

## Određivanje koeficijenta površinskog napona tečnosti difrakcijom svetlosti na kapilarnim talasima

---

*U ovom radu su vršena merenja kojim je određen koeficijent površinskog napona različitih tečnosti difrakcijom svetlosti na kapilarnim talasima. Kapilarni talasi su generisani pomoću tanke igle, koja je pričvršćena za zvučnik i vrhom dodiruje površinu tečnosti čiji se površinski napon određuje. Sinusni signali određenih frekvencija se šalju zvučniku, koji ih dalje prenosi na iglu koja generiše kapilarne talase. Nakon usmeravanja laserskog snopa ka površini tečnosti i odbijanja od kapilarnih talasa na zaklonu nastaje difrakciona slika. Analizom difrakcione slike određena je talasna dužina talasa na vodi, a preko nje koeficijent površinskog napona. Površinski napon dobijen za destilovanu vodu iznosi  $(103 \pm 6)$  mN/m, za 96% etanol  $(26 \pm 2)$  mN/m, a za rastvor vode i etanola u razmeri 1:1  $(27.6 \pm 0.6)$  mN/m. Ispitivana je i promena koeficijenta površinskog napona sa temperaturom za rastvor vode i etanola u razmeri 2:1, pri čemu je dobijena linearna zavisnost.*

---

### Uvod

Površinski napon predstavlja pojavu da se tečnosti opiru povećanju svoje slobodne površine, odnosno teže da je smanje, a odgovarajuća sila naziva se sila površinskog napona. Pod dejstvom ove sile, kao i sile gravitacije, nastaju talasi na površini tečnosti. U zavisnosti od toga da li je dominantna sila koja deluje na talase na površini tečnosti sila gravitacije ili sila površinskog napona, talasi se dele na gravitacione i kapilarne. Gravitacioni talasi su talasi na površini tečnosti kod kojih je dominantna sila koja

teži da vrati slobodnu površinu tečnosti u ravnotežno stanje gravitaciona sila. Talasne dužine gravitacionih talasa mogu da dosegnu i nekoliko stotina metara, zbog čega je uticaj sile površinskog napona na njih zanemarljiv. Nasuprot gravitacionim talasima, kapilarni talasi su talasi kod kojih je sila površinskog napona dominantna sila koja teži da slobodnu površinu tečnosti vrati u ravnotežno stanje. Kapilarni talasi imaju talasne dužine od nekoliko desetina mikrometara, do nekoliko milimetara, zbog čega su sile koje potiču od kapilarnih efekata dominantne u odnosu na gravitacionu silu. Talasi na površini tečnosti kod kojih sila gravitacije i sila površinskog napona imaju intezitete istog reda veličine nazivaju se kapilarno-gravitacioni talasi. Njihove talasne dužine se kreću od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara.

U našem eksperimentu je meren koeficijent površinskog napona tečnosti metodom difrakcije svetlosti na kapilarnim talasima, zbog čega je bilo potrebno proizvesti kapilarne talase. Njihovo generisanje se vrši na sledeći način, signal generator se poveže sa zvučnikom za čiju membranu je pričvršćena igla, koja vrhom dodiruje površinu tečnosti. Vibracije se sa membrane prenose na iglu, a zatim i na površinu tečnosti, stvarajući na njoj kapilarne talase. Laserski snop se usmeri ka zatalasanoj površini, koja se za velike upadne uglove laserskog snopa ponaša kao refleksiona difrakciona rešetka. Nakon refleksije laserskog snopa na kapilarnim talasima na zaklonu nastaje difrakciona slika, a analizom difrakcione slike se može dobiti koeficijent površinskog napona tečnosti.

