



Optičke metode za vizualizaciju fluida

Aleksandra Milošević¹

Fluidi su supstance koje mogu “teći”. Pod fluidima se podrazumijevaju tekućine i plinovi. Fluidi se gibaju kroz prostor i to gibanje se naziva strujanje (ili tečenje) i dijeli se na dvije osnovne grupe.

- Protjecanje – strujanje fluida između čvrstih zidova (cijevi, kanali) ili u slobodnom prostoru (vjetar, vodeni mlaz). Pri proticanju fluid se fizički pomiče kroz prostor.
- Optjecanje je situacija u kojoj fluid miruje, a kroz njega se giba neko tijelo, koje je potpuno ili djelomično uronjeno u fluid (plovidba broda, let aviona)

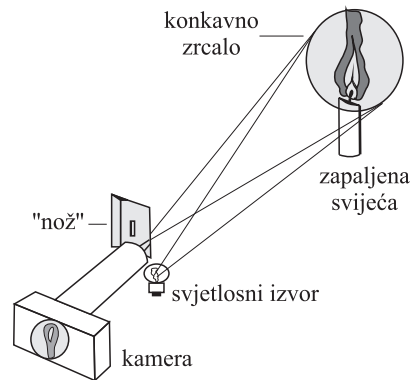
Kombinacija protjecanja i optjecanja je najsloženija situacija u kojoj se gibaju i fluid i objekat u njemu (vjetroturbina, turbina).

Fluidi kao što su voda i zrak su transparentni. Da bi se u potpunosti sagledalo i razumjelo njihovo gibanje, metoda vizualizacije strujanja pruža mogućnost promatranja i analize slike strujanja (toka strujnih linija, strukturu traga, interakciju fluida i tijela različitog oblika u slobodnom gibanju ili laboratorijskim uvjetima – npr. aerodinamički tuneli).

Prvo vidljivo strujanje zraka promatrao je Robert Hooke u XVII. stoljeću (oko 1665. god.). Optičku metodu vizualizacije strujanja pomoću koje se mogu dobiti podaci o strujnom polju osmislio je u XIX. stoljeću (1864. god.) njemački fizičar August Toepler. Metoda je beskontaktna i pomoću nje se mogu odrediti parametri strujnog polja (gustoća fluida, tlak i brzina strujanja) uslijed promjene gustoće fluida pri prolasku snopa svjetlosti kroz ispitivanu sredinu. Najmanja promjena gustoće dovodi do promjene indeksa loma (refrakcije). Tehnika koja je korištena da bi se snimio taj trenutak zove se *Schlieren photography*. Metoda je pogodna kako za praćenje stacionarnog tako i nestacionarnog strujanja fluida.

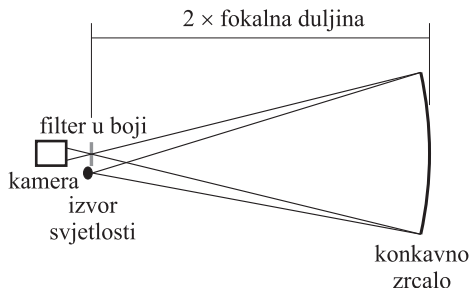
Da bi napravili Schlierenovu fotografiju titranja zraka iznad plamena svijeće potrebni su nam: svjetlosni izvor (npr. žarulja snage 200 W), konkavno (izdubljeno) zrcalo, kamera (fotoaparat, mobitel), “nož” (neprozračni rub od metala, npr. nož, skalpel, žilet), filter u boji i svijeća.

Da bismo pravilno odredili položaj kamere i noža moramo najprije odrediti žarišnu (fokalnu) duljinu konkavnog zrcala. Na nekoj udaljenosti od zrcala postavimo žarulju koja osvjetljava centar zrcala. Kada se reflektirani snop fokusira direktno na žarulji (radi lakše detekcije postavimo bijeli papir ispred nje) tada smo svjetlosni izvor (žarulju) postavili u središte zakrivljenosti zrcala, tako da je udaljena od konkavnog zrcala 2 žarišne duljine. U fokalnoj ravnini sa žaruljom može se postaviti filter ispred kamere

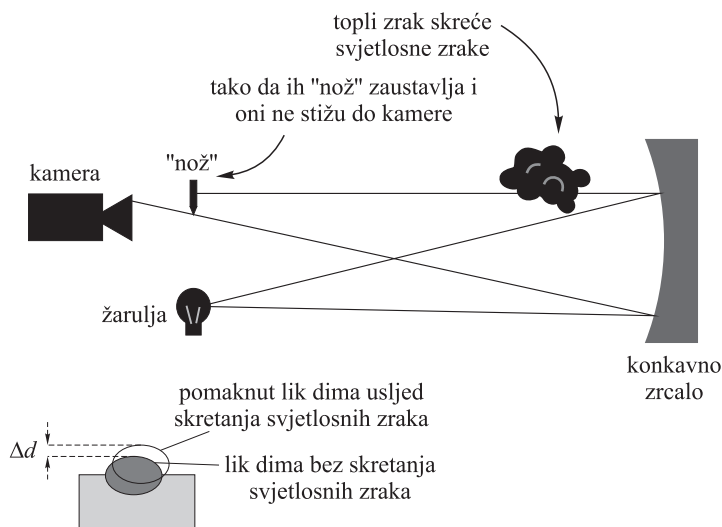


¹ Autorica je dipl. fizičarka iz Beograda; e-pošta: alexandraphysics@gmail.com

koji omogućava dobivanje Schlierenove fotografije u boji. Iza filtera postavlja se kamera. U fokalnoj ravnini postavlja se “nož”.



