

Određivanje veličine kapi vode na zamagljenom staklu

Određivan je prečnik kapi vode na zamagljenom staklu dvema metodama. Ovako dobijene vrednosti su poređene sa očekivanom vrednošću od 0.02 mm koja se često navodi u literaturi. Merenje je izvršeno na dva načina, mikroskopski i analiziranjem difrakcione slike zamagljenog stakla. Rezultati su istog reda veličine. Greške su uporedive sa samim rezultatom. Ukazano je na mogućnost da greška bude znatno manja u eksperimentu sa bolje kontrolisanim parametrima, pre svega temperaturom i načinom dobijanja samih kapljica. Drugi metod se pokazao efikasnijim jer je dovoljno samo jedno merenje za određivanje srednjeg prečnika kapljice.

Uvod

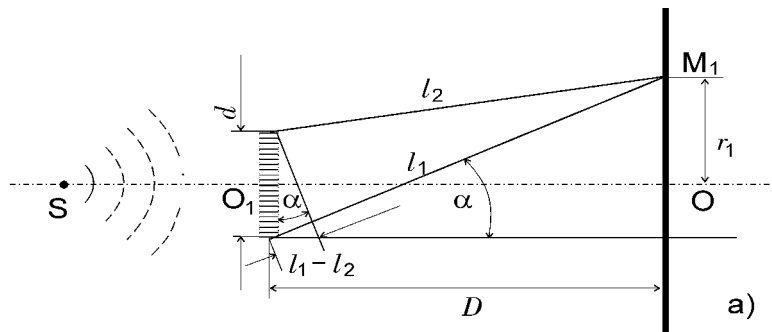
Znojenje, tj. zamagljivanje stakla je česta pojava, npr. na ogledalima kupatila, na flašama nakon vađenja iz frižidera, zimi na prozorima... Vodena para iz vazduha pri dodiru sa staklom niže temperature naglo gubi toplotu i kondenzuje se na njemu u vidu sitnih kapi u obliku nekakvih spljoštenih sfera. One su različitih dimenzija, a naš cilj je bio da odredimo njihov srednji prečnik.

Kada se propusti svetlost kroz zamagljeno staklo, na zaklonu se javlja slika vrlo slična difrakciji na kružnom otvoru. Ako se prepreka sa ovakvim otvorom (O_1 , slika 1) postavi između svetlosnog izvora S i zaklona, na zaklonu se javlja difrakciona slika: naizmenično smenjivanje tamnih i svetlih koncentričnih prstenova oko maksimuma nultog reda, svetle tačke (O). Raspodela intenziteta svetlosti duž prečnika je Beselova funkcija. Ako je M_1 tačka na prvom svetlom prstenu i ugao $M_1O_1O = \alpha$, λ – talasna dužina, d prečnik prepreke, $r_1 = M_1O$ poluprečnik prstena, D rastojanje od prepreke do zaklona, tada važi:

$$\sin \alpha = 1.72 \lambda / d \quad (\text{Moller 1988}) \text{ i}$$

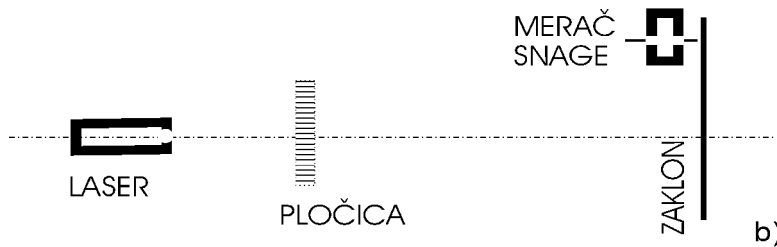
*Jelena Pejković (1980),
Borča (Beograd),
Bratstva-jedinstva 127,
učenica 2. razreda Prve
beogradske gimnazije*

*Ivana Medoš (1980),
Ruma, D4 B/6, učenica
2. razreda Matematičke
gimnazije u Beogradu*



Slika 1.
Model (a) i
eksperimentalni
uređaj (b) za prvi
metod.

Figure 1.
The scheme (a) and
the experimental
setup (b) for
diffraction method.



$$\sin \alpha \approx \frac{r_1}{D} .$$

Dakle:

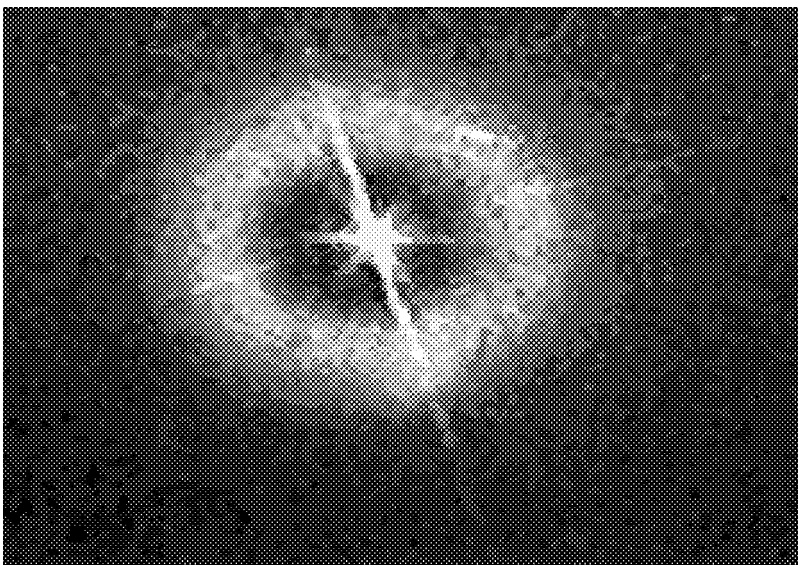
$$1.72 \lambda / d = r_1 / D, \text{ tj.}$$

$$d = 1.72 \lambda D / r_1$$

U našem slučaju svetlost prolazi kroz dve optički različite sredine (jedna je staklo, druga voda i staklo), pa dolazi do difrakcije; prolaskom svetlosti kroz vodu javlja se prelamanje. Ipak, slika na zaklonu veoma liči na sliku difrakcione rešetke drugog reda (rešetka sa kružnim otvorima – preprekama; Landsberg 1967), tako da može da se zanemari prelamanje i smatra da je kap vode na staklu aproksimacija kružnog otvora. Primenom gornjeg obrasca na sliku rešetke koja je rezultujuća slika svih otvora izračunava se srednji prečnik otvora, odnosno kapi.

Opis rada

Staklenu pločicu hladile smo u frižideru. Pri vađenju iz njega pločica se odmah zamagli, a ovaj efekat traje kratko (oko 30 sekundi) jer se staklo zagreva, a kapi isparavaju, pa smo postupak ponavljale. Trajanje je duže što je temperatura do koje se hladi staklo niža.



Slika 2.
Difrakciona slika.
Maksimum prvog reda se vidi kao sjajan prsten.

Figure 2.
Diffraction pattern.
The first-order maximum is visible as a ring.

I metod: difrakcija

Koristile smo He-Ne laser talasne dužine $\lambda = 632.8$ nm kao izvor svetlosti. Na difrakcionoj slici primećivao se maksimum prvog reda (slika 2), a vrlo retko drugog ili trećeg reda. Zaklon je imao milimetarsku podelu. Aparatura je prikazana na slici 1b. Intenzitet svetlosti smo merile u tačkama raspoređenim radijalno od centralnog maksimuma i tako određivale rastojanje maksimuma prvog reda. Sa zaklona smo čitale veličinu poluprečnika r_1 , merile rastojanje od pločice do zaklona D i primenile pomenuti obrazac. Postupak smo ponavljale za različite vrednosti D . Procenjene greške su $\Delta r_1 = 4$ mm i $\Delta D = 50$ mm. Za konačni rezultat uzeta je srednja vrednost.

II metod: mikroskopiranje

Zbog nedostatka graduisanih mikroskopskih pločica sa mikrometarskom podelom kao i mikrometarskog zavrtnja improvizovale smo aparaturu. Koristile smo mikroskop čiji se stalak za pločicu ima hod 0.1 mm. Prečnik kapi je za red veličine manji, pa smo upotrebile nonijus koji meri stote delove milimetra. Jedan njegov kraj bio je pričvršćen za pločicu, a drugi za nepokretni držač. Koristile smo okular sa niti. Pločica je bila postavljena tako da nit dodiruje lik jedne kapi, a zatim je pomeramo dok se linija ne nađe na dijametralno suprotnoj tački. Na nonijusu očitavamo pomeranje pločice koje je jednako prečniku kapi. Merenja smo ponavljale za različite kapi, a za rezultat smo uzele srednju vrednost.

Rezultati

Dobijene vrednosti date su u tabelama 1 i 2.

Rezultati merenja dobijeni I metodom			
broj merenja	r_1 [mm]	D [mm]	d [mm]
1	82	2325	0.031
2	52	2325	0.049
3	51	2075	0.044
4	35	1757	0.055
5	37	1590	0.047
6	72	2125	0.032

$\Delta r_1 = 4$ mm, $\Delta D = 50$ mm, na osnovu čega se dobija $\Delta d = 0.005$ mm;
srednji prečnik kapljice $d = 0.043 \pm 0.005$ mm.