Prednost ove metode je u tome što se radi o nedestruktivnom postupku, drugim rečima uzorci čiji se parametri određuju, nakon merenja su neoštećeni i

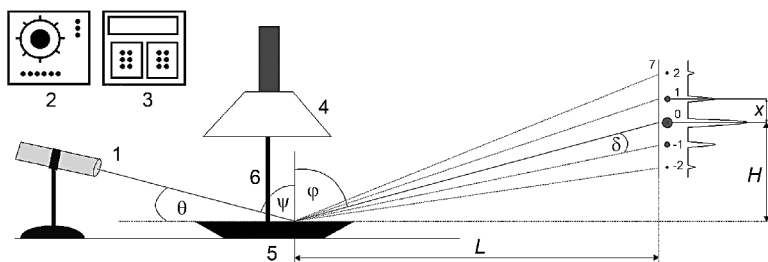
---

*Petar Bojović (1995), Leskovac, Lebanski put 191, učenik 2. razreda Gimnazije u Leskovcu*

*Jelena Marković (1994), Prijedor (Republika Srpska, BiH), Žarka Zgonjanina 25, učenica 3. razreda Gimnazije „Sveti Sava” u Prijedoru*

**MENTOR:**

*Vladan Pavlović, student doktorskih studija prirodno-matematičkog fakulteta u Nišu*



Slika 1. Aparatura:  
1 – He-Ne laser, 2 – signal generator, 3 – frekvencemetar, 4 – zvučnik, 5 – pobuđivač, 6 – posuda sa tečnošću, 7 – zaklon

Figure 1. Instrumental setup:  
1 – He-Ne laser, 2 – signal generator, 3 – frequency counter, 4 – speaker, 5 – container with liquid, 6 – excitor, 7 – screen

moгу se koristiti opet. To je jako korisno u slučaju kada je dostupna mala količina uzorka. Aparatura za izvođenje eksperimenta je jednostavna i pruža mogućnost dinamičkog merenja, odnosno različiti parametri tečnosti, poput viskoznosti mogu se pratiti simultano. Samim tim, može se ispitivati promena koeficijenta površinskog napona sa promenom nekog parametra. U radu je na ovaj način praćena zavisnost koeficijenta površinskog napona sa promenom temperature.

## Aparatura i metod

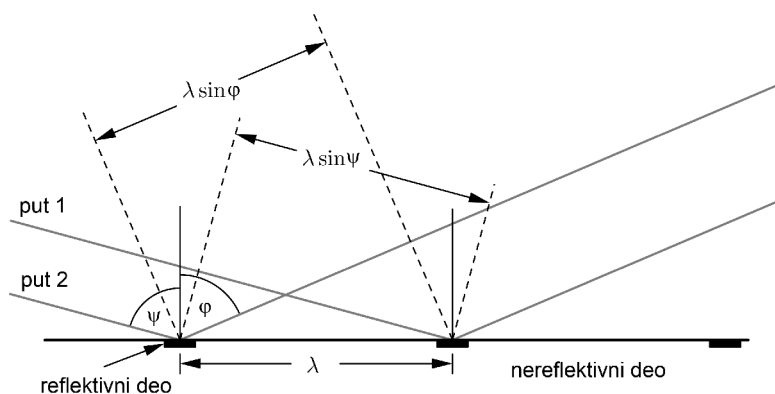
Signal generator, koji proizvodi talase poznate frekvencije, je povezan sa zvučnikom i pobuđuje ga sinusnim signalima frekvencije u rasponu od 90 Hz do 400 Hz. Pri korišćenju frekvencija iz ovog obima, generišu se kapilarni talasi talasnih dužina od 1 mm do 3 mm, a nakon odbijanja laserskog zraka od talasa ovih talasnih dužina na zaklonu nastaje difrakciona slika najpogodnija za obradu. Slike su pogodne za obradu kada su rastojanja između difrakcionih maksimuma veća od 4 milimetra (došlo se do tog zaključka nakon analiza velikog broja slika). Zvučnik je pričvršćen za stativ i nalazi se iznad posude sa tečnošću (slika 1), a za njegovu membranu je prilepljena tanka iglica. Zvučne oscilacije se prenose preko membrane zvučnika na iglu (pobuđivač), a sa nje na površinu tečnosti, čime se generišu kapilarni talasi. Važno je da igla bude tanka da bi povlačila manje vode pri pomeranju. Takođe je vrlo važno da posuda i tečnost u posudi budu izuzetno čiste, zato što svaka nečistoća utiče na tačnost rezultata merenja.

