Učeničko razumijevanje čestične građe tvari u osnovnoj školi

Kuzmić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:810804

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

Ivana Kuzmić

UČENIČKO RAZUMIJEVANJE ČESTIČNE GRAĐE TVARI U OSNOVNOJ ŠKOLI

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

SMJER: PROFESOR FIZIKE

Ivana Kuzmić

Diplomski rad

UČENIČKO RAZUMIJEVANJE ČESTIČNE GRAĐE TVARI U OSNOVNOJ ŠKOLI

Voditelj diplomskog rada: dr. sc. Maja Planinić, v. pred.

Ocjena diplomskog rada: _____

Povjerenstvo: 1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Datum polaganja: _____

Zagreb, 2016.

Hvala mentorici dr. sc. Maji Planinić na velikoj pomoći prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Hvala profesorici Luci Spetić na savjetima i pomoći prilikom provođenja istraživanja za ovaj rad.

Sažetak

Učenici osnovnih škola imaju brojne poteškoće s razumijevanjem čestične građe tvari. Mnoge su njihove poteškoće dokumentirane u raznim zemljama svijeta, a jedan dio njih prikazan je i u materijalima Američke udruge za napredak znanosti (AAAS) pod nazivom Project 2061. Odabrano je 15 zadataka iz samoga projekta, koji su bili testirani na 1000 američkih učenika 6. do 9. razreda, a kojima se moglo procijeniti razumijevanje čestične građe tvari hrvatskih učenika. Testiranje je provedeno u Zagrebu, na 109 učenika sedmih i osmih razreda Osnovne škole grofa Janka Draškovića. Pokazalo se da ne postoji statistička razlika u uspjehu na testu između učenika sedmoga i osmoga razreda. Neke su se miskoncepcije pokazale vrlo čvrstima i pojavile su se i u sedmim i u osmim razredima. Usporedba s američkim učenicima pokazala je kako su hrvatski učenici statistički značajno uspješnije riješili test od američkih učenika, ali su brojne miskoncepcije, koje su se javile kod američkih učenika, bile prisutne i kod naših učenika osnovne škole. Na kraju su dani prijedlozi kako bi se kroz nastavu fizike te pogrešne ideje mogle promijeniti.

Abstract

Elementary school students have many difficulties with understanding of the particulate nature of matter. Many student difficulties were documented in different countries, and most of them are presented in the materials of the American Association for the Advancement of Science (AAAS), referred to as Project 2061. Fifteen problems were selected from that project, which had been pretested on a sample of 1000 American students from grade 6 -9, and which could be used to estimate Croatian students' comprehension of the particulate nature of matter. The testing was conducted in the elementary school O.Š. grofa Janka Draškovića in Zagreb on a sample of 109 students from grades 7 and 8. Results have shown that there was no statistical difference between students' success on the test in both grades. Some misconceptions proved to be resilient and appeared in both the 7th and 8th grade. In comparison to American students, Croatian students have shown significantly better results on the test. However, a large number of misconceptions that occurred with the American students were also found in Croatian elementary students. Finally, some suggestions for physics teaching are given which can help change students' misconceptions.

Sadržaj

1 Uvod....1
2 Prijašnja istraživanja....3
3 Metodologija istraživanja....9
4 Rezultati i diskusija....13
4.1 Rezultati....13
4.2 Sve su tvari građene od atoma....24
4.3 Atomi su jako mali....28
4.4 Atomi i molekule su u konstantnom gibanju....30
4.5 Razlika u rasporedu, gibanju i interakciji atoma i molekula koji grade tekućine, plinove i čvrsta tijela....32
4.6 Toplinsko širenje tvari....35
4.7 Promjena agregacijskih stanja materije....40
4.8 Srednja brzina atoma/molekula....42
4.9 Objašnjenja odgovora....43
5 Implikacije za nastavu fizike....46
6 Zaključak....48
7 Literatura....49
Dodaci....51
A Test : Čestična građa tvari....51

1. Uvod

Znamo da su tijela građena od tvari, no postavlja se pitanje kako su građene tvari. Još u 7. st. pr. n.e. u miletskoj školi javlja se pitanje o ustroju svijeta, njegovoj građi i počelu. Od čega je sve nastalo? Što je prapočelo, prauzrok, pratemelj svega? Što je osnova prirode? Na ova pitanja ponuđeni su razni odgovori, na primjer Tales je smatrao da je prapočelo voda, dok Anaksimen smatra da je to zrak. Već u miletskoj školi skovan je pojam fizika, koji dolazi od grčke riječi fysis, što znači priroda. Koncept materije, sastavljene od diskretnih i nedjeljivih građevnih jedinica, nastao je vrlo rano. Zabilješka o konceptu atoma potječe iz drevne Indije iz 6. st. pr. n. e. Naučavalo se o atomima koji se kombiniraju u mnogo složenije strukture. Na pitanje o građi tvari pokušali su odgovoriti i starogrčki filozofi. Zabilješke o atomima javljaju se u Grčkoj u učenju Leukipa. Najistaknutiji među grčkim filozofima bio je Demokrit (460. – 370. pr. n. e.), Leukipov student, koji je čestice koje grade tvari nazvao atomima i smatrao ih neuništivima, nedjeljivima i vječnima. Sama riječ atom na starom grčkom znači nedjeljiv. Moderna znanost je preuzela Demokritov termin atom, iako su indijski i grčki koncepti atoma počivali na filozofiji. Ova se ideja o atomima zadržala kroz antiku. Epikur (oko 341.- oko 270. pr. n. e.), kao i njegovi prethodnici Leukip i Demokrit smatra kako se sve sastoji od atoma i praznog prostora, što je zabilježio i u svom djelu *O atomima i praznom prostoru*. Rimski učenjak Tit Lukrecije Kar (oko 99. – oko 55. pr.n. e.) smatra da se događaji u prirodi mogu objasniti pravilnim gibanjem atoma i njihovim sudaranjem i okupljanjem, do čega dolazi prilikom njihova kretanja u praznom prostoru. Razvoju znanosti pridonosi i Dubrovčanin, Josip Ruđer Bošković svojom teorijom atoma koju objavljuje u djelu *Teorija prirodne filozofije.* Bošković je smatrao kako je sve materija i gibanje, a da je građa tvari diskretna. Po njemu su atomi neprotežne i nedjeljive točke u prostoru. Atom smatra središnjom točkom oko koje se šire oblaci privlačno - odbojnih sila, takozvano Boškovićevo polje. Prema njemu, udaljenost među atomima određuje silu kojom će oni međudjelovati. Znanstveni temelji za tumačenje pojma atoma, javljaju se tek u 19. stoljeću, kad se od spekulacije prešlo na eksperimentalna istraživanja. John Dalton predložio je principe svoje atomske teorije 1803. godine. Po njemu se sve tvari sastoje od neuništivih atoma. Svi su atomi jednog elementa identični, a različiti od atoma drugih elemenata. Kemijske reakcije uključuju kombiniranje atoma. U 20. stoljeću, jedan od najistaknutijih tvoraca fizike novog doba, Albert Einstein (1879.-1955.), u jednom od svojih radova

tumači Brownovo gibanje, time snažno podržavajući atomsku teoriju. Vidimo da se slika o atomu mijenjala kroz stoljeća, a grane znanosti koje su pridonijele oblikovanju današnje slike o atomu su fizika i kemija.

Osnovno znanje o čestičnoj građi tvari hrvatski učenici stječu kroz nastavu fizike i kemije već u osnovnoj školi.

Brojna istraživanja u nastavi fizike u svijetu ukazala su na postojanje intuitivnih ideja kod učenika tj. pretkoncepcija, ideja koje nastaju prije formalnog učenja fizike. Isto tako istraživanja ukazuju i na postojanje miskoncepcija, ideja koje nastaju tijekom formalnog učenja fizike, kao mješavina intuitivnih i fizikalnih ideja. Postojanje miskoncepcija ukazuje na nedostatak razumijevanja pojmova i koncepata u različitim područjima fizike, pa tako i razumijevanja čestične građe tvari.

Kroz ovaj diplomski rad htjela sam istražiti utjecaj osnovnoškolske nastave fizike u Hrvatskoj na učeničko razumijevanje čestične građe tvari. Učenici osnovnih škola imaju brojne poteškoće s razumijevanjem čestične građe tvari. Brojne tipične učeničke miskoncepcije vezane uz čestičnu građu tvari dokumentirane su u edukacijskim istraživanjima u raznim zemljama svijeta. Kroz ovaj rad htjela sam provjeriti postoje li te tipične miskoncepcije i kod hrvatskih učenika, te ukoliko postoje, ukazati na važnost poznavanja tih miskoncepcija za poboljšanje nastave fizike u Hrvatskoj.

2. Prijašnja istraživanja

Mnoga istraživanja u nastavi fizike u svijetu ukazala su na postojanje učeničkih miskoncepcija vezanih uz čestičnu građu tvari. Brojne tipične miskoncepcije u fizici u svijetu su dobro poznate, ali nisu sve dokumentirane i istražene u Hrvatskoj. Neka prijašnja istraživanja poslužila su kao polazna točka za ovaj rad.

Shimshon Novick i Joseph Nussbaum proveli su 1981. godine studiju o učeničkom razumijevanju čestične građe tvari. Razvili su Test o česticama u plinu, koji se temeljio na rezultatima njihovih ranijih istraživanja. Test se sastojao od devet zadataka, koji su uključivali opise pojava, jednostavne eksperimente ili situacije. Od učenika se tražilo da dovrše crtež, napišu objašnjenje ili odaberu broj pored navedenog objašnjenja ili crteža. U istraživanju je sudjelovalo ukupno 576 ispitanika, od toga 83 učenika petog i šestog razreda, 339 učenika sedmog, osmog i devetog razreda, 88 učenika desetog, jedanaestog i dvanaestog razreda i 66 studenata fizike iz Izraela. Testom se provjeravalo učeničko razumijevanje pet aspekata čestičnog modela:

1. čestice plina su jednoliko raspoređene u zatvorenom spremniku
2. čestice plina su u konstantnom gibanju
3. grijanje i hlađenje uzrokuju promjene u gibanju čestica
4. ukapljivanje se tumači gušćim rasporedom čestica
5. postoji prazan prostor između čestica plina.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju kako učenici imaju poteškoća vezanih uz čestičnu građu tvari, i to u svih pet aspekata čestičnog modela. Značajno je kako čak 30% učenika osnovnih škola i 10% učenika srednjih škola i studenata zadržavaju predviđanje o statičnoj slici čestica (čestice se ne gibaju stalno, nisu raspoređene jednoliko po cijeloj posudi). Također, uočeno je kako neki učenici još uvijek zadržavaju model kontinuirane strukture tvari. Samo 20% učenika osnovnih škola, te 37 % učenika srednjih škola i studenata, smatra kako se između čestica nalazi prazan prostor, što ukazuje na to da se famozna izreka „ priroda se boji vakuuma“ odnosi i na učenike. Svega 25 % srednjoškolaca i 15% studenata opisuje grijanje i hlađenje plina pomoću čestičnog modela, no zanimljivo je da ukapljivanje opisuje čak 70% ispitanika pomoću čestičnog modela (čestice se približavaju i skupljaju na stijenkama posude). Između 40% i 60% učenika i studenata smatra kako se prilikom zagrijavanja tvari čestice povećavaju.

Philip Johnson je 1998. godine proveo longitudinalnu studiju o napretku učeničkog razumijevanja osnovne čestične teorije. Podatci za ovo istraživanje prikupljani su tri godine u periodu od 1990. do 1993. u engleskim školama na uzorku od ukupno 36 učenika, od 11 do 14 godina, uz jednak broj djevojčica i dječaka različitih sposobnosti. Podatci su se prikupljali periodičkim intervjuiranjem učenika. Ukupno je bilo pet intervjua, u kojima se većinom tražilo da se nešto objasni ili nacrta, kako bi se istražili učenički modeli strukture tvari. Rezultati ponovno ukazuju na to kako postoji učeničko nerazumijevanje osnovne čestične teorije. Uočeno je kako učenici imaju četiri različita modela, kroz koje se postupno razvija njihovo razumijevanje strukture tvari. Prvi model je model kontinuirane tvari. Kod ovog modela učenici su smatrali kako čestične ideje uopće nemaju smisla, a tvar su zamišljali posve neprekinutom. Zatim je slijedio model čestica u kontinuiranoj tvari. Kod ovog modela učenici su nacrtali čestice, ali su rekli da između čestica postoji tvar. Čestice su dodane u tvar. Kod trećeg modela (čestice su tvar, ali s makroskopskim karakteristikama) učenici su nacrtali čestice i rekli da su one same tvar, da ne postoji ništa između čestica, ali su svojstva čestica identična makroskopskim svojstvima tvari. U posljednjem modelu čestice su tvar, a svojstva tvari određena su kolektivnim stanjima čestica. Neki su učenici konzistentno koristili isti model, dok su drugi za različite pojave koristili različite modele. Istraživanje pokazuje da su učenici u periodu od tri godine napredovali u razvoju modela, od toga da na početku niti jedan učenik nije imao razvijen četvrti (znanstveni) model, do toga da je na kraju 15 učenika (42%) imalo taj model. Ostali su djelomično napredovali, s time da se većina na kraju našla u miješanom trećem i četvrtom modelu. Model kontinuirane tvari bio je posve napušten, a nekoliko učenika je još imalo miješani drugi i treći model.

U Turskoj je 2006. godine provedeno istraživanje o razumijevanju čestične građe tvari turskih učenika srednjih škola (Nakhleh et al, 2006). Ovim istraživanjem također se usporedilo razumijevanje čestične građe tvari turskih i američkih učenika, kako bi se dobio uvid u to koje su razlike, a koje sličnosti u razumijevanju. U istraživanju je sudjelovalo 16 učenika urbane srednje škole iz Izmira, od čega deset djevojčica i šest dječaka iz četiri različita razreda. Svi su učenici bili iz Turske. Učenici su intervjuirani uz pomoć polustrukturiranog intervjua. Intervju istražuje učeničko razumijevanje čestične građe tvari u tri područja:

1.) sastav tvari
2.) povezanost čestične građe i makroskopskih svojstava

3.) povezanost čestične građe i procesa.

Četiri autora pojedinačno su intervjuirali učenike koristeći polustrukturirani intervju, sličan onome koji su koristili Nakhlek i Samarapungavan (1999.) s učenicima osnovnih škola i srednjih škola u Americi (Nakhleh, Samarapungavan & Saglam, 2005.) Pitanja su bila osmišljena tako da provjeravaju učeničko razumijevanje tvari na makroskopskoj (vidljive karakteristike tvari) i na mikroskopskoj (nevidljive karakteristike tvari) razini. Postojale su dvije vrste pitanja, ona kod kojih se tražio opis i ona kod kojih se tražilo objašnjenje. U opisnim pitanjima svaki je učenik pitan kako bi opisao tvar. Nakon početnog odgovora učenika autor nastavlja s pitanjima, koja provjeravaju je li tvar građena od čestica ili je kontinuirana. U pitanjima kod kojih se tražilo objašnjenje, tražilo se od učenika da objasne makroskopska svojstva tvari. Također, učenicima je dano da promatraju uobičajene pojave, kao što su taljenje leda, otapanje soli u čaši, te se tražilo da objasne što misle da se dogodilo u pojedinom procesu. Pitanja su bila osmišljena tako da provjeravaju učeničko razumijevanje strukture tvari u krutom, tekućem i plinovitom stanju. Od učenika se još tražilo da objasne strukturu šest tvari: šećer u kocki, tekuću vodu, drvenu čačkalicu, metalnu spojnicu, komad bakrene žice i balon napunjen zrakom. Za fazne prijelaze i procese otapanja koristila se kocka leda i kuhinjska sol.