Rezultati merenja dobijeni II metodom			
broj merenja	l_1 [mm]	l_2 [mm]	$d = l_1 - l_2 $
1	0.86	0.88	0.02
2	0.88	0.92	0.04
3	0.25	0.30	0.05
4	0.30	0.36	0.06
5	0.41	0.44	0.03
6	0.09	0.11	0.02
7	0.11	0.17	0.06
8	0.17	0.20	0.03
9	0.20	0.26	0.06
10	0.26	0.31	0.05
11	0.24	0.28	0.04
12	0.30	0.34	0.04
13	0.36	0.38	0.02
14	0.43	0.46	0.03
15	0.55	0.60	0.05
16	0.60	0.64	0.04
17	0.65	0.70	0.05
18	0.70	0.72	0.02
19	0.00	0.04	0.04
20	0.06	0.11	0.05
21	0.13	0.18	0.05
22	0.18	0.21	0.03
23	0.24	0.28	0.04

l_1 i l_2 – vrednosti početnog i krajnjeg položaja očitane nonijusom

Srednja vrednost prečnika kapljica $d = 0.04 \pm 0.02$ mm.

Zaključak

Relativna greška merenja prvim metodom je 12%. Pouzdaniji rezultati bi se dobili da se umesto korišćenog uređaja za merenje intenziteta svetlosti koristila CCD kamera. Na taj način bi se za kraće vreme mogao odrediti položaj difrakcionog maksimuma, te bi se smanjila greška Δr_1 . Dalje, merenja su vršena pri relativno visokim temperaturama. Naime, zbog razlike u temperaturama stakla i sredine dolazi do kondenzacije vode. Nakon zamagljenja, bolje je da se merenje vrši pri niskoj temperaturi sredine. Time bi voda sporije isparavala, pa bi se promena dimenzije kapi u toku vremena sporije odvijala i zamagljenost duže trajala.

Kod drugog metoda relativna greška je znatno veća – 50%. Ovako velika greška je posledica nedovoljne osetljivosti zavrtnja mikroskopa čije je minimalno pomeranje 0.1 mm, što je za red veličine više od potrebnog. Ipak, osnovni razlog je to što se posmatra slučajno izabrana kap. Da bi se odredio srednji prečnik, potreban je mnogi veći broj merenja od naših 23.

Oba rezultata su istog reda veličine kao i vrednost iz literature, a drugi rezultat tu vrednost obuhvata u granicama greške. Suštinska razlika između ovih metoda je to što prvi u svakom merenju daje srednji prečnik, dok drugim merimo prečnik jedne kapi, pa nam je potreban veliki broj merenja (što je taj broj veći, greška je manja). Prvi metod je, dakle, adekvatniji.

Literatura

- Đurić, B., Ćulum, E. 1978. *Fizika*, IV deo. Beograd: Naučna knjiga.
- Landsberg, G. S. 1967. *Optika*. Beograd: Naučna knjiga.
- Moller, K. D. 1988. *Optics*. Mill Valley: University Science Books.
- Optics source book. 1987. McGraw-Hill.

Jelena Pejković and Ivana Medoš

Determination of Water Droplet Dimensions on Fogged Glass

The so-called sweating or fogging of the glass is a common phenomenon. If there is a much colder piece of glass, vapor from the air condense in a form of small flattened drops of similar dimensions, e.g. on window panes in winter, mirrors in bathrooms, bottles cooled in fridge. We have evaluated their average dimensions with two different methods:

by analyzing of diffraction picture and by direct measuring using microscope.

Method I: Diffraction

If monochromatic light passes through the fogged glass, we obtain a picture on a screen very similar to diffraction on a hole. Similar phenomenon is noticed as corona surrounding the moon screened by thin cloud layer or halo around streetlights during foggy night. So, fogged glass acts similar to a diffraction grating with randomly distributed circular holes, and therefore the given problem is approximated with the grating. In that case, the connection between radius of the hole d , light wavelength λ , grating distance from the screen D and radius of the first diffraction ring r , is given by following relation:

$$d = 1.73 \lambda D / r$$

We made the grating first by cooling the glass tile, so that droplets would condense on it at working temperature. We used He-Ne laser, wavelength 632.8 nm, as a source of monochromatic light. On the diffraction picture, there was a distinct maximum of the first grade, rarely second or third. Value of average droplet diameter estimated using this method was $d = (4.3 \pm 0.5) \cdot 10^{-2}$ mm.

Method II: Microscopy

Microscope with calibrated grating in visual field was used. Tile with droplets is moved under the microscope objective so that the thread marks one and then the other extreme point on the chosen droplet image. Droplet diameter value was directly measured on the scale. Measure was repeated for different droplets and obtained averaged diameter had value $d = (4 \pm 2) \cdot 10^{-2}$ mm.

Both results have the same order of magnitude as those from literature, and the second result lays within error interval. A fundamental difference between those two methods is that the first one gives diameter averaged for all droplets illuminated by laser beam in every experiment, while the second one gives us a value of diameter of single droplet, so a significantly greater number of measurements is required.