Ispitivane su i promene koeficijenta površinskog napona rastvora vode i etanola u razmeri 2:1 sa promenom temperature. Termopar, koji je merio sa preciznošću od  $0.1^{\circ}\text{C}$ , je postavljen pažljivo, tako da ne

ometa formiranje kapilarnih talasa, a precizno očitava temperaturu rastvora. Interval temperature u kojem je merena promena površinskog napona je iznosio od  $-7^{\circ}\text{C}$  do  $14^{\circ}\text{C}$ . Ovakav interval je izabran zbog toga što je za bolju potvrdu o tome kakva je zavisnost promene koeficijenta površinskog napona neke tečnosti sa promenom temperature potrebno imati veću promenu površinskog napona, što se postiglo većom razlikom između početne i krajnje temperature rastvora. Ovim postupkom je moguće gotovo trenutno odrediti koeficijent površinskog napona tečnosti.

Aparaturu potrebnu za izvođenje eksperimenta čine: signal generator, frekvencemetar/osciloskop, zvučnik, pobuđivač (tanka iglica), He-Ne laser, termometar, fotoaparat i računar (slika 1).

Kao izvor svetlosti korišćen je He-Ne laser, talasne dužine 632.8 nm. Laser je postavljen na stativ tako da je moguće menjati njegov položaj u svim pravcima. Potrebno je da upadni ugao laserskog zraka  $\psi$  (u odnosu na normalu na površinu tečnosti) bude jako veliki (slika 1). Širina laserskog snopa je takva da pokriva samo nekoliko bregova talasa i to za male upadne uglove nije dovoljno za nastanak jasne difrakcione slike. Veliki upadni ugao doprinosi većoj razlici u pređenim putevima zrakova, u odnosu na razliku u pređenim putevima kod manjih upadnih uglova, i laserski snop pokriva znatno veći broj bregova. Ovo dovodi do toga da kapilarni talasi talasnih dužina reda veličine milimetra deluju kao refleksiona difrakciona rešetka za lasersku svetlost. Pri tome se svetlost reflektuje od bregova talasa, a rasejava ili apsorbuje od talasnih dolja. Nakon reflektovanja, zbog putne razlike (slika 2) svetlosni zraci interferiraju i na zaklonu nastaje difrakciona slika, tj. svetli krugovi simetrično raspoređeni duž jedne prave. Intenzitet centralnog maksimuma (središnjeg kruga) je najveći, dok ostali maksimumi, idući ka periferijam, imaju manji intenzitet. Merenjem rastojanja između difra-



Slika 2.  
Razlika u putevima zrakova kod refleksione difrakcione rešetke

Figure 2.  
Path difference between rays reflected on diffraction grating

kcionih maksimuma, koje je potrebno za izračunavanje uglova između pravca zraka koji je geometrijski reflektovan  $\varphi$  i pravca prvih konstruktivnih interferencija  $\varphi_1$  i  $\varphi_{-1}$  (slika 1), računskim putem se dobija površinski napon. Treba napomenuti da reflektivni ugao  $\varphi$  nije jednak upadnom uglu  $\psi$ , jer u ovom slučaju nije reč o čistoj refleksiji od potpuno glatke površine.

