაძლო მომწოდებლები.

ნივთი	მომწოდებელი	ნაწილის ნომერი	დაახლოებითი ღირებულება (აშშ დოლარი)	საიტის მისამართი
აუდიო გამაძლიერებელი 0.5 W kit	Dick Smith Electronics, (ავსტრალია) ან მსგავსი მომწოდებელი	K5604	\$4.50	www.dse.com.au/cgi-bin/dse.storefront
ელემენტის დამჭერები (4XAA)	Dick Smith	S6124	\$1.15	როგორც ზემოთ
ფოტოტრანზისტორი	Electus Distribution (ავსტრალია)	ZD1950	\$0.75	www.electusdistribution.com.au/
RGB WLED	LEDsales (ავსტრალია)	RGB 5mm 4-pin LEDs	\$0.95	www.ledsales.com.au/
PICAXE08M მიკროკონტროლერი	Revolution Education Ltd (UK)	AXE007M	\$3.50	www.rev-ed.co.uk/picaxe/
პლასტიკური ოპტიკური ბოჭკო (CK-80; 0.080" დიამეტრი)	Industrial Fiber optics (USA)	IF-C-U2000	\$2.50/m	www.i-fiberoptics.com/
პლასტიკური დიფრაქციული მესერის ფირი 1000 ხაზები/მმ	Rainbow Symphony Inc. (USA)	01504	\$2.50 for 6"x12" sheet	www.rainbowsymphony.com

კომპონენტების ჩანახატები



ელემენტების შეკვრა: ამ აქტივობაში შეგიძლიათ გამოიყენოთ სტანდარტული 4xAA ბატარეის დამჭერი, სადაც სპილენძის სადენი გამოიყენება მიმდევრობით შერთებული 4 AA ელემენტიდან ერთ-ერთის დასამოკლებლად. ამიტომ ელემენტის დამჭერი მიმდევრობით აერთებს მხოლოდ სამ AA ელემენტს და იძლევა 4.5 ვოლტს, რაც საკმარისია მიკროკონტროლერის საკვებად. *შევნიშნოთ, რომ მიმდევრობით შერთებული ოთხივე ელემენტი 4 AA გადააჭარბებს მიკროკონტროლერისთვის დასაშვებ მაქსიმალურ ძაბვას.*

დამჭერები: მარტივი ოპტიკური სადგამი მიკროკონტროლერის ელექტრონული პლატის დასაჭერად სასურველია, თუმცა არა აუცილებელი. გამოსადეგია ნებისმიერი მარტივი სადგამი, რომელიც მყარად და სასურველ სიმაღლეზე დაიჭერს მოწყობილობას.

ოპტიკური ბოჭკოსა და დიფრაქციული მესერის ოპტიკური დამჭერები ასევე მოსახერხებელია, თუმცა არა აუცილებელი. გამოსადეგია ნებისმიერი მარტივი სადგამი, რომელიც მყარად და

სასურველ სიმაღლეზე დაიჭერს მოწყობილობას. ეკრანად გამოიყენება, უბრალოდ, სასურველი ფორმის Mylar-ის ფურცელი. შეიძლება ასევე გამოვიყენოთ ცხიმ-მედეგი ქაღალდის ფურცელი ან შეთეთრებულ ზედაპირიანი მუყაო. WLED-ის ოპტიკურ ბოჭკოსთან დამაკავშირებელი არის პლასტიკური ღერო, რომლის მთელ სიგრძეზე გაკეთებულია 2მმ დიამეტრის ნახვრეტი. ოპტიკური ბოჭკო ნახვრეტის ერთ ბოლოშია ჩამაგრებული, ხოლო ნახვრეტის მეორე ბოლო გაფართოებულია ისე, რომ მასში ჩამაგრებულია WLED. სხვაგვარად, ბოჭკო შეიძლება მივამაგროთ WLED-თან წებოვანი ლენტით, “bluetak”-ით ან რბილი ცვილით. ლინზის დამჭერი ისე უნდა შევარჩიოთ, რომ ვერტიკალურად გადაადგილების საშუალებას იძლეოდეს, რათა მკვეთრი და სუფთა გამოსახულება მივიღოთ. ამ კონკრეტულ შემთხვევაში, გამოყენებულია პატარა პლასტიკური ღერო, რომელიც მჭიდროდაა ჩასმული ხის სადგამის ნახვრეტში. ალტერნატიულად, შესაძლებელია “bluetak”-ის ან რბილი ცვილის გამოყენება ლინზის დამჭერად.

კვლევა 1: მოსამზადებელი მსჯელობა

კვლევა 1 ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

არ არის საჭირო ხელსაწყოები და აღჭურვილობა.

აქტივობა 1-1: იმპულსის გაზნევა

შეკითხვა 1-1: (a) სხივის გასწვრივ გავრცელებული სინათლე ოპტიკური ბოჭკოს სიგრძეს უმოკლეს დროში დაფარავს, რადგან გარდატეხის მაჩვენებელი ორივე გზისთვის ერთნაირია, ხოლო სწორხაზოვანი გზა (a) უფრო მოკლეა, ვიდრე ზიგ-ზაგური გზა (b).

შეკითხვა 1-2: იმისდა მიხედვით, რომელი გზით ვრცელდება ტალღები (და შესაბამისად მათთან დაკავშირებული სხივები), ბოჭკოს ბოლოში მისვლისას, ისინი ერთმანეთის მიმართ დროში წანაცვლებულები აღმჩნდებიან. ამიტომ მკვეთრი მართკუთხა იმპულსი, ბოჭკოს ბოლოში მისვლისას, გაგანიერდება და გაუსის ფორმას მიიღებს (ე.ი. დროში გაფართოვდება).

შეკითხვა 1-3: მეტი ინფორმაციის გადაცემა შესაძლებელია, თუ იგი კოდირებულია ბევრი, უფრო ვიწრო და ერთმანეთთან უფრო ახლო იმპულსებით. რაც უფრო ვიწროა იმპულსი, მით მეტი ასეთი იმპულსის გადატანაა შესაძლებელი დროის მოცემულ მონაკვეთში, რაც ნიშნავს მით მეტი ინფორმაციის გადატანას დროის მოცემულ ინტერვალში.

შეკითხვა 1-4: როდესაც ვიწრო იმპულსების ერთმანეთისგან დაშორება მცირდება, დადგება მომენტი, როდესაც რალაც წერტილში იმპულსები გადაიფარება. ამ წერტილში შეუძლებელი გახდება იმის გარკვევა, “1” გადაიცემა თუ “0”. ეს შეზღუდავს ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარეს.

აქტივობა 1-2: წყლის ტალღები დამდგარ გუბურაზე

შეკითხვა 1-5: როდესაც ორი ტალღის ამობურცულობა ხვდება ერთმანეთს, ხდება მათი კონსტრუქციული ზედდება და იძლევა უფრო დიდ ამობურცულობას. ეს არის მოდულ 3-ში დამზერილი კონსტრუქციული ინტერფერენცია. როდესაც ერთმანეთს ხვდება ამობურცულობა და ჩაღრმავებულობა, ისინი აკლდება ერთმანეთს (დესტრუქციული ინტერფერენცია), და იძლევა წყლის ზედაპირის ნულოვან გადაადგილებას.

შეკითხვა 1-6: როგორც კი ტალღები გაივლიან ერთმანეთში და მიაღწევენ არეს, სადაც ისინი აღარ გადაიფარებიან ერთმანეთთან, ისევე გამოიყურებიან, თითქოს საერთოდ არ შეხვედრიან ერთმანეთს. ეს ცხადად ჩანს ფოტოებში.

აქტივობა 1-3: სინათლის ტალღური ხასიათი

შეკითხვა 1-7: წყლის ნაკადები მოქმედებს ერთმანეთზე გადაკვეთის წერტილის მიღმა. ორივე ნაკადის წყლის მოლეკულები დაჯახების შედეგად აირევა ერთმანეთში (ან გაიბნევა).

შეკითხვა 1-8: A წერტილში გვექნება წითელი ფერი, ისეთივე, თითქოს სხივებს არც გადაეკვეთოთ ერთმანეთი. B წერტილში გვექნება მწვანე ფერი, ისეთივე, თითქოს სხივებს არც გადაეკვეთოთ ერთმანეთი. C წერტილში, რომელშიც ორი კონა გადაიფარება, მიღებული ფერი იქნება წითლისა და მწვანის ნაზავი, ანუ ყვითელი.

შეკითხვა 1-9: ურთიერთქმედების უბნის მიღმა ამ ორ კონას არანაირი გავლენა არ აქვს ერთმანეთზე, როგორც მოსალოდნელი იყო ტალღებისთვის. თითოეული ტალღა ისეთივეა, თითქოს ისინი არასდროს გადაკვეთილან.

კვლევა 2: WDM სისტემის გამოკვლევა

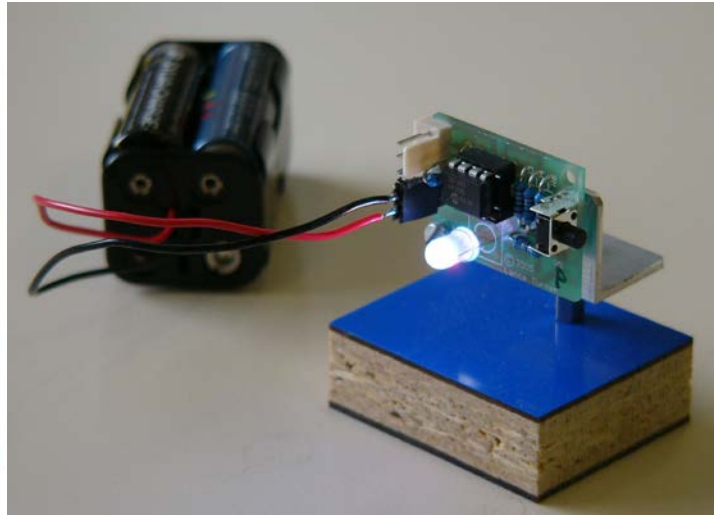
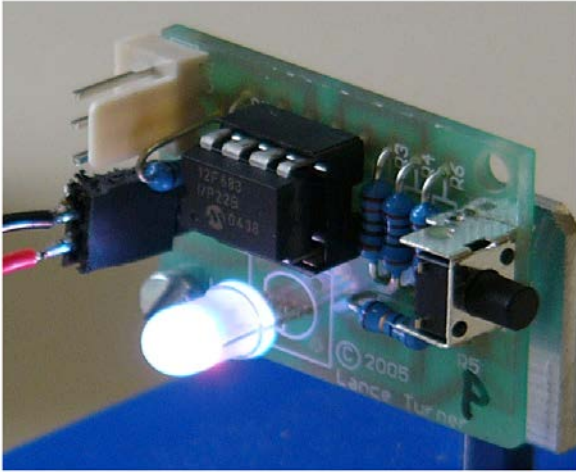
კვლევა 2 ხელსაწყოები და აღჭურვილობა

- წითელი-მწვანე-ლურჯი LED (ცნობილია როგორც თეთრი LED ან WLED) და მიკროკონტროლერიანი მმართველი
- 1 მეტრი მიმტკეცილი (გარსაცმიანი) პლასტიკური ბოჭკო (2 მმ დიამეტრის მიმტკეცი, 1.96 მმ დიამეტრის შუაგული).
- 4.5 ვოლტი (3xAA) ელემენტების შეკვრა მიკროკონტროლერის კვებისთვის
- პლასტიკური ლინზა (ფოკუსური მანძილი დაახლოებით 25 მმ, დიამეტრი 25 მმ)
- Mylar-ის თხელი ფენა (როგორც ეკრანი)
- ოპტიკურ ბოჭკოსთან დამაკავშირებელი პლასტიკური WLED
- WLED/მიკროკონტროლერიანი მმართველის დამჭერი
- ოპტიკური ბოჭკოს დამჭერი
- ლინზის დამჭერი (სიმაღლის დარეგულირების შესაძლებლობით)

აქტივობა 2-1: წითელ-მწვანე-ლურჯი(RGB) LED-ის გამოკვლევა

გაფრთხილება: ამ აქტივობაში მიკროკონტროლერიანი მმართველის მკვებავი ძაბვა არ უნდა აჭარბებდეს 5.5 ვოლტს, რადგან ყოველთვის დააზიანებს მოწყობილობას. ძაბვის წყაროს პოლარობის შეცვლას მსგავსი შედეგი მოყვება.

