

Senca plamena

↓↓↓

ALEŠ MOHORIČ

→ V prejšnji številki smo objavili fotografijo prižgane vžigalice in njene sence; na senci smo pogašali senco plamena. To enostavno pojasnimo, saj je plamen redek kot plin in ne absorbira ali odbije svetlobe, kot jo absorbirajo in odbijajo trdna, neprozorna telesa. V spremnem besedilu smo tudi opozorili, da svetloba iz svetilke vendarle ne prepotuje plamena popolnoma neovirano. Plamen je vroč in segreje tudi zrak v okolici. Vroč zrak se zaradi naravne konvekcije dviga v stebru nad plamenom. Steber vročega zraka nad plamenom je raven in približno valjaste oblike, če je zrak v okolici plamena miren. Zrak se premeša že ob najmanjšem pišu; dovolj je že, da se sprehodimo dovolj blizu. Širine stebra ne moremo enostavno določiti, saj meja med vročim, dvigajočim se zrakom in hladnejšim, mirujočim zrakom v okolici ni ostra. Vseeno pa premer stebra lahko ocenimo na kak centimeter ali dva, tako kot je opisano v nadaljevanju.

Naredimo fotografijo (slika 1) plamena sveče in njegove sence, ki nastane tako, da skozi plamen posvetimo s svetlo in majhno svetilko. Svetilka mora biti majhna, da bo senca karseda ostra. Podobno senco bi lahko opazili tudi ob sončni svetlobi, vendar bi imela tedaj senca manj oster in manj izrazit rob, ker Sonce ni točkasto svetilo. Senca, ki nastane na zaslonu (v našem primeru kar na zidu), razkriva plamen in steber vročega zraka, torej več, kot nam razkrije pogled naravnost v plamen. Tedaj namreč stebra vročega zraka ne vidimo.



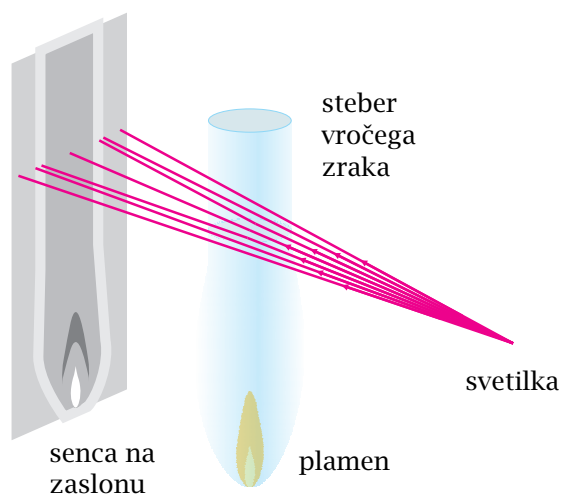
SLIKA 1.

Goreča sveča in njena senca na zidu. Senca nastane zato, ker je pred svečo postavljena majhna svetilka, usmerjena proti zidu za svečo.

Optične lastnosti prozorne snovi, kot je vroč zrak, opišemo z lomnim kvocientom. Ta je enak razmerju med hitrostjo svetlobe v vakuumu in hitrostjo svetlobe v snovi. Lomni kvocient je vedno večji od ena, saj svetloba v snovi potuje počasneje kot v praznem prostoru. Lomni kvocient zraka je zelo blizu 1 in izkaže se, da je v prvem približku razlika od ena kar sorazmeren gostoti zraka: $n - 1 \propto \rho$. Iz plinske enačbe $pV = \frac{m}{M}RT$ sledi, da je gostota plina obratno sorazmerna s temperaturo plina in odstopanje lomnega kvocienta od ena je obratno soraz-

merno s temperaturo: $n - 1 \propto \frac{1}{T}$. Zrak ima pri temperaturi $T_0 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ (to je 288 K) lomni kvocient enak 1,00028. Pri tem zanemarimo odvisnosti lomnega kvocienta od valovne dolžine svetlobe. Lomni kvocient zraka pri normalnem zračnem tlaku in poljubni temperaturi, pri kateri še velja približek idealnega plina, približno izračunamo z izrazom [1, 2]: $n(T) = 1 + 28 \cdot 10^{-5} \frac{T_0}{T}$. Pri visoki temperaturi (v stebru vročega zraka nad plamenom sveče lahko doseže tudi več sto stopinj Celzija) je lomni kvocient zraka manjši kot v zraku pri sobni temperaturi. Steber dvigajočega se vročega zraka ima zato podobno vlogo kot razpršilna cilindrična leča. Snop žarkov iz majhne svetilke, ki vpadajo na steber vročega zraka, se razprši približno tako, kot kaže slika 2. Žarki, ki potekajo skozi steber, se razklonijo in zato ima senca stebra na zaslonu temnejši del v sredini. Žarki, ki se razklonijo na robu stebra, se na zaslonu sekajo z žarki, ki potujejo mimo stebra, zato ima senca svetlejši rob. Širina senca na zaslonu je odvisna od lege svetilke, lege zaslona ter velikosti in temperature plamena.

Razlike v osvetljenosti senca so majhne, zato senco na fotografiji bolje vidimo, če povečamo kontrast. Tedaj postane bolj izrazit tudi šum. Izsek senca s poudarjenim kontrastom kaže slika 3.



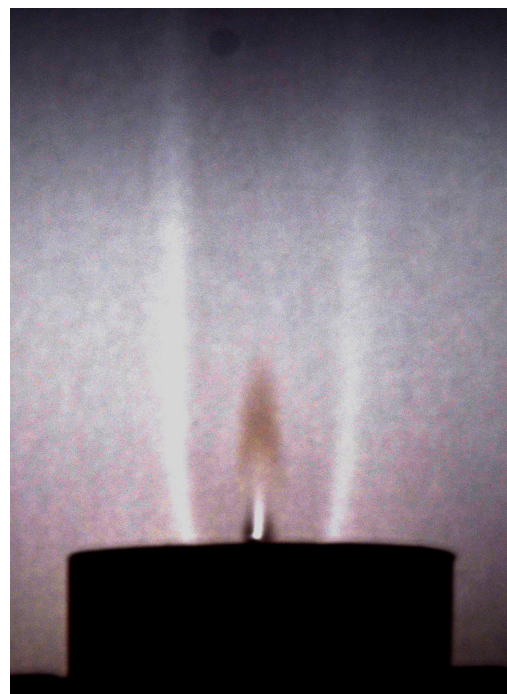
SLIKA 2.

Steber vročega zraka nad svečo deluje kot razpršilna cilindrična leča in razprši žarke iz svetilke tako, da na zaslonu nastane temnejša senca stebra s svetlejšim robom.

Na opisani način lahko s fotografiranjem senc pro- učujejo konvekcijski tok v prozorni tekočini, Macho- vo valovno čelo ali pa tok v okolici telesa, ki ga ob- livava tekočina (aero-, hidrodinamika). Z rezultati opa- zovanj lahko načrtujemo tehnološke izboljšave, npr. kako oblikovati vesoljsko sondo, da bo med vstopom v atmosfero njen let bolj stabilen [3].

Literatura

- [1] P. E. Ciddor, *Refractive index of air: new equations for the visible and near infrared*, Appl. Optics 35 1996, 1566-1573.
- [2] <http://emtoolbox.nist.gov/Wavelength/Documentation.asp>, dostop 25. 3. 2015.
- [3] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shadowgraph_Images_of_Re-entry_Vehicles_-_GPN-2000-001938.jpg, dostop 25. 3. 2015.



SLIKA 3.

Senco plamena vidimo bolje, če povečamo kontrast na fotografiji.

× × ×