Put 1 koji zrak pređe do površine tečnosti duži je za  $\lambda \sin \psi$  od puta 2, ali je zato put koji pređe do zaklona nakon odbijanja duži za  $\lambda \sin \varphi$  (slika 2). Kada je razlika između ove dve dužine jednaka celom broju talasnih dužina svetlosti lasera  $\Lambda$

$$\lambda(\sin \psi - \sin \varphi) = z\Lambda, z = 0, 1, 2, \dots$$

onda su talasi koji se reflektuju od susednih reflektujućih površi u fazi, pa se javlja konstruktivna interferencija i na zaklonu formira svetla mrlja. Za dalje primene će ugao između pravca reflektovanog zraka i pravca prve konstruktivne interferencije biti obeležen sa  $\delta = \psi - \varphi_1$  (za  $z = 1$ ), dok će ugao između upadnog zraka i površine tečnosti biti obeležen sa  $\theta$ . U tom slučaju je:

$$\Lambda = 2\lambda \sin \frac{\delta}{2} \sin \left( \theta - \frac{\delta}{2} \right)$$

Ako se ista procedura primeni na prvi zrak konstruktivne interferencije ali sa druge strane geometrijski reflektovanog zraka za koji važi da  $\delta = \varphi_{-1} - \psi$  identičnim postupkom se dobija:

$$\Lambda = 2\lambda \sin \frac{\delta}{2} \sin \left( \theta + \frac{\delta}{2} \right)$$

Sabiranjem ovih jednačina dolazi se do vrlo bitne formule:

$$\Lambda = 2\lambda \sin \frac{\delta}{2} \sin \left( \theta - \frac{\delta}{2} \right) + 2\lambda \sin \frac{\delta}{2} \sin \left( \theta + \frac{\delta}{2} \right)$$

A transformacijom jednačine 5 dobija se tražena talasna dužina talasa:

$$\lambda = \frac{\Lambda}{\sin \theta \sin \delta} \quad (1)$$

gde je  $\Lambda$  – talasna dužina svetlosti lasera,  $\theta$  – ugao između laserskog snopa i površine tečnosti,  $\delta$  – ugao između pravca reflektovanog zraka i pravca prve konstruktivne interferencije.

Ugao se  $\theta$  određuje iz formule za male uglove:

$$\theta = \arctg \frac{H}{L}$$

u kojoj je  $H$  vertikalno rastojanje od površine vode do centralne tačke na zaklonu (slika 1), a  $L$  je horizontalno rastojanje od mesta gde se laserski snop odbija od vode do zaklona.

Ugao  $\delta$  se takođe računa po formuli za male uglove:

$$\delta = \arctg \frac{x}{L}$$

gde je  $x$  rastojanje između dva susedna vrha na zaklonu.

Izračunavanjem uglova  $\delta$  i  $\theta$ , a zatim i talasne dužine talasa, poznate su sve veličine potrebne za računanje površinskog napona tečnosti.

Iz disperzione relacije (Kocić 1996), zanemarujući gravitacioni uticaj, jer se radi o kapilarnim talasima, dobija se formula za površinski napon:

$$\gamma = \frac{\rho \omega^2}{k^3} = \frac{\rho v^2 \lambda^3}{2\pi} \quad (2)$$

gde je  $\rho$  – gustina tečnosti,  $\omega$  – kružna frekvencija zvučnih talasa ( $\omega = 2\pi\nu$ ),  $\nu$  – frekvencija zvučnih talasa,  $k$  – talasni broj,  $\lambda$  – talasna dužina kapilarnih talasa.

Ubacivanjem jednačine (1) u jednačinu (2) dobija se konačna jednačina za izračunavanje koeficijenta površinskog napona tečnosti:

$$\gamma = \frac{\rho v^2}{2\pi} \cdot \left( \frac{\Lambda}{\sin \theta \sin \delta} \right)^3 \quad (3)$$

Greške za ugao  $\theta$ , ugao  $\delta$ , talasnu dužinu  $\lambda$  kapilarnih talasa računata su pomoću izraza:

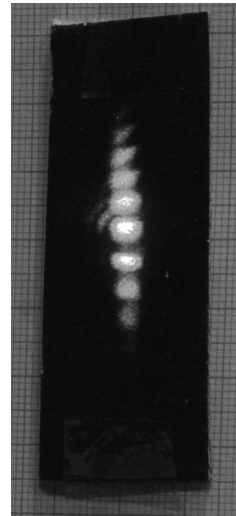
$$\Delta\theta = \frac{H\Delta L + L\Delta H}{L^2}$$

$$\Delta\delta = \frac{x\Delta L + L\Delta x}{L^2}$$

$$\Delta\lambda = \frac{\Delta\Lambda}{\sin \theta \sin \delta} + \frac{\Lambda\Delta\theta}{\sin \theta \sin \delta \tan \theta} + \frac{\Lambda\Delta\delta}{\sin \theta \sin \delta \tan \delta}$$

## Rezultati

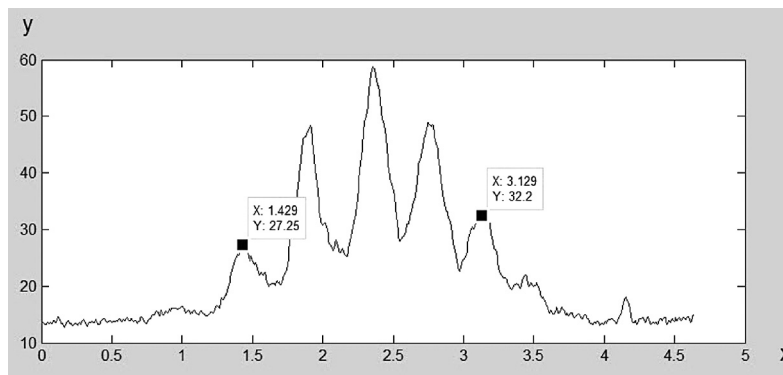
U eksperimentu su korišćene tečnosti: destilovana voda, 96% etil alkohol i rastvor vode i etil alkohola u razmeri 1:1 na sobnoj temperaturi od 25°C, i rastvor vode i etil alkohola u razmeri 2:1 sa početnom temperaturom od -7°C. Sa difrakcione slike (slika 3), mereno je rastojanje između dva susedna difrakciona maksimuma. Zbog veće preciznosti merenja, rastojanje je određivano uz pomoć programa napisanog u Matlab-u. Na slici 4 se vidi izgled grafika slike u Matlab-u. Grafik predstavlja raspodelu intenziteta svetlosti duž difrakcione slike.



Slika 3. Difrakciona slika na zaklonu

Figure 3. Diffraction pattern on the screen

Na osnovu poznatih vrednosti za frekvencije kapilarnih talasa  $\nu$ , gustine tečnosti  $\rho$ , talasnu dužinu svetlosti lasera  $\Lambda$ , ugla između površine tečnosti i laserskog zraka  $\theta$  i ugla difrakcije  $\delta$ , iz jednačine (1) su dobijene vrednosti talasne dužine kapilarnih talasa  $\lambda$ , odnosno treći stepen talasnog broja  $k^3$  i proizvod gustine i kvadrata kružne frekvencije  $\rho\omega^2$ . Vrednosti dobijene za talasnu dužinu talasa na vodi su se nalazile u obimu od 1 mm do 3 mm, iz čega se izvodi zaključak da talasi na površini tečnosti jesu kapilarni talasi.

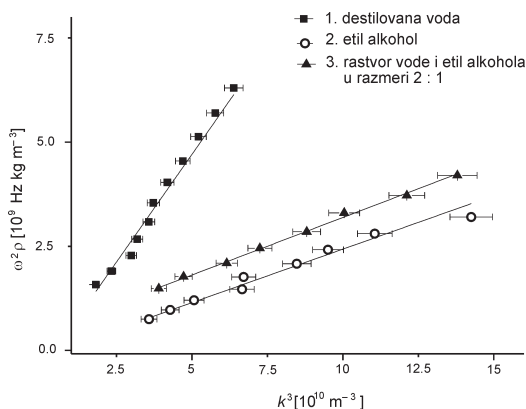


Slika 4.

Raspodela intenziteta svetlosti (u arbitrnim jedinicama) duž difrakcione slike (u milimetrima)

Figure 4.