Ovo istraživanje pruža nam uvid u to koliko je učenika steklo znanje o prirodi tvari, također nas upoznaje s idejama srednjoškolaca, te nam daje prikaz koliko se te ideje učenika slažu s znanstvenim. Petero od 16 ispitanih učenika nije vidjelo tvar kao nešto što je građeno od atoma i molekula. Čak sedmero učenika nije se pozvalo na čestični prikaz za sve tvari. Iako jedan učenik opisuje tvar kao da je građena od atoma, on vjeruje da su atomi u drveću živi, ali atomi drva u čačkalici nisu, jer nisu povezani sa zemljom. To znači da ovaj učenik miješa atome sa stanicama. Drugi učenik vjerovao je da se atomi mogu vidjeti mikroskopom. Moguće je da on miješa atome s mikroorganizmima. Može se pretpostaviti da se u školi atomi, stanice i mikroorganizmi svi uče kao vrlo sitni objekti, koji se ne mogu vidjeti golim okom, a učenici ne stječu osjećaj za razlike među njima. Iako je većina opisa tvari koje su dali učenici bila povezana sa znanstvenim modelom, gotovo niti jedno njihovo objašnjenje za makroskopska svojstva nije bilo znanstveno točno. Rezultati istraživanja pokazuju kako je učenicima bilo teško prihvatiti da su, osim čvrstih tvari, i nevidljive tvari, kao na primjer zrak, građene od atoma. Uspoređujući ideje turskih srednjoškolaca s idejama američkih učenika možemo vidjeti i sličnosti i razlike. Međutim, vidjeli smo da ideje učenika o makroskopskim i mikroskopskim svojstvima tvari

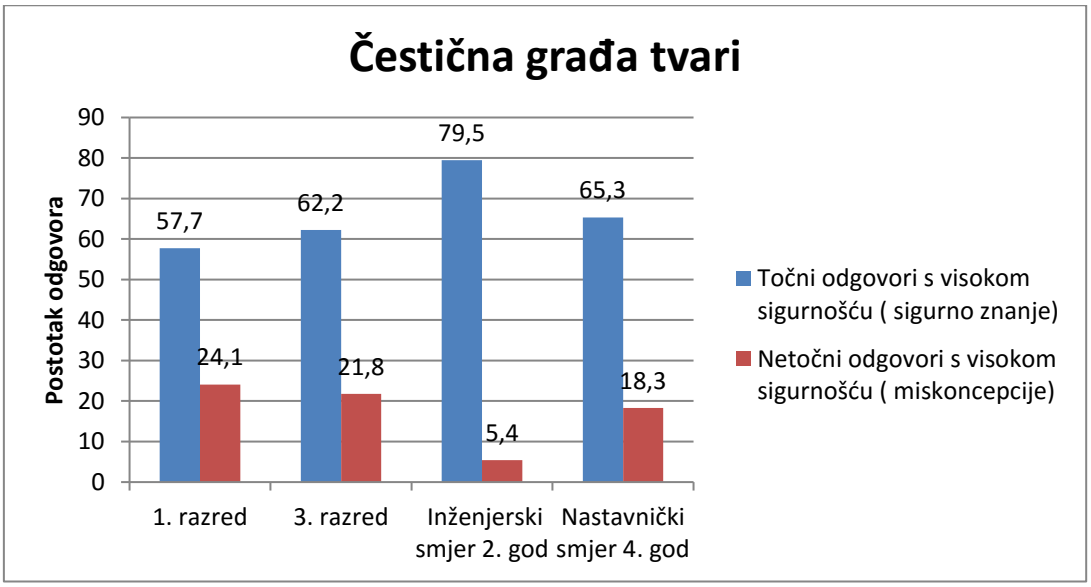
sugeriraju značajne miskoncepcije vezane uz građu tvari. U već ranije spomenutim istraživanjima razumijevanja čestične građe tvari kod američkih učenika (Nakhlek i Samarapungavan 1999.) ispitivalo se razumijevanje nekoliko koncepata, koji se odnose na čestičnu građu tvari, uključujući razumijevanje krutog, tekućeg i plinovitog stanja tvari, fazne promjene i razumijevanje procesa otapanja. Utvrđeno je da američki učenici češće opisuju neku pojavu, nego da je objašnjavaju. Mnogi učenici nisu imali problema prihvatiti da se tvar može razbiti u sitne dijelove, čak i nevidljive čestice. Međutim, oni su vjerovali da te najsitnije čestice tvari i dalje posjeduju iste makroskopske osobine tvari, kao što su boja i okus. Nastavak istraživanja s američkim učenicima srednjih škola (Nakhleh, Samarapungavan & Saglam, 2005.) pokazao je da, dok 67% učenika smatra kako su sve tvari građene od atoma, 33% učenika nije završilo konceptualni prijelaz iz makročestičnih u mikročestične okvire. Ti učenici u svojim objašnjenjima i opisima ne koriste izraze atom/ molekula, ne govore o nedjeljivim česticama. Gable (1998.) navodi da su koordinacija makroskopskih i mikroskopskih okvira, te objašnjenja iz kemije, izazov i na razini fakulteta. McRobbie i njegovi suradnici (McRobbie, 1998.; Thomas & McRobbie, 2002.) otkrili su da učenici srednjih škola češće objašnjavaju pojave na makroskopskoj nego na mikroskopskoj razini. Na primjer, kada učenici opišu svojstva tvari izjavama poput: „ to je slatko, okruglo, bijelo, veliki komad ili građeno od malih čestica, ali se može vidjeti golim okom“, te izjave se kategoriziraju kao makroskopska svojstva tvari. Suprotno, kada učenici govore o nedjeljivim česticama ili koriste izraz atom ili molekula to se kategorizira kao opis mikroskopskih svojstava ili svojstava na mikroskopskoj razini.

U Hrvatskoj je 2001. godine provedeno istraživanje o usvojenosti nekih temeljnih fizikalnih ideja kod gimnazijalaca i studenata fizike (Planinić et al, 2001). Cilj tog istraživanja bio je ukazati na postojanje miskoncepcija kod učenika i studenata, te preživljavanje tih poteškoća unatoč godinama formalnog učenja fizike, kako bi se prilagodila i poboljšala nastava fizike u Hrvatskoj. Također, ovim istraživanjem željela se istražiti mogućnost usporedbe miskoncepcija u raznim područjima fizike, te vidjeti što to znači za nastavu fizike. Test se sastojao od tri tematske cjeline: Newtonovi zakoni i gravitacija, istosmjerni strujni krugovi i čestična građa tvari. Svaki dio imao je osam tvrdnji, koje učenici trebaju ocijeniti kao točne ili netočne. Pola tvrdnji nudilo je ispravne fizikalne ideje, dok je pola nudilo neke od popularnih miskoncepcija. Ako su tvrdnju ocijenili netočnom, učenici su trebali ispod nje napisati zašto je netočna (ponekad se dešavalo da su učenici odbacili ponuđenu miskoncepciju radi neke druge miskoncepcije).

Također se od njih tražilo da naznače kod svakog odgovora koliko su u njega sigurni, na ljestvici od 4 stupnja sigurnosti. Na taj se način htjelo ispitati čvrstoću pojedinih ideja. Ispitanici su bili gimnazijalci s tri zagrebačke gimnazije (82 učenika prvih razreda i 88 učenika trećih razreda), te studenti fizike inženjerskog smjera (28 studenata druge godine), i nastavnog smjera (18 studenata četvrte godine). Ukupno se radilo o 216 ispitanika, od toga 59 % muških, a 41% ženskih. Istraživanje je provedeno na kraju školske godine 1999/2000. Ovim istraživanjem potvrđena je prisutnost nekih čestih miskoncepcija vezanih uz čestičnu građu tvari, a to su :

- Čestice čvrstih tijela se ne gibaju ako tijelo miruje.
- Čestice čvrstih tijela su smještene gusto jedna do druge, bez ikakvog razmaka među njima (kontinuirana raspodjela materije).
- Tijela se pri zagrijavanju šire, zato što njihove čestice postaju bitno veće.
- Tijela nisu na istoj temperaturi u termodinamičkoj ravnoteži (temperatura ovisi o materijalu). Između čestica plina u posudi je zrak, a ne prazan prostor.

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da miskoncepcije vezane uz čestičnu građu tvari imaju najnižu učestalost u odnosu na ostale tematske cjeline, u svim skupinama, ali su također prilično otporne, o čemu svjedoči njihov vrlo blagi pad od prvog razreda gimnazije do nastavničkog smjera. Bitno smanjenje vidi se jedino kod studenata inženjerskog smjera fizike.



Slika 1. Rezultati istraživanja za čestičnu građu tvari (Planinić et al, 2001).

Slika 1. prikazuje učestalost miskoncepcija vezanih uz čestičnu građu tvari na hrvatskom uzorku učenika i studenata. Kao što sam već ranije navela, rezultati ovog

istraživanja ukazali su na postojanje miskoncepcija kod učenika, koje otežavaju, a ponekad i onemogućavaju, razumijevanje i usvajanje fizikalnih ideja. Kod čestične građe tvari uočeno je da dio učenika zadržava model kontinuirane raspodjele tvari paralelno s čestičnim modelom. Oni smatraju da se tvar sastoji od čestica, ali bez praznina između njih. Ako im se pokaže shematska slika plina, na kojoj su čestice evidentno razmaknute, oni smatraju da između njih mora biti barem zrak. Ako se tvar širi pri zagrijavanju, to je zato što se šire čestice, a ne zato što se povećava razmak među njima. Stalno gibanje čestica je dobro prihvaćeno kod plinova, ali puno slabije kod čvrstih tijela. Premda znaju za vezu između temperature i gibanja čestica, ne smatraju da u toplinskoj ravnoteži sva tijela moraju biti na istoj temperaturi (Planinić et al, 2001.) .

Pregled istraživanja ukazuje na to da postoje brojne učeničke konceptualne poteškoće vezane uz čestičnu građu tvari, koje su istraživane na učenicima i studentima raznih dobi i iz raznih zemalja, uključujući i Hrvatsku. Kako kod nas nisu bili istraživani učenici osnovnih škola, u dobi kada se upravo i uči model čestične građe tvari (7. razred), ova je studija postavila sljedeće istraživačko pitanje:

Kakve su miskoncepcije glede osnovnih aspekata čestičnog modela građe tvari prisutne kod hrvatskih učenika sedmog i osmog razreda osnovne škole i kolika je njihova učestalost u usporedbi s američkim učenicima slične dobne skupine?

3. Metodologija istraživanja

Prije samog konstruiranja testa proučila sam nastavne materijale i zadatke projekta Američke udruge za napredak znanosti (AAAS) pod nazivom Project 2061, vezane uz čestičnu građu tvari. Taj projekt predstavlja dugoročnu inicijativu AAAS za unapređivanjem znanstvene, matematičke i tehnološke pismenosti u SAD-u, a obuhvaća brojna istraživanja, nastavne materijale i zadatke. Project 2061 počeo je s radom 1985. godine kad je Halleyjev komet zadnji puta viđen sa Zemlje. Smatra se da će djeca koja sad kreću u školu vidjeti povratak kometa 2061. godine kao podsjetnik da će današnje obrazovanje oblikovati kvalitetu njihovih života. Projekt sadrži više od 16 znanstvenih tema, pa tako i one iz fizike, te više od 700 zadataka kojima se može provjeriti učeničko razumijevanje raznih koncepata. Također, u Americi se nacionalni kurikulum i okviri za ocjenjivanje temelje na ovome projektu. Uz materijale iz ovog projekta pogledala sam i različite udžbenike za sedme razrede osnovnih škola, koji se koriste u Hrvatskoj, kako bih vidjela što se točno vezano uz čestičnu građu tvari obrađuje kroz nastavu fizike. Nakon što sam proučila materijale, morala sam odabrati obrazovne ishode koje sam željela ispitati ovim testom. Tim ishodima željela sam provjeriti učeničko razumijevanje čestične građe tvari. Pri odabiru ishoda vodila sam se time što bi učenici trebali usvojiti kroz nastavu fizike.

Obrazovni ishodi koje sam odabrala za konstrukciju testa bili su:

- objasniti od čega su građene tvari
- usporediti veličinu atoma i molekula s drugim mikroskopskim objektima (stanica, virus)
- primijeniti znanje o postojanju međuprostora između čestica
- primijeniti znanje o konstantnom gibanju čestica
- opisati razliku u rasporedu, gibanju i interakciji atoma i molekula koji grade krutine, tekućine i plinove
- objasniti što se događa s česticama tvari pri zagrijavanju (toplinsko širenje)
- primijeniti znanje o promjeni agregacijskih stanja

Nakon što sam odabrala ishode, krenula sam s odabirom zadataka koji ispituju te ishode. Svaki je ishod zastupljen s barem jednim zadatkom, a neki i s više njih. Svi zadatci koje sam odabrala su doslovno prevedeni zadatci projekta Američke udruge za

napredak znanosti (AAAS) pod nazivom Project 2061, kako bih mogla usporediti rezultate američkih i hrvatskih učenika. U tom istraživanju sudjelovalo je više od 1000 američkih učenika. Za potrebe ovog rada uzela sam da je sudjelovalo 1000 učenika, jer nije bio naveden točan broj. Test koji sam konstruirala sastojao se od 15 zadataka višestrukog izbora. Iako se u navedenom projektu kod zadataka nije tražilo obrazloženja, ja sam se ipak odlučila da kod pet zadataka učenici napišu obrazloženje. Učenička obrazloženja sam tražila zato, jer se iz njih može vidjeti postoje li neke miskoncepcije koje možda nisu navedene u ponuđenim odgovorima. U ovome projektu svaki zadatak je imao distraktore, odnosno ponuđene netočne odgovore, koji predstavljaju poznate poteškoće i miskoncepcije vezane uz ideje i koncepte koje zadatci ispituju, temeljene na rezultatima prethodnih istraživanja. To je omogućilo identifikaciju učeničkih poteškoća.

Miskoncepcije vezane uz odabrane zadatke, a prikazane u Project 2061, su sljedeće:

- atomi i molekule su u tvari
- tvar postoji jedino kad je možemo opaziti
- krutine nisu građene od atoma
- plinovi nisu građeni od atoma
- stanice nisu građene od atoma
- stanice su manje od atoma
- atomi/molekule su iste veličine kao stanice, prašina ili bakterije
- atomi i molekule čvrstog tijela se ne gibaju
- atomi i molekule plinova se ne gibaju
- čestice plina su gusto pakirane bez praznog prostora između njih
- čestice plina nisu jednoliko raspoređene u zatvorenoj posudi
- toplina je građena od „molekula topline“
- molekule zraka se raspadnu kada se zrak hladi
- veličina atoma/molekula tvari se povećava kada se temperatura smanjuje, odnosno smanjuje kada se temperatura povećava
- masa atoma/molekula tvari se povećava kada se temperatura smanjuje, odnosno smanjuje kada se temperatura povećava
- broj atoma/molekula tvari se povećava kada se temperatura smanjuje, odnosno smanjuje kada se temperatura povećava
- tvari se zagrijavanjem skupljaju
- čvrste tvari se pri promjeni temperature ne šire, niti skupljaju

- tvar je uništena tijekom isparavanja
- molekule mijenjaju veličinu tijekom promjene faze
- molekule tvari se raspadnu na pojedinačne atome prilikom isparavanja
- molekule mijenjaju masu prilikom promjene faze
- srednja brzina atoma/molekula tvari se smanjuje kada se temperatura povećava, odnosno povećava kada se temperatura smanjuje
- srednja brzina atoma/molekula tvari pri promjeni temperature ostaje jednaka

Primjer zadatka koji sadrži odgovore koji upućuju na miskoncepcije (Project 2061, 2001.)

5. Lopta napunjena zrakom stavljena je na stolicu. Koja je od ponuđenih tvrdnji o atomima i molekulama stolice, te atomima i molekulama zraka u lopti točna?
   A) Atomi i molekule stolice, te atomi i molekule zraka u lopti se gibaju.
   B) Atomi i molekule stolice, te atomi i molekule zraka u lopti miruju.
   C) Atomi i molekule stolice miruju, a atomi i molekule zraka u lopti se gibaju.
   D) Atomi i molekule stolice se gibaju, a atomi i molekule zraka u lopti miruju.

   Obrazložite svoj odgovor!

   _____

Ovaj zadatak ispituje postoji li miskoncepcija vezana uz gibanje čestica u različitim stanjima materije. Učenici najčešće misle da čestice nisu stalno u gibanju, osobito u čvrstim tvarima, a odgovori B, C i D upravo upućuju na takvu ideju.

Kod zadataka višestrukog izbora bitno je da ponuđeni odgovori ne budu trivijalni, kako bismo izbjegli da učenici metodom eliminacije dođu do točnog odgovora. Također, točan odgovor se ne bi trebao isticati od ostalih. I, kao što sam već napomenula, dobro je ako ponuđeni odgovori nude neke tipične pogreške u razumijevanju. Također, kako bi se izbjeglo da učenici do točnog odgovora dođu metodom eliminacije mogu se tražiti obrazloženja uz zadatak. Obrazloženja sam tražila kod onih zadataka kod kojih to ima smisla. Naime, neki zadatci već u sebi sadrže i obrazloženje, pa nema potrebe za njime.

U mom su istraživanju sudjelovali učenici sedmih i osmih razreda Osnovne škole grofa Janka Draškovića. Ukupno se radilo o 109 ispitanika, od toga 54 učenika sedmih razreda i 55 učenika osmih razreda. Nastava fizike se u ovoj školi izvodi u specijaliziranoj

učionici fizike. Učenici sedmih i osmih razreda tijekom jedne školske godine imaju ukupno 70 sati nastave fizike. O čestičnom modelu uče već u sedmom razredu (testirani su odmah nakon toga), a učenike osmih razreda smo uključili u studiju kako bismo vidjeli koliko znanja zadržavaju od sedmog razreda (eventualno su mogli još i dodatno razviti razumijevanje čestičnog modela kroz intelektualno dozrijevanje, te korištenje čestičnog modela u kemiji).

Predviđeno vrijeme za pisanje testa bilo je 45 minuta. S obzirom da su učenici morali kod pojedinih zadataka napisati obrazloženje, smatrala sam da im je potreban jedan cijeli školski sat, kako bi imali vremena promisliti. Na početku testa tražila sam da napišu ime i prezime učenika, te razred, radi motivacije (ozbiljnijeg pristupa testu).

Prije samog pisanja testa objasnila sam učenicima što se traži od njih, te da mogu postaviti pitanje ukoliko im je nešto nejasno u zadatcima.

Kod bodovanja testa odlučila sam se da svaki točno zaokruženi odgovor donosi jedan bod, a svako točno obrazloženje dva boda, kako bih mogla bodovati i polovična obrazloženja.

7. Koja tvrdnja točno opisuje položaj molekula plina u zatvorenom spremniku?
   A) Molekule su gusto raspoređene u cijelom spremniku.
   B) Molekule su raspršene (daleko jedna od druge) po cijelom spremniku.
   C) Gotovo sve molekule su na vrhu spremnika.
   D) Gotovo sve molekule su na dnu spremnika.

   Obrazložite svoj odgovor!

   _____

Model obrazloženja za pitanje 7 bio bi: Molekule plina se stalno nasumično gibaju u zatvorenom spremniku, a između njih ima puno praznog prostora.

Ovako dano obrazloženje nosilo bi dva boda: jedan bod ako učenik napiše da se u plinovitom stanju čestice stalno nasumično gibaju, te drugi bod ukoliko napišu da između čestica u plinovitom stanju ima puno praznog prostora. Tako je test ukupno imao 25 bodova.

4. Rezultati i diskusija

Sve sam testove ispravljala ručno. Obradu i analizu podataka napravila sam uz pomoć Microsoft Office Excela. Analiza rezultata dat će nam uvid u uspjeh učenika sedmih i osmih razreda na danome testu kroz postotak točnih odgovora po pojedinim zadatcima, te postotak točnih odgovora po razredima. Osim postotka točnih odgovora, analizom podataka dobit ćemo i raspodjelu točnih, odnosno netočnih obrazloženja. U Dodatku sam za svaki zadatak stavila grafikone raspodjele točnih odgovora i obrazloženja. Neke od tih grafikona koristila sam i u diskusiji rezultata.