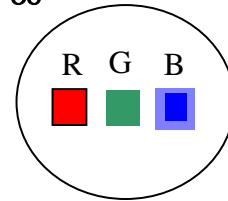
TG6-1 (a) და (b) სურათები გვიჩვენებს შემოთავაზებულ ბატარეასთან მიერთებულ მიკროკონტროლერის და RGB WLED-ის კონფიგურაციას.



სურათი TG6-1: (a) PICAXE08M RGB WLED-თან ერთად სტენდზე დამაგრებული მიკროკონტროლერი , და (b) მიკროკონტროლერთან და WLED-თან შეერთებული ელემენტების შეკვრა

ლინზის გამოყენებით ეკრანზე მიღებული RGB LED-ის გამოსახულების ტიპური სურათი ნაჩვენებია მარჯვნივ.

დაკვირვება



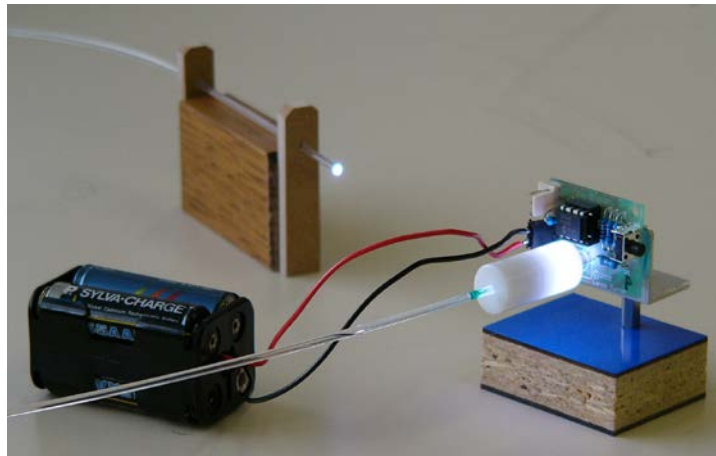
შეკითხვა 2-1: სურათზე გამოჩნდება სინათლის სამი სხვადასხვა წყარო (წითელი მწვანე და ლურჯი).

შეკითხვა 2-2: სამივე ფერის წყარო არ არის ერთნაირად მკვეთრი. წითელი სინათლის წყარო ყველაზე მკვეთრია , ხოლო ლურჯი წყარო ყველაზე დაბალი სიმკვეთრის. მიზეზი ის არის, რომ LED-ის პლასტმასის დაბურულ გუმბათში არსებული მცირე ზომის ნაწილაკები სპექტრის ლურჯ კიდეს უფრო მეტად განაბნევენ, ვიდრე წითელ კიდეს.

შეკითხვა 2-3: WLED-ში შემავალი სამი ფერადი წყაროს სინათლე: წითელი, მწვანე და ლურჯი იკრიბება ერთად, შედის თვალში და გვაძლევს თეთრ სინათლეს.

აქტივობა 2-2: RGB LED სინათლის გაგზავნა ოპტიკურ ბოჭკოში

სურათი TG6-2 გვიჩვენებს RGB LED-ზე მიმაგრებულ დამაკავშირებელს, ხოლო სურათი TG6-3 გვიჩვენებს სრულ მოწყობილობას.



სურათი TG6-2: RGB LED-ზე მიმაგრებული დამაკავშირებელი. თეთრი სინათლე შეიძლება დავინახოთ ბოჭკოს გამოსავალ ბოლოზე.

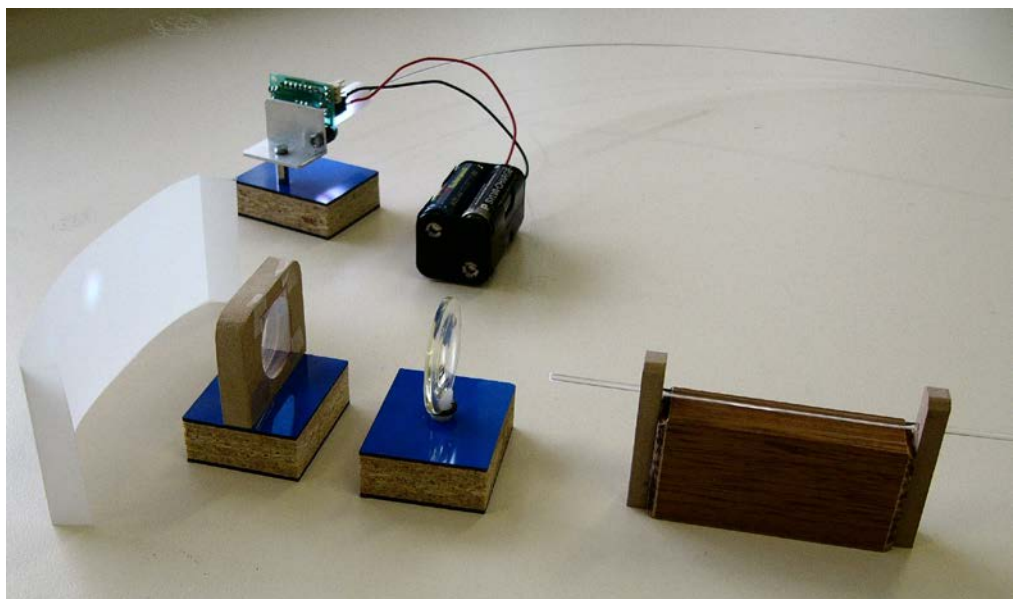


Figure TG6-3: ოპტიკური ბოჭკოს გასწვრივ ინფორმაციის გადაცემის გამოსაკვლევი სრული მოწყობილობა.

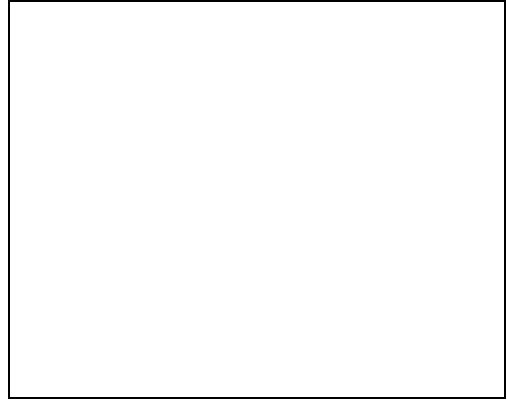
ოპტიკური ბოჭკოს ბოლოზე მიღებული გამოსახულების ტიპური სურათი ნაჩვენებია

დაკვირვება

თეთრი წრე

მარჯვნივ.
სურათი თეთრი და წრიულია.

შეკითხვა 2-4: WLED -ში სამი:
წითელი მწვანე და ლურჯი
წყაროდან გამოსული სხივები,
ბოჭკოში მიმართვის შემდეგ
აირევა. როდესაც სინათლე
სრულად აირევა,
გამოსახულება გახდება თეთრი.



შეკითხვა 2-5: WLED -ის ყოველი წყაროდან წამოსული სხივები
ოპტიკურ ბოჭკოში შეიძლება ბევრი სხვადასხვა გზით
გავრცელდეს, ამიტომ ბოჭკოდან გამოსული სხივები სრულად
არეულია. მიუხედავად იმისა, რომ ბოჭკო ატარებს ფაქტობრივად
ყველა დაცემულ სინათლეს (სრული შინაგანი არეკვლით), მას არ
შეუძლია გადასცეს ინფორმაცია სინათლის სამი წყაროს საწყისი
სივრცული განლაგების შესახებ.

კვლევა 3: ინფორმაციის გაგზავნა ოპტიკური ბოჭკოთი

LED -ის მიერ გამოსხივებული სინათლის იმპულსების ფერების რიგითობას აკონტროლებს მიკროკონტროლერი. მიმდევრობის არჩევა ხდება მიკროკონტროლერის ლილაკზე დაჭერის რაოდენობით. იგულისხმება, რომ გადამცემი არ უნდა გამოირთოს ამ აქტივობების დროს. მიკროკონტროლერის ჩამრთველ ლილაკზე დაჭერის რიცხვი იზრდება პირველი დაჭერიდან, ყოველი დაჭერისას.

აქტივობა 3-1: სინათლის ფერადი იმპულსების მიმდევრობის გაგზავნა ბოჭკოთი

შეკითხვა 3-1: ფერების მიმდევრობა შემდეგნაირია: ლურჯი, რომელსაც მოყვება წითელი, მწვანე და თეთრი, შემდეგ ეს მიმდევრობა მეორდება. ყველა გამოსახულება არის წრიული (ე.ი იგივე ფორმა, რაც აქვს ბოჭკოს გამოსასვლელს).

შეკითხვა 3-2: თეთრი ჩნდება, რადგან წითელი, მწვანე და ლურჯი ჩნდება ერთდროულად, იკრიბება და იძლევა თეთრ ფერს.

შეკითხვა 3-3: იმპულსების მიმდევრობა შემდეგნაირია: არ არის იმპულსი, წითელი იმპულსი, არ არის იმპულსი, წითელი იმპულსი, და ეს მეორდება რამდენჯერმე.

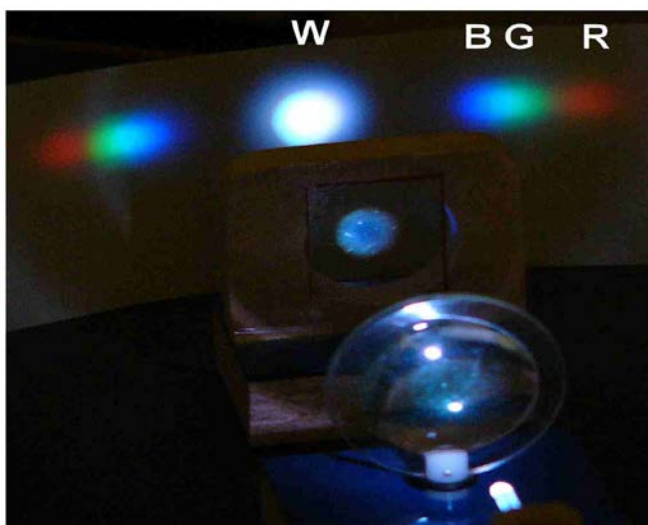
შეკითხვა 3-4: წითელი ცელოფანი (ფილტრი) სრულად მხოლოდ წითელ სინათლეს ატარებს. ამრიგად, ფილტრი წითელ იმპულსებს და ასევე სამივე ფერის (თეთრი იმპულსები) სინათლიდან მხოლოდ წითელი იმპულსებს აძლევს საშუალებას მიაღწიონ ეკრანამდე.

შეკითხვა 3-5: ფილტრის გამოყენება იმპულსების ფერების მიხედვით დაყოფის საშუალებას იძლევა, თუმცა შეუძლებელია მათი საშუალებით მიმღებზე იმპულსების განცალკევებით დაფიქსირება. წითელი ფილტრის გამოყენებისას ლურჯი და მწვანე იმპულსებით გადატანილი ინფორმაცია იკარგება. ლურჯი ფილტრის გამოყენებისას იკარგება წითელი და მწვანე იმპულსებით გადატანილი ინფორმაცია და ა.შ. ამიტომ, სხვადასხვა ფერის იმპულსების არხების გასწვრივ გადატანილი დამოუკიდებელი ინფორმაციის დეტექტირება შეუძლებელია.

შეკითხვა 3-6: სამი სხვადასხვა ფერის იმპულსის არხის გასწვრივ ინფორმაციის დამოუკიდებლად გასაგზავნად საჭიროა ამ ფერების სივრცულად დაყოფა ისე, რომ ისინი დაფიქსირდნენ სამ სხვადასხვა მიმღებზე (ფოტოტრანზისტორზე). თუ ამას მოვახერხებთ, გადატანილი ინფორმაციის ტევადობა გაიზრდება სამჯერ.