The profile of light intensity (in arbitrary units) on the diffraction pattern (in millimeters)



Slika 5. Prikaz linearizovane zavisnosti proizvoda gustine i kvadrata kružne frekvencije od trećeg stepena talasnog broja za destilovanu vodu (kvadrati), 96% etil alkohol (krugovi) i rastvor vode i etil alkohola u razmeri 2 : 1 (trouglovi)

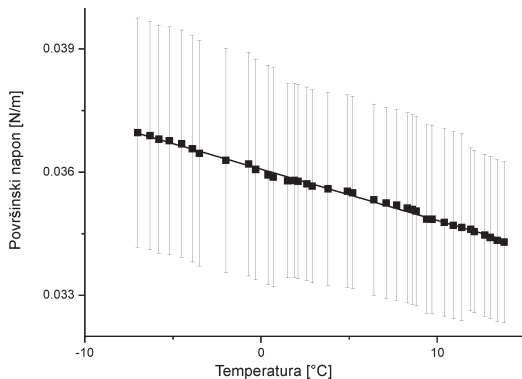
Figure 5. Linearized dependence of density and a square of angular frequency product, on the cubed wave number, for destiled water (rectangles), 96% ethil alcohol (circles), and 2 : 1 water - ethil alcohol solution (triangles)

Na slici 5, za tri navedene tečnosti prikazane su linearizovane zavisnosti  $\rho\omega^2$  od  $k^3$ . Linearna zavisnost je potvrda da formula (3) važi u našem eksperimentu, odnosno da su talasi na površini tečnosti koji su se javili kapilarni talasi. U suprotnom, zavisnost ne bi bila linearna. Vrednosti koeficijentata površinskog napona tečnosti se dobijaju na osnovu nagiba odgovarajućih pravih linija (koeficijenta pravca) prikazanih na slici 5 i to je izvršeno u programskom paketu Origin. Površinski napon vode je iznosio  $(103 \pm 6)$  mN/m, 96% etanola  $(26 \pm 2)$  mN/m, a površinski napon rastvora vode i etanola u razmeri 1:1  $(27.6 \pm 0.6)$  mN/m.

U ispitivanju zavisnosti promene koeficijenta površinskog napona sa temperaturom dobijena je linearna zavisnost, što se vidi na grafiku na slici 6:

$$\gamma = \gamma_0 - a\Delta T \quad (4)$$

Iz jednačine (4) koeficijent pravca  $a$  prave iznosi  $1.25 \cdot 10^{-4}$  mN/K, vrednost  $\gamma_0$  iznosi 36.07 mN/m, a za promenu od 21°C koeficijent površinskog napona se promeni za 8%.



Slika 6. Zavisnost promene površinskog napona sa promenom temperature za rastvor destilovane vode i etil alkohola u razmeri 2:1

Figure 6. Dependence of surface tension change on temperature change, for 2 : 1 destiled water and ethil alcohol solution

## Diskusija

Rezultati dobijeni za površinski napon destilovane vode, 96% etil alkohola i rastvora vode i etil alkohola u razmeri 1:1 ulaze u okvire već poznatih vrednosti površinskih napona ovih tečnosti (Vazquez 1995). Napravili smo procenu i izračunali da je preciznost rezultata mogla biti poboljšana uz preciznije određivanje rastojanja  $L$  i  $H$ . To bi se postiglo uz korišćenje vaser vage, koja bi pomogla u određivanju položaja u kome je metar kojim se meri rastojanje normalan na zaklon i na pobuđivač. Najveći uticaj na rezultat ima rastojanje između difrakcionih maksimuma. Ugao pod kojim su napravljene fotografije difrakcionih slika pri merenju koeficijenta površinskog napona vode je doprineo javljanju sistematske greške pri određivanju rastojanja između difrakcionih maksimuma, a to rastojanje je u našim merenjima iznosilo od 7 mm do 11 mm. Sistematska greška pri određivanju tog rastojanja je uticala na tačnost rezultata, a to je moglo biti ispravljeno time što bi fotografije bile pravljenе pod pravim uglom u odnosu na zaklon. Preciznost u određivanju rastojanja između difrakcionih maksimuma, koje računa program, je mogla biti dodatno povećana povećanjem broja difrakcionih maksimuma. Na taj način bi se računalo

srednje rastojanje između većeg broja difrakcionih maksimuma i program bi ga određivao sa još većom preciznošću. Broj difrakcionih maksimuma zavisi od izabrane frekvencije, izlazne snage na signal generatoru i talasne dužine svetlosti lasera. Sa porastom frekvencije se uočava povećanje rastojanja, ali ujedno i smanjenje broja difrakcionih maksimuma. U našem slučaju problem je predstavljao signal generator koji je imao ograničenu izlaznu snagu i koji na određenim frekvencijama nije pobuđivao zvučnik pravilnim sinusnim signalima, zbog čega se na nekim pogodnim frekvencijama nisu mogla izvršiti merenja. Važno je da signal generator i laser budu izolovani sa stola na kome se nalazi tečnost, jer vibracije nepovoljno utiču na izgled difrakcione slike na zaklonu. Takođe, voda i posuda ne smeju imati nečistoće.

Merenjem promene površinskog napona rastvora vode i etil alkohola u razmeri 2:1 sa promenom temperature dobijena je linearna zavisnost, i rezultati su precizni i tačni (Vazquez 1995). Interval temperature je iznosio od  $-7^{\circ}\text{C}$  do  $14^{\circ}\text{C}$  i nije mogao biti veći zbog problema koji su se javljali u radu. Naime, na temperaturama nižim od  $-7^{\circ}\text{C}$  rastvor prelazi u čvrsto agregatno stanje, dok se na temperaturama višim od  $14^{\circ}\text{C}$  povećava brzina isparavanja. Brže isparavanje rastvora dovodi do opadanja nivoa tečnosti u sudu, zbog čega pobuđivač više ne dodiruje površinu tečnosti i ne generiše kapilarne talase. Primećeno je da površinski napon opada sa porastom temperature, što se može objasniti time da sa porastom temperature raste kinetička energija molekula, pa slabe i raskidaju se međumolekulske veze. Kada se dostigne kritična temperatura na kojoj kohezione sile toliko oslabe da molekuli slobodno prelaze barijeru tečnost-para, površinski napon je jednak nuli. U slučaju merenja promene površinskog napona rastvora vode i etil alkohola u razmeri 2:1 rezultati su precizni i tačni zato što je korišćen fotoaparatus koji pravi fotografije većeg kvaliteta, pa su one bile pogodnije za obradu, a i povećano je rastojanje između mesta odbijanja laserskog zraka od površine tečnosti i zaklona, u odnosu na merenja u kome je meren koeficijent površinskog napona vode, etil alkohola i rastvora vode i etil alkohola u razmeri 1:1. Ispitivanje zavisnosti bilo je omogućeno dinamičkim merenjem koje pruža ova metoda i ovakvu vrstu ispitivanja ne bi bilo moguće izvršiti metodama stalagmometra ili torzionog pritiska. Rastvor vode i etil alkohola u razmeri 2:1 je korišćen za merenje zbog svojih karakteristika, viskoznosti i tačke mržnjenja. Viskoznost

utiče na stvaranje kapilarnih talasa tako što se sa porastom viskoznosti povećava i prigušenje pri stvaranju talasa, a to direktno utiče na stvaranje difrakcione slike. Niska tačka mržnjenja je omogućila da se poveća razlika između početne i krajnje temperature rastvora.