Ispred konkavnog zrcala postavljamo zapaljenu svijeću. Svjetlosni snop na putu ka zrcalu prolazi kroz homogeni dio vidnog polja – zrak, koji je optički rijeđa sredina. Kada “uđe” u radnu sredinu – prolazi kroz polje s promjenjivom temperaturom i gustoćom – topao zrak (dim). Na tom putu on “kupi” informacije o nehomogenostima i skreće u pravcu povećane gustoće, odnosno većeg indeksa loma.

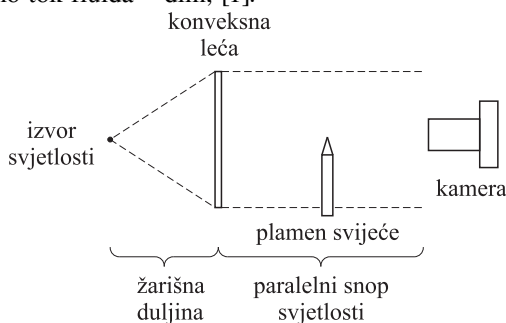


U središtu zakrivljenosti zrcala (na 2 fokalne duljine) postavljen je “nož” koji je potpuno neprozračan i on blokira reflektirane svjetlosne zrake koji su prošli kroz topli zrak (dim), tako da oni ne stižu do kamere. Najveća promjena gustoće sredine uzrokuje pomicanje slike dima. Kamera vidi promjene u gustoći dima kao svijetla i tamna područja. U zrcalu vidimo različite gustoće

koje se pojavljuju kao različite nijanse sive (ukoliko ne koristimo filtere u boji) i treperenje (titranje) zraka.

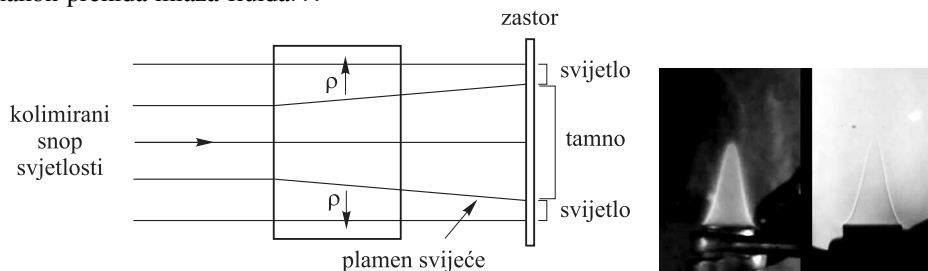
Na osnovu geometrijskih karakteristika: žarišne duljine, visine “noža”, dimenzija radnog tijela, možemo odrediti kut skretanja snopa svjetlosti na osnovu koga se određuje promjena gustoće. Ako promijenimo orijentaciju “noža”, mijenja se pravac

promjene gustoće koji se detektira, a nastao je kao posljedica zagrijavanja. Da bi lakše uočili poremećeno i neporemećeno strujanje, možemo koristiti filtere u boji koje postavljamo ispred kamere. Na običnoj fotografiji plamen svijeće je “mali” i nema dima. Jedini nagovještaj dima je blaga “iskrivljenost” pozadine, dok Schlierenova fotografija omogućava da vidimo tok fluida – dim, [1].



Najstarija i najjednostavnija optička metoda za vizualizaciju strujanja je *metoda sjenke* ili *shadowgraph*. Prvu demonstraciju metoda sjenke sunčeve svjetlosti demonstrirao je Robert Hooke u XVII. stoljeću, dok ju je Jean-Paul Marat koristio za proučavanje plamena vatre. Osnove moderne šedografije postavio je Gary S. Settles.

Metoda sjenke se koristi za kvalitativno proučavanje dinamike fluida. Pogodna je za transparentne sredine s velikom razlikom indeksa loma (zrak – voda). Ova metoda pruža mogućnost za snimanje toka strujnih linija, određivanje dinamičkog površinskog napona, na osnovu duljine mlaza, određivanje brzine i veličine kapljica koje se formiraju nakon prekida mlaza fluida. . .



Da bi napravili fotografiju plamena svijeće primjenom metode sjenke, potreban je svjetlosni izvor, konveksna leća, zapaljena svijeća i kamera (mobitel). Svjetlosni izvor postavljamo u fokusu konveksne leće, a iza njega zapaljenu svijeću. Svjetlost prolazi kroz plamen svijeće. Uslijed promjene temperature u zoni plamena, dolazi do promjene gustoće, a time i do promjene indeksa loma. Dio snopa svjetlosti koji prolazi kroz nehomogenu sredinu skreće s prvobitnog pravca prostiranja, tako da na zastoru pada dislocirano ili izlazi iz vidnog polja. Na zastoru u ravni snimanja, gdje nema skrenutih snopova svjetlosti, pojavljuju se tamni segmenti koji pokazuju promjene u gustoći odnosno nehomogenosti. Svjetliji dijelovi predstavljaju razliku u indeksu loma na granici dvije sredine (ili na granici tijelo – sredina), dok sjenka nastaje u području s različitim indeksom loma, [1].

Literatura

[1] *Schlieren and Shadowgraph Techniques* – G.S., Settles.