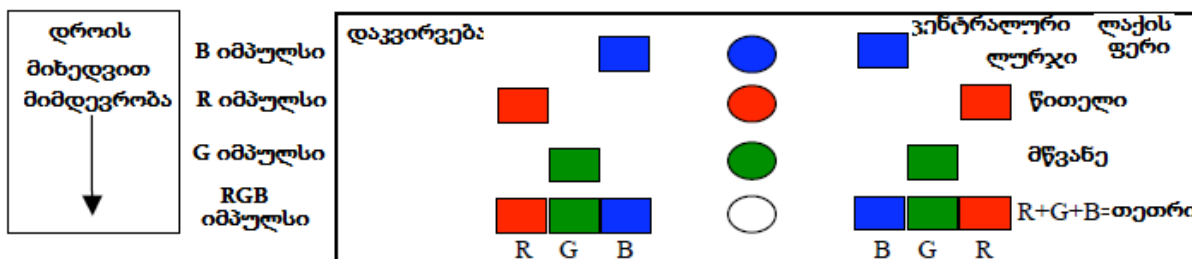
აქტივობა 3-2: ინფორმაციის აღდგენა დიფრაქციული მესერის გამოყენებით

დიფრაქციული მესერი დამაგრებულია დამჭერზე, ლინზასა და ეკრანს შორის ისე, რომ მესერის შტრიხები იყოს ვერტიკალურად. (იხილეთ სურათი TG6-3.) სურათი TG6-4 გვიჩვენებს ეკრანზე მიღებულ დიფრაქციულ გამოსახულებას. შესაძლებელია ორივე, როგორც ნულოვანი რიგის (ცენტრი) თეთრი ლაქის (W), ასევე პირველი რიგის ფერადი ლაქების (R,G დაB) დამზერა.



სურათი TG6-4: ოპტიკური ბოჭკოს გამოსასვლელიდან მიღებული დიფრაქციული სურათის ფოტო

შეკითხვა 3-7: დიფრაქციული მესერის ნულოვან რიგში ყველა ფერი (ტალღის სიგრძე) ერთმანეთზეა დაწყობილი. ამრიგად, LED –დან წამოსული თეთრი სინათლის ნულოვანი რიგი თეთრია და მოთავსებულია ცენტრში. პირველი რიგის დიფრაქციულ მესერში რაც უფრო დიდია ტალღის სიგრძე, მით დიდია დისპერსია. ამიტომ, ყველაზე მოკლე ტალღის სიგრძის მქონე ლურჯი სინათლე ყველაზე ნაკლებად არის წანაცვლებული ცენტრიდან და წითელი სინათლე – ყველაზე დიდი ტალღის სიგრძის მქონე - ყველაზე მეტად. ეს ყველაფერი ნაჩვენებია TG6-4 სურათზე.



შეკითხვა 3-8: ზემოთ მოცემული პასუხი წინა კითხვებს საკმაოდ კარგად პასუხობს თვისებრივი კუთხით. რაოდენობრივი პასუხისთვის გაიხსენეთ თემა “დიფრაქცია მესერზე”, რომელშიც გვაქვს შემდეგი დამოკიდებულება:

$$\sin \theta = m\lambda/d$$

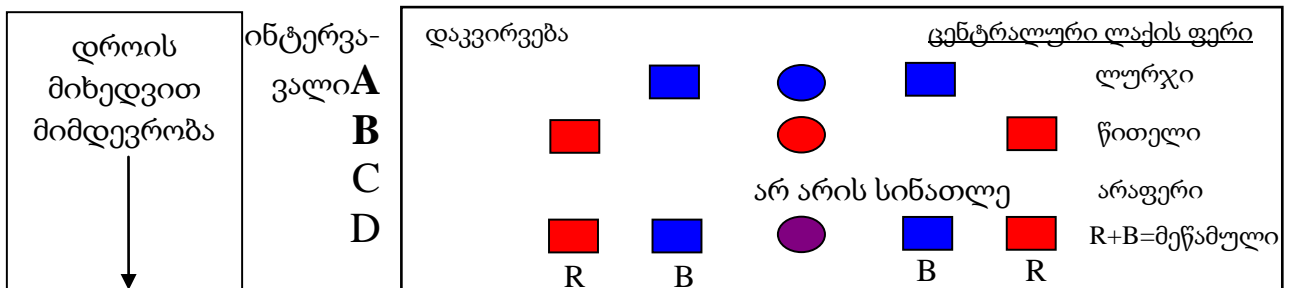
სადაც m წარმოადგენს დიფრაქციის რიგს, d – მესერის ხაზებს შორის დაშორებაა, λ –სინათლის ტალღის სიგრძე და θ – კუთხე, რომლის გასწვრივაც სინათლე განიცდის დიფრაქციას. როგორც ხედავთ, კუთხე, რომლის გასწვრივაც სინათლე განიცდის დიფრაქციას, იზრდება ტალღის სიგრძის ზრდასთან ერთად.

შეკითხვა 3-9: ნულოვანი რიგის გამოსახულება წარმოადგენს სინათლეს, რომელსაც დიფრაქცია არ განუცდია. ამრიგად, მოსალოდნელია, რომ ეკრანზე მიღებული გამოსახულება წარმოადგენს ბოჭკოს წრიული გამოსასვლელის ზუსტ გამოსახულებას. პირველი რიგის დიფრაქციული სურათი წარმოადგენს ერთგანზომილებიანი პერიოდული მესერის მიერ დიფრაგირებულ სინათლეს. ამიტომ, სინათლე განირთხმება

ჰორიზონტალური მიმართულებით და დიფრაქციულ სურათს აქვს მართკუთხედის მსგავსი ფორმა..

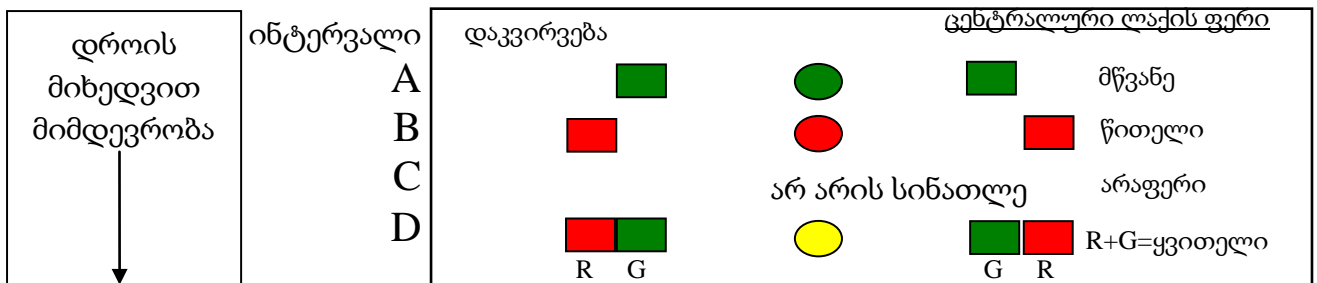
აქტივობა 3-3: მულტიპლექსირება ტალღის სიგრძის დაყოფით დიფრაქციული მესერის გამოყენებით

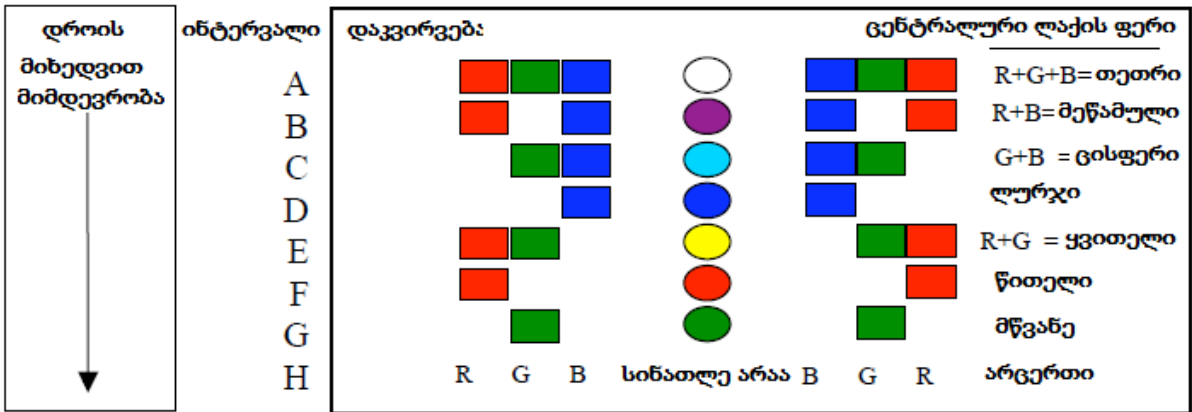
შეკითხვა 3-10: WDM ზრდის ოპტიკური ბოჭკოთი გადატანილი ინფორმაციის ტევადობას, რადგან სამი ფერის არხი სივრცეში ერთმანეთისგან განცალკევებულად ფიქსირდება. შესაძლებელი ხდება თითოეული ფერით ინფორმაციის დამოუკიდებლად გაგზავნა და ამრიგად, იგივე ბოჭკოთი გაიგზავნება სამჯერ მეტი ინფორმაცია.



შეკითხვა 3-11: მეწამული არის ახალი ფერი. იგი წარმოიქმნება ლურჯისა და წითლის შერევით და ჩანს ნულოვანი რიგის ლაქაში. თუმცა, პირველი რიგის დროს წითელი და ლურჯი ცალკეედება ერთმანეთისგან.

შეკითხვა 3-12: მწვანესა და წითლის ზედდება გვაძლევს ყვითელს. ქვემოთ მოცემულია, თუ რას ვხედავთ, როდესაც მწვანე და წითელი LED არხები ჩართულია, ხოლო ლურჯი-არა.



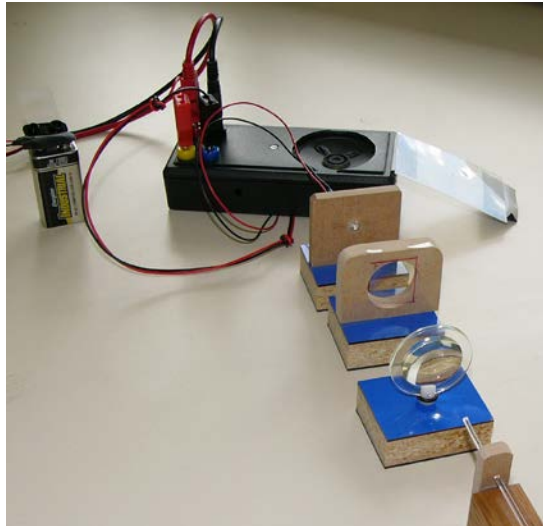


შეკითხვა 3-13: მესამე დამატებითი ფერია ცისფერი. იგი წარმოიქმნება ლურჯისა და მწვანეს შეკრებით.

აქტივობა 3-4: WDM-ის აუდიო დემონსტრირება

აქ გამოყენებული ფოტოტრანზისტორული დეტექტორი და აუდიო გამაძლიერებელი სისტემა იგივეა, რაც მოდულ 5-ში. რაიმე ტიპის აუდიო გამაძლიერებლის გამოყენება, სიგნალის სისუსტიდან გამომდინარე, აუცილებელია. ცხადია, ფოტოტრანზისტორი – აუდიო გარდამქნელი – დინამიკის სისტემას არ აქვს ამ ექსპერიმენტისთვის საკმარისი გაძლიერების საშუალება. ფოტოტრანზისტორს ფიზიკურად გადავადგილებთ წითელი სინათლის ნაკადიდან ლურჯისკენ, პირველი რიგის დიფრაქციული სურათის შემთვევაში. რეალურ ოპტიკური გადაცემის სისტემაში უნდა გამოგვეყენებინა სამი სხვადასხვა ფოტოტრანზისტორი სამი სხვადასხვა ფერის სინათლისთვის. სურათი TG6-5 გვიჩვენებს ტიპურ მოწყობილობას.