## Zaključak

U ovom radu je meren koeficijent površinskog napona tečnosti difrakcijom svetlosti na kapilarnim talasima jednostavnim načinom uz pomoć kojeg je, zbog mogućnosti dinamičkog merenja, ispitana i zavisnost koeficijenta površinskog napona od temperature. Jedna od glavnih prednosti metode je to što je moguće gotovo trenutno dobiti rezultate koeficijenta površinskog napona, što ovu metodu čini efikasnom. Međutim, rezultati merenja u velikoj meri zavise od postavke aparature. Veoma mala nepreciznost pri postavljanju aparature znatno utiče na krajnji rezultat, te je potrebno obezbediti što bolje uslove u kojima se vrše merenja. Važan faktor jeste i kvalitet fotografije. Kvalitet fotografija koje se obrađuju mora ispunjavati neke minimalne zahteve da bi program za obradu fotografija precizno odredio rastojanje između difrakcionih maksimuma. Povećanjem kvaliteta fotografija smanjuje se mogućnost greške programa, jer on na fotografijama većeg kvaliteta preciznije pronalazi najsvetliji deo difrakcionog maksimuma, odnosno centar difrakcionog maksimuma. Dalji razvoj ovog rada mogao bi se bazirati na određivanju koeficijenta viskoznosti tečnosti praćenjem brzine prigušenja talasa.

**Zahvalnost.** Zahvaljujemo se svom mentoru Vladanu Pavloviću, studentu doktorskih studija prirodno-matematičkog fakulteta u Nišu, Marku Kuzmanoviću, studentu Fizičkog fakulteta u Beogradu, kao i Ognjenu Markoviću, studentu prirodnih nauka na Trinity College, Cambridge, na pomoći pri realizaciji eksperimenta.

## Literatura

Kocić S. Momčilo 1996. *Fizika: Oscilacije i talasi, Optika, Elementi atomske, kvantne i nuklearne fizike*. Beograd: Narodna biblioteka Srbije

Gonzalo Vazquez, Estrella Alvarez, and Jose M. Navaza 1995. *J. Chem. Eng. Data*, **40** (3): 611.



Behroozi F., Perkins A. 2006. *Am. J. Phys.*, **74**: 957.

Lecomte du Noüy P. 1919. A new apparatus for measuring surface tension. *J. Gen. Physiol.*, **1** (5): 521.

Lessnig W., Metz G. 1982. Apparatus for measuring surface tension. U. S. Patent Documents

Born M., Volf E. 2002. *Principles of Optics*. San Francisko: McGraw-Hill book company

Ilić G, Savanović G 2001. *Fizika za 4. razred gimnazije*. Srpsko Sarajevo: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva

Jenkins F. A., White H. E. 1957. *Fundamentals of Optics*. New York: McGraw-Hill book company

Nedeljković N. 2009. *Talasi i optika*. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Fizički fakultet

Nešić Lj., Nikolić D. 2011. Measuring the Surface Tension of Water by Light Diffraction on Capillary Waves. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu, Departman za fiziku, Višegradska 33, Niš

---

*Petar Bojović and Jelena Marković*

## Determination of Surface Tension Coefficient of Liquids by Diffraction of Light on Capillary Waves

The purpose of this project is to determine the coefficient of surface tension of different liquids with light diffraction on capillary waves. Capillary waves are generated by a thin needle attached to the speaker cone. The needle touches the surface of the liquid whose surface tension is being determined. The speaker receives sinusoidal signals of a certain frequency, which are transmitted to the needle, which generates the capillary waves. The laser beam is directed towards the surface of the liquid, and after reflection and diffraction on capillary waves, it makes a diffraction pattern. Wavelengths of the waves on water and the coefficient of surface tension are determined by analyzing diffraction patterns. Surface tension obtained for distilled water was  $(0.09 \pm 0.02)$  N/m, for 96% ethanol  $(0.024 \pm 0.006)$  N/m and for ethanol-water solution in the ratio 1:1  $(0.034 \pm 0.007)$  N/m. Furthermore, changes of the coefficient of surface tension with temperature, for a ethanol-water solution in the ratio 2:1 is examined. The dependence obtained is linear. The advantage of the used method is that it provides possibility for dynamic measurements and determination of multiple parameters of a fluid. It is useful because it is a non-destructive procedure. 