

# Poučavanje o konceptu atmosferskog tlaka

Nikola Poljak, Hrvoje Mesić

*Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu*

**Sažetak.** Pojam atmosferskog tlaka je naizgled jednostavan, no u njemu se krije niz koncepata kroz koje se učenike može potaknuti na promišljanje i pobuditi im interes za fiziku. Razmotrit ćemo kako takav pojam poučavati uvođenjem koncepta tlaka popraćen nizom jednostavnih, no zanimljivih pokusa koje učenici mogu sami ponoviti, a i unaprijediti. Nastava o konceptu uključuje učenike u poučavanje i tjera ih na samostalno znanstveno zaključivanje. Dat ćemo prijedloge kako takvu nastavu provoditi te razmotriti njene prednosti i nedostatke. Dodatno uključivanje učenika u vlastito poučavanje provodi se interaktivnim pokusima, a predlažemo i grupne aktivnosti, kao što je natjecanje u čim efikasnijem postizanju nekog fizikalnog efekta.

**Ključne riječi:** tlak, nastava o konceptima, interaktivni pokusi.

## UVOD

Nastava fizike, kao i drugih prirodnih znanosti, nosi u sebi činjenicu da učenike treba naučiti razmišljati i primjenjivati naučeno u novim situacijama. Samo savladavanje gradiva i popratnih tehnika rješavanja problema nije dovoljno za usvajanje znanja. Tradicionalno poučavanje fizike na školskoj, a i Sveučilišnoj razini, ima nedostataka [1] koji upućuju na to da je bitno pokušavati s novim ili modificiranim oblicima poučavanja. Uz to, postavlja se i pitanje kako dobro izmjeriti što i koliko je naučeno te uolikoj mjeri se razlikuje od naučenog tradicionalnim metodama.

Prihvaćajući tvrdnju da se nikome ništa ne može objasniti niti ga poučiti ako ga to barem malo ne zanima, nastojimo osmisliti nastavu prožetu pitanjima o fizikalnim konceptima i popraćenu pokusima koji odgovaraju (barem djelomično) na postavljena pitanja. Opisani uređaji i pokusi koji se njima mogu izvesti stoga se smatraju prvenstveno kao motivacijski sadržaji. Vjerujemo da učenici kroz jednostavan matematički formalizam i zanimljive pokuse mogu usvojiti važne pojmove mehanike. Nastojimo dodatno uključiti učenike u vlastito poučavanje provođenjem interaktivnih pokusa, a predlažemo i grupne aktivnosti, kao što je natjecanje u čim efikasnijem postizanju nekog fizikalnog efekta.

## KONCEPT ATMOSFERSKOG TLAKA

Koncept atmosferskog tlaka, iako na prvi pogled jednostavan, relativno je kompleksan i teško ga je prenijeti učenicima na način da ga dobro shvate i primijene u fizikalnim situacijama. Jedan jednostavan primjer je npr. pitanje “Ako smo na dnu zračnog oceana, postoji li tlak zraka na nas? Zašto ga ne osjećamo?” Ovaj tip istraživačkog pitanja povoljan je za donositi neke zaključke o atmosferskom tlaku i čest je početak nastavnog sata. Idejno, iz istraživačkog pitanja trebalo bi nizom jednostavnih zaključaka ili povlačenjem analogija doći do odgovora. U tradicionalnoj, vođenoj nastavi ta situacija uglavnom dobro funkcionira, no ponekad postoje i problemi. Autori predlažu uvođenje niza interaktivnih pokusa kojima bi učenici sami došli do nekih zaključaka, no isto tako i do novih pitanja. Kao dobar model za manji broj učenika ili studenata (do 30) pokazala se podjela na manje grupe od 3-5 članova, gdje svaka od njih pokušava nezavisno odgovoriti na postavljena pitanja razmatranjem rezultata pokusa.

Navedimo nekoliko pokusa koji bi služili kao primjer za nastavu o konceptu atmosferskog tlaka.

### Ubrzavanje razlikom tlakova

Jednostavan pokus izbacivanja strelice ili nekog drugog projektila iz puhalice pokazuje kako razlika tlakova proizvodi silu na tijelo koje tijesno pristaje u nekoj cijevi. Shematski prikaz opisane situacije dan je na slici 1.