შეკითხვა 3-14: WLED/მიკროკონტროლერის სისტემა წარმოქმნის წითელ და ლურჯ სიგნალებს, რომლებსაც ძალიან განსხვავებული აუდიოსიხშირის მოდულაცია (ტონები) ახასიათებთ. როდესაც ფოტოტრანზისტორს გადავიტანთ პირველი რიგის წითელი დიფრაქციული ლაქიდან ლურჯი ლაქისკენ, სხვადასხვა ხმას გავიგებთ, რაც ოპტიკური ბოჭკოთი სხვადასხვა ფერით ერთდროულად გადაცემული სხვადასხვა ინფორმაციის ნაკადის არსებობაზე მიუთითებს.



სურათი TG6-5: აუდიო მულტიპლექსირებისთვის გამოყენებული აუდიო სისტემის ფოტოსურათი. Mylar-ის ეკრანი ფოტოტრანზისტორითა და აუდიო გამამდიერებლითაა ჩანაცვლებული

REFERENCES

1. A.P. Mazzolini and P.J. Cadusch, "A simple low-cost demonstration of wavelength division multiplexing," *Am. J. Phys.* **74**, 2006.
2. Lance Turner, "Building This tiny microcontroller-driven lightshow," can be downloaded from: www.ledsales.com.au/kits/8_pin_2.pdf. (Paper explains how the microcontroller-driven WLED operates.)

პრაქტიკის კვლევა და სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასება

პრაქტიკის კვლევა და სინათლის და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასება

კონცეპტუალური შეფასებები

რატომ არის სასურველი, რომ შეცვალოთ თქვენი სწავლების მეთოდები და გამოიყენოთ აქტიური სწავლების სტრატეგია ისე, როგორც ეს მოყვანილია მოცემულ ტრენინგების გზამკვლევაში? აშშ-ს სტუდენტების მიერ მიღებული შედეგები *სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალურ შეფასებებზე* წარმოდგენილია შესავალ ნაწილში. თქვენ, შესაძლოა, არ ხართ დარწმუნებული, რომ თქვენი სტუდენტები იმავე სირთულეებს აწყდებიან ოპტიკის საფუძვლებში გარკვევისას. თქვენთვის ამ საკითხის გამოკვლევის საუკეთესო გზა არის თქვენს საკუთარ კლასში პრაქტიკის კვლევის ჩატარება. ფაქტიურად, ბოლო 15-20 წელია ფიზიკის სწავლების კვლევისადმი ინტერესს განაპირობებს სურვილი - გაარკვიონ, თუ როგორ სწავლობენ სტუდენტები ფიზიკას სკოლასა და კოლეჯებში და ამ კვლევების საფუძველზე განავითარონ სწავლების ახალი მეთოდები და სტრატეგიები. ეს მზარდი ინტერესი განვითარებად სამყაროში მნიშვნელოვანწილად განპირობებულია სწავლების შეფასებების ადვილად გამოსაყენებელი ხერხების შემუშავებით, რომლებიც მასწავლებლებს პრაქტიკის კვლევის ჩატარების შესაძლებლობას აძლევს. ამათგან პირველი ორი, ძალის კონცეფციის ტესტი¹ და ძალისა და მოძრაობის კონცეპტუალური შეფასება² განვითარდა ადრეულ 90-იან წლებში ნიუტონის მექანიკის ცოდნის შესაფასებლად. ბევრმა ფიზიკის მასწავლებელმა ჩაატარა ამ შეფასებებიდან ერთი ან მეორე და განცვიფრებულნი დარჩნენ თავიანთი სტუდენტების ცუდი შედეგებით, ფიზიკის შესავალი კურსის დასრულების შემდეგაც კი. უფრო შემადრწუნებელი კი ის არის, რომ სტუდენტების უმრავლესობა, რომლებსაც მაღალი ნიშნები აქვთ ფიზიკის შესავალ კურსებში, სწორ პასუხებს ვერ სცემენ შეკითხვებს ნიუტონის მექანიკის შესახებ. უფრო მეტიც, ეს ცუდი შედეგები ჩანს იმის დამოუკიდებლად, თუ როგორ შესანიშნავ ლექტორებს მიჰყავთ ეს კურსები¹⁻².

ძალის კონცეფციის ტესტის და ძალისა და მოძრაობის კონცეპტუალური შეფასების განვითარების შემდეგ, სწავლების შეფასებები განვითარდა ფიზიკის სხვა ბევრ ნაწილში. როგორც ALOP-ის პროექტის ნაწილი, სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასება განვითარების გზაზეა. სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასების ბოლო ვერსია მოცემულია ამ ნაწილის ბოლოს.

ერთ-ერთი მიზეზი, რატომაც ფიზიკის მასწავლებლები სწორად ცნობენ ამ სწავლების შეფასებების შედეგებს, ის არის, რომ ტესტები კვლევებზეა დაფუძნებული. პასუხები ამ ასარჩევპასუხებიან ტესტებზე - სწორიც და არასწორიც - ორივე დაფუძნებულია ჩვეულებრივ მოდელებზე, რომლებსაც სტუდენტები იყენებენ ფიზიკური სისტემებისთვის. ეს მოდელები ცნობილია წინასწარ ჩატარებული ვრცელი კვლევიდან, რომელიც დაფუძნებულია სტუდენტების ინტერვიუებზე და ღია კითხვებზე მათ მიერ გაცემულ პასუხებზე. ასარჩევპასუხებიანი შეფასებების განვითარება და გამოყენება ნაკარნახევი იყო

რამდენიმე მიზეზით: 1) სირთულით, რომ ფიზიკის პროფესორები და სკოლის მასწავლებლები დაერწმუნებინათ იმაში, რომ საკურსო დრო დაეთმოთ ტესტირებისათვის, 2) სურვილი, რომ შეფასება ნაკლებ სუბიექტური ყოფილიყო, და 3) ძალისხმევას, რომელიც საჭიროა სხვადასხვა ინსტიტუციებიდან მიღებული დიდი მოცულობის მონაცემთა ბაზის დასამუშავებლად, გავლენა ჰქონოდა ფიზიკოსთა ფართო წრეზე. თუმცა სტუდენტთა სწავლის შედეგების უფრო სრულად გაგება შეიძლება ღია შეკითხვებზე გაცემული პასუხებით, კვლევებზე დამყარებული ასარჩევპასუხებიანი შეფასებებით შეიძლება მოგროვდეს საკმარისი მონაცემები ბევრ დაწესებულებაში ხშირად მოსმენილი პასუხის თავიდან ასაცილებლად „ჩემს სტუდენტებს არ აქვთ ის სირთულებები, რომლებსაც თქვენ აღწერთ.“ რადგან ყველა პასუხი - არასწორების ჩათვლით - დამყარებულია კვლევაზე, თითქმის ყველა პასუხი - სწორი ან არასწორი - გეხმარებათ სტუდენტების შეფასებაში, დამატებითი კვლევების ჩატარებაში და სასწავლო პროგრამების შექმნაში.

ეს არის სპეციალურად შექმნილი ასარჩევპასუხებიანი ტესტი, რადგან მაშინაც კი, როცა სტუდენტები გასცემენ სწორ პასუხებს, მათ შეიძლება არ ესმოდეთ, რატომ არის ეს პასუხები სწორი. ამ მიზეზის გამო, მოცემულია სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასების კიდევ რამდენიმე მნიშვნელოვანი მახასიათებელი და სხვა კონცეპტუალური შეფასებების ტესტები:

1. არასწორი პასუხები ფრთხილად არჩეული, ისე, რომ შესაძლებელია იმის გაგება, თუ რას ფიქრობს სტუდენტი სინამდვილეში.
2. რადგან სტუდენტების პასუხები ხშირ შემთხვევაში კონტექსტუალური დამოკიდებული, შეკითხვები დასმულია რამდენიმე სხვადასხვა კონტექსტში და მათი შედეგები შედარებულია ერთმანეთთან.
3. ვინაიდან შეკითხვების სავარაუდო პასუხები ეფუძნება სტუდენტების პასუხებს ღია კითხვებზე და მათ ინტერვიუებს, ისინი თითქმის ყოველთვის პოულობენ პასუხს, რომელიც მათ აკმაყოფილებთ.
4. სწორი პასუხის გამოცნობა ძალიან რთულია, რადგან შეკითხვების უმრავლესობა სტუდენტებისგან მოითხოვს 6 ან მეტი სავარაუდო პასუხიდან არჩევანის გაკეთებას.

შემოწმებულ იქნა კითხვებს შორის კორელაციები და ინდივიდუალური შეკითხვები შედარებულ იქნა სტუდენტების პასუხებთან ღია შეკითხვებზე. მარტივად სამართავი და სააზროვნო ასარჩევპასუხებიანი ტესტები საშუალებას იძლევა თვალყური მივადევნოთ სტუდენტებს და განვაცალკევოთ სასწავლო პროგრამებში შეტანილი სხვადასხვა ცვლილების ეფექტურობა.

თქვენს კლასში პრაქტიკის კვლევის ჩატარება ოპტიკაში

სინათლის და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასებები და პასუხების ფურცელი თან ახლავს ამ შესავალ ნაწილს, შეიძლება მისი კოპირება და სტუდენტებისთვის მიცემა. თუ გადაწყვეტთ თქვენს კურსზე პრაქტიკის კვლევის ჩატარებას ოპტიკაში, სწორი პასუხები და ელექტრონული ცხრილი შედეგების შესაფასებლად შეიძლება მიიღოთ დევიდ სოკოლოფისგან (sokoloff@uoregon.edu)

ან იუნესკოში (UNESCO/Paris) მინელა ალარკონისგან (m.alarcon@unesco.org). დასაშვებია, რომ სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასებები, ან მისი ნაწილები, მიცემული იქნას თქვენი სტუდენტებისათვის, როგორც პრე- და პოსტ-ტესტები. რადგან სტუდენტებმა უნდა იფიქრონ თითოეულ შეკითხვაზე და შეაფასონ რიგი ასარჩევი ვარიანტებისა მათი პასუხებისთვის, მთელი ტესტის შესრულებას დასჭირდება ერთი საათი.

მოცემულია რამდენიმე მნიშვნელოვანი გასათვალისწინებელი წინადადება იმ შემთხვევისთვის, თუ თქვენ წარმართავთ ტესტს და თუ გსურთ კვლევის შედეგები სარწმუნო იყოს.

1. პრე-ტესტები მიცემული უნდა იქნას კურსის დასაწყისში, ან მანამ მაინც, სანამ კლასში თემებს ამოწურავთ.
2. იმისათვის, რომ მაქსიმალურად გაიზარდოს თქვენი დაკვირვებების რიცხვი, კარგი იქნება მოსთხოვოთ სტუდენტებს პრე-ტესტების აღება. ერთ-ერთი გზა ამის გასაკეთებლად არის პრე-ტესტის დღეს დასწრებაში საკურსო კრედიტის მიცემა. (საჭირო არაა სტუდენტებს წინასწარ უთხრათ, რომელ დღეს ექნებათ ტესტი). პრე-ტესტში ნიშანი არ უნდა დაიწეროს. (დასწრების მაქსიმალურად გაზრდა პრე-ტესტზე არ არის პატარა პრობლემა. თუ ცოტა სტუდენტი გააცდენს პრე-ტესტს და სხვა ცოტა სტუდენტი გააცდენს პოსტ-ტესტს, ეს დიდ გავლენას მოახდენს თქვენი დაკვირვებების რიცხვზე).
3. მნიშვნელოვანია სტუდენტის შეგულიანება, რომ მათ გააკეთონ თავიანთი მაქსიმუმი პრე-ტესტში. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ისინი სერიოზულად არ მოეკიდებიან ამას. საუკეთესო გზა სტუდენტების შესაგულიანებლად არის მათთვის იმის თქმა, რომ თქვენ აფასებთ მათ დაწყებით ცოდნას იმ თემებში, რომელსაც თქვენ გაივლით - ამით გაარკვევთ, თუ სწავლების დროს რას უნდა გაუსვათ ხაზი. სთხოვეთ მათ ოპტიკაში მანამდე მიღებული ცოდნის საფუძველზე გააკეთონ თავიანთი მაქსიმუმი.
4. უმჯობესია არ თქვათ კლასში, რომ კვლევას ან ექსპერიმენტს ატარებთ. ბევრ სტუდენტს ნეგატიური რეაქცია ექნება იმის მიმართ, რომ იყოს ექსპერიმენტის მონაწილე.
5. არ დაარიგოთ, არ გამოაცხადოთ და არ მიანიშნოთ კითხვებზე პასუხები პოსტ-ტესტის წინ.
6. სტუდენტებს არ უნდა უთხრათ, რომ პოსტ-ტესტი იქნება. ამის თქმა გაზრდის მათ მღელვარებას და პასუხების ნახვის სურვილს.
7. რადგან პრე-ტესტებში მოყვანილი მასალის ეფექტური სწავლება ძალიან მნიშვნელოვანია, თქვენ არ უნდა „ასწავლოთ ტესტები“. ამის გარჩევა საფრთხილოა. თქვენი ინსტრუქციები მიმართული უნდა იყოს ძირითადი წარმოდგენების სწავლებისკენ (მაგ: მასალები ამ ტრენინგის გზამკვლევაში). ჩვენ გვსურს სტუდენტებმა გაიზარონ ცნებები და გამოიყენონ ეს გააზრება. სტუდენტებთან არ განიხილოთ ზუსტად ის

შეკითხვები, რომლებიც ტესტებშია მოცემული. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ კვლევა აჩვენებს ტესტებისთვის მოსამზადებლად სწავლების არაეფექტურობას სტუდენტების შედეგების გაუმჯობესებაში. უბრალოდ პასუხების თქმა სტუდენტებისთვის - გარდა იმისა, რომ ისინი დამახსოვრებული იქნება - არანაირად არ უწყობს ხელს სტუდენტს საცდელ კითხვებზე სწორი მოდელის შერჩევაში.

