

Formiranje sabirnih sočiva od kapljica vode i glicerina

U ovom radu je demonstrirano formiranje sabirnih sočiva od kapljica vode i glicerina i određivanje njihove žižne daljine. U eksperimentu je korišćena blenda sa podesivim otvorom. Kapljice tečnosti postavljane su u blendu i pomeranjem poluge na njoj, mogla su se formirati različita sočiva. Određivane su žižne daljine ovako dobijenih sočiva. Dobijene žižne daljine bile su u intervalu 3.39–26.85 mm za vodu i u intervalu 4.47–32.41 mm za glicerol. Posmatrana je zavisnost žižne daljine sočiva od glicerina i vode od otvora blende pri pet različitih zapremina ovih tečnosti. Zavisnost je predstavljena grafički. Takođe, posmatrano je i kako žižna daljina sočiva na nekom određenom otvoru blende zavisi od zapremine kapljica. Ustanovljeno je da pri istom otvoru blende i istoj zapremini tečnosti sočiva od glicerina imaju manju žižnu daljinu no sočiva od vode.

Uvod

U modernoj optici se sve više teži ka tome da se optički elementi proizvode od providnih tečnosti, koje su idealan materijal, jer su izuzetno isplative, fleksibilne i bez optičkih defekata. Od jedne zapremine tečnosti moguće je dobiti sočivo čije se karakteristike, prema potrebama, mogu menjati. Danas se sve više ulaže u osposobljavanje sistema za dobijanje tečnih sočiva koja će uskoro zaminiti ne toliko praktična sočiva napravljena od stakla ili plastike.

U ovom radu realizovana je aparatura pomoću koje su se mogla formirati sabirna tečna sočiva čije

su se žižne daljine mogle lako menjati, i određivati žižne daljine tih sočiva.

Tečna sočiva su formirana stavljanjem kapljica tečnosti, vode i glicerina, u horizontalno postavljenu blendu čiji se otvor mogao menjati, što je omogućilo manjanje žižne daljine sočiva.

Na formiranje tečnog sočiva utiče više faktora. Za male poluprečnike kapljica, površinski napon čini kapljice skoro sfernim i uporedivim sa loptastim sočivima. Oblik malih kapljica je uglavnom određen međumolekulskim privlačenjem koje postoji između molekula koji čine kapljicu. Međutim, pored površinskog napona na kapljicu deluje i sila gravitacije. Kod većih kapljica, gravitacija ima dosta uticaja i prouzrokuje zakrivljenost površine kapljice, tj. dolazi do formiranja takozvanih „visećih kapljica“. To je upravo oblik koji su imala sočiva formirana u ovom ustraživanju. Oblik sočiva zavisi i od vrste tečnosti koja se koristi u ispitivanju. Glavni problem kod tečnih sočiva jeste održavanje i kontrolisanje zakrivljenosti površine tečnosti.

Aparatura i metod

Tečno sočivo je formirano od kapljica tečnosti koje su postavljane u horizontalno postavljenu podesivu blendu. Kada je kapljica tečnosti postavljena u otvor blende, ivice kapljice prijanjaju uz ivice blende. Menjanjem prečnika otvora blende menja se zakrivljenost površine kapljice i njena debljina. Povećavanjem otvora blende kapljica postaje razvučena, a kako ima konstantnu zapreminu, debljina joj se smanjuje, a njena površina postaje manje zakrivljena.

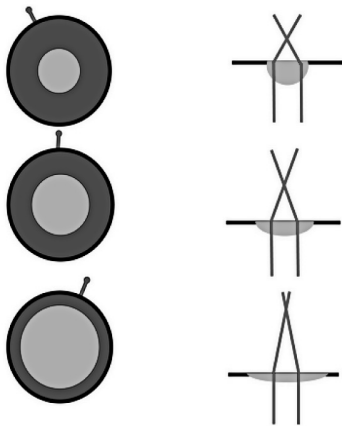
Teodora Đorđević (1994.), Niš, Trg učitelj Tase 1/4, učenica 2. razreda Gimnazije „Svetozar Marković“ u Nišu

Marija Petrović (1994.), Požega, Miloša Obilića 12, učenica 2. razreda Gimnazije „Sveti Sava“ u Požegi

MENTORI:

Aleksandra Alorić, Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu

Jelena Pajović, Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu



Slika 1. Zavisnost žižne daljine od otvora blende

Figure 1. Dependence of focal length in respect to opening of an adjustable aperture

Poluprečnik krivine te površine se povećava, a samim tim i žižna daljina tečnog sočiva (slika 1).

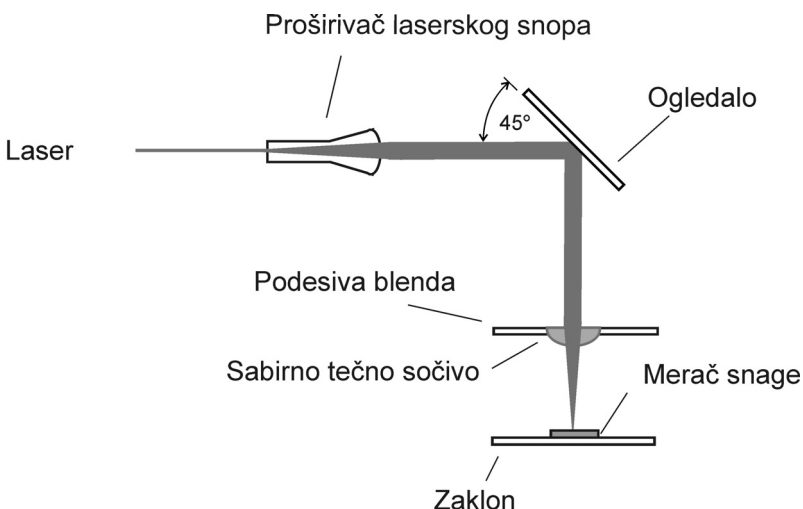
Korišćena aparatura prikazana je na slici 2. Korišćen je He-Ne laser talasne dužine 633 nm i snage 14.4 mW. Laserski zrak je posle prolaska kroz proširivač laserskog snopa bio proširen, a u isto vreme paralelan optičkoj osi. Nakon odbijanja od ogledala koje je bilo postavljeno pod uglom od 45° zrak je prolazio kroz tečno sočivo koje se nalazilo u horizontalnoj podesivoj blendi. Ispod blende bio je po-

stavljen horizontalni zaklon koji je imao mogućnost kretanja u vertikalnom pravcu. Pomoću njega tražena je žiža tečnog sočiva.

Prečnici otvora blende određivani su pomoću fotografija. Na blendi su bili iscrtani podeoci koji su predstavljali položaje poluge za različite otvore blende. Poluga je pomerana po podeocima i za svaki položaj poluge izvršeno je fotografisanje blende. Kasnije prebrojavanjem piksela na fotografijama utvrđeni su različiti prečnici otvora blende.

Tečnosti koje su korišćene u eksperimentu bile su voda i glicerina. Žižna daljina je merena za više različitih otvora blende za zapremine vode od 30, 40, 50, 60 i 70 μL i glicerina od 20, 30, 40, 50 i 60 μL . Zapremine kapljica vode merene su pomoću automatske pipete, a zapremine kapljica glicerina pomoću propipete.

Merenje žižne daljine sočiva od glicerina i sočiva od vode se razlikovalo. Za precizno određivanje žiže kod sočiva od glicerina korišćen je merač snage koji je bio pričvršćen na zaklon. Žiža se nalazila u onoj tački u kojoj je merač pokazivao najveću snagu laserskog snopa. Žižna daljina vodenog sočiva se tokom vremena menjala, a razlog je bilo brzo isparavanje kapljice vode pa se njena zapremina neprekidno smanjivala. To je značilo da se žižna daljina vodenog sočiva morala određivati veoma brzo, za šta merač snage nije bio pogodan. Brzim pomeranjem zaklona tražena je najmanja tačka koja je predstavljala žižu. Rastojanje od gornje površine sočiva do žiže mereno je pomoću nonijusa.

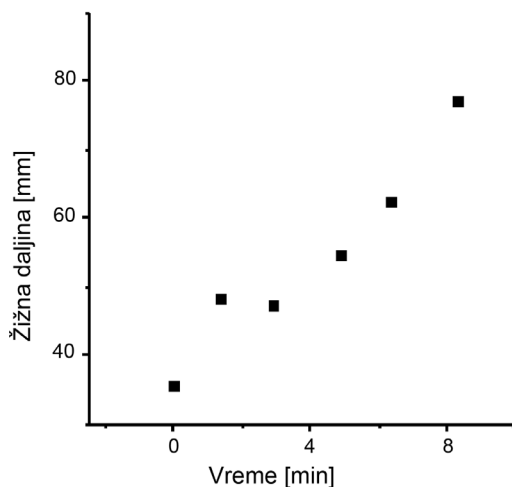


Slika 2. Šema aparature

Figure 2. Experimental setup

Rezultati i diskusija

Na slici 3 može se videti grafik zavisnosti žižne daljine od vremena pri zapremini vode od $50 \mu\text{L}$, a na slici 4 zbog čega nije bilo pogodno meriti žižnu daljinu vodenih sočiva pomoću merača snage, takođe pri zapremini vode od $50 \mu\text{L}$.



Slika 3.

Zavisnost žižne daljine od vremena pri zapremini vode od $50 \mu\text{L}$

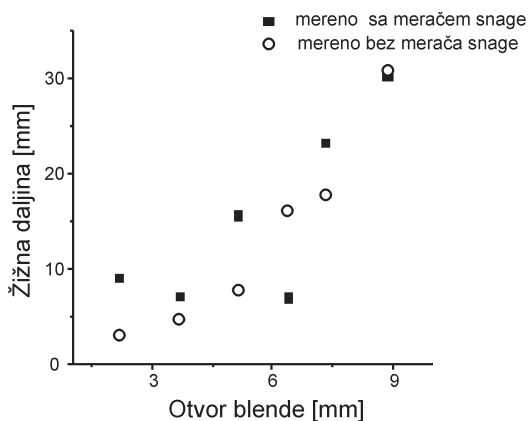
Figure 3.

Dependence of focal length in respect to time for water volume of $50 \mu\text{L}$

Na graficima koji slede prikazani su rezultati merenja žižne daljine u zavisnosti od otvora blende za kapljice glicerina i vode. Merenja su vršena za zapremine glicerina od 20, 30, 40, 50 i $60 \mu\text{L}$ i zapremine vode od 30, 40, 50, 60 i $70 \mu\text{L}$.

Pri većim zapreminama tečnosti i za male otvore blende, nije bilo moguće formirati sočivo, jer sila kohezije nije bila dovoljno jaka da održi kapljicu. Takođe, i pri malim zapreminama tečnosti nisu se mogla formirati sočiva sa većim otvorima, jer je sočivo bilo jako tanko i pucalo.

Sa grafika se može videti da pri povećanju otvora blende žižna daljina sočiva raste. Pri istom otvoru blende za veće zapremine tečnosti dobijaju se manje žižne daljine i obrnuto (slika 5).



Slika 4.

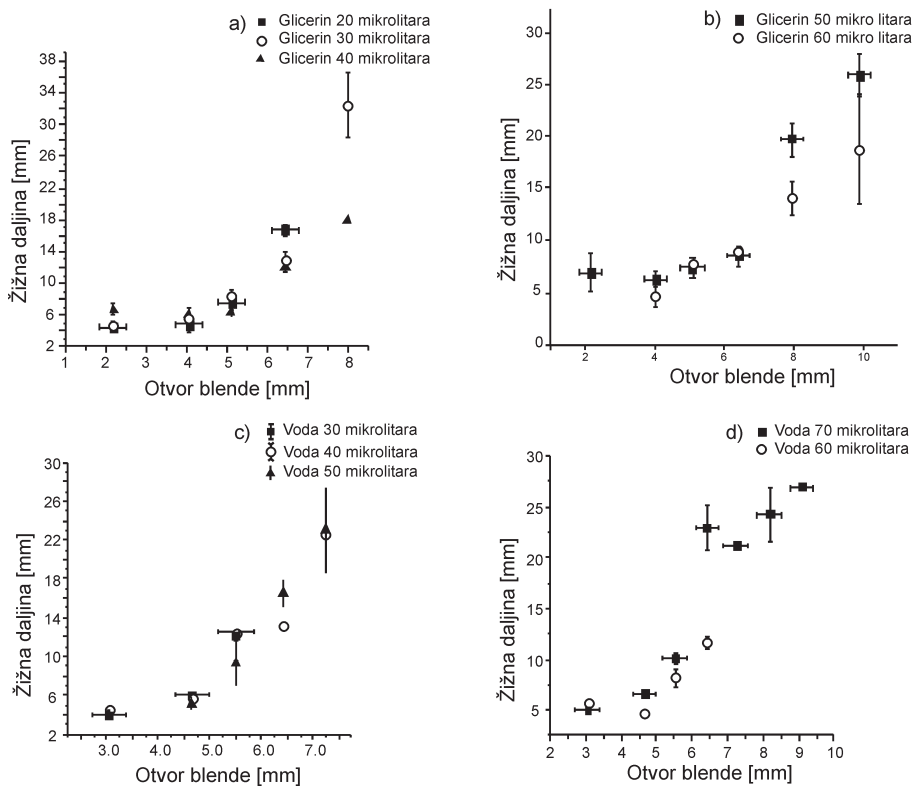
Zavisnost žižne daljine od otvora blende pri zapremini vode od $50 \mu\text{L}$ mereno meračem snage i bez njega

Figure 4. Dependence of focal length in respect to opening of the aperture for water volume of $50 \mu\text{L}$ measured by a power meter (black squares) and without it (white circles)

Na slici 6a se može videti da pri većoj zapremini glicerina ($60 \mu\text{L}$) pri istim otvorima blende dobijamo manje vrednosti žižnih daljina, nego pri manjim zapreminama ($40 \mu\text{L}$). Isto važi i za vodu (slika 6b).

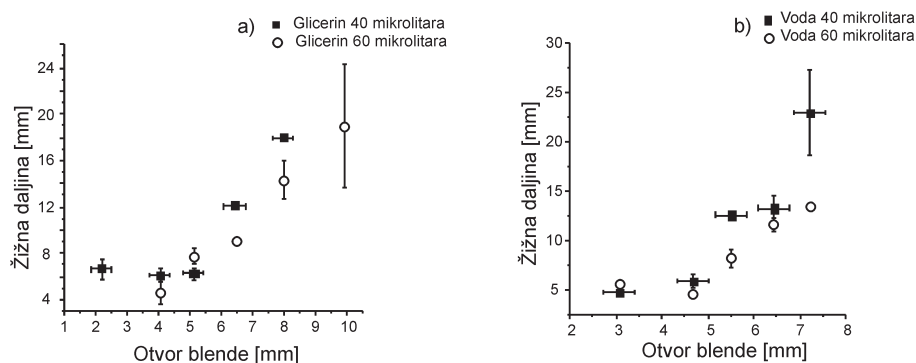
Na slici 7 prikazana je zavisnost žižne daljine od otvora blende za istu zapreminu vode i glicerina ($40 \mu\text{L}$). Može se primetiti da pri većim otvorima blende sočivo od glicerina ima manje vrednosti žižnih daljina od sočiva vode. Ovo se objašnjava time da pri istim zapreminama vode i glicerina kapljica glicerina, zbog svojih osobina ima veću zakrivljenost površine, što rezultira manjom žižnom daljinom u odnosu na kapljicu vode. Na slici 7 se vidi da su pri manjim otvorima blende žižne daljine sočiva od glicerina veće od žižnih daljina sočiva od vode. Našom metodom nije bilo moguće tačno odrediti gde se nalaze žiže pri manjim otvorima (moguće je bilo da se nalaze unutar sočiva), jer bi to rezultiralo uništavanjem samih sočiva.

Da bi se smanjila greška pri računanju žižne daljine vodenih sočiva potrebno je pronaći rešenje koje će omogućiti da kapljice vode manje isparavaju.



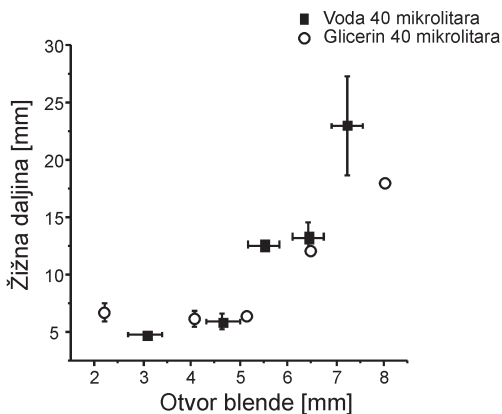
Slika 5. Zavisnost žižne daljine od otvora blende: a) za zapreminu glicerina od 20, 30 i 40 μL ; b) za zapreminu glicerina od 50 i 60 μL ; c) za zapreminu vode od 30, 40 i 50 μL ; d) za zapreminu vode od 60 i 70 μL

Figure 5. Dependence of focal length in respect to opening of the aperture for: a) glycerin volume of 20, 30 and 40 μL ; b) glycerin volume of 50 and 60 μL ; c) water volume of 30, 40 and 50 μL ; d) water volume of 60 and 70 μL



Slika 6. Zavisnost žižne daljine od otvora blende: a) za zapreminu glicerina od 40 i 60 μL ; b) za zapreminu vode od 40 i 60 μL

Figure 6. Dependence of focal length in respect to opening of the aperture for: a) glycerin volume of 40 and 60 μL ; b) water volume of 40 and 60 μL



Slika 7. Zavisnost žižne daljine od otvora blende pri zapremini glicerina $40 \mu\text{L}$ i zapremini vode $40 \mu\text{L}$

Figure 7. Dependence of focal length in respect to opening of the aperture for glycerin volume of $40 \mu\text{L}$ and water volume of $40 \mu\text{L}$

Zaključak

Ovim radom smo pokazali da je moguće formirati tečna sočiva od kapljica vode i glicerina, sa ne previše komplikovanom aparaturom, kao i izmeriti njihove žižne daljine. Podesiva blenda u koju su stavljane kapljice tečnosti omogućavala nam je da od jedne zapremine tečnosti dobijemo više sočiva sa različitim žižnim daljinama. Više zapremina tečnosti je korišćeno u eksperimentu i posmatrano je kako to utiče na žižnu daljinu sočiva. Otvor blende je iznosio od 3.05 do 7.00 mm, a žižne daljine koje su dobijane bile su u intervalu od 3.39 do 26.85 mm za vodu i u intervalu od 4.47 do 32.41 mm za glicerina. Problemi koji su se javljali prilikom izvođenja eksperimenta bili su isparavanje vodenih sočiva i nemogućnost formiranja sočiva sa malim otvorom blende i velikom zapreminom tečnosti, ali i velikim otvorom blende i malom zapreminom tečnosti.

Zahvalnost. Zahvaljujemo se Aleksandri Alorić i Jeleni Pajović, saradnicima seminara fizike u IS Petnica, kao i Branimiru Ackoviću, rukovodiocu seminara fizike u IS Petnica, na pomoći tokom postavke i realizacije eksperimenta.

Literatura

Berge B., Peseux J. 2000. Variable focal lens controlled by an external voltage: An application of electrowetting. *European Physics Journal*, E 3: 159.

Huang S. 2006. Properties of a Variable Liquid Drop Lens. Dostupno na <http://laser.physics.sunysb.edu/~cscott/papers/intel.pdf>

Teodora Đorđević and Marija Petrović

Formation of Convex Lenses Using Water and Glycerin Droplets

Liquid lenses are poised to make breakthroughs in modern optics for their flexibility at scales at which solid lenses cannot achieve variable focusing. The purpose of this study was the construction of an experimental set up which would enable formation of convex liquid lenses made from water and glycerin and determination of their focal length. In order to form a lens we used an aperture with an adjustable opening. Droplets of a liquid were set in the aperture and we could form different lenses. The aim was also to investigate how focal length depends of different parameters such as liquid from which the lens was made, volume of that liquid and the opening of the aperture. The opening of the aperture was from 3.05 to 7.00 mm and focal lengths we got were from 3.39 to 26.85 mm for water lenses and from 4.47 to 32.41 mm for glycerin lenses. We used a volume of liquid droplets that varies from 20 to $70 \mu\text{L}$. It is shown that when the opening of the aperture increases, the focal length also increases and that for the same opening of aperture, for bigger volume of liquid the focal length is smaller. Also, for the same opening of aperture and same volume of water and glycerin, a lens made of water has bigger focal length than a lens made of glycerin. The significance of this study lies in the possibility to produce a lot of different lenses from only one liquid volume which is very practical and profitable. ☺