4.1. Rezultati

Najprije sam pogledala kakav je bio srednji uspjeh učenika kroz postotak točno zaokruženih odgovora na cijelome testu u sedmom i osmom razredu. Iako sam u svome testu kod pet zadataka tražila obrazloženja, najprije sam analizirala testove bez obrazloženja, kako bih kasnije mogla usporediti rezultate hrvatskih učenika s američkim, jer se u njihovom testu nisu tražila obrazloženja.



Slika 2. Prikaz srednjeg postotka riješenosti testa (samo točno zaokruženi odgovori) s pripadnom standardnom devijacijom po razredima.

Iz grafa na Slici 2. možemo vidjeti da je srednji uspjeh učenika sedmih i osmih razreda dosta visok, iznad 70%. Graf sugerira da su ti rezultati vrlo bliski. Koristila sam t-test kako bih provjerila postoji li statistički značajna razlika između srednjih vrijednosti sedmog i osmog razreda.

Razred	sedmi	Osmi
Broj učenika (N)	54	55
Srednja vrijednost ($\bar{x}$)/%	74,50	72,43
Standardna devijacija (σ)	15,81	16,74
Varijanca (σ^2)	249,82	280,44

Tablica 1. Prikaz statističkih podataka.

Također sam izračunala standardnu pogrešku.

Standardnu pogrešku razlike srednjih vrijednosti računala sam po sljedećoj formuli:

$$SE = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}} \qquad (1)$$

gdje su $\sigma_1^2\ i\ \sigma_2^2$ varijance za sedmi odnosno osmi razred, a N_1= 54 broj učenika sedmog razreda, a N_2= 55 broj učenika osmog razreda.

Nakon uvrštavanja potrebnih podataka u formulu (1) dobila sam da je SE = 3,12.

t- vrijednost sam izračunala po sljedećoj formuli:

$$t = \frac{\overline{x_1}}{SE} - \frac{\overline{x_2}}{SE} \qquad (2)$$

Nakon uvrštavanja potrebnih podataka u formulu (2) dobila sam da je t = 0,66.

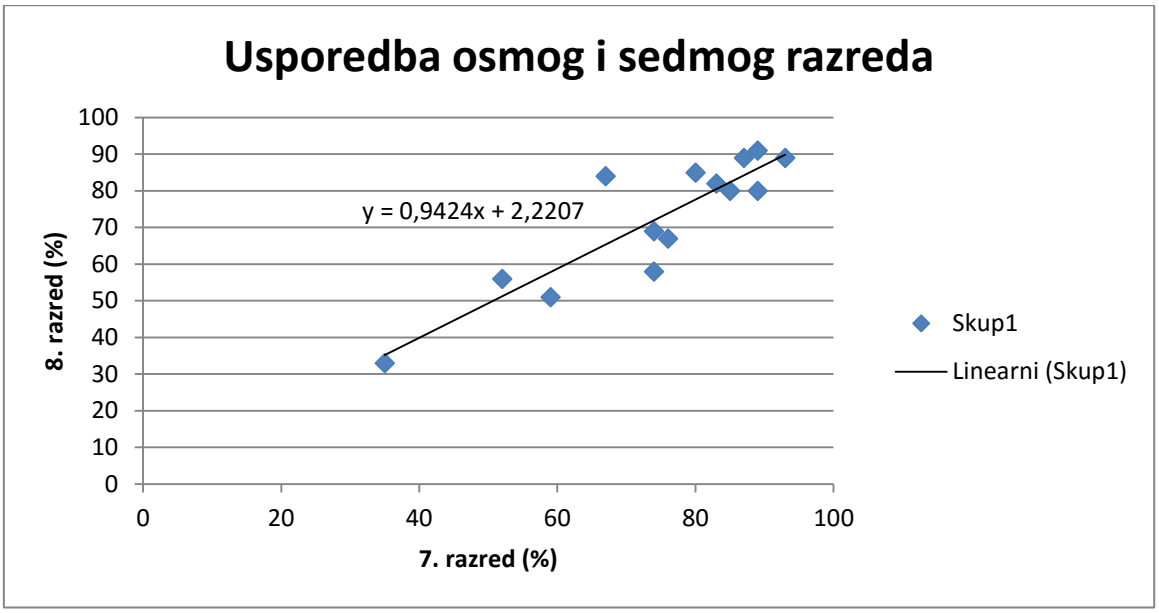
Stupanj slobode računala sam iz sljedeće formule:

$$df = N_1 + N_2\ - 2 \qquad (3)$$

Uvrštavanjem se dobije da je df = 107.

Može se zaključiti da kako u ovome slučaju ne postoji statistički značajna razlika između srednjeg uspjeha sedmog i osmog razreda na testu bez obrazloženja, t(107) = 0,66, p = n.s.

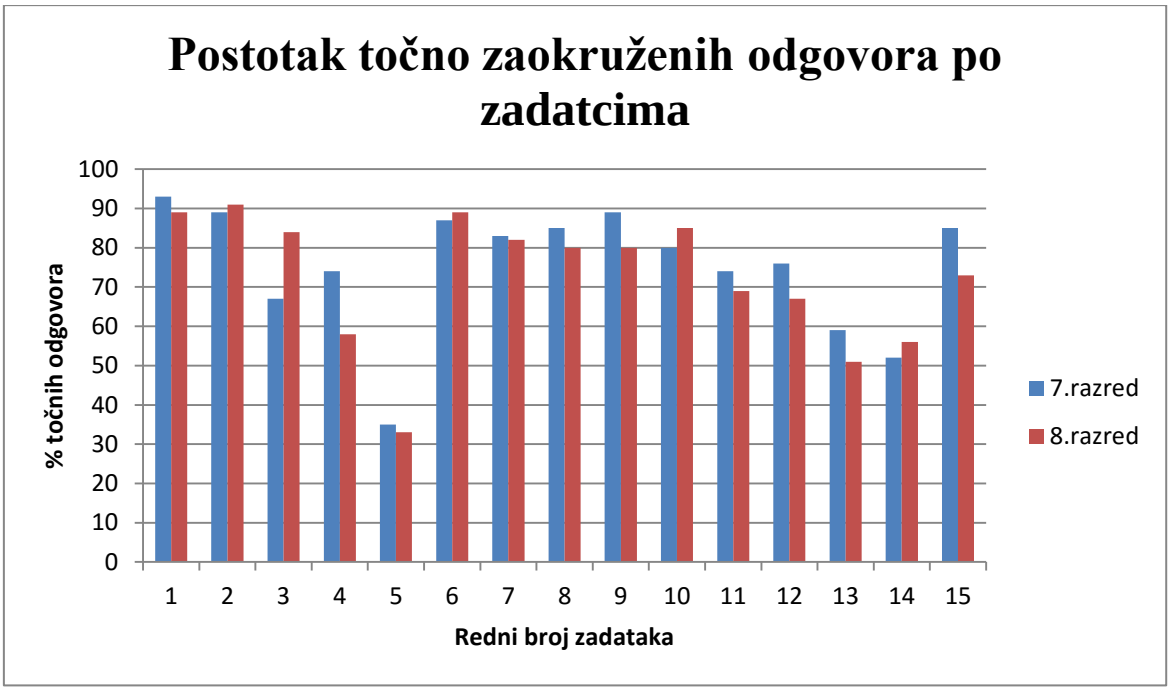
Na sljedećem grafu nalaze se podaci točno zaokruživanih odgovora za sedmi i osmi razred, kako bismo jasnije mogli uočiti razliku između rezultata sedmog i osmog razreda.



Slika 3. Usporedba točno zaokruženih odgovora osmog i sedmog razreda.

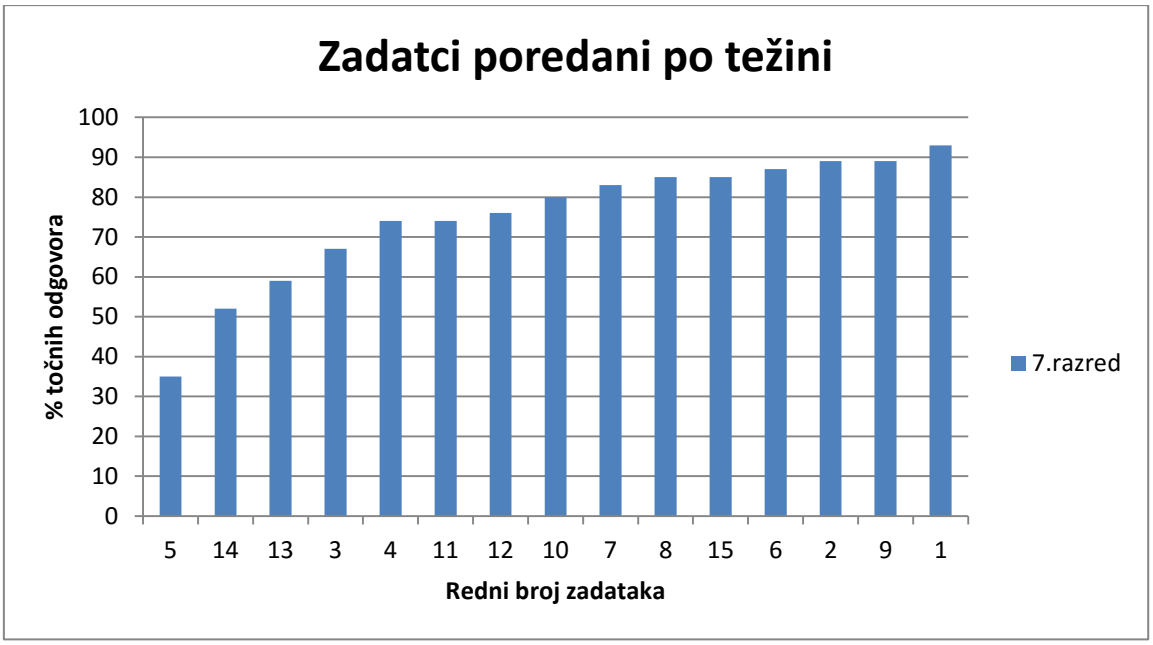
Iz ovoga grafa možemo vidjeti kako postoji jako mala razlika između rezultata sedmih i osmih razreda jer je pravac linearne regresije vrlo blizu pravca $y=x$.

Također, možemo provjeriti kakva je situacija sa svakim pojedinim zadatkom u testu. Na sljedećem grafu možemo vidjeti postoji li kakva razlika u postotku točno zaokruženih odgovora svakog pojedinog zadatka u sedmom i osmom razredu.

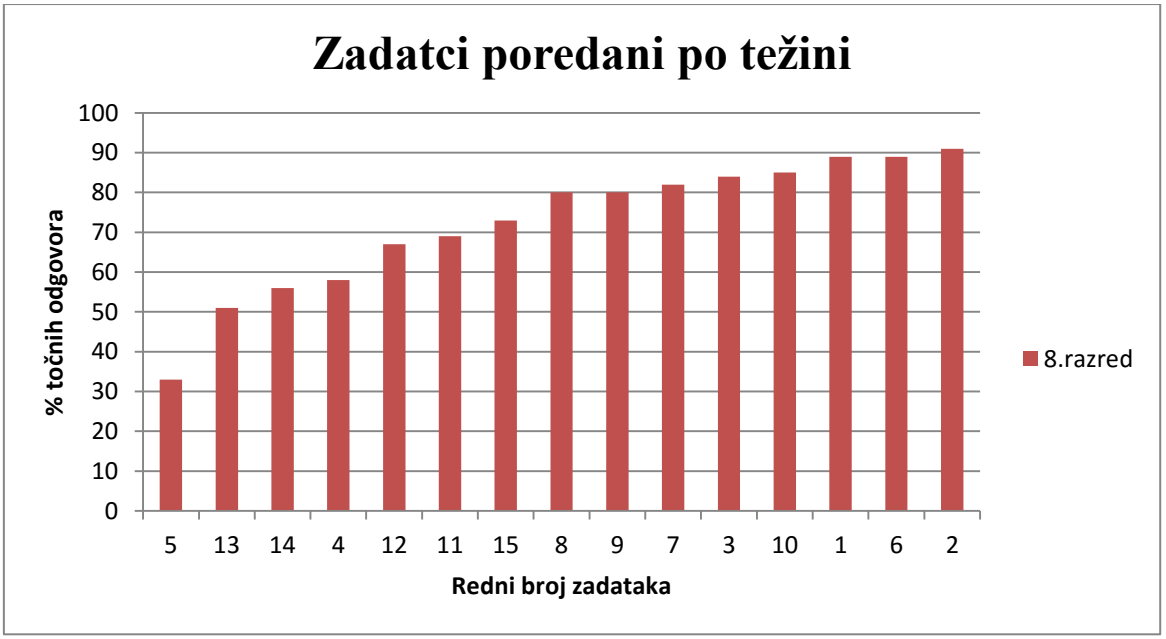


Slika 4. Prikaz postotka točno zaokruženih odgovora.

Iz ovoga grafa vidimo kako je na deset zadataka postotak točnih odgovora veći u sedmom razredu. Na primjer, kod 4. i 15. zadatka postotak se povećao za nešto više od 10%. Ovaj veći postotak točnih odgovora u sedmim razredima vjerojatno je iz tog razloga što su sedmi razredi nešto prije samog testiranja obradili gradivo koje se ispitivalo ovim testom. No, isto tako, neke zadatke uspješnije su riješili osmi razredi. Pa je tako, na primjer, kod 3. zadatka postotak točnih odgovora u osmom razredu veći za 15% nego u sedmom. Najuspješnije riješeni zadatci, kod kojih je postotak točno zaokruženih odgovora veći od 70% u oba razreda, su redom 1., 2., 3., 6., 7., 8., 9., 10. i 15. Također, iz grafa možemo jasno vidjeti kako je 5. zadatak bio najteži učenicima i sedmih i osmih razreda. Obzirom da se postotak točno zaokruženih odgovora razlikuje po zadatcima, pitanja se mogu prikazati i po težini. Slike 5. i 6. prikazuju zadatke po težini za sedme i osme razrede.



Slika 5. Prikaz težine zadataka za 7. razred.

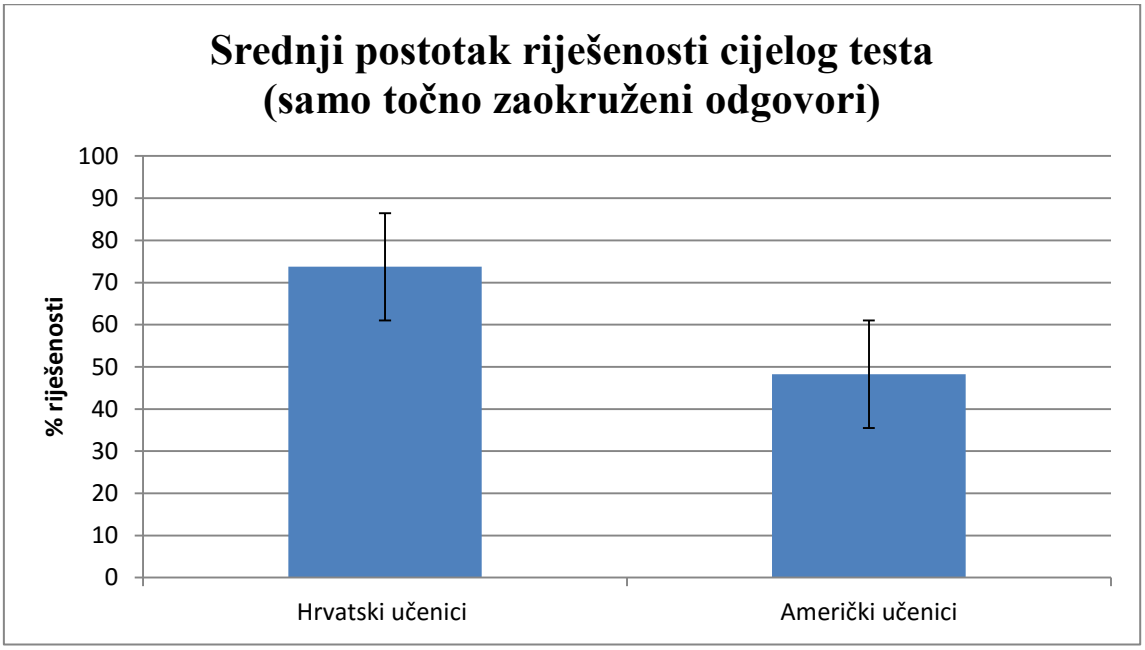


Slika 6. Prikaz težine zadataka za 8. razred.

Iz ova dva grafa vidimo kako se raspored pitanja po težini nešto razlikuje kod sedmih i osmih razreda. No, u oba razreda najtežim zadatkom pokazao se 5. zadatak. U petom zadatku od učenika se tražilo da primijene znanje o konstantnom gibanju čestica. Naime, trebali su zaključiti kako se čestice gibaju u čvrstom, ali i u plinovitom agregacijskom

stanju. Zanimljivo je kako se 3. zadatak pokazao puno lakši sedmom razredu, dok se na primjer 9. zadatak pokazao puno lakši u osmom razredu.

Sada možemo pogledati kakva je situacija u ukupnom uzorku testiranih učenika, kako bismo mogli napraviti usporedbu s američkim učenicima.



Slika 7. Prikaz srednjeg postotka riješenosti testa (samo točno zaokruženi odgovori) s pripadnom standardnom devijacijom za hrvatske i američke učenike.

Iz ovoga grafa možemo uočiti kako je srednji postotak riješenosti cijeloga testa (samo točno zaokruženi odgovori) za nekih 20% veći kod hrvatskih učenika u odnosu na rezultate američkih učenika. Ponovno sam, kako bih procijenila postoji li statistička razlika između hrvatskih i američkih učenika, koristila t - test.