8. კვლევამ აჩვენა, რომ იდენტური ტესტი, პასუხების ერთნაირი თანმიმდევრობით, შეიძლება მიცემულ იქნას, როგორც პრე-, ისე პოსტ-ტესტი. ბევრ კვლევით სწავლებებში, რომლებშიც პასიური, ტრადიციული ინსტრუქცია იყო ერთადერთი ჩარევა პრე-ტესტსა და პოსტ-ტესტს შორის, სწავლების გაუმჯობესება ძალიან უმნიშვნელო იყო. ეს პატარა გაუმჯობესება შეიძლება იყოს არაეფექტური პასიური სწავლების ან ერთი და იგივე ტესტის ორჯერ ჩატარების ბრალი. რადგან გაუმჯობესება ძალიან პატარაა, მნიშვნელოვანიც არ არის. (ეს გულისხმობს, რომ (5) პუნქტში მოყვანილ მოთხოვნებს მიჰყვებით!)
9. პოსტ-ტესტი შეიძლება მიცემული იქნას, როგორც ფორმალური გამოცდის ნაწილი (ქულის დაწერით). ამის უპირატესობა არის ის, რომ სტუდენტებს მოეთხოვებათ დასწრება, მოტივირებულები არიან კარგად სამუშაოდ და არანაირი კლასგარეშე დრო არ სჭირდება პოსტ-ტესტს. გარდა ამისა, გამოცდაზე კონცეპტუალური შეკითხვების დასმით, თქვენ აჩვენებთ, რომ სტუდენტების სწავლებას სერიოზულად ეკიდებით.
10. ასევე შესაძლებელია პოსტ-ტესტის წარმართვა დაყოფილ ტესტად. ამ შემთხვევაში თქვენ კიდევ ერთხელ შეაგულიანებთ სტუდენტებს დასწრებისა (შეიძლება ისევ დასწრების მოთხოვნა და კრედიტის მიცემა) და თავიანთი მაქსიმუმის გაკეთებისთვის (მაგ: წაახალისებთ მათ, რომ უკეთესად იმუშაონ, ვიდრე პრე-ტესტზე). ყველაზე კარგია სტუდენტი დასწრებისთვის წაახალისოთ ისე, რომ წინასწარ არ უთხრათ მათ პოსტ-ტესტის ჩატარების შესახებ.
11. ნუ ელოდებით დადებით შედეგს იმ საკითხებში, რომელიც არ შეისწავლება ამ კურსით ან შესწავლილი იქნება ტრადიციული პასიური მეთოდებით. თუ გსურთ შეაფასოთ ამ გზამკვლევაში მოყვანილი მასალების ან სხვა მასალების ეფექტურობა, სასურველია მხოლოდ ამ პროგრამით გათვალისწინებული მასალა შეიტანოთ კითხვებში.
12. თქვენი კვლევის ჯგუფი უმჯობესია შედგებოდეს სტუდენტებისგან, რომლებიც მიიღებენ მონაწილეობას ორივე, პრე- და პოსტ-ტესტებში და მიჰყვებიან სწავლების იმ სტრატეგიას, რომელსაც თქვენ იყენებთ.
13. ამ კონცეპტუალური შეფასებების შედეგები ჩვეულებრივ შეფასებულია, როგორც ნორმალიზებული ზრდა (ან შედეგის საზომი). ეს განიმარტება, როგორც ³

$$g = \frac{(\text{class post-test average} - \text{class pre-test average})}{(100 - \text{class pre-test average})} \times 100\%$$

გ აღნიშნავს სავარაუდო გაუმჯობესების საშუალო ნაწილს, რომელსაც მიაღწია კლასმა . (მრიცხველში ზის კლასის საშუალო შედეგი პოსტ-ტესტზე მინუს კლასის საშუალო შედეგი პრე-ტესტზე , მნიშვნელში - 100 მინუს კლასის საშუალო შედეგი პრე-ტესტზე)

პრაქტიკის კვლევის ჩატარება თქვენს კურსზე დაგეხმარებათ უფრო ღრმად შეეხოთ იმ საკითხებს, რასაც თქვენი სტუდენტები რეალურად სწავლობენ. ეს საჭირო სავარჯიშოა იმ შემთხვევაშიც კი, როცა აპირებთ რაიმე ახლის დაწყებას. ასეთი კვლევა შეიძლება ძლიერი სამოტივაციო ფაქტორი იყოს ინსტრუქციაში მნიშვნელოვანი ცვლილებების გასაკეთებლად. ისინი შეიძლება გამოყენებული იქნას დამატებითი რესურსების მისაღებად (აღჭურვილობა, დაფინანსება), რომ მიღწეული იქნას ეს ცვლილებები. მეტი ინფორმაცია მოქმედ კვლევებზე შეიძლება იხილოთ *Teaching Physics with the Physics Suite* წიგნის³ 5 თავში.

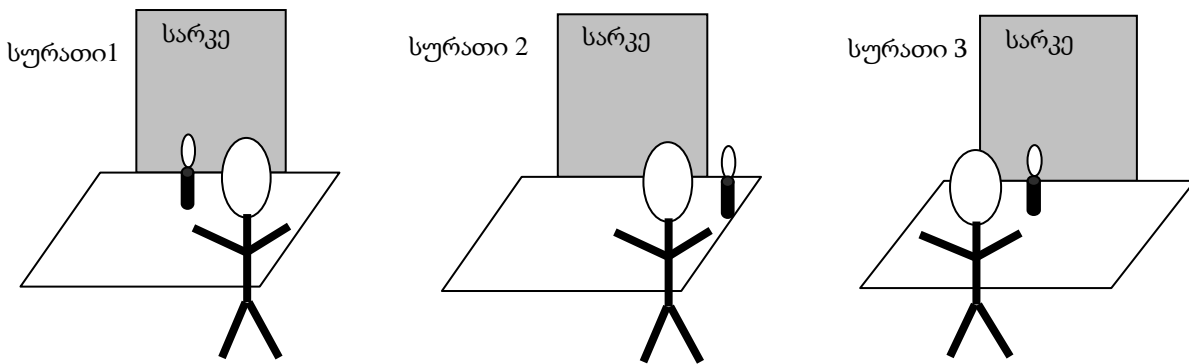
ლიტერატურა

- 1 D. Hestenes, M. Wells and G. Swackhamer, “Force Concept Inventory,” *Phys. Teach.* **30**, 141-158 (1992).
- 2 R.K. Thornton and D.R. Sokoloff, “Assessing student learning of Newton’s laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation,” *Am. J. Phys.* **66**, 338-352 (1998).
- 3 E.F. Redish, *Teaching Physics with the Physics Suite*, (Hoboken, NJ, Wiley, 2004).

სინათლის და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასება

მითითებები: უპასუხეთ 1-50 შეკითხვებს პასუხების ფურცელზე. ამოწერეთ სწორი პასუხის შესაბამისი ასო. ასევე, 28, 30, 31 და 34 შეკითხვებს გაეცით მოკლე წერილობითი პასუხები და 51 შეკითხვის პასუხის თქვენეულ ნახაზთან ერთად ჩაწერეთ პასუხების ფურცელზე.

შეკითხვები 1-5 ეხება ქვემოთ მოყვანილ მაგიდაზე მოთავსებულ ბრტყელი სარკის წინ მდებარე სანთლის სამ სურათს.



- 1 სურათში ადამიანი დგას მაგიდის წინ და იხედავს სარკეში. სანთლის გამოსახულება მოთავსებულია ა. სარკის წინ, ბ. სარკის ზედაპირზე, გ. სარკის უკან, დ. სანთლის გამოსახულება საერთოდ არ არის, ე. მოცემული ინფორმაცია არასაკმარისია.
- 2 სურათში სანთელი გადაადგილებულია, როგორც ნაჩვენებია. ადამიანი სანთლის გამოსახულებას დაინახავს ა. იმის მარცხნივ, სადაც ის მანამდე იყო, ბ. იმის მარჯვნივ, სადაც ის მანამდე იყო, გ. იგივე ადგილას, დ. ადამიანი ვერ ხედავს ვერანაირ გამოსახულებას, ე. მოცემული ინფორმაცია არასაკმარისია.
- 3 სურათში სანთელი თავის ადგილასაა დაბრუნებული, ხოლო ადამიანი მარცხნივ გადაადგილდა, როგორც ნაჩვენებია. 1 სურათთან შედარებით სანთლის გამოსახულება ახლა იქნება ა. იმის მარცხნივ, სადაც ის იყო სურათ 1-ში, ბ. იმის მარჯვნივ, სადაც ის იყო 1 სურათში, გ. იგივე ადგილას, სადაც 1

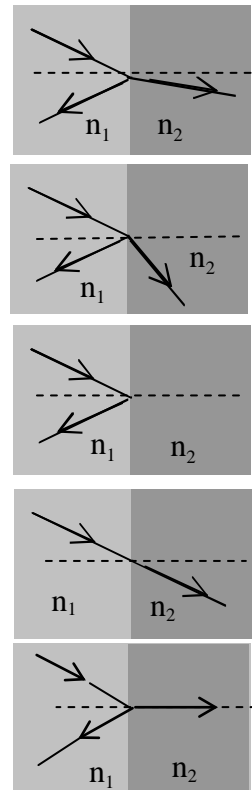
სურათში, დ. სანთლის გამოსახულება საერთოდ არ არის, დ. მოცემული ინფორმაცია არასკამრისია.

5. სანთლიდან სარკემდე მანძილი გაორმაგებულია. სანთლის გამოსახულების სიმალე ახლა ა. უფრო პატარაა ვიდრე მანამდე, ბ. იგივე ზომისაა, გ. უფრო დიდია ვიდრე მანამდე, დ. სანთლის გამოსახულება საერთოდ არ არის, ე. მოცემული ინფორმაცია არასაკმარისია.