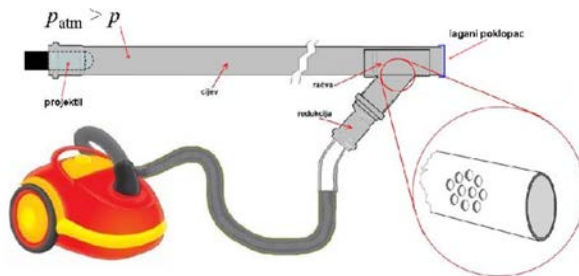


SLIKA 1. Shematski prikaz puhalice. U cijev se umetne projektil poprečnog presjeka  $A$ , tako da do izlaska iz cijevi mora proći udaljenost  $L$ .

Ukoliko s lijeve strane projektila nametnemo tlak  $p_L$  koji je veći no tlak s desne strane  $p_D$ , na tijelo postoji sila zbog razlike tlakova. Jednostavno razmatranje pokazuje da je ta sila jednaka  $F=(p_L-p_D)A$ . Na razne načine može se odrediti brzina kojom projektil izlijeće iz cijevi, ako se uzme u obzir nekoliko olakšavajućih pretpostavki. Neka sila  $F$  vrši rad na projektilu mase  $m$  na putu  $L$ . Silu trenja između projektila i stjenki puhalice zanemarimo, kao i otpor zraka. Jednostavan račun, koji prepustite učenicima, daje za vrijednost konačne brzine:

$$v = \sqrt{\frac{2(p_L-p_D)AL}{m}} . \quad (1)$$

Pitajte učenike je li moguće izmjeriti ovu brzinu i kako? Te, ako ju je moguće izmjeriti, možemo li iz toga nekako zaključiti koliki su tlakovi s lijeve i desne strane projektila? Koji se sve problemi javljaju u ovom postavu? Učenici će zaključiti da je jedan od problema pretpostavka da je sila na tijelo tijekom cijelog gibanja stalna. Da bismo osigurali uvijek jednaku silu zgodno je za ubrzavanje projektila kod kuće konstruirati jednostavan “top” koji stvara razliku tlakova tako da je s jedne strane uvijek atmosferski tlak, a s druge tlak smanjimo kućnim usisavačem (slika 2).



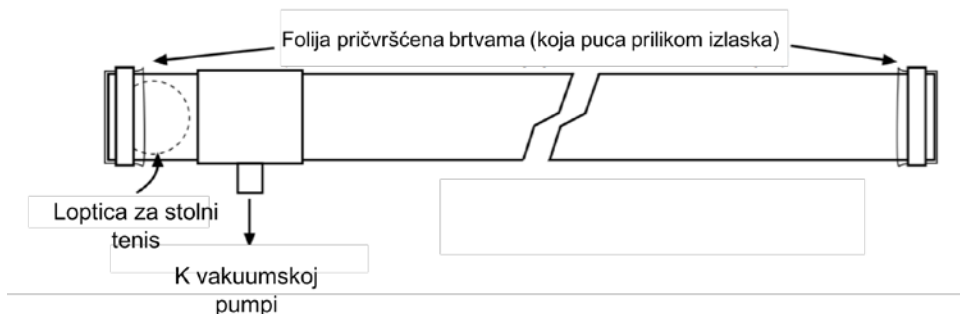
SLIKA 2. “Top” na usisavač za prašinu.

Kako je ovaj pokus već nešto veći i zahtjeva vremena za konstrukciju, predložimo da ga izvedete sami, no od učenika zatražite da svaka grupa pokuša sastaviti svoj top na istom principu. Takav zahtjev obično nailazi na loš odaziv, koji se bitno popravi ukoliko organizirate natjecanje u, npr., maksimalnoj brzini koju postiže izlazni projektil. Pri konstrukciji pokusa treba promisliti o parametrima dizajna kao što su duljina cijevi, snaga usisavača, kalibar projektila i cijevi, masa projektila itd. Za dodatnu motivaciju možete ovaj pokus povezati i već naučenim gradivom kosog hica, te kao drugu stavku natjecanja tražiti da projektil dostigne čim veći domet. Tad treba promisliti i o otporu zraka, tj. obliku projektila i njegovoj masi, kao i o drugim fizikalnim parametrima.

### Vakuumski top

U nastojanju da se postigne čim veća izlazna brzina, a i da se bolje približi pojam atmosferskog tlaka, bilo bi dobro izbjeći otpor zraka, kao i postići da atmosferski tlak ubrzava

tijelo, a ne razlika tlakova koje se nameće vanjskim uređajem. Zamislimo da je u relaciji (1) razlika tlakova jednaka  $p_{atm} = 10^5$  Pa. Da bi se čim bolje demonstrirao utjecaj takvog tlaka, tj. postigla čim veća izlazna brzina, pogodno je odabrati projektil čim manje mase i što dužu cijev. Konstrukcija koja to postiže je tzv. vakuumski top [2], koji je skiciran na slici 3.



**SLIKA 3.** Shema vakuumskog topa. U top se umetne loptica, a zatim se zatvori folijama i zabrtvi. Na topu postoji priključak za vakuumske pumpe koja evakuira zrak. Folija s lijeve strane loptice se probuši i zrak, pod atmosferskim pritiskom, nasrne u top pritom gurajući lopticu za stolni tenis.

Iz podataka o atmosferskom tlaku i prosječnoj loptici za stolni tenis ( $A=12,5$  cm<sup>2</sup>,  $m=2,7$  g) odredi se sila kojom zrak gura lopticu i iznosi 125 N. Zatražite od učenika da odrede koliko je, za toliku silu, ubrzanje loptice i njena izlazna brzina za cijev duljine 2 m. Primjena II. Newtonovog zakona za ubrzanje daje 4700g, a relacija (1) za izlaznu brzinu daje 430 m/s! Drugim riječima, prema tom računu, loptica probija brzinu zvuka u zraku. Međutim, tako se velika brzina u praktičnom pokusu ne može postići, ni u situaciji da se odaberu dulja cijev i loptica manje mase. Ovo je dobro područje za raspravu s učenicima o fizikalnim razlozima zbog kojih se stvarna situacija razlikuje od idealizirane. Očito je da u račun nisu uzeti u obzir svi efekti do kojih dolazi u sustavu, no postavlja se pitanje koji su to sve i zašto nisu zanemarivi.

Nakon kratke rasprave, možete se pitati je li trenje zanemarivo? Postoji li otpor zraka s desne strane loptice, tj. može li zrak pobjeći ispred loptice? I pitanje koje je ustvari najbitnije za raspravu, a često se preskače – što se sve u cijevi ubrzava razlikom tlakova? U odgovoru na posljednje pitanje krije se veći dio razloga zašto je brzina loptice limitirana. Naime, u cijevi se ne ubrzava samo loptica, već i masa zraka koja ju gura. Ako pretpostavimo da je površina presjeka cijevi gotovo ista kao i ona loptice, u cijevi duljine 2 metra masa zraka praktički je jednaka masi loptice. Ukoliko se u II. Newtonov zakon uzme u obzir i promjenjiva masa zraka koji se ubrzava stalnom silom  $p_{atm}A$ , slijedi da se u sustavu ne može postići brzina veća od 287 m/s, neovisno o masi projektila i duljini cijevi [3]. Očito, i ta je brzina izrazito velika i loptici daje veliku kinetičku energiju pa s uređajem treba rukovati oprezno. Na slici 4. je dan prikaz štete koju loptica načini kad udari u limenku postavljenu blizu izlaza iz topa.



**SLIKA 4.** Limenka nakon udara loptice koja je izletjela iz topa. Preuzeto s <https://goo.gl/jtPN4e>

Uz vakuumski top može se obrađivati i drugo gradivo, te pojedine napredne teme. Kao primjer, spomenimo da je ipak moguće postići brzinu loptice koja je veća od brzine zvuka, a u situaciji kad to nije istina, kao što je slučaj s našim vakuumskim topom, desna opna pukne prije no što loptica do nje doleti! Ove primjere možete postaviti kao istraživačka pitanja naprednim učenicima vezana uz termodinamiku, hidrodinamiku i valove zvuka. U zaključku, smatramo da se ovim upečatljivim pokusima učenicima bolje približuje koncept atmosferskog tlaka i steknu jasniji dojam o njegovu iznosu.

## LITERATURA

1. R. R. Hake, *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, American Journal of Physics **66**, 64-74 (1998)
2. J. Cockman, *Improved vacuum bazooka*, The Physics Teacher **41**, 246-247 (2003)
3. E. Ayars i L. Buchholtz, *Analysis of the vacuum cannon*, American Journal of Physics **72**, 961-963 (2004)