

EDUKATIVNA DEMONSTRACIJA MIKROSKOPSKIH SVOJSTAVA TEMPERATURE POMOĆU IGRE "LANCA PROBIJANCA"

Perković Dalibor

Zdravstveno veleučilište Zagreb, Mlinarska cesta 38, 10 000 Zagreb (p_dalibor@net.hr)

SAŽETAK

Novi i apstraktni koncepti u obrazovnom se procesu puno lakše usvajaju ako ih se poveže s prethodno poznatim pojavama i realnim, stvarnoživotnim demonstracijama koje nisu samo apstraktne animacije na ekranu. Temperatura je veličina čije je objašnjenje na mikrorazini potpuno različito od onoga kako je ne-stručnjaci shvaćaju. Zbog toga je osmišljena demonstracija koja učenicima pokazuje bit ove pojave i omogućuje im da izravno u njoj sudjeluju: pritom učenici "glume" molekule plina, prilagođavaju svoje gibanje uvjetima više ili niže temperature i pritom povezuju ono što izravno vide kao posljedicu svog ponašanja sa saznanjima o makroskopskim svojstvima hladnog i zagrijanog plina. U sljedećoj fazi demonstracije, učenici pod istim pravilima demonstriraju kako i zašto na visokoj temperaturi dolazi do razgradnje kompleksnih molekula kao što su bjelančevine i ugljikohidrati upravo zbog svojstva da čestice zagrijanog plina imaju veću kinetičku energiju te da zbog toga djeluju na organske molekule čisto mehanički.

Ključne riječi: temperatura, molekule, mikrorazina, učenje, podučavanje

UVOD

Koncept temperature je mnogima koji ne poznaju samu bit ove pojave potpuno apstraktan (Selepe, 1997). Pokušati objasniti kinetičku teoriju plinova učenicima - ali i odraslima - koji nisu upoznati s konkretnim fizikalnim konceptima može se pokazati kao netrivialan zadatak. Zbog toga se ovdje iznose neke ideje i postupci provjereni i provedeni u radu s učenicima sedmih i osmih razreda osnovne škole i, u nekim manjim aspektima, učenicima srednje škole te studentima izvan prirodnih znanosti.

I teorija i praksa se slažu u tome da je proces učenja najefikasniji kad se novi koncepti što izravnije povezuju s već postojećim znanjem (Cross, 1999). U prirodoslovnom području, to najčešće znači da se prirodne pojave ilustriraju objektima i pojavama koji su dobro poznati iz svakodnevnog života ili objektima i pojavama koji su objašnjeni i naučeni u sklopu sustava obrazovanja, ali su do trenutka učenja novoga, dobro savladani i nedvojbeno usvojeni u ranijem periodu. U višim akademskim sferama uvođenje potpuno novih pojmova bez nekog oslonca na do tog trenutka poznate koncepte može biti korisno, a ponekad i neizbježno, ali kad je riječ o učenicima osnovnih i srednjih škola, ili eventualno laicima, takav postupak će vrlo često dovesti do nepovezanosti sa starim znanjem. U boljem slučaju, doći će do izoliranosti novog znanja i nesposobnosti da se isto primijeni u situaciji kad je primjena potrebna, a u najgorem, njegovo potpuno gubljenje. S "terena" se često može čudi da je hrvatski školski sustav pun primjera u kojima se sadržaji - bar na prvi pogled - uvode sami zbog sebe, a ne povezuje ih se s ostalim znanjima ili s područjima u stvarnom životu uz koja su vezani.

U primjeru koji će ovdje biti iznesen traženo predznanje je minimalno: potrebno je razumjeti koncept brzine, mase i inercije s kojim se svatko svakodnevno susreće u životu.

Nije potrebno baratati matematičkim i fizikalnim formulama. Čak se, štoviše, može preskočiti objašnjavanje temperature kao prosječne kinetičke energije čestica u sustavu, kao i koncept kvadratne ovisnosti: nijednu od te dvije stvari osmoškolci još nisu usvojili, a i za srednjoškolce je upitno koliko će povezivanje svega toga pomoći da zaista shvate bit pojave. Sve to se, naravno, može obraditi u kasnijim stadijima, kad je ono osnovno, organsko shvaćanje već sjelo na svoje mjesto, ali to je tada već stupanj nadogradnje i kvantifikacije naučenog koji je, generalno, puno manji problem jednom kad je pojava kao takva opisana, objašnjena i dobro shvaćena.

IZVEDBA NASTAVE

U prvom dijelu teksta opisuje se demonstracija temperature kao pojave na mikroskopskoj razini koja je prije nekoliko godina izvedena nekoliko puta u sedmim razredima u jednoj osnovnoj školi u Sisačko-moslavačkoj županiji, te okvirnih rezultata u usvajanju znanja i poticanju interesa učenika. U drugom dijelu navode se daljnje ideje za proširenje demonstracije kako bi se objasnile pojave iz područja kemije i biologije.

Radi motivacije i poticanja interesa, ovisno o procjeni predavača, u uvodu u temu može se izreći rečenica: "Temperatura, zapravo, ne postoji". Iako s takvim izjavama treba biti oprezan u stručnom kontekstu, u obrazovanom procesu aproksimacije ovog tipa trebale bi biti dozvoljene ukoliko služe svrsi i ukoliko situacija ne prijeti da će odvesti spoznajni proces u pogrešnom smjeru. Učenje je, prije svega, voljni proces kojim pojedinac mijenja ciljani dio svog mentalnog sklopa. Ključnu ulogu u jačanju te volje ima intrinzična motivacija, a jedan od načina poticanja intrinzične motivacije je stvaranje osjećaja misterije i *novuma* (Bruner, 1985); izjava "temperatura ne postoji" ovdje bi često mogla - i trebala - stvoriti osjećaj kognitivne disonance, to jest "uzdrmati sliku svijeta" učenika, što onda služi kao dobar unutarnji motivator da se nauči nešto novo kako bi se ta "slika svijeta" ponovo uspostavila, ali na novim temeljima. Ovakav pristup ima još jedan pozitivan efekt: nakon što je cijeli proces dovršen, uz shvaćanje što je zapravo temperatura, učenici će - ako dotad već nisu - postati svjesni mogućnosti različitih tumačenja stvari i pojava, pri čemu ta tumačenja mogu biti i međusobno u suprotnosti, ali istovremeno svi točni. U ovom slučaju, suprotstavljena, ali ne nužno i netočna tumačenja su da temperatura očito postoji, što je lako pokazati: mjerimo je, ona ima neke efekte, njome manipuliramo na razne načine, ali i da istovremeno ona "ne postoji" jer je riječ samo o kinetičkoj energiji čestica tijela ili plina koje ima tu temperaturu, a ne o nekoj pojavi bitno različitoj od mehaničke.

Demonstracija: Plin u posudi

Slijedi praktični primjer koji će vjerojatno najbolji efekt postići u osnovnoj školi jer ima elemente dječje igre, na što nešto stariji adolescenti nisu toliko otvoreni. Od školskih klupa treba složiti rub kvadrata čiju stranicu čine dvije ili tri klupe, a zatim tražiti nekoliko dobrovoljaca koji će ući u kvadrat. Pritom treba objasniti da kvadrat glumi (zatvorenu) posudu s plinom, dok učenici u kvadratu glume molekule plina. Na početku treba utvrditi da, dok mirno stoje, u "posudi" ima dosta mjesta i da bi u nju, ako treba, moglo stati još puno drugih učenika. Također se može izmjeriti ili procijeniti omjer površine koji u posudi/kvadratu zauzimaju čestice/učenici, a koliko zauzima prazan prostor i utvrditi da

se, zaista, u slučaju potrebe unutra može smjestiti cijeli razred. Zatim treba početi sa "zagrijavanjem" - učenici se najprije trebaju gibati polako, ponašajući se kao molekule plina: gibaju se pravocrtno, a ako dođu u kontakt s drugom "molekulom" ili stijenkom posude, trebaju se odbiti i nastaviti s gibanjem.

Nakon još malo "zagrijavanja" odnosno "dodavanja energije", učenici će se gibati sve brže. U toj će fazi i oni, a i promatrači sa strane, shvatiti nekoliko stvari:

1. U posudi više nema toliko mjesta; iako je omjer praznog i zauzetog prostora isti, novim učenicima bi sada bilo teže ući unutra, a oni koji su unutra, teže izlasku van.
2. Prilikom "sudara" sa "stijenkam posude", postat će očigledno da dolazi do neke sile; ukoliko se dovoljno užive u ulogu "vruće molekule", moguće je da će prilikom sudara doći i do pomicanja klupe i povećanja količine prostora u "posudi", a ako se užive previše, moglo bi doći i do puknuća stijenke i istjecanja plina. Ovime je jasno demonstrirana priroda tlaka plina.
3. U nekom trenutku nastavnik može odmaknuti jednu klupu i time "kontrolirano otvoriti posudu"; učenici ne trebaju nimalo mijenjati način gibanja i pritom će se automatski pokazati proces spontanog širenja plina u prostoru; štoviše, ako se "pokusi" provede više puta, može se pokazati kako brzina istjecanja plina iz posude ovisi o temperaturi, odnosno tlaku plina u posudi.

Kao zaključak ove aktivnosti može se objasniti početna rečenica da "temperatura ne postoji": svi ovi efekti izazvani su najobičnijim linearnom kretanjem učenika i njihovim odbijanjem od prepreka na koje nailaze. Također može uslijediti i objašnjenje da je temperatura samo mjera prosječnog gibanja čestica (kinetičke energije koju ima svako tijelo koje se giba, pa tako i svaki pojedini atom ili molekula). Ako ima volje, interesa, vremena i prostora, mogu se promatrati i "plinovi različitih temperatura" kako bi se vidjelo kako se "temperatura" ponaša kad se ta dva plina pomiješaju: u posudu s "vrlo hladnim plinom" (gdje učenici stoje gotovo nepomično ili se gibaju vrlo sporo) pusti se "vrući plin" (učenici koji se gibaju brže) i promatra se efekt.

Ovakva demonstracija provedena u dva odjeljenja sedmih razreda osnovne škole dala je sljedeće rezultate:

- ☞ izrazito bolje shvaćanje prirode temperature od razreda u kojima ova demonstracija nije provedena
- ☞ iznimni porast motivacije za učenje o pojavi koja je demonstrirana
- ☞ bolji uspjeh na ispitima.

Ovdje je bila riječ o kratkoj demonstraciji od desetak minuta u kojoj je pokazan jedan aspekt svojstava temperature na mikrorazini. U svrhu širenja teme i povezivanja s ostalim prirodnim znanostima, demonstracija se može dalje proširiti na način koji je opisan u ostatku teksta.

Atomi u krutim tijelima

Sljedeća demonstracija može pokazati ponašanje krutih tijela na različitim temperaturama. Učenike se može poslagati u lanac tako da se čvrsto drže rukama ili laktovima i opet objasniti da se promatra efekt njihovog gibanja. U početku, "na niskoj

temperaturi" trebaju biti stisnuti jedan uz drugog, a onda trebaju početi "oscilirati", to jest podrhtavati ili gibati se oko svog "ravnotežnog položaja", ali pritom pazeći da ne prekinu međusobne veze. Odmah će biti vidljivo da je zagrijanom tijelu potrebno više prostora, ali da je ta potreba za prostorom drastično manja nego kod plinova.

Daljnijim "zagrijavanjem", odnosno pojačavanjem osciliranja oko njihovih centralnih položaja, učenici mogu uočiti da su sile koje ih žele razdvojiti sve jače i da će, ukoliko se osciliranje još pojača, njihove veze početi pucati. Ovo se možda može bolje pokazati uz pomoć konopaca, štapova ili listova papira koje će učenici držati i koji će glumiti njihove veze (jer će im biti lakše istrgnuti iz ruke komad papira i tako demonstrirati pucanje kemijske veze nego ih silom razdvojiti ako su im ruke isprepletene). Tako se može demonstrirati utjecaj temperature na taljenje krutih tijela: kad oscilacije postanu prejake, atomi jednostavno ispadaju iz strukture i postaju slobodni(ji). I, opet, makroskopski efekt povećanja temperature je objašnjen isključivo mikroskopskim ponašanjem atoma i njihovim mehaničkim gibanjem.

Utjecaj na kompleksne molekule koje čine žive organizme

Zbog velike kinetičke energije, atomi ili molekule zagrijane tvari koja dolazi u kontakt sa živim tkivom djeluju destruktivno na strukturu kompleksnih organskih spojeva. Kao uvod, u "posudu s plinom" iz početka demonstracije može se ubaciti dvoje učenika koji su povezani nekom slabom vezom (na primjer, svatko u ruci drži jedan kraj kratkog konopca ili štapa) i pokazati kako kaotično gibanje "zagrijanih čestica plina" preko guranja i sudaranja djeluje na prekidanje te veze.

Utjecaj na vrlo duge i velike molekule može se dodatno demonstrirati i dječjom igrom koja je, doduše, možda manje popularna i poznata proteklih desetljeća. Igra "lanca probijanca" se sastoji u tome da jedna grupa formira liniju čvrsto se držeći za ruke, dok jedan igrač iz druge grupe zalijetanjem u prvu pokušava tu liniju prekinuti. Ako u tome uspije, jedan igrač iz grupe koja se "branila" prelazi u grupu koja je "napadala". Ovaj primjer može se preslikati u gornju demonstraciju pri čemu će učenik koji "probija lanac" igrati ulogu atoma plina, a učenici poredani u lanac će igrati ulogu molekule bjelančevine ili ugljikohidrata. Tako se može pokazati da, ukoliko je plin hladan, neće biti posljedica po velike molekule jer učenik/atom koji probija lanac nema veliku brzinu i zbog toga nema dovoljno energije da razbije lanac ili se ugura u njegovu strukturu i tako je poremeti. No, ukoliko je plin vruć, njegove čestice će imati veliku kinetičku energiju i brzinu i lakše će doći do probijanja lanca.

ZAKLJUČAK

Ovakve demonstracije ilustriraju pravu prirodu plina te utjecaj visoke temperature na svojstva i taljenje krutih tijela jer makroskopske efekte povećanja temperature objašnjavaju isključivo mikroskopskim ponašanjem atoma i njihovim mehaničkim gibanjem. Demonstracija provedena u dva odjeljenja sedmih razreda rezultirala je izrazito boljim shvaćanjem prirode temperature od razreda u kojima ova demonstracija nije provedena, iznimnim porastom motivacije za učenje o pojavi koja je demonstrirana te, na kraju, boljim uspjehom na ispitima.

Nakon ovako izvedene nastave nije provedena nikakva kvantitativna analiza, što je nešto o čemu bi se moglo razmisliti u svrhu dobivanja čvrstih podataka o korisnosti ovakvog oblika nastave.

LITERATURA

- Selepe, M.C. (1997). Conceptual difficulties about some chemical thermodynamics concepts among student-teachers and lecturers at colleges of education. 2-3. , 27. , 118-120.
- Cross, K.P. (1999). Learning is About Making Connections. League for Innovation in the Community College, 8-16.
- Bruner, J. (1985). Narrative and paradigmatic modes of thought. In Learning and teaching the ways of knowing, National Society for the Studies of Education, 97 - 115.

MICROSCOPIC PROPERTIES OF TEMPERATURE DEMONSTRATED USING THE GAME "RED ROVER"

Perković Dalibor

University of Applied Health Sciences, Mlinarska 38 Zagreb, p_dalibor@net.hr

ABSTRACT

In education process, new and abstract concepts are grasped much more easily if they are linked to previously familiar phenomena and illustrated by real-life demonstration that is more than just a screen animation. Temperature is a property whose explanation on a micro level is completely different from how it is understood by non-experts. This is why a demonstration is designed to show to students the essence of this phenomenon and enables them to take part in it directly: they play gas molecules, adjust their motion to higher or lower temperature and at the same time link what they perceive as a consequence of this behaviour with their knowledge of macroscopic properties of cool or heated gas. In the next phase of demonstration, using the same rules of behaviour it is shown how high temperature causes degradation of complex molecules such as proteins and carbohydrates, exactly because of the property that heated gas particles have bigger kinetic energy and thus act on organic molecules in a purely mechanical way.

Keywords: temperature, molecules, microscopic level, learning, teaching