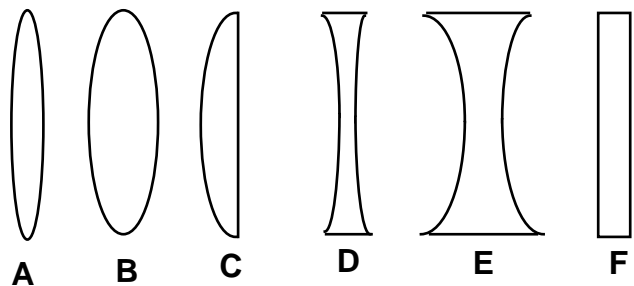
შეკითხვები 6-10 ეხება ძალიან ვიწრო სინათლის კონას (მაგალითად, ლაზერის კონას), რომელიც შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ცალკეული სხივის სახით. სინათლე თავიდან ვრცელდება მარცხნიდან მარჯვნივ გამჭვირვალე გარემოში გარდატეხის მაჩვენებლით n_1 , და ეცემა მეორე გამჭვირვალე გარემოს გარდატეხის მაჩვენებლით n_2 . არეკლილი და გარდატეხილი სხივები ნაჩვენებია ქვემოთ მოცემულ დიაგრამაზე. (თუ რომელიმე არ არის, ეს ნიშნავს, რომ არ არის არეკლილი ან გარდატეხილი სხივი.) უპასუხეთ ქვემოთ მოცემულ შეკითხვებს - აარჩიეთ ერთერთი პასუხი A-დან F-მდე

- A. მხოლოდ მაშინ, **D.** შეიძლება მოხდეს A ან C-ს თუ $n_2 > n_1$, შემთხვევაში.
- B. მხოლოდ მაშინ, **E.** შეუძლებელია. თუ $n_2 = n_1$,
- C. მხოლოდ მაშინ, **F.** ყოველთვის შესაძლებელია თუ $n_2 < n_1$, მიუხედავად გარდატეხის მაჩვენებლების ფარდობის სიდიდისა.

6. A-დან F-მდე, რომელი დებულებისთვის შეიძლება სხივები გამოჩნდეს ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები?
7. A-დან F-მდე, რომელი დებულებისთვის შეიძლება სხივები გამოჩნდეს ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები?
8. A-დან F-მდე, რომელი დებულებისთვის შეიძლება სხივები გამოჩნდეს ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები?
9. A-დან F-მდე, რომელი დებულებისთვის შეიძლება სხივები გამოჩნდეს ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები?
10. A-დან F-მდე, რომელი დებულებისთვის შეიძლება სხივები გამოჩნდეს ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები?



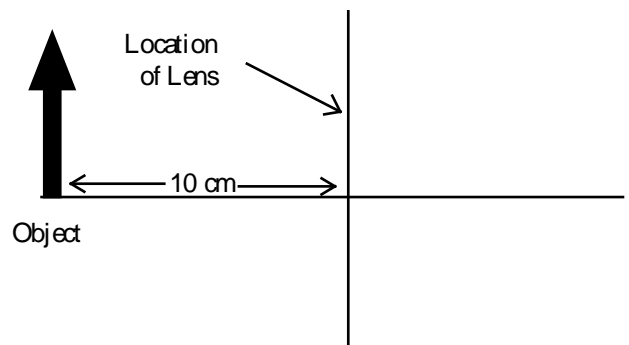
შეკითხვები 11-17 ეხება A - F ექვს ლინზას, რომლებიც მარჯვნივაა ნაჩვენები. ყველა ლინზა ერთნაირი მინებისაგან არის დამზადებული. უპასუხეთ შეკითხვებს და დაასახელეთ შესაბამისი ლინზა. თითოეული შეკითხვისთვის მხოლოდ ერთი სწორი პასუხი



არსებობს. თუ ფიქრობთ, რომ არც ერთი ლინზა არ შეესაბამება სწორ პასუხს, აირჩიეთ პასუხი **G**.

11. რომელ ლინზას აქვს ყველაზე მოკლე დადებითი ფოკუსური მანძილი ?
12. ფურცელზე ფოკუსირებულია მზის სინათლე მკვეთრი ლაქის მისაღებად. რომელი ლინზა უნდა დაიჭიროთ ფურცელთან ყველაზე ახლოს?
13. რომელ ლინზას აქვს ყველაზე მოკლე უარყოფითი ფოკუსური მანძილი ?
14. რომელი ლინზა მოგცემს ყველაზე დიდ გამადიდებლობას, როგორც ლუპა?
15. რომელი ლინზა იქნება საუკეთესო გამასწორებელი ახლომხედველი ადამიანისათვის? (ახლომხედველ ადამიანებს შორი ობიექტები ფოკუსირებული აქვთ ბადურის წინ. მათ კარგად შეუძლიათ დაინახონ მათ თვალთან ახლოს მდებარე ობიექტები, მაგრამ შორი ობიექტები მათთვის ბუნდოვანია).
16. რომელ ლინზას არ აქვს მასზე დაცემული სინათლის დაფოკუსების შესაძლებლობა?
17. რომელი ლინზა იქნება საუკეთესო გამასწორებელი შორსმხედველი ადამიანისთვის? (შორსმხედველ ადამიანებს ახლო ობიექტები უფოკუსირდებათ ბადურის უკან. მათ კარგად შეუძლიათ დაინახონ მათი თვალიდან დაშორებული ობიექტები, მაგრამ ახლო ობიექტები მათთვის ბუნდოვანია).

შეკითხვები 18-22 ეხება ობიექტს, რომელიც მოთავსებულია ლინზის წინ 10 სმ-ს დაშორებით. ლინზა არის 1 და 2-დან ერთ-ერთი ფორმის, რომელიც ქვემოთაა მოცემული.

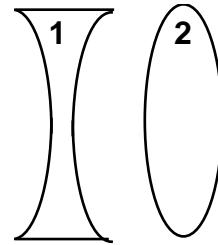


თითოეული შესაძლო ლინზისთვის 18-22 შეკითხვებში, აირჩიეთ **A - D** ერთ-ერთი დებულება, რომელიც სწორად აღწერს ლინზის მიერ ფორმირებულ გამოსახულებას. თუ არც ერთი აღწერილობა არ არის სწორი, აირჩიეთ პასუხი **E**.

- A.** გამოსახულება პირდაპირია და ობიექტზე დიდი.
- B.** გამოსახულება პირდაპირია და ობიექტზე პატარა.
- C.** გამოსახულება შებრუნებულია და ობიექტზე დიდი.
- D.** გამოსახულება შებრუნებულია და ობიექტზე პატარა.

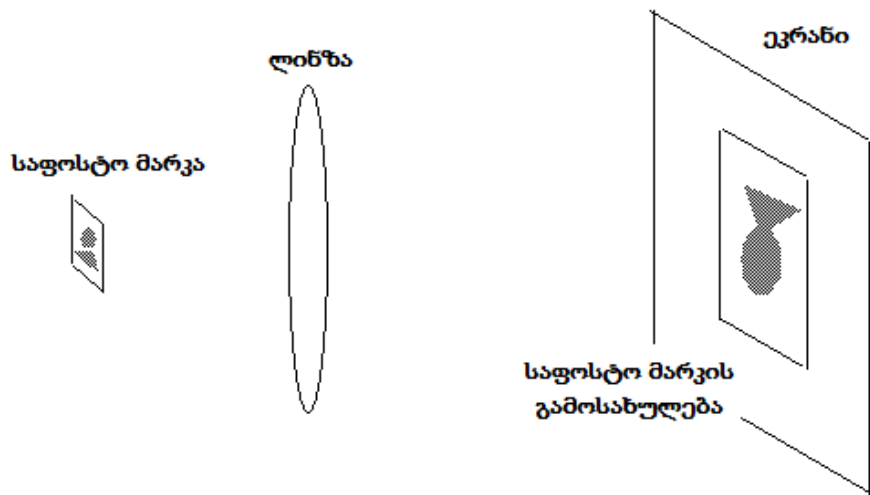
E. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.

- 18. 1 ლინზის მსგავსი ლინზა ფოკუსური მანძილით 4 სმ.
- 19. 2 ლინზის მსგავსი ლინზა ფოკუსური მანძილით 8 სმ.
- 20. 2 ლინზის მსგავსი ლინზა ფოკუსური მანძილით 16 სმ.
- 21. 2 ლინზის მსგავსი ლინზა ფოკუსური მანძილით 4 სმ.
- 22. 1 ლინზის მსგავსი ლინზა ფოკუსური მანძილით 16 სმ.



- 23. ახლომხედველ ადამიანებში რქოვანა და ლინზა სინათლეს აფოკუსირებს ბადურის წინ და იწვევს შორი ობიექტების ბუნდოვანებას. ახლომხედველობის გამოსასწორებლად ადამიანმა უნდა ატაროს სათვალე ლინზებით ა. სფერული ლინზა დადებითი ოპტიკური ძალით, ბ. სფერული ლინზა უარყოფითი ოპტიკური ძალით, გ. ცილინდრული ლინზა დადებითი ოპტიკური ძალით, დ. ცილინდრული ლინზა უარყოფითი ოპტიკური ძალით, ე. ცილინდრული და სფერული ლინზების კომბინაცია, ვ. არც ერთი ზემოთ ჩამოთვლილი.
- 24. შორსმხედველ ადამიანებში რქოვანა და ლინზა აფოკუსირებს ახლო ობიექტებს ბადურის უკან და იწვევს ახლო ობიექტების ბუნდოვანებას. შორსმხედველობის გასასწორებლად ადამიანმა უნდა ატაროს სათვალე ლინზებით ა. სფერული ლინზა დადებითი ოპტიკური ძალით, ბ. სფერული ლინზა უარყოფითი ოპტიკური ძალით, გ. ცილინდრული ლინზა დადებითი ოპტიკური ძალით, დ. ცილინდრული ლინზა უარყოფითი ოპტიკური ძალით, ე. სფერული და ცილინდრული ლინზების კომბინაცია, ვ. არც ერთი ზემოთ ჩამოთვლილი.

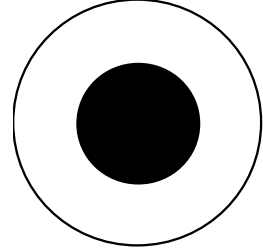
შეკითხვები 25-34 ეხება მარჯვნივ მოცემულ სურათს. საფოსტო მარკა მოთავსებულია ლინზის მარცხნივ და მისი გამოსახულება ეკრანზე ფორმირებულია ლინზის მარჯვნივ, როგორც ნაჩვენებია.



25. დაუშვით, რომ საფოსტო მარკა დროებით (მხოლოდ ამ კითხვისთვის) შეცვლილია ორჯერ დიდით. რომელია სწორი? ა. გამოსახულება მთლიანი იქნება, მაგრამ სიდიდით ნახევარი, ბ. გამოსახულება გაქრება, გ. გამოსახულება გამკრთალდება, დ. გამოჩნდება მხოლოდ გამოსახულების ნახევარი, ე. გამოსახულება ორჯერ დიდი გახდება, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.
26. დაუშვით, რომ ლინზა დროებით შეცვლილია (მხოლოდ ამ შეკითხვისთვის) ნახევარი დიამეტრის, მაგრამ იგივე ფოკუსური მანძილის მქონე ლინზით. რომელია სწორი? ა. გამოსახულების ნახევარი გაქრება, ბ. გამოჩნდება მთელი, მაგრამ სიდიდით ნახევარი გამოსახულება, გ. გამოსახულება გაქრება, დ. გამოსახულება გამკრთალდება, ე. გამოსახულება არ შეიცვლება, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.
27. დაუშვით, რომ ეკრანი დროებით ოდნავ შორს არის გადაადგილებული (მხოლოდ ამ შეკითხვისთვის) და საფოსტო მარკისა და ლინზის მდებარეობა არ იცვლება. რომელია სწორი? ა. გამოსახულება ბუნდოვანი გახდება, ბ. გამოსახულება იქნება მკვეთრი, მაგრამ ოდნავ გადიდებული, გ. გამოსახულება იქნება მკვეთრი, მაგრამ ოდნავ დაპატარავებული, დ. გამოსახულება არ შეიცვლება, ე. გამოსახულება გაქრება, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.
28. დაუშვით, რომ ლინზის წვეროს ნაწილი დროებით დაფარულია ფურცლით (მხოლოდ ამ შეკითხვისთვის) და არანაირი სინათლე არ აღწევს ამ ნაწილის გავლით. რომელია სწორი? ა. გამოსახულების ნახევარი გაქრება, ბ. გამოსახულება გამოჩნდება მთლიანი, მაგრამ სიდიდით ნახევარი, გ. გამოსახულება გაქრება, დ. გამოსახულება გამკრთალდება, ე. გამოსახულება ფურცელზე გამოჩნდება, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.

მოკლედ დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი:

29. დაუშვით, რომ ლინზის ცენტრს დროებით ფარავს წრიული შავი ლენტი (მხოლოდ ამ შეკითხვისთვის), როგორც ნაჩვენებია მარჯვნივ. რომელია სწორი? ა. გამოსახულების ცენტრი გაქრება, ბ. გამოსახულება მთელი იქნება, მაგრამ პატარა, გ. გამოსახულება გაქრება, დ. გამოსახულება გამკრთალდება, ე. გამოსახულება ლენტზე გამოჩნდება, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.



30. დაუშვით, რომ საფოსტო მარკის ნახევარი დროებით დაფარულია ფურცლით (მხოლოდ ამ შეკითხვისთვის). რა მოუვა საფოსტო მარკის გამოსახულებას? ა. გამოსახულების ნახევარი გაქრება, ბ. გამოსახულება მთელი იქნება, მაგრამ ნახევარი სიდიდის, გ. გამოსახულება გაქრება, დ. გამოსახულება გამკრთალდება, ე. გამოსახულება ფურცელზე გამოჩნდება, ვ. გამოსახულება არ შეიცვლება, ზ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.

მოკლედ დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი:

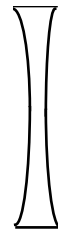
31. დაუშვით, რომ საფოსტო მარკა დროებით ოდნავ მოშორებულია ლინზას (მხოლოდ ამ შეკითხვისთვის). ასევე გადაადგილებულია ეკრანიც ყველაზე მკვეთრი გამოსახულების მისაღებად. რომელია სწორი? ა. გამოსახულება ახლა უფრო დიდია, ბ. გამოსახულება ახლა პიდაპირია, გ. გამოსახულება იგივე ზომისაა, რაც მანამდე, დ. გამოსახულება ახლა უფრო პატარაა, ე. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.

მოკლედ დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი:

32. დაუშვით, რომ საფოსტო მარკა დროებით მიახლოებულია ლინზასთან (მხოლოდ ამ შეკითხვისთვის). ასევე გადაადგილებულია ეკრანიც ყველაზე მკვეთრი გამოსახულების მისაღებად. რომელია სწორი? ა. გამოსახულება ახლა უფრო პატარაა ვიდრე მანამდე, ბ. გამოსახულება იგივე ზომისაა, გ. თუ

ობიექტი საკმარისად ახლოს მივა ლინზასთან, შეიძლება ეკრანზე ვერ მივიღოთ მკვეთრი გამოსახულება, დ. გამოსახულება ეკრანზე გახდება პირდაპირი, ე. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.

33. დაუშვით, რომ ლინზა დროებით შეცვლილია მარჯვნივ მოცემული ლინზის მსგავსი ლინზით (მხოლოდ ამ შეკითხვისთვის). ასევე გადაადგილებულია ეკრანიც მკვეთრი გამოსახულების მისაღებად. რომელია სწორი? ა. გამოსახულება გადიდდება, ბ. გამოსახულება იგივე ზომის იქნება, გ. გამოსახულება დაპატარავდება, დ. ეკრანზე მკვეთრი გამოსახულების მიღება შეუძლებელი იქნება, ე. გამოსახულება პირდაპირი იქნება, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.



34. დაუშვით, რომ ლინზა აღებულია. რომელია სწორი? ა. გამოსახულება ისევ იქ იქნება, თუმცა ცოტა გაბუნდოვანებული, ბ. გამოსახულება მთლიანი იქნება, მაგრამ უფრო პატარა, გ. გამოსახულება გაქრება, დ. გამოსახულება გამკრთალდება, ე. გამოსახულება არ შეიცვლება, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.

მოკლედ დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი:

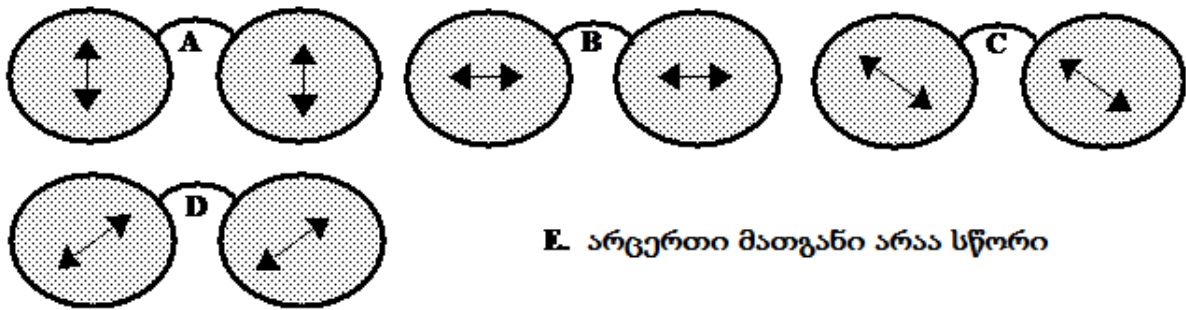
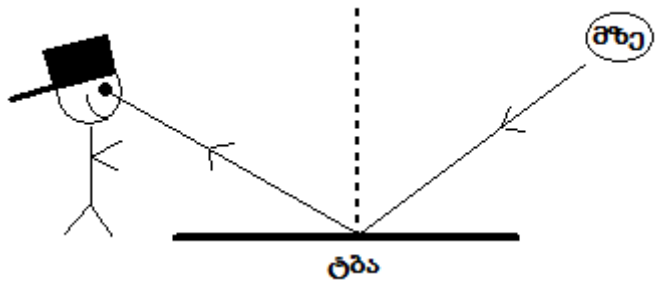
შეკითხვები 35-37 ეხება იდეალურ პოლარიზაციულ ფილტრს, რომელიც გაატარებს მასზე დაცემული სინათლის 100%-ს, თუ იგი პოლარიზებულია მისი ღერძის გასწვრივ და 0%-ს, თუ იგი პოლარიზებულია მისი ღერძის პერპენდიკულარულად.

35. თითოეული სინათლის წყაროდან მომავალი სინათლის სხივი არაპოლარიზებულია. სინათლე ეცემა იდეალურ პოლარიზაციულ ფილტრს 100 ინტენსივობით. გასული სინათლის ინტენსივობა არის ა. 100, ბ. 75, გ. 50, დ. 25, ე. 0, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.

36. ცალკეული სინათლის წყაროდან მომავალი სინათლის სხივი არის წრფივად პოლარიზებული ვერტიკალური მიმართულებით. სინათლე ეცემა იდეალურ პოლარიზაციულ ფილტრს 100 ინტენსივობით. თუ პოლარიზაციული ფილტრის პოლარიზაციის ღერძი ვერტიკალურია, გასული სინათლის ინტენსივობა არის ა. 100, ბ. 75, გ. 50, დ. 25, ე. 0, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.

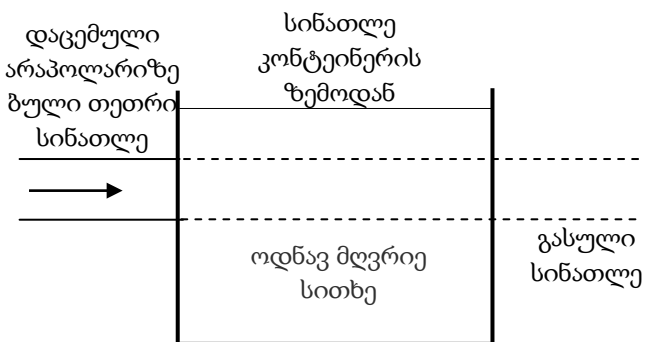
37. ახლა იდეალური პოლარიზაციული ფილტრი (36) შეკითხვაში მობრუნებულია ისე, რომ მისი ღერძი *ჰორიზონტალურია*. გასული სინათლის ინტენსივობა ახლა არის ა. 100, ბ. 75, გ. 50, დ. 25, ე. 0, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.

38. მზიდან მომავალი სინათლე შეიძლება აირეკლოს ტბის ზედაპირიდან თქვენს თვალში. თუ თქვენ ატარებთ მზის სათვალეს (რომელიც დამზადებულია პოლარიზაციული ფილტრებისაგან), ეს არეკვლა შემცირდება. რომელი ქვემოთ მოცემული სურათი აჩვენებს ფილტრის პოლარიზაციის დერძის სწორ მიმართულებას სათვალეებისთვის, ტბიდან არეკლილი არასასურველი სინათლის ყველაზე ეფექტურად დასაბლოკად?



E. არცერთი მათგანი არაა სწორი

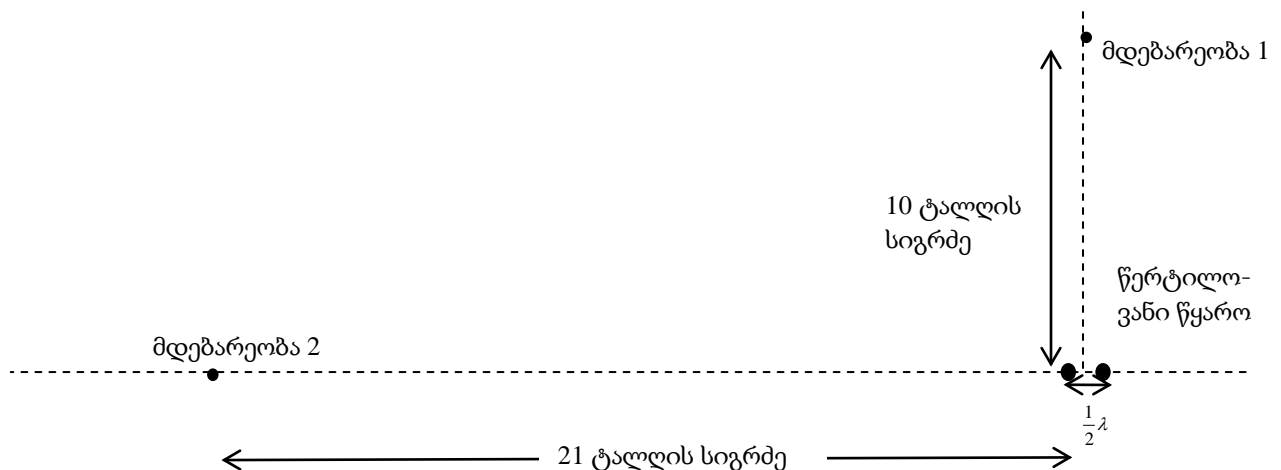
შეკითხვები 39-42 ეხება ექსპერიმენტს, რომლის მოწყობილობა მარჯვნივაა მოცემული. თეთრი, არაპოლარიზებული სინათლე მარცხნიდან ეცემა ცოტა რძით ამღვრეული წყლით სავსე გამჭვირვალე კონტეინერს. დაკვირვებები ტარდება ნებისმიერ სინათლეზე, რომელიც გადის კონტეინერის მეორე ბოლოდან და სინათლეზე, რომელიც გადის კონტეინერის ზემოდან.



39. გასული სინათლე არის ა. თეთრი, ბ. მოყვითალო, გ. მოლურჯო, დ. მომწვანო, ე. სინათლე საერთოდ არ გადის, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.

40. სინათლე, რომელიც კონტეინერის ზემოდან მოდის, არის ა. თეთრი, ბ. მოყვითალო, გ. მოლურჯო, დ. მომწვანო, ე. არანაირი სინათლე არ მოდის კონტეინერის ზემოდან, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.
41. გასული სინათლე ა. პოლარიზებულია ვერტიკალური ღერძის გასწვრივ, ბ. პოლარიზებულია ჰორიზონტალური ღერძის გასწვრივ, გ. პოლარიზებულია დიაგონალური ღერძის გასწვრივ, დ. არაპოლარიზებულია, ე. არ არის არანაირი გასული სინათლე, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.
42. კონტეინერის ზემოდან მომავალი სინათლე არის ა. პოლარიზებული მისი ვერტიკალური ღერძის გასწვრივ, ბ. პოლარიზებული მისი ჰორიზონტალური ღერძის გასწვრივ, გ. პოლარიზებული მისი დიაგონალური ღერძის გასწვრივ, დ. არაპოლარიზებულია, ე. არანაირი სინათლე არ მოდის კონტეინერის ზემოდან, ვ. არც ერთი პასუხი არ არის სწორი.

შეკითხვებია 43-46 ეხება სინათლის ორ მონოქრომატულ წერტილოვან წყაროს, რომლებიც კოჰერენტულნი არიან ერთმანეთთან. ისინი ერთმანეთის დაშორებულები არიან $\frac{1}{2}$ ტალღის სიგრძით, როგორც ნაჩვენებია ქვემოთ მოცემულ სურათზე. *სურათზე ყველა მანძილი გაზომილია ორ წყაროს შორის შუა წერტილიდან.*



43. როცა ტალღა ორი წერტილოვანი წყაროდან მიაღწევს 1 მდებარეობას, რომელიც ზუსტად ორ წყაროს შორის მდებარე შუა წერტილის ზემოთაა, ისინი არიან ა. ზუსტად ერთნაირ ფაზაში, ბ. ზუსტად საპირისპირო ფაზაში, გ. არც ერთნაირ და არც საპირისპირო ფაზაში, დ. მოცემული ინფორმაცია არასაკმარისია.
44. 1 მდებარეობა არის წერტილი ა. სრულიად კონსტრუქციული ინტერფერენციისა, ბ. სრულიად დესტრუქციული ინტერფერენციისა, გ. არც კონსტრუქციული და არც დესტრუქციული ინტერფერენციისა, დ. მოცემული ინფორმაცია არასაკმარისია.
45. როცა ტალღა ორი წერტილოვანი წყაროდან მიაღწევს 2 მდებარეობას, ისინი არიან ა. ზუსტად ერთნაირ ფაზაში, ბ. ზუსტად საპირისპირო ფაზაში, გ. არც



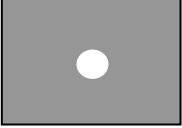

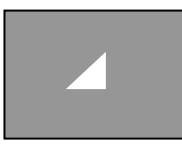
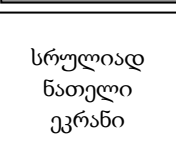
ერთნაირ და არც საპირისპირო ფაზაში, დ. მოცემული ინფორმაცია არასაკმარისია.

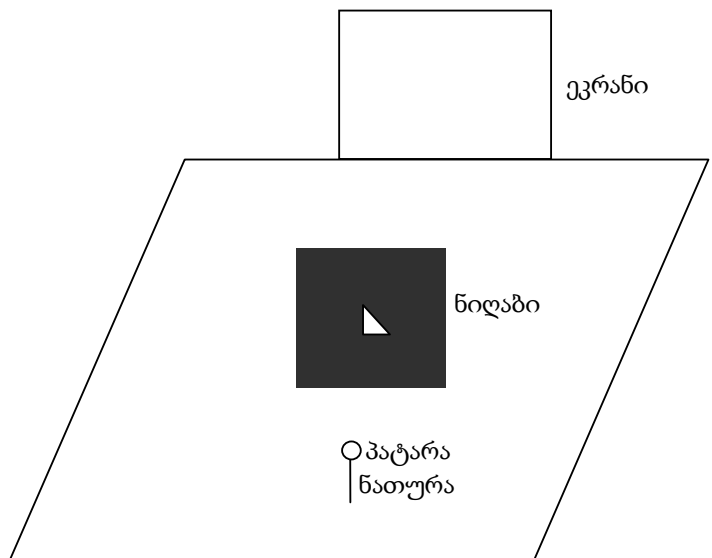
46.2 მდებარეობა არის წერტილი ა. სრულიად კონსტრუქციული ინტერფერენციისა, ბ. სრულიად დესტრუქციული ინტერფერენციისა, გ. არც კონსტრუქციული და არც დესტრუქციული ინტერფერენციისა, დ. მოცემული ინფორმაცია არასაკმარისია..

47. 633 ნმ ტალღის სიგრძის ლაზერის სხივი მიმართულია ვიწრო ჭრილისკენ. დიდი მანძილით დაშორებულ ეკრანზე გამოჩნდება ნათელი და ბნელი ზოლები. ჩამოთვლილთაგან, რომელი დაავიწროვებს ცენტრალურ კაშკაშა ზოლს ეკრანზე? ა. ჭრილი უფრო ფართეა, ბ. ეკრანი უფრო შორსაა, გ. ჭრილი უფრო ვიწროა, დ. ტალღის სიგრძე უფრო დიდია, ე. ლაზერი ჭრილთან უფრო ახლოსაა, ვ. ვერც ერთი ჩამოთვლილი ვერ დაავიწროვებს ცენტრალურ ზოლს, ზ. მოცემული ინფორმაცია არასაკმარისია.

48. 633 ნმ ტალღის სიგრძის ლაზერის სინათლე მიმართულია ორი პარალელური ჭრილისკენ, რომლებიც ძალიან მცირედ არიან დაშორებულნი ერთმანეთისგან. დიდი მანძილით დაშორებულ ეკრანზე გამოჩნდება ნათელი და ბნელი ზოლები. ჩამოთვლილი ცვლილებებიდან რომელი გამოიწვევს ორ მეზობელ ზოლს შორის მანძილის გაზრდას ეკრანზე? ა. ორივე ჭრილი გაფართოებულია, ბ. ჭრილები ერთმანეთთან მიახლოებულია, გ. ორივე ჭრილი დავიწროებულია, დ. ჭრილები დაშორებულია ერთმანეთისგან, ე. ეკრანი მიახლოებულია, ვ. ტალღის სიგრძე უფრო მცირეა, ზ. ლაზერი ჭრილიდან დაშორებულია, თ. მოცემული ინფორმაცია არასაკმარისია.







49. დიდი ეკრანის წინ მოთავსებულია პატარა ნათურა. ნათურასა და ეკრანს შორის მოთავსებულია ნიღაბი, რომელზეც გაკეთებულია სამკუთხა ჭრილი, როგორც მარჯვნივ მოცემულ სურათზეა ნაჩვენები. ქვემოთ მოცემული რომელი სურათი აჩვენებს სწორად იმას, რაც ეკრანზე გამოჩნდება?

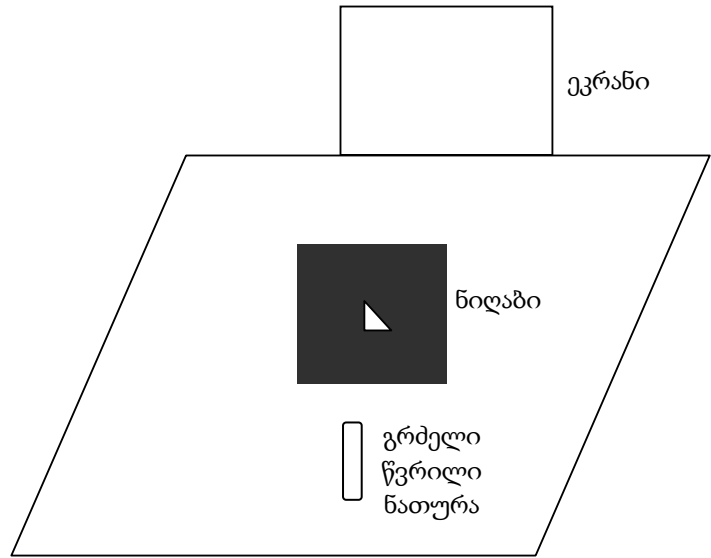
A		B	
C		D	
E		F	



G. არც ერთი ზემოთ ჩამოთვლილი.

50. ნათურა (49)-ში შეცვლილია გრძელი, წვრილი ნათურით. რომელი ქვემოთ მოცემული სურათი აჩვენებს იმას, რაც ეკრანზე გამოჩნდება?

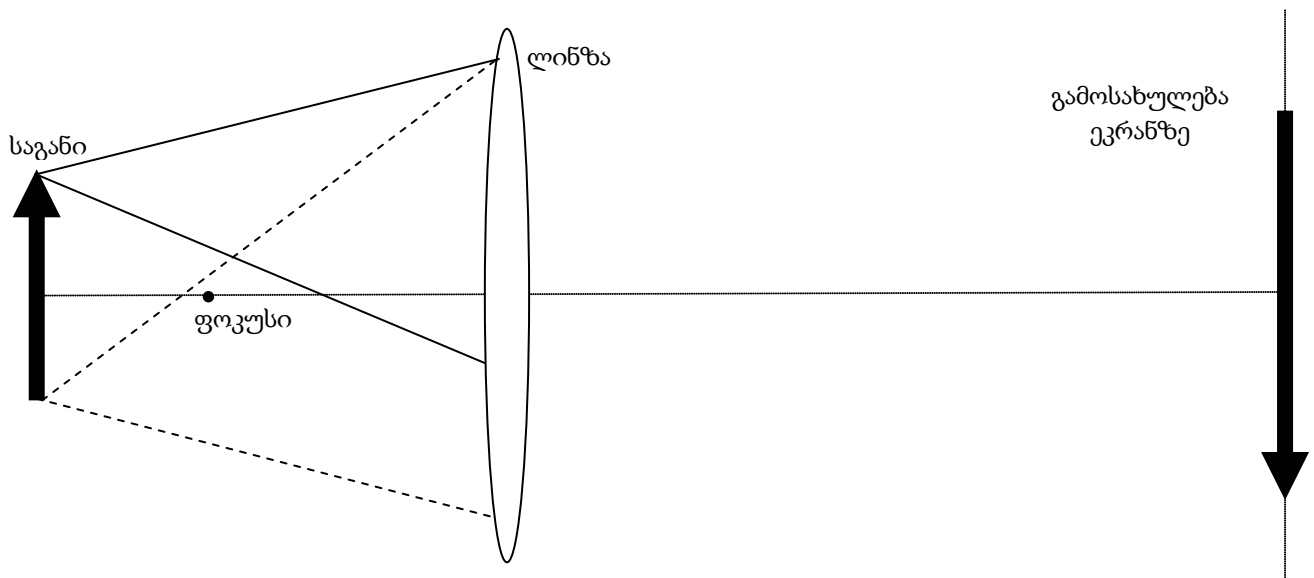
A		B	
C		D	
E		F	



G. არც ერთი ზემოთ ჩამოთვლილი.

51. ქვემოთ მოცემულ სურათზე, საგანი მოთავსებულია ლინზის მარცხნივ ლინზიდან ფოკუსურ მანძილზე უფრო შორს. გამოსახულება ეკრანზე ფორმირებულია ლინზის მარჯვნივ, როგორც ნაჩვენებია. ნახატზე ნაჩვენებია

საგნიდან გამოსული სინათლის ოთხი სხივი. გააგრძელებთ ეს ოთხი სხივი ლინზის შემდეგ გამოსახულების მისაღებად ეკრანზე.



სინათლისა და ოპტიკის კონცეპტუალური შეფასების პასუხების ფურცელი

სახელი _____ კლასი _____

- | | | | | | | | | |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ___ 1. | ___ 7. | ___ 13. | ___ 19. | ___ 25. | ___ 31. | ___ 37. | ___ 43. | ___ 49. |
| ___ 2. | ___ 8. | ___ 14. | ___ 20. | ___ 26. | ___ 32. | ___ 38. | ___ 44. | ___ 50. |
| ___ 3. | ___ 9. | ___ 15. | ___ 21. | ___ 27. | ___ 33. | ___ 39. | ___ 45. | |
| ___ 4. | ___ 10. | ___ 16. | ___ 22. | ___ 28. | ___ 34. | ___ 40. | ___ 46. | |
| ___ 5. | ___ 11. | ___ 17. | ___ 23. | ___ 29. | ___ 35. | ___ 41. | ___ 47. | |
| ___ 6. | ___ 12. | ___ 18. | ___ 24. | ___ 30. | ___ 36. | ___ 42. | ___ 48. | |

დაასაბუთეთ 28 შეკითხვის პასუხი:

დაასაბუთეთ 30 შეკითხვის პასუხი:

დაასაბუთეთ 31 შეკითხვის პასუხი:

დაასაბუთეთ 34 შეკითხვის პასუხი:

შეკითხვა 51:

