

Toplina i temperatura

Ivica Aviani, Institut za fiziku, Zagreb

Učenici koji se prvi put susreću s termodinamikom često imaju poteškoća u razlikovanju pojmova topline i temperature. Pokazuje se da ova naizgled terminološka poteškoća iza sebe krije čitav lanac učeničkih pretkonceptija koje otežavaju učenje. Ova radionica ima za cilj razmatranje i uvođenje aktivnosti na nastavi fizike kojima se njihove poteškoće nastoje prevladati. Uz pomoć odabranih pokusa i kroz prikladan razgovor s učenicima možemo omogućiti brzo stjecanje osnovnih znanja potrebnih za razvijanje njihovog razumijevanje termodinamike. Ključni pojmovi koje treba savladati su termodinamička ravnoteža, pojam protoka toplinska energije i sposobnost razlikovanja topline i temperature.

Prije bilo kakvog poučavanja, poželjno je osvijestiti i sagledati najčešće učeničke pretkonceptije. One nastaju još u predškolskoj dobi, kada djeca istražuju svijet oko sebe kroz igru. Kada je riječ o termodinamici, postoje brojne učeničke pretkonceptije, od kojih navodimo one najčešće¹.

Pretkonceptije zasnovane na predodžbi topline kao fluida:

- Toplina je tvar poput zraka ili pare.
- Postoje dvije vrste topline, hladna i vruća toplina.
- Toplina i hladnoća su dva suprotna fluida.

Pretkonceptije zasnovane na iskustvu da se zagrijavanjem temperatura uvijek povećava:

- Temperatura se mijenja za vrijeme taljenja ili ključanja.
- Temperatura vode može premašiti temperaturu ključanja.

Pretkonceptije zasnovane na nepoznavanju mehanizama prijenosa topline i termičke ravnoteže:

- Neke tvari su hladnije od drugih.
- Objekti na sobnoj temperaturi imaju različite temperature.
- Različiti materijali privlače i zadržavaju toplinu drugačije.
- Metali privlače i zadržavaju hladnoću.
- Izolatori privlače i zadržavaju toplinu.
- Vuna grije stvari.

Česta razmišljanja učenika čiji je uzrok nedostatak znanja o pojmu temperature:

- Toplina je vruća, ali temperatura može biti hladna ili vruća.
- Temperatura je količina topline.
- Ako su dva tijela na istoj temperaturi, imaju istu toplinsku energiju.
- Temperatura predmeta ovisi o njegovoj veličini.

U navedenim primjerima moguće je sagledati osnovne povijesne ideje termodinamike. Prisjetimo se da je Carnot točno izračunao maksimalnu korisnost

¹ M. Sözbilir, *Review of Selected Literature on Students' Misconceptions of Heat and Temperature*, BU Journal of Education **20**, 25 (2003)

toplinskog stroja na temelju sasvim pogrešne ideje o toplini kao fluidu te da sve do rada Joulea nije bilo sigurno da se mehanička energija može pretvoriti u toplinu. Pretkonceptije i zdravorazumsko razmišljanje najveća su prepreka usvajanja znanja koje je često sasvim neintuitivno i neočekivano i koje je baš zato stoljećima stajalo neotkriveno. Stoga, ako želimo učiti ne smijemo biti previše sigurni u svoje „znanje“.

Konstruktivistički pristup nastavi tvrdi da je znanstveno razumijevanje koncepta potrebno graditi na temelju razmišljanja i iskustava koja učenici donose sa sobom u razred. U slučaju termodinamike postoje značajne poteškoće, jer sa svojim iskustvom učenici donose i velike zablude koje treba ispravljati. Učenici će zadržati svoje predodžbe sve dok ih ne suočimo s novim iskustvima koje njihova naivna predodžba ne može objasniti. Uloga nastavnika je da kroz konkretne primjere učenicima predstavi ideje koje će im pomoći pri restrukturiranju njihovih fizikalnih konceptata.

Problem s pojmom temperature proizlazi iz samog načina mjerenja temperature². Termometar se postavlja na predmet, a njime se mjeri nešto što se nalazi unutar predmeta i nešto što prelazi na termometar. To se bitno razlikuje npr. od mjerenja vremena pomoću sata ili udaljenosti pomoću metra, pri čemu se mjere neka svojstva izvan samog predmeta. Uz to povišena temperatura mijenja dimenzije predmeta, npr. savija tračnice, pa izgleda kao da je temperatura ta koja vrši rad. Problem s pojmom topline je njeno često poistovjećivanje s promjenom unutrašnje energije pri čemu se zanemaruje rad koji predmet izvodi ako mijenja obujam. Osim toga, često se zanemaruje činjenica da se unutrašnja energija sastoji se i od potencijalne i od kinetičke energije molekula.

Jedan od glavnih izvora miskoncepcija su naša osjetila dodira koja ne mjere temperaturu predmeta nego brzinu izmjene topline našeg tijela s okolinom. Zbog toga se metalni predmet čini hladnijim od drvenog. Upravo zbog brže izmjene topline nam je hladnije ako nismo odjeveni iako svojim oblačenjem sigurno ne mijenjamo temperaturu okoline. Iskustvo nam kaže da će posude s vrućom i hladnom vodom, nakon dovoljno dugo vremena, poprimiti jednaku, sobnu temperaturu. To je osnova za razumijevanje toplinske ravnoteže i temperature, ali i topline čije je strujanje omogućilo ravnotežu. Nema nikakvog razloga da isto ne bude s predmetima od drva i željeza. Objektivna činjenica da to ustanovimo nije dodir rukom nego mjerenje termometrom.

Na temelju iskustava moguće je sagraditi konzistentnu mikroskopsku sliku koja počiva na građi tvari. Važno je kritički raspraviti o svim posrednim i neposrednim dokazima koji idu u prilog takvoj slici. Mikroskopska predodžba u kojoj je temperatura mjera kinetičke energije prosječne molekule, a termička energija povezana s energijom gibanja molekula i stoga razmjerna broju molekula, može objasniti sve poznate pojave.

Pravi put ka razumijevanju je izvođenje određenog broja konceptualnih pokusa uz strpljiv i dobro usmjeren razgovor u kojem učenici postaju svjesni i dragovoljno prihvaćaju znanstveno utemeljene zaključke. Potpuno je neučinkovito i kontraproduktivno inzistiranje na memoriranju raznih definicija čije značenje učenici ne razumiju. Jesu li učenici i u kojoj mjeri usvojili konceptualna znanja lako je moguće provjeriti pomoću testova u kojima se razmatraju nove fizikalne situacije.

² K. Carlton, *Teaching about heat and temperature*, Phys. Educ. **35**, 101 (2000)