Učenici	hrvatski	američki
Broj učenika (N)	109	1000
Srednja vrijednost ($\bar{x}$)/%	73,73	48,27
Standardna devijacija (σ)	15,30	9,81
Varijanca (σ^2)	234,20	96,33

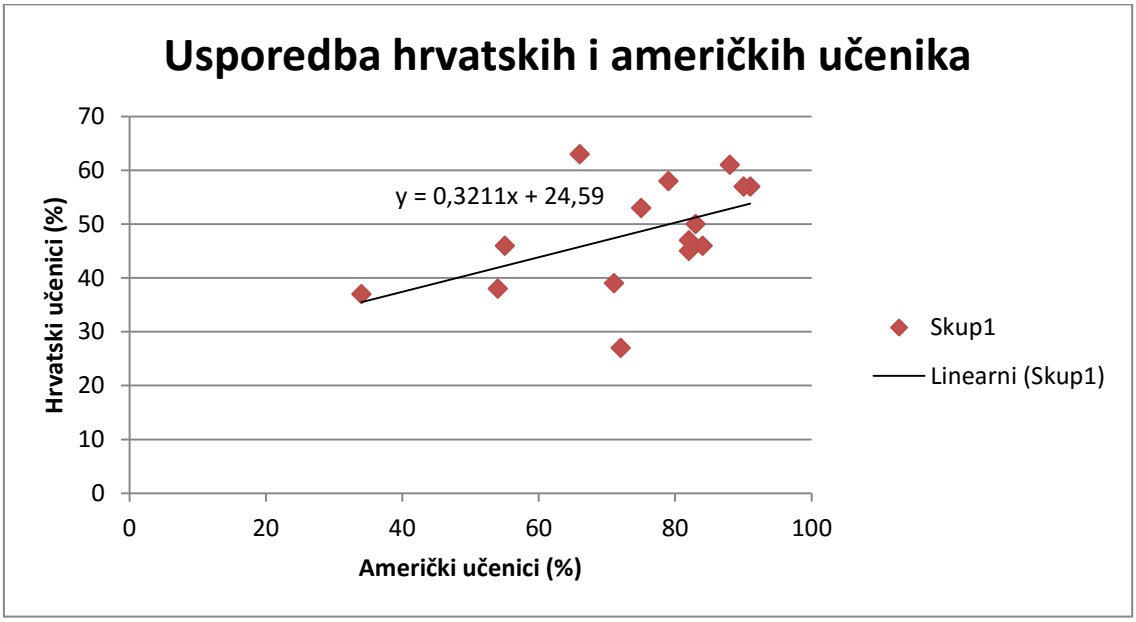
Tablica 1. Prikaz statističkih podataka.

Standardnu pogrešku ponovno sam izračunala iz formule (1) i dobila SE = 1,50.

t – vrijednost sam izračunala iz formule (2) i dobila t = 17,00.

Stupanj slobode izračunala sam iz formule (3) i dobila df = 1107. Možemo zaključiti kako postoji vrlo značajna statistička razlika između hrvatskih i američkih učenika, t(1107) = 17,00, p<0,0001.

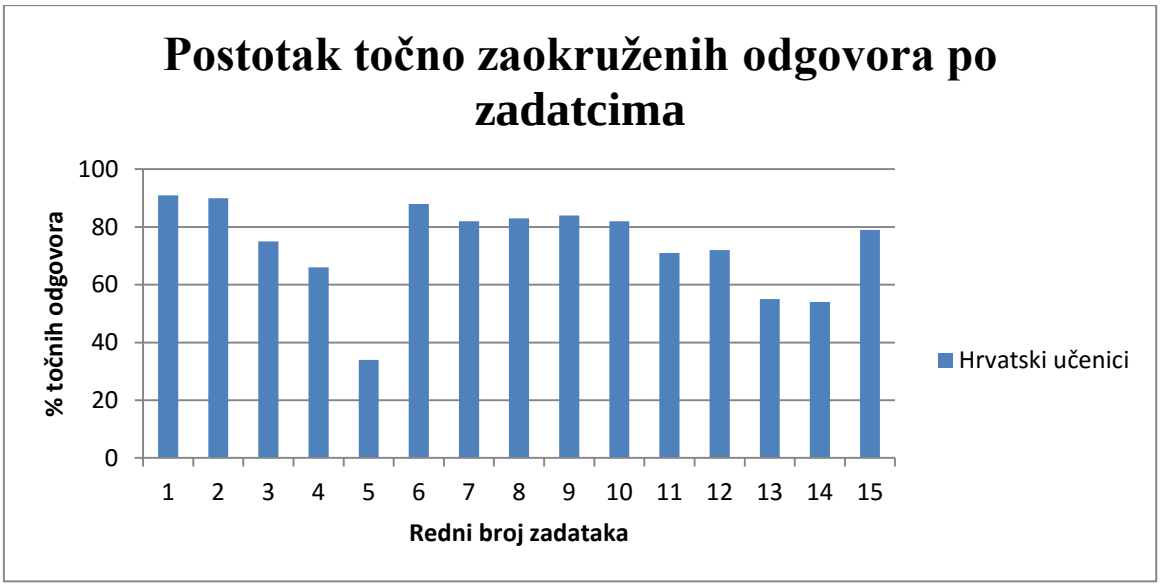
Sljedećim grafom usporedit ćemo hrvatske i američke učenike po točno zaokruženim zadatcima, kako bismo lakše mogli uočiti razliku.



Slika 8. Usporedba frekvencije točno zaokruženih odgovora hrvatskih i američkih učenika.

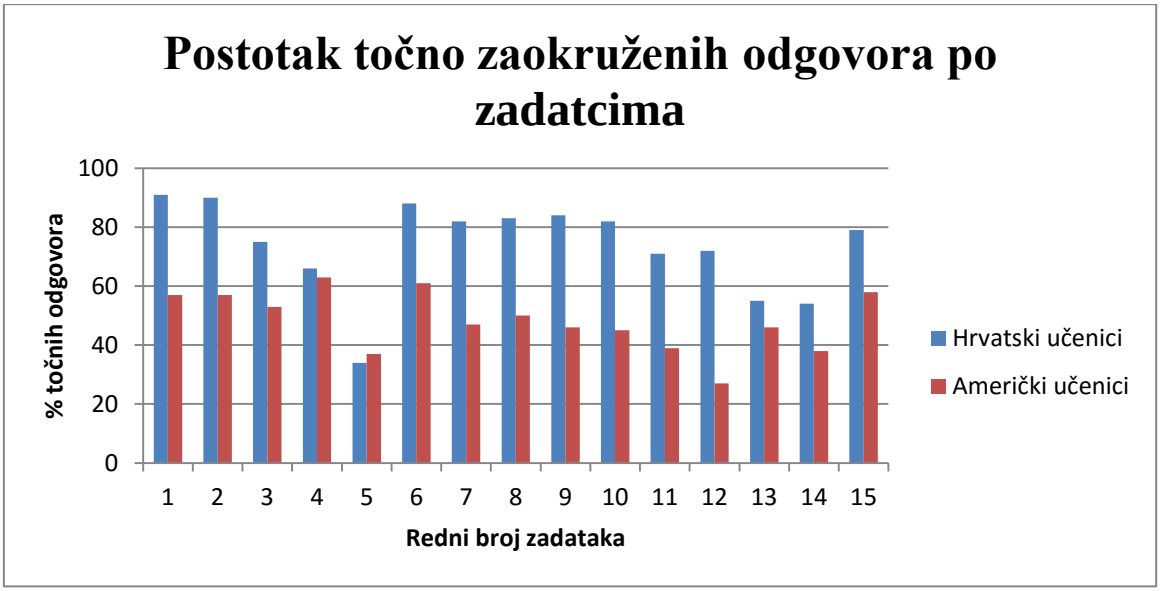
Iz ovoga grafa možemo vidjeti kako postoji razlika između rezultata hrvatskih i američkih učenika, što se tiče težina pojedinih pitanja, jer jednadžba pravca regresije odstupa dosta od jednadžbe $y = x$.

Zatim ćemo pogledati kakav je postotak točno zaokruženih odgovora za svaki pojedini zadatak u testu kod hrvatskih učenika.



Slika 9. Prikaz frekvencije točno zaokruženih odgovora ukupno testiranih učenika po zadatcima.

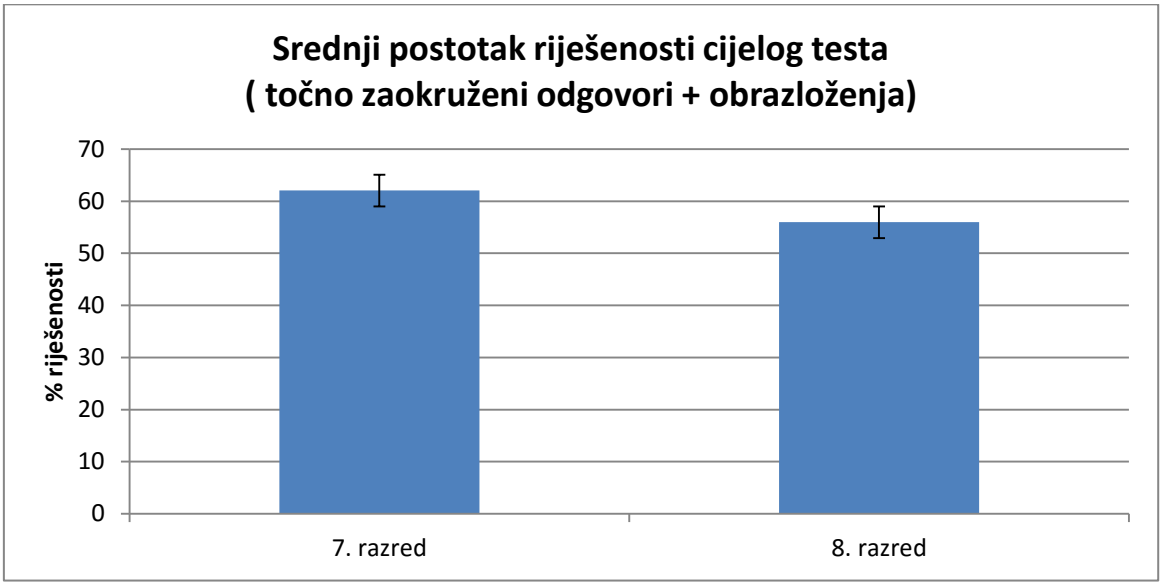
Iz histograma na Slici 9. možemo jasno vidjeti kako je ponovno najmanji postotak točnih odgovora kod 5. zadatka, manje od 40%. Slijede 14. i 13. zadatak s postotkom manjim od 60%, a najveći postotak točnih odgovora možemo uočiti kod 1., 2., te 6. zadataka, gdje je postotak veći od 85%. Nakon što smo pogledali kako su raspoređene frekvencije točno zaokruženih odgovora po pojedinim zadatcima, možemo napraviti usporedbu hrvatskih i američkih učenika. Kako bih napravila usporedbu, uzela sam podatke testiranih učenika od šestog do devetog razreda, što bi odgovaralo razini našeg osnovnoškolskog programa.



Slika 10. Prikaz postotka točno zaokruženih odgovora po zadatcima za hrvatske i američke učenike.

Na prvi pogled odmah možemo uočiti kako su hrvatski učenici ostvarili znatno veći postotak točnih odgovora na pojedinim zadatcima od američkih učenika. Hrvatski učenici su na četrnaest od ukupno petnaest zadataka ostvarili veći postotak točnih odgovora, u nekim zadatcima veći i za 30%. Samo na 5. zadatku hrvatski su učenici imali manji postotak točnih odgovora, no taj je postotak manji za 5%.

I na kraju, preostaje nam još samo provjeriti kakva je situacija sa zadatcima kod kojih sam tražila obrazloženje. Takvih je zadataka bilo ukupno pet. Prije svega, pogledat ćemo kakva je riješenost cijelog testa uključujući i obrazloženja zadataka, zajedno s točno zaokruženim zadatcima.



Slika 11. Prikaz srednjeg postotka riješenosti cijelog testa s pripadnom standardnom pogreškom za hrvatske učenike sedmog i osmog razreda.

Usporedbom grafa na Slici 11. i Slici 2. možemo vidjeti kako se srednji postotak riješenosti cijeloga testa smanjio kada smo uključili i obrazloženja. Kod sedmih razreda srednji postotak se smanjio za nešto više od 10%, dok je kod osmih razreda ta razlika nešto veća od 15%. Na temelju ovoga grafa možemo zaključiti kako učenici imaju problema s davanjem obrazloženja, pa ću se u radu dodatno osvrnuti i na obrazloženja odgovora koja su učenici davali na testu. Ponovno, kako bih procijenila postoji li statistička razlika između sedmog i osmog razreda i u ovome slučaju koristila sam t – test.

Razred	sedmi	osmi
Broj učenika (N)	54	55
Srednja vrijednost ($\bar{x}$)/%	62,30	56,29
Standardna devijacija (σ)	15,99	16,86
Varijanca (σ^2)	255,76	284,42

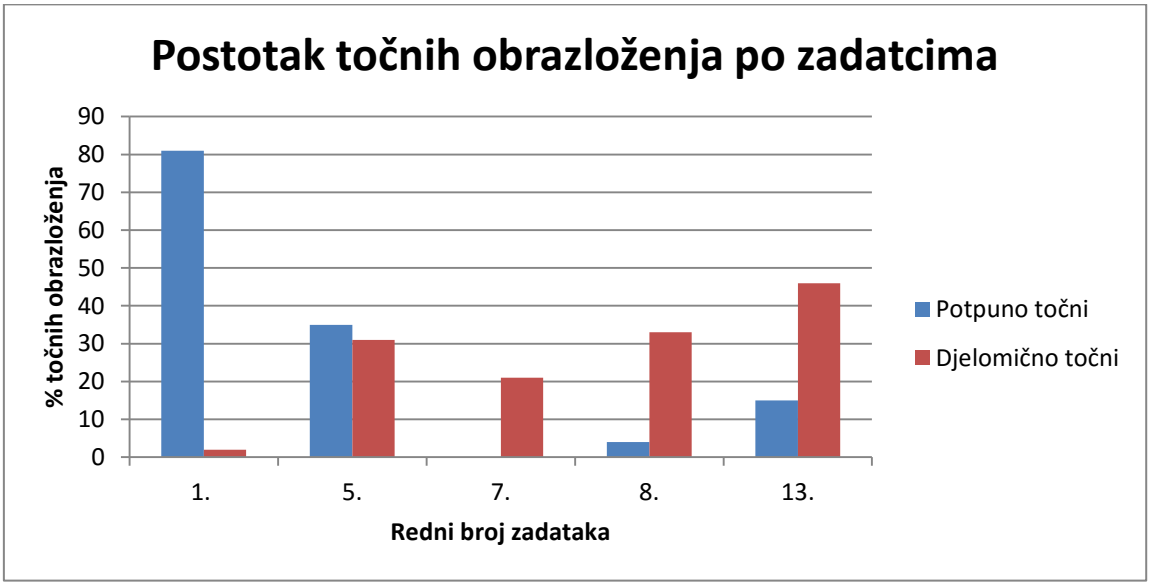
Tablica 1. Prikaz statističkih podataka

Standardnu pogrešku ponovno sam izračunala iz formule (1) i dobila SE = 3,15.

t – vrijednost sam izračunala iz formule (2) i dobila t = 1,91.

Stupanj slobode izračunala sam iz formule (3) i dobila df= 107.

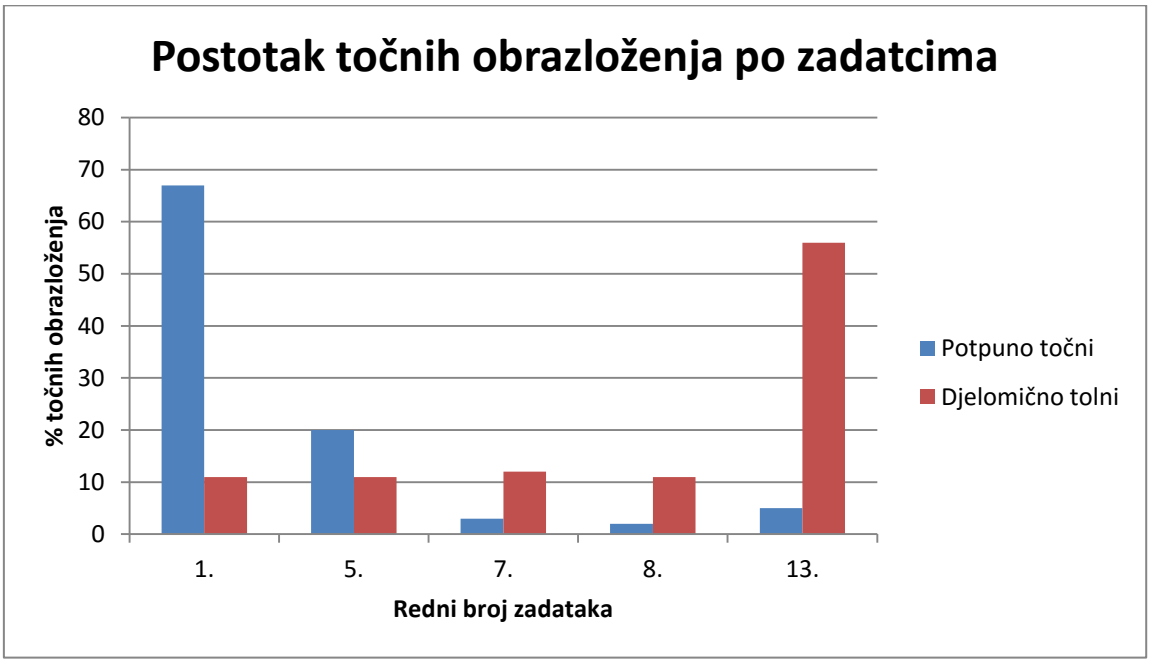
Može se zaključiti kako ne postoji statistička razlika između sedmog i osmog razreda i u ovom slučaju kada smo uključili i obrazloženja, t(107)=1.91, p = n.s.



Slika 12. Prikaz postotka djelomično i potpuno točnih obrazloženja za sedmi razred.

Iz grafa na Slici 12. vidljivo je kako je postotak potpuno točnih i djelomično točnih obrazloženja dosta nizak gotovo na svakom pitanju. Mislim da je djelomično uzrok tome taj što sam učenike testirala pred sam kraj školske godine, iz razloga što se u sedmom razredu dio koji ulazi u ovaj test obrađivao pri kraju školske godine. Mislim da je to dosta utjecalo na samo sastavljanje obrazloženja kod učenika. Također, primijetila sam da se ponekad zaokruženi odgovor nije podudarao s obrazloženjem, ali isto tako bilo je situacija

da je obrazloženje bilo u potpunosti točno, a zaokružen je bio krivi odgovor. Kod osmih razreda situacija nije puno drugačija, ponovno imamo jako niski postotak točnih i djelomično točnih odgovora.



Slika 13. Prikaz postotka djelomično i potpuno točnih obrazloženja za osmi razred.

Iz grafa na Slici 13. vidimo da je postotak točnih i djelomično točnih obrazloženja ponovno vrlo nizak, kao i kod sedmih razreda. Štoviše, kod osmih razreda je taj postotak na svakome pitanju i nešto niži nego u sedmom. Uzrok je tome vjerojatno vrijeme testiranja, ali možda i to što su oni ovaj dio gradiva obradili u sedmom razredu, pa su vjerojatno neke stvari i zaboravili.

Nakon analize rezultata, slijedi diskusija rezultata po tematskim grupama.

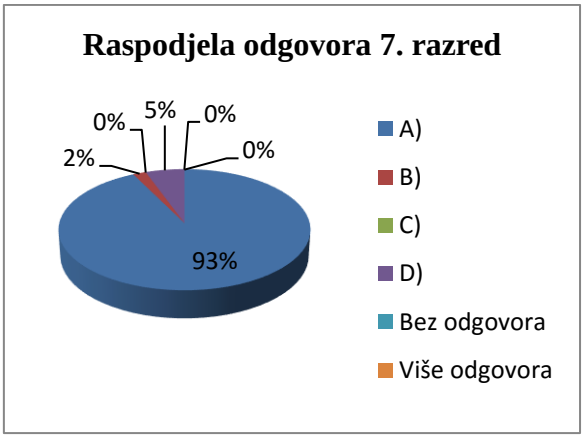
4.2. Sve su tvari građene od atoma

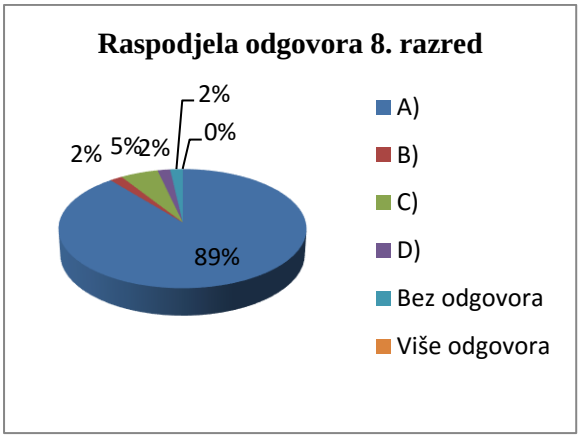
Zadatci prve grupe, 1., 2. i 3. bave se čestičnom građom tvari. Ispituju strukturu tvari, poznavanje međumolekulskog prostora između čestica, te zaključivanje o tome što tvar jest, a što nije na temelju same građe.

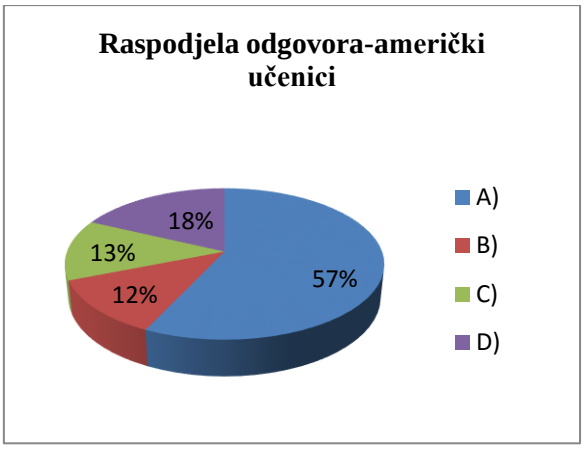
1. Zamisli da makneš sve atome iz stolice. Što preostaje?
   A) Ništa.
   B) Hrpa prašine.
   C) Ista stolica.
   D) Stolica manje mase.

   Obrazložite svoj odgovor!

Prvi je zadatak ispitivao samu ideju o građi tvari, te poznavanje međumolekulskog prostora između atoma. Na ovome zadatku hrvatski učenici i nisu imali prevelikih problema. Većina njih je zaokružila točan odgovor. U sedmim razredima postotak točnih odgovora jest 93%, dok je u osmim razredima 89%. Što se tiče američkih učenika, oni su ostvarili nešto slabiji rezultat, 57% točno zaokruženih odgovora. Sljedeći grafikoni (Slika 14.) prikazuju kakav je postotak točnih odgovora kod 7. razreda, 8. razreda i kod američkih učenika.



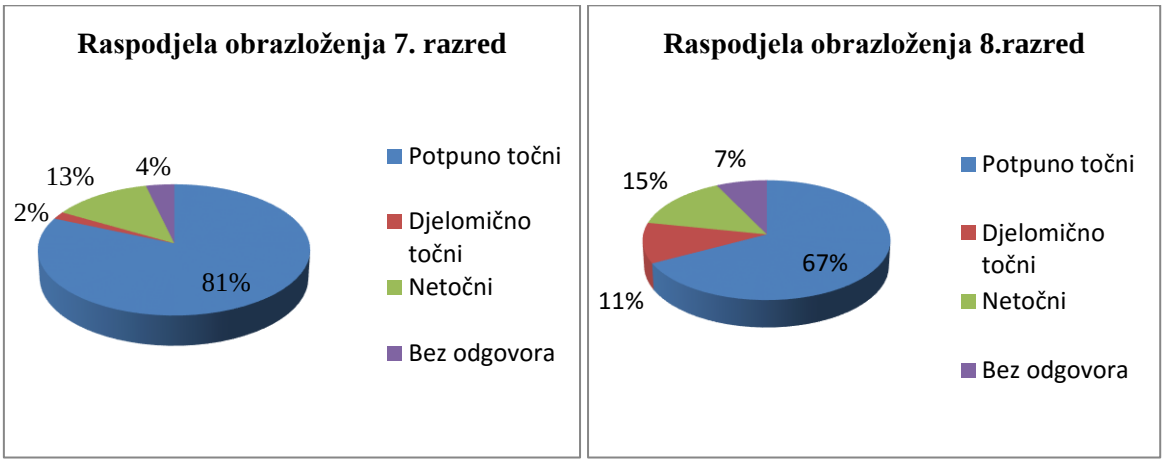




Slika 14. Prikaz raspodjele odgovora za 1. zadatak

U sedmome razredu 5% učenika smatra kako bi nakon što maknemo sve atome iz stolice ipak ostala stolica manje mase. Ovaj odgovor upućuje na moguću miskoncepciju da su atomi i molekule u samoj tvari. Kod osmih razreda taj postotak je samo 2%. Što se tiče američkih učenika, situacija je malo drugačija, za odgovor D) odlučilo se 18% testiranih učenika.

Također možemo diskutirati i raspodjelu obrazloženja u sedmim i osmim razredima.

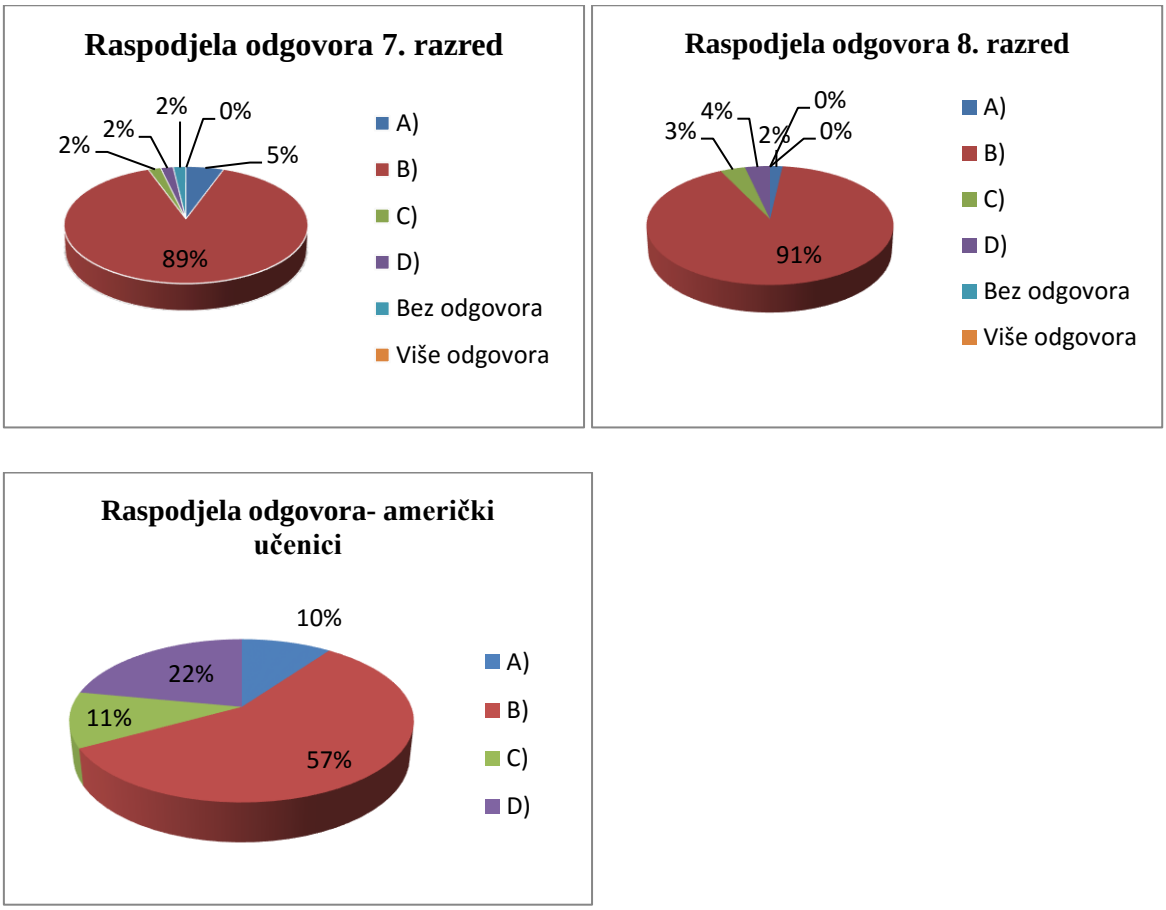


Slika 15. Prikaz raspodjele obrazloženja za 1. zadatak

Iz ovih grafova vidimo kako su na ovome zadatku učenici davali potpuno ili djelomično točna obrazloženja. Što se tiče netočnih obrazloženja, uočila sam kako neki učenici smatraju kako stolica nije građena samo od atoma, pa joj se iz tog razloga samo smanji masa kad se uklone atomi. Također, bilo je situacija u kojima je učenik zaokružio točan odgovor, ali dao netočno/irelevantno obrazloženje. Na primjer : „ *Jer atome ne možemo vidjeti* „ .

2. Je li zrak tvar? Zašto je ili zašto nije?
   A) Da, jer zrak nije živ.
   B) Da, jer je građen od atoma.
   C) Ne, jer ga ne vidimo.
   D) Ne, jer ne zauzima prostor.

Što se tiče drugog zadatka, ponovno naši učenici nisu imali nekih znatnijih poteškoća. Za točan je odgovor postotak u oba razreda veći od 80%. Što se tiče američkih učenika kod njih je postotak točnih odgovora 57%. Sljedećim grafikonima prikazana je raspodjela odgovora.



Slika 16. Prikaz raspodjele odgovora za 2. zadatak

Najviše netočnih odgovora, njih 5% u sedmom razredu, bilo je za odgovor A). Taj odgovor nam ukazuje na moguću miskoncepciju da biološki materijali nisu tvar. Što se pak osmih razreda tiče, kod njih je najveći postotak netočnih odgovora pod D), i to 4%, što nam ukazuje na moguću miskoncepciju kako zrak ne zauzima prostor. Kod američkih

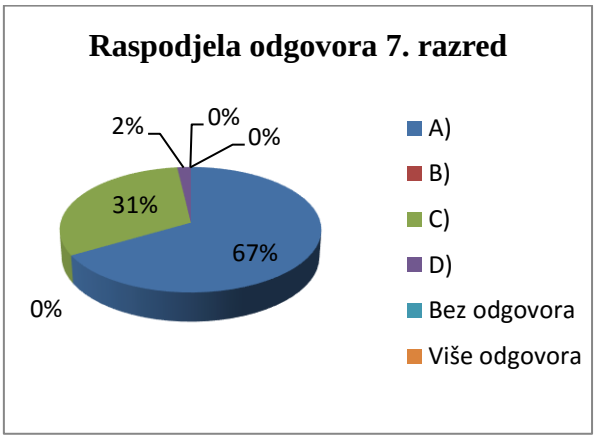
učenika, kao i kod našeg osmog razreda najveći postotak netočnih odgovora je pod D) i to čak 22% kod američkih učenika.

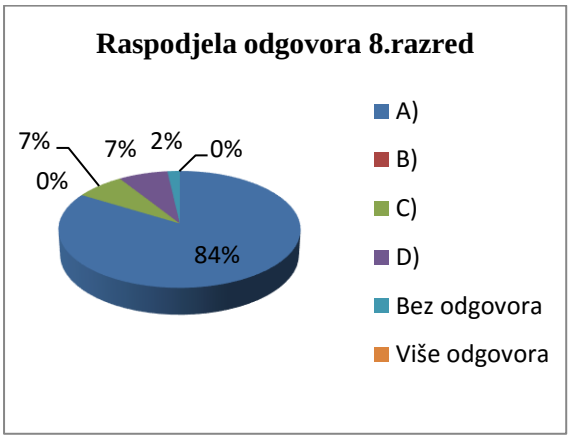
3. Što od navedenoga nije građeno od atoma?

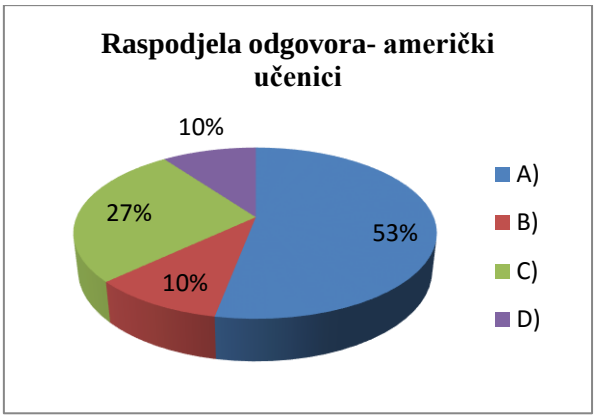
A) Toplina.
B) Plin.
C) Stanica.
D) Krutina.

Što se tiče ovoga zadatka, prije svega moram napomenuti kako naši učenici nisu bili upoznati s riječi krutina, u oba razreda postavljali su to pitanje. Naime, oni upotrebljavaju riječ čvrsta tvar umjesto krutine. Prilikom sastavljanja testa nije mi se činilo da učenici nisu upoznati sa značenjem ove riječi, no zato sam im i napomenula prije nego su krenuli rješavati test da mogu pitati ukoliko im nešto nije jasno u testu, što su i učinili.

U sedmom razredu je 67% učenika točno odgovorilo, dok je u osmom taj postotak nešto veći (84%), a kod američkih učenika 53%.







Slika 17. Prikaz raspodjele odgovora za 3. zadatak

U sedmome razredu čak 31% učenika odlučio se za netočan odgovor pod C), također u osmome razredu taj odgovor je imao najveći postotak (7%), kao i kod američkih učenika (27%). Ovaj odgovor upućuje na miskoncepciju da stanice nisu građene od atoma. Zanimljivo je kako je ovaj postotak veći u sedmome razredu nego kod osmog, te kod američkih učenika. Ovaj odgovor može biti indikator da postoje određene poteškoće u razumijevanju građe tvari i povezivanju biologije i fizike u nastavi.

4.3. Atomi su jako mali

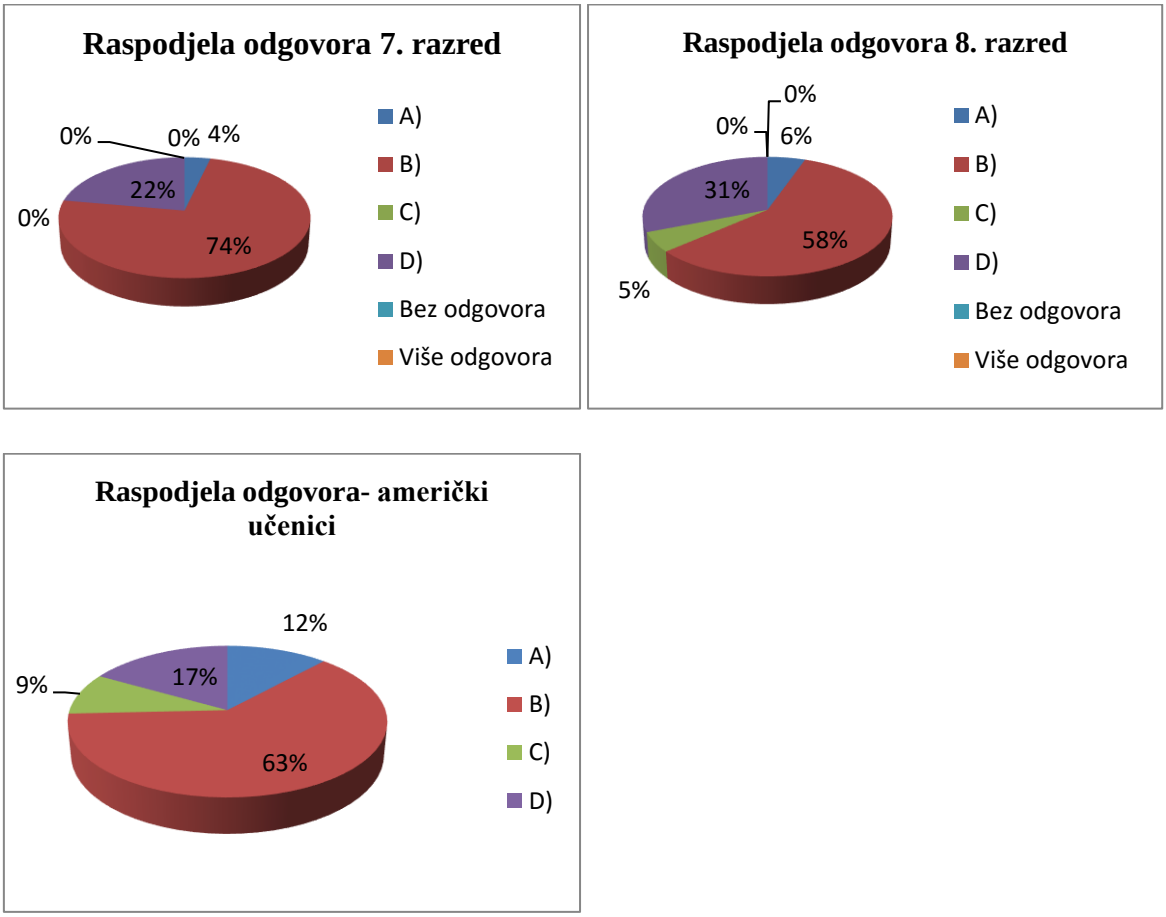
U ovoj je grupi samo jedan zadatak. On ispituje koliko su veliki atomi u usporedbi s drugim malim objektom, stanicom.

4. Što je veće, atom ili stanica u tijelu?

A) Atom.
B) Stanica.
C) Jednake su veličine.
D) Ovisi o vrsti atoma.

Kod ovog su zadatka učenici 7. razreda ostvarili 74% točnih odgovora, dok je u 8. razredu taj postotak znatno manji (58%). Iz toga možemo zaključiti kako vjerojatno postoje poteškoće u samome razumijevanju čestične građe tvari. Naime, učenici uče kako

je atom najmanja čestica nekog elementa, koja zadržava njegova kemijska svojstva, a u ovome zadatku očito miješaju atom i stanicu. Što se tiče američkih učenika, taj postotak je 63%, što također ukazuje na poteškoće u razumijevanju.



Slika 18. Prikaz raspodjele točnih odgovora za 4. zadatak

Iz ovih grafikona možemo vidjeti kako su naši učenici najviše zaokruživali netočan odgovor pod D), kao i američki učenici. Sljedeći najviše zaokruživani netočni odgovor jest onaj pod A) kod svih učenika. Taj odgovor upućuje na moguću miskoncepciju kako su stanice manje od atoma. I na kraju, najmanji postotak netočnih odgovora jest pod C). On upućuje na miskoncepciju da su atomi i molekule jednakih veličina kao i stanice. Zanimljivo je kako se u sedmome razredu nitko nije odlučio za taj odgovor, dok je u osmome razredu samo 5% učenika zaokružilo taj odgovor.

4.4. Atomi i molekule su u konstantnom gibanju

U ovoj grupi imamo ponovno samo jedan zadatak. On provjerava znanje o konstantnom gibanju čestica kod čvrstih tijela, tekućina i plinova.

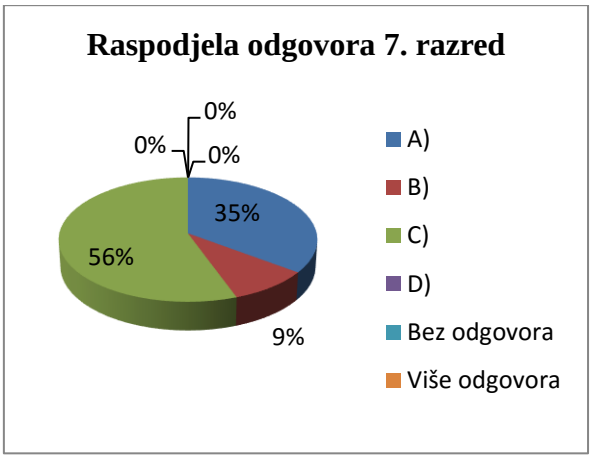
5. Lopta napunjena zrakom stavljena je na stolicu. Koja je od ponuđenih tvrdnji o atomima i molekulama stolice, te atomima i molekulama zraka u lopti točna?

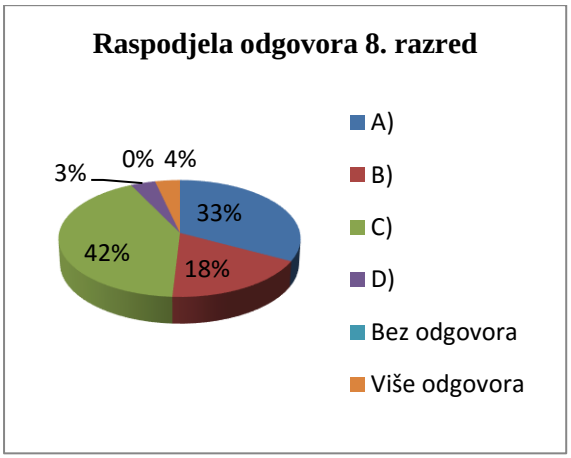
A) Atomi i molekule stolice, te atomi i molekule zraka u lopti se gibaju.
B) Atomi i molekule stolice, te atomi i molekule zraka u lopti miruju.
C) Atomi i molekule stolice miruju, a atomi i molekule zraka u lopti se gibaju.
D) Atomi i molekule stolice se gibaju, a atomi i molekule zraka u lopti miruju.

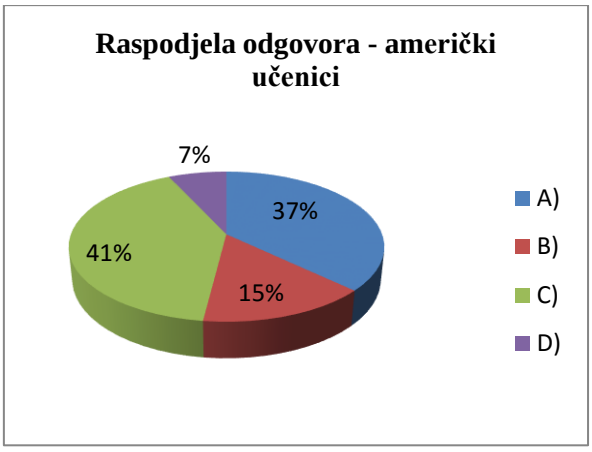
Obrazložite svoj odgovor!

_____

Kod ovog je zadatka udio točnih odgovora kod sedmih razreda 35%, dok je kod osmih razreda još manji, samo 33%. Što se tiče američkih učenika, postotak točnih odgovora je nešto veći nego kod naših učenika, ali još uvijek jako malen, 37%. Ovo je ujedno i zadatak koji je u cijelome testu imao najmanji postotak točnih odgovora kod svih učenika, što ukazuje na poteškoće u razumijevanju i kod hrvatskih i kod američkih učenika. Sljedeći grafikoni pokazuju raspodjelu odgovora.

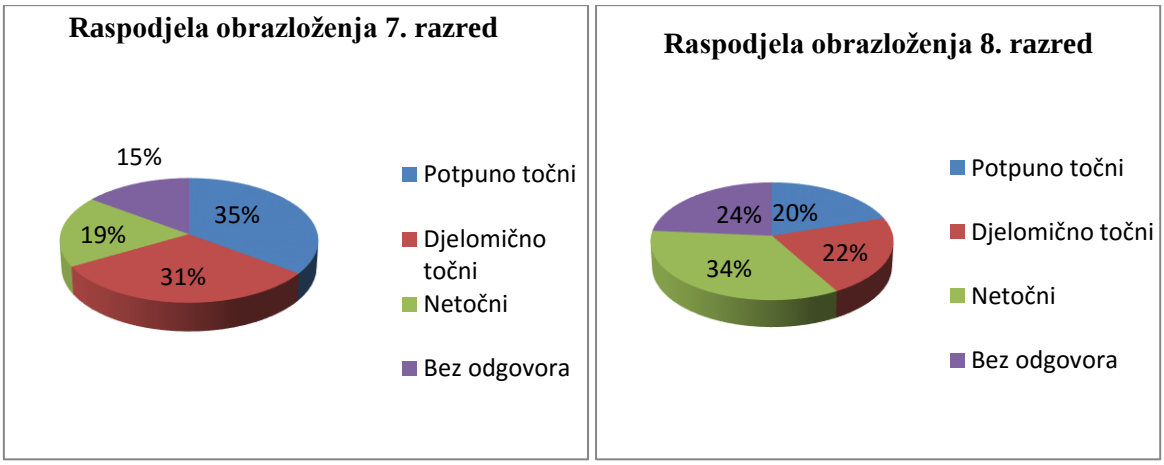






Slika 19. Prikaz točnih odgovora za 5. zadatak

Iz grafikona na Slici 19. možemo vidjeti kako su svi učenici najviše zaokruživali netočan odgovor pod C). Učenici sedmih razreda čak 56%, osmih 42% i američki učenici 41%. Ovaj odgovor upućuje na miskoncepciju da se atomi i molekule u čvrstim tijelima ne gibaju. Mogu zaključiti kako su s ovim zadatkom učenici imali najviše problema. Mislim da im je teško zaključiti da se atomi i molekule gibaju u čvrstim tijelima, jer ona miruju i ne mijenjaju volumen. Lakše prihvaćaju da se atomi i molekule gibaju u plinovitom stanju, jer plinovi mogu ekspandirati, širiti se. Učenici su radili pokus s osvježivačem zraka: ispred školske ploče istisne se malo osvježivača zraka, te učenici osjete ugodan miris. Iz toga mogu zaključiti kako se miris proširio učionicom, jer su se sitne čestice osvježivača zraka nasumično gibaju na sve strane. Također, učenici su zaokruživali i netočan odgovor pod B), koji upućuje na miskoncepciju kako se atomi i molekule niti u čvrstom, niti u plinovitom stanju ne gibaju. Još nam preostaje pogledati kakva je situacija s danim obrazloženjima.



Slika 20. Prikaz raspodjele obrazloženja za 5. zadatak.

Iz Slike 20. možemo uočiti kako je poprilično malen postotak potpuno točnih obrazloženja. Uočila sam da neki učenici i daju točno obrazloženje, ali zaokruže netočan odgovor. Naime, većina učenika ne smatra titranje čestica gibanjem. Oni lijepo navedu kako se u plinovitom stanju čestice slobodno gibaju, a kako u čvstome stanju samo titraju. Što se tiče netočnih obrazloženja, većinom učenici smatraju da ukoliko stolica i lopta na njoj miruju, onda i njihove čestice miruju. Također sam uočila kako dosta učenika nije ponudilo nikakvo obrazloženje, u sedmome razredu njih 15%, dok u osmome razredu čak 24%.

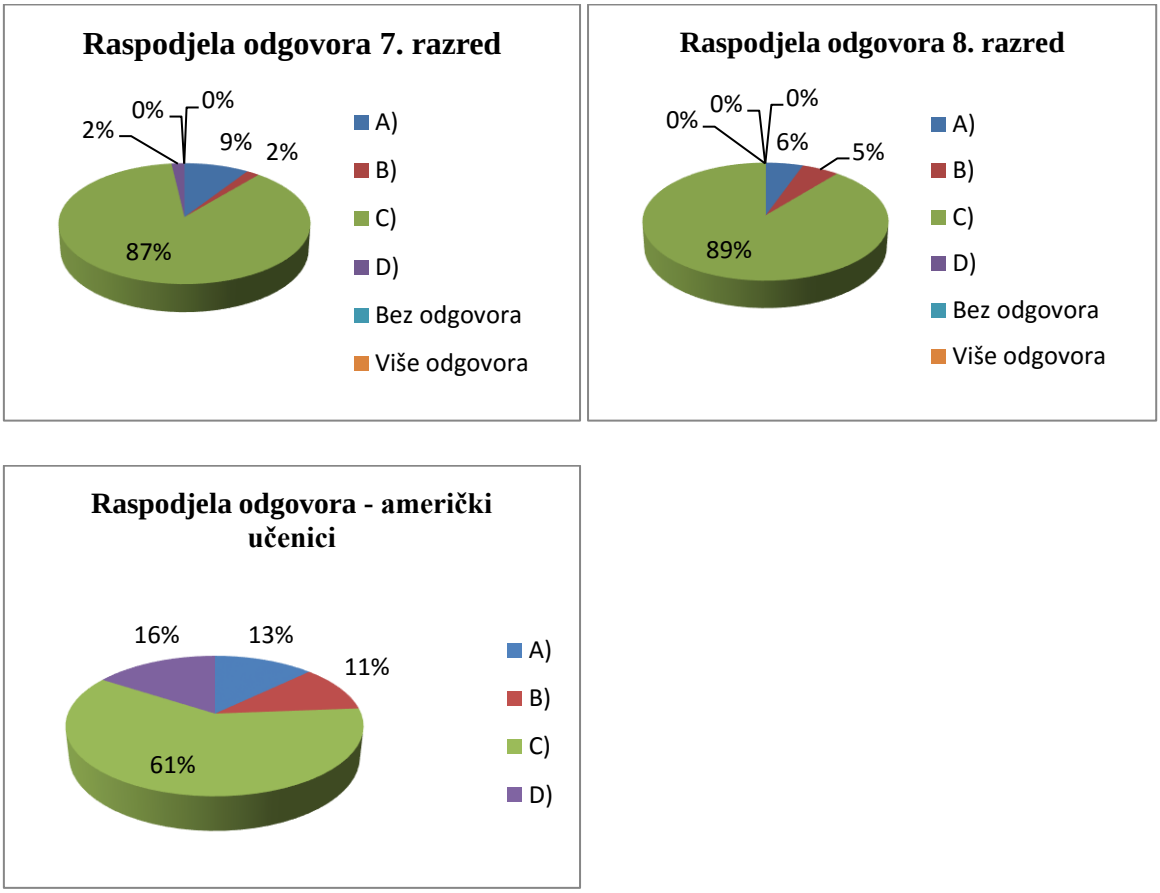
4.5. Razlika u rasporedu, gibanju i interakciji atoma i molekula koji grade tekućine, plinove i čvrsta tijela

U ovoj grupi imamo dva zadatka, 6. i 7. zadatak. Oni ispituju razliku u rasporedu, gibanju i interakciji atoma i molekula koji grade tekućine, plinove i čvrsta tijela (krutine).

6. U kojem su agregacijskom stanju materije veze između molekula najjače?

A) U plinu.
B) U tekućini.
C) U krutini.
D) U svima jednako.

Na ovome su zadatku hrvatski učenici imali dosta veliki postotak točnih odgovora, sedmi razredi 87%, dok su osmi imali 89%. Što se tiče američkih učenika, oni su imali nešto manji postotak točnih odgovora, 61% . Sljedeći grafikoni prikazuju raspodjelu odgovora.



Slika 21. Prikaz raspodjele odgovora za 6. zadatak.

Iz grafikona na Slici 21. možemo zaključiti kako hrvatski učenici i nisu imali nekih većih poteškoća kod ovog zadatka, obzirom da je veliki postotak učenika zaokružio točan odgovor. Smatram kako su učenici na ovome zadatku mogli primijeniti i znanje iz drugih predmeta, točnije kemije, što im je vjerojatno pomoglo pri odabiru točnog odgovora. Netočni odgovor s najvećim postotkom kod hrvatskih učenika jest onaj pod A). Mogući razlog ovog odgovora jest taj da učenici nisu pažljivo pročitali zadatak. Isto tako moram napomenuti kako je učenike zbunjivala riječ materija, što je isto tako moglo navesti učenike na netočan odgovor, bez obzira što sam objasnila na što se misli u zadatku. Kod američkih učenika, sva su tri netočna odgovora imala podjednake postotke.

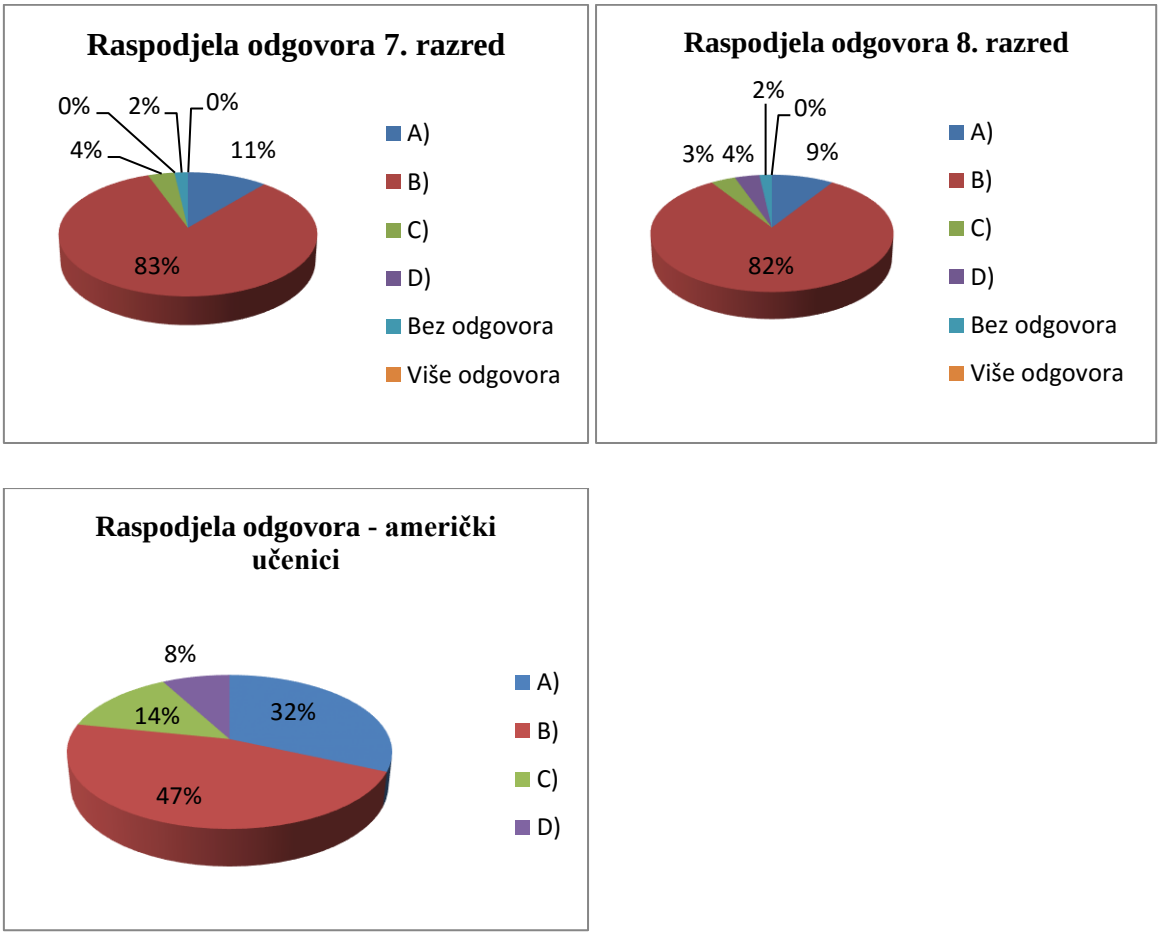
7. Koja tvrdnja točno opisuje položaj molekula plina u zatvorenom spremniku?

A) Molekule su gusto raspoređene u cijelom spremniku.
B) Molekule su raspršene (daleko jedna od druge) po cijelom spremniku.
C) Gotovo sve molekule su na vrhu spremnika.
D) Gotovo sve molekule su na dnu spremnika.

Obrazložite svoj odgovor!

_____

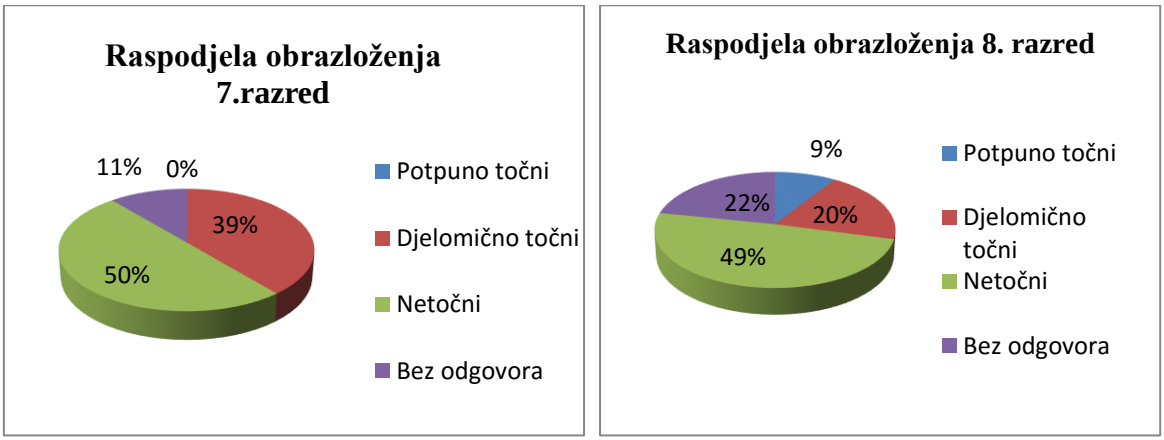
Kod ovog zadatka vidimo da su učenici ponovno imali veliki postotak točnih odgovora kod sedmih razreda 83%, osmih 82%, dok su američki učenici ostvarili samo 47%. Sljedeći grafikoni prikazuju raspodjelu odgovora.



Slika 22. Prikaz raspodjele odgovora za 7. zadatak

Najviše učenika, kako hrvatskih tako i američkih odlučio se za netočan odgovor pod A). Taj odgovor navodi na moguću miskoncepciju kako su čestice plina u zatvorenom

spremniku gusto pakirane, bez praznog prostora između njih. Možemo još pogledati i raspodjelu obrazloženja.



Slika 23. Prikaz raspodjele obrazloženja za 7. zadatak.

Iz ovih grafikona možemo uočiti kako je poprilično malen postotak potpuno točnih obrazloženja. U ovome zadatku ponovno možemo uočiti kako je veliki postotak učenika izostavio obrazloženje. Pretpostavljam da su učenici smatrali kako je samim odgovorom sve već objašnjeno, pa nema potrebe za dodatnim obrazloženjem. Većina netočnih odgovora bila je samo prepisan zaokruženi odgovor, bio on točan ili netočan.

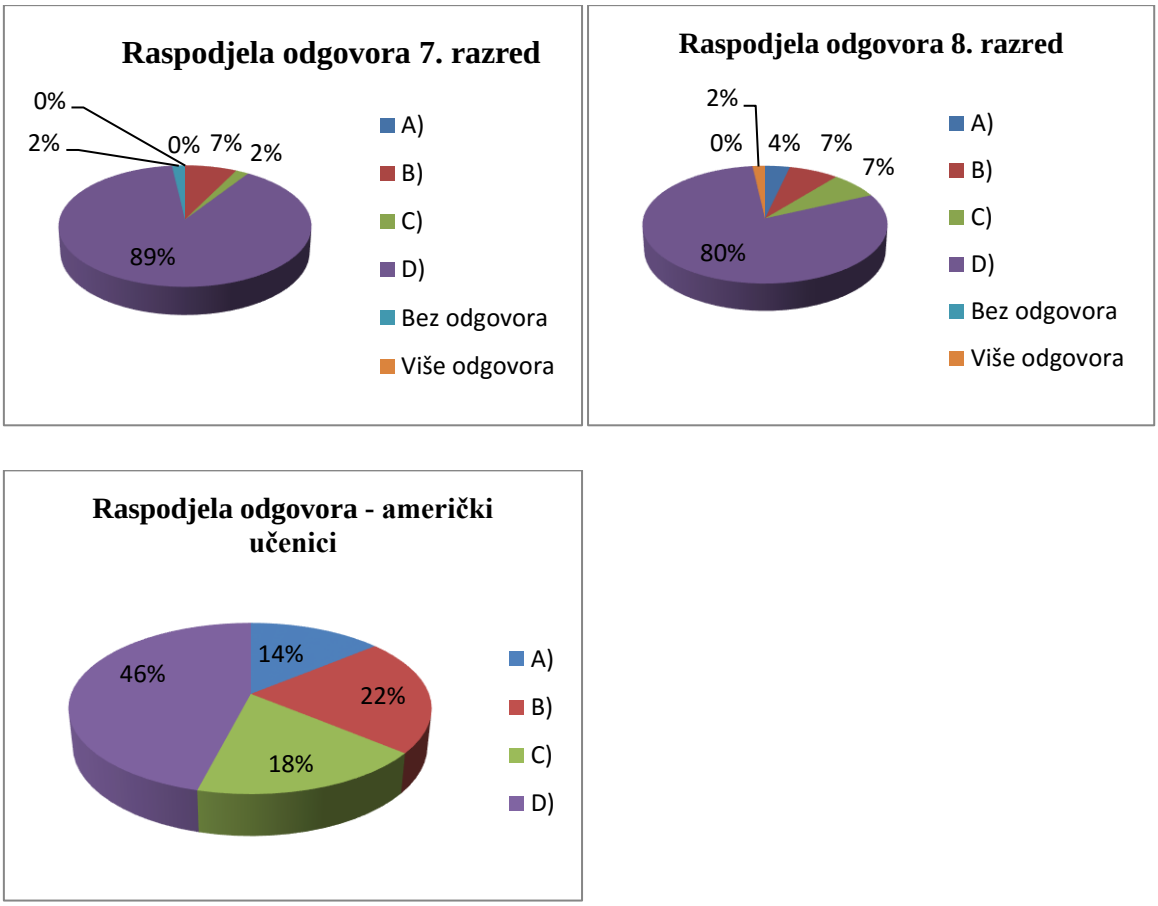
4.6. Toplinsko širenje tvari

U ovoj grupi imamo ukupno pet zadataka 8, 9, 10,11. i 12. Ova pitanja ispituju znaju li učenici što se događa s česticama tvari pri zagrijavanju.

9. Kako se molekule hladne vode razlikuju od molekula tople vode?

A) Molekule hladne vode su veće od molekula tople vode.
B) Molekule hladne vode imaju manje molekula topline pomiješanih s njima.
C) Molekule hladne vode imaju veću masu od molekula tople vode.
D) Molekule hladne vode su bliže jedne drugima, nego molekule tople vode.

Kod ovoga zadatka ponovno su hrvatski učenici imali veliki postotak točnih odgovora, sedmi razred 89%, a osmi 80%, dok su američki učenici imali znatno manji postotak točnih odgovora, samo 46%.



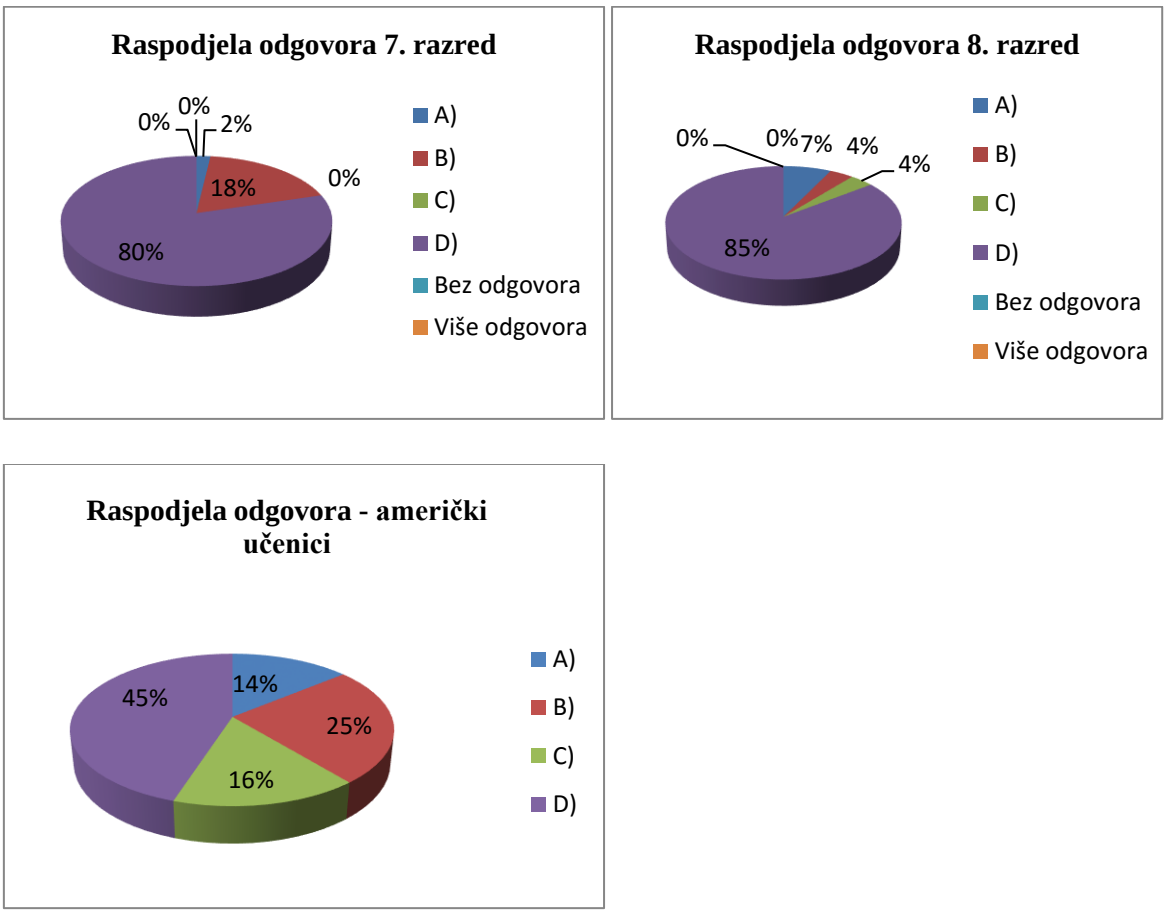
Slika 24. Prikaz raspodjele odgovora za 9. zadatak.

Iz grafikona vidimo kako su hrvatski i američki učenici najviše zaokruživali netočan odgovor pod B). Taj odgovor navodi na moguću miskoncepciju kako je toplina građena od „ molekula topline“. Netočni odgovor pod C) u sedmom razredu ima 2%, u osmom 7% učenika, dok kod američkih učenika taj odgovor daje 18%. Taj odgovor pak sugerira miskoncepciju kako se masa atoma/molekula tvari povećava kada se temperatura smanjuje, odnosno smanjuje kada se temperatura povećava. Netočan odgovor pod A) u sedmom razredu nitko nije zaokružio, dok je u osmome razredu odgovor A) zaokružilo samo 4% učenika, a američkih 14%. Ovaj odgovor navodi na miskoncepciju kako se veličina atoma/molekula povećava kada se temperatura smanjuje, odnosno smanjuje kada se temperatura povećava.

10. Nakon kuhanja doručka kuhar odlaže željeznu tavu na pult da se ohladi. Što se događa dok se željezna tava hladi?

A) Atomi željeza se povećavaju.
B) Masa atoma željeza se smanjuje.
C) Broj atoma željeza se povećava.
D) Razmak između atoma željeza se smanjuje.

Kod ovog su zadatka učenici sedmih razreda ostvarili 80% točnih odgovora, a osmi 85%, što je pokazatelj da ni s ovim zadatkom nisu imali većih problema.

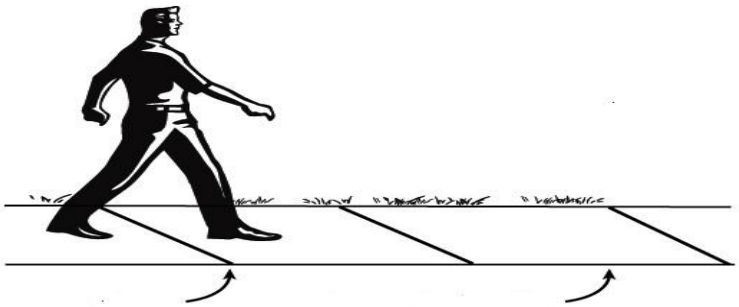


Slika 25. Prikaz raspodjele odgovora za 10. zadatak.

Iz grafikona možemo vidjeti kako je u sedmom razredu najviše učenika zaokružilo netočan odgovor pod B). Kao i hrvatski učenici sedmog razreda i američki učenici najviše su zaokruživali netočan odgovor pod B). Taj odgovor ponovno upućuje na miskoncepciju kako se veličina atoma/molekula povećava kada se temperatura smanjuje, odnosno smanjuje kada se temperatura povećava, koju smo već imali u 9. zadatku pod odgovorom

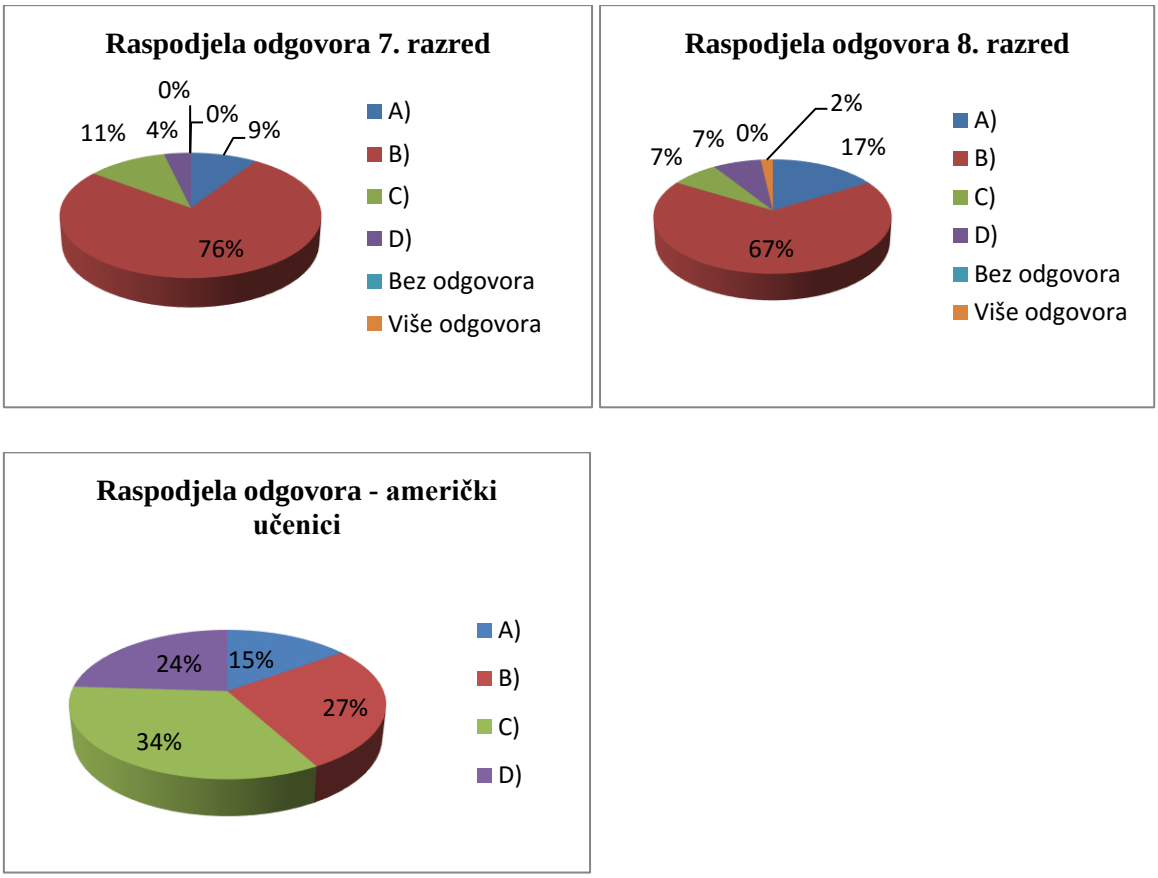
A). Učenici osmih razreda su pak najviše zaokruživali netočan odgovor pod A) koji upućuje na već spomenutu miskoncepciju u zadatku 9. pod C). Zanimljivo je kako se u sedmom razredu nitko nije odlučio za odgovor C), u osmom razredu samo 4% učenika zaokružilo je taj odgovor, a američkih učenika 16%. Taj odgovor upućuje na moguću miskoncepciju da se broj atoma/molekula tvari povećava kada se temperatura smanjuje, odnosno smanjuje kada se temperatura povećava.

12. Većina nogostupa je izgrađena od čvrstih betonskih ploča. Između njih postoji razmak. Što će se dogoditi s tim razmakom između betonskih ploča tijekom vrućeg ljetnog dana i zašto?



A) Razmak će postati širi, jer će se betonske ploče skupiti.
B) Razmak će postati uži, jer će se betonske ploče širiti.
C) Razmak će ostati isti, jer se betonske ploče neće niti skupiti, niti širiti.
D) Neki će razmaci biti širi, neki uži, a neki će ostati isti, jer se svaka betonska ploča ponaša drugačije tijekom vrućeg ljetnog dana.

Kod ovog zadatka možemo uočiti kako je postotak točnih odgovora puno veći kod hrvatskih učenika nego kod američkih. U sedmome razredu taj postotak je 76%, u osmome 67%, dok je kod američkih učenika samo 27%. Sljedeći grafikoni prikazuju raspodjelu odgovora.



Slika 26. Prikaz raspodjele odgovora za 12. zadatak.

Iz grafikona vidimo kako je u sedmome razredu najviše učenika zaokružilo netočan odgovor pod C), i to njih 11%. Ovaj odgovor zaokružilo je 7% učenika osmog razreda. Zanimljivo je da su američki učenici kod ovog odgovora imali veći postotak čak i od točnog odgovora, točnije 34%. Ovaj odgovor upućuje na moguću miskoncepciju da se čvrste tvari promjenom temperature ne šire, niti ne skupljaju. Kod osmog razreda najviše je učenika zaokružilo netočan odgovor pod A), njih 17%. Taj isti odgovor zaokružilo je 9% učenika sedmog razreda i 15% američkih učenika. Ovaj odgovor također upućuje na jednu moguću miskoncepciju, a ta je da se tvari zagrijavanjem skupljaju.

4.7. Promjena agregacijskih stanja materije

U ovoj se grupi nalaze dva zadatka 13. i 14. Ovi zadatci ispituju primjenu znanja o promjeni agregacijskih stanja materije.

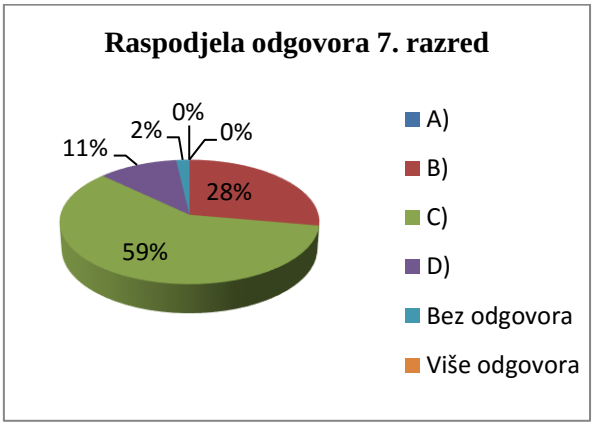
13. Razlijemo malo vode na pločice, ali nemamo vremena to obrisati. Nekoliko sati kasnije većina vode je nestala. Što se dogodilo s vodom?

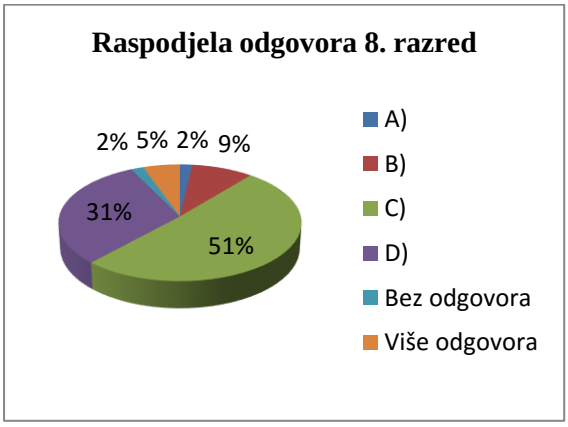
A) Molekule vode su uništene.
B) Molekule vode su se smanjile i sada zauzimaju manje prostora.
C) Molekule vode su postale plin i sada su dio zraka.
D) Molekule vode su se raspale na atome vodika i kisika, koji su sada u zraku.

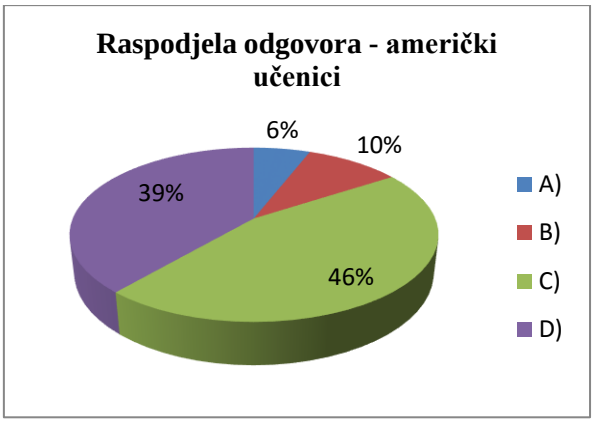
Obrazložite svoj odgovor!

_____

Kod ovog su zadatka učenici sedmih razreda imali 59% točnih odgovora, osmih 51%, dok su američki učenici imali 46% točnih odgovora. Možemo reći kako su učenici kod ovog zadatka imali malo poteškoća.

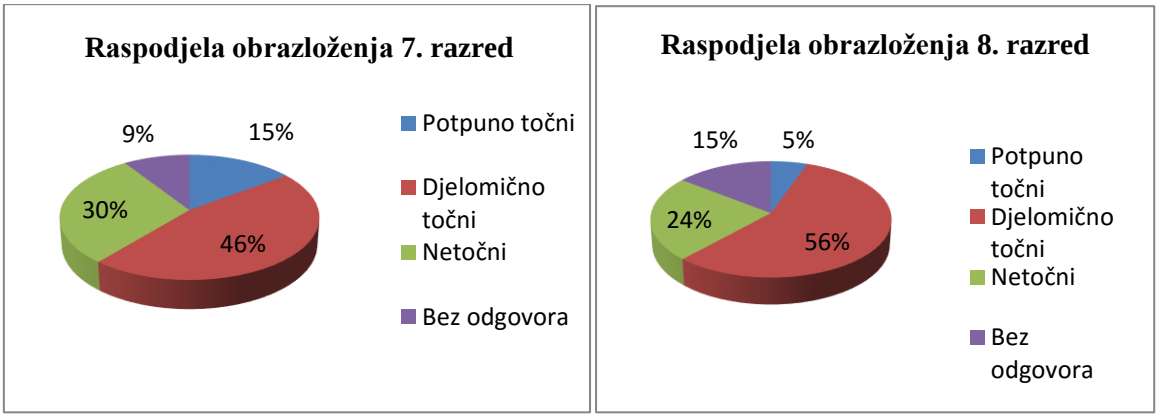






Slika 27. Prikaz raspodjele odgovora za 13. zadatak.

Iz grafikona vidimo kako su učenici sedmih razreda najviše zaokruživali netočan odgovor pod B), čak 28%. Osmi razredi za taj odgovor imaju 9%, a američki učenici 9%. Ovaj odgovor upućuje na miskoncepciju kako molekule mijenjaju veličinu tijekom promijene faze. Ova miskoncepcija pokazala se većim problemom u sedmome nego u osmome razredu. Osmi razred, kao i američki učenici, najviše su zaokruživali netočan odgovor pod D): osmi razredi čak 31%, američki učenici 39%, dok su sedmi razredi imali 11%. Ovaj odgovor upućuje na miskoncepciju kako se molekule tvari raspadnu na pojedinačne atome prilikom isparavanja. Konkretno, u ovome zadatku učenici misle da se tijekom isparavanja molekule vode raspadnu na atome vodika i kisika. Ova se miskoncepcija pokazala kao veći problem u osmome nego u sedmome razredu. Za netočni odgovor A) odlučilo se samo 2% učenika osmih razreda i 6% američkih učenika. Ovaj odgovor ukazuje na moguću miskoncepciju kako se tvar uništi tijekom isparavanja. Možemo još samo pogledati raspodjelu obrazloženja.



Slika 28. Prikaz raspodjele obrazloženja za 13. zadatak.

Iz ovih grafikona možemo vidjeti kako je vrlo mali postotak potpuno točnih obrazloženja. Najveći je postotak djelomično točnih obrazloženja. Naime, većina učenika dobro zaključi kako je došlo do isparavanja vode, ali ne navedu da su to i dalje molekule vode u zraku. Također, učenici u obrazloženju navedu da je došlo do isparavanja vode, ali zaokruže netočan odgovor da se molekule raspadnu na atome vodika i kisika. Mogući razlog tome može biti da učenici ne percipiraju vodu kao tvar koja može biti u plinovitom stanju, te im je prihvatljivije da se ona pri isparavanju pretvori u dva plina, vodik i kisik. Ovo mišljenje može biti simptom i negativnog transfera znanja iz kemije. Sve ovo navodi na zaključak kako učenici imaju poteškoće u razumijevanju ovog gradiva, te im je iz tog razloga vjerojatno bilo i teško dati potpuno točno obrazloženje.

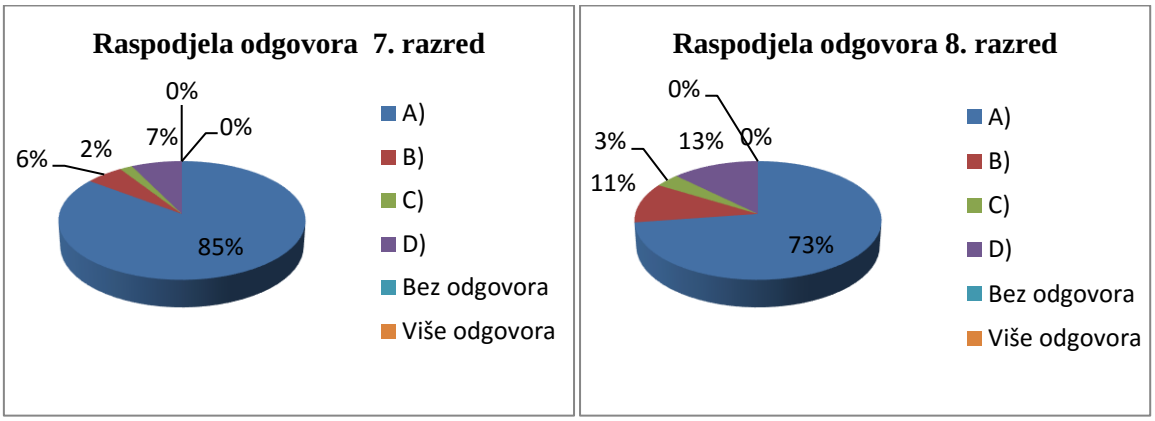
4.8. Srednja brzina atoma/molekula

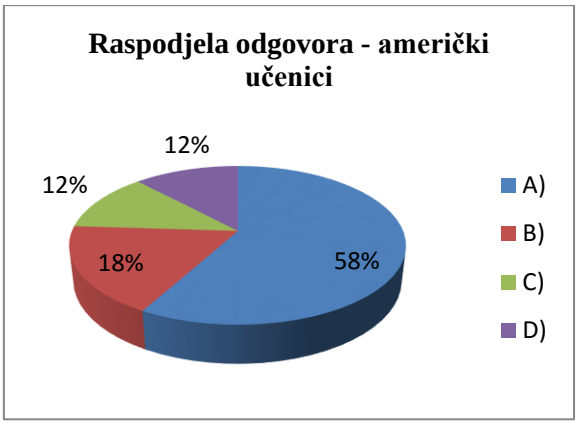
U ovoj posljednjoj grupi nalazi se samo jedan zadatak, i to posljednji zadatak ovoga testa. Ovim se zadatkom ispituje povezivanje brzine gibanja čestica i temperature.

15. Kako se molekule toplog zraka razlikuju od molekula hladnog zraka?

A) Molekule toploga zraka se gibaju brže od molekula hladnoga zraka.
B) Molekule toploga zraka se gibaju sporije od molekula hladnoga zraka.
C) Molekule toploga zraka se gibaju jednako kao molekule hladnoga zraka.
D) Ne možemo govoriti o razlici bez dodatnih informacija.

Kod ovog su zadatka učenici sedmih razreda imali 85%, osmih 73%, a američki učenici 58% točnih odgovora.





Slika 29. Prikaz raspodjele odgovora za 15. zadatak.

Hrvatski su učenici najviše zaokruživali netočan odgovor pod D), od toga sedmi razredi 7%., a osmi 13%. Za netočni odgovor pod D) odlučilo se 12% američkih učenika. Američki učenici su najviše zaokruživali netočan odgovor pod B). Taj odgovor upućuje na miskoncepciju da se srednja brzina atoma/molekula tvari smanjuje kada se temperatura povećava i obrnuto. Možemo reći da je ova miskoncepcija prisutna i kod hrvatskih učenika, jer su sedmi razredi na ovom odgovoru imali 6%, a osmi 11%. I odgovor pod C), koji upućuje na miskoncepciju da srednja brzina atoma/molekula tvari ostaje jednaka prilikom promjene temperature, najviše su zaokruživali američki učenici 12%, dok su hrvatski učenici na ovome odgovoru imali jako mali postotak, sedmi razredi svega 2%, a osmi 3%.

4.9. Obrazloženja odgovora

Iz rezultata ovog istraživanja uočila sam kako učenici imaju dosta problema pri davanju obrazloženja na svoje odgovore. Obrazloženja, koja su učenici davali, bila su uglavnom djelomična, ili kod većine učenika samo prepisani odabrani odgovori. Također je bilo i puno situacija u kojima učenici nisu davali nikakva obrazloženja, što može ukazivati na to da su možda slučajnim odabirom odabrali točan odgovor. Ali, isto tako sam primijetila da učenici većinom odgovaraju punim rečenicama, što znači da su naučeni pisati obrazloženja, ali je problem u njihovoj kvaliteti i razumijevanju koncepata na koja su se pitanja odnosila.

Možemo pogledati neka obrazloženja koja su davali učenici kako bi objasnili što ostane od stolice ukoliko maknemo sve atome.

„ Zato što atomi čine nekakve stvari.“

Ovo objašnjenje nam ne govori puno o tome razumije li učenik u potpunosti građu stolice. On govori o nekakvim stvarima, ali ne spominje u obrazloženju da između tih atoma koji grade stolicu postoji prazan prostor, što je u ovome zadatku vrlo bitno.

S druge strane imamo primjer detaljnijeg obrazloženja na ovome zadatku.

„ Ne preostaje ništa, jer se između atoma nalazi prazan prostor, a ako maknemo sve atome, ostaje samo prazan prostor.“

Uzet ću još jedan primjer u kojem su učenici trebali dati obrazloženje na ponuđenu tvrdnju o atomima/molekula u stolici i lopti napunjenoj zrakom (zadatak 5.).

Na ovome je zadatku većina obrazloženja uz točno zaokruženi odgovor bila u potpunosti točna. Evo nekih primjera.

„ Atomi i molekule stolice titraju, kao i kod ostalih u čvrstom stanju, a atomi i molekule zraka su raspršeni i gibaju se.“

„ Zato što se molekule pa i atomi u plinovitom stanju slobodno gibaju za razliku od tijela koja imaju čvrsta agregacijska stanja (molekule titraju).“

Prije samog rješavanja testa, zamolila sam učenike da mogu dati svoja obrazloženja i na onim zadatcima kod kojih ih nisam tražila, naravno ukoliko žele, ili smatraju da je obrazloženje potrebno.

Iz tih obrazloženja također sam uočila neke uobičajene miskoncepcije, prije svega da se molekule šire kod zagrijavanja. Evo nekih od primjera.

„ One će se širiti zato što se zagrijavaju, i molekule se šire i tako zauzimaju prostor između razmaka.“

„ Zato što se molekule tekućine povećavaju (šire) kada im je toplo.“

„ Zato što pri većim temperaturama molekule se šire, a tako se šire i molekule u betonskoj ploči.“

Potrebno je naučiti učenike kako da oblikuju svoja obrazloženja, jer se na taj način postiže viši intelektualni angažman učenika na satu. Također, razvija se i znanstveni način razmišljanja i veća sposobnost koherentnog izražavanja argumenata.

5. Implikacije za nastavu fizike

Rezultati ovog istraživanja ukazuju na postojanje miskoncepcija vezanih uz čestičnu građu tvari kod hrvatskih učenika, koje otežavaju razumijevanje i usvajanje fizikalnih ideja. Samo postojanje miskoncepcija može značiti da je potrebno uvesti neke promjene u nastavi fizike. Kod ovog sam istraživanja uočila kako manji broj učenika još zadržava model kontinuirane raspodjele tvari. Također, manji broj učenika ima problema s usporedbom veličine atoma i drugih manjih objekata. Stalno gibanje čestica je dobro prihvaćeno kod plinova, ali puno slabije kod čvrstih tvari. Veliki broj učenika smatra kako postoje „ molekule topline“, te da do toplinskog širenja tvari dolazi jer se šire čestice, a ne zato što se povećava razmak među njima. Neki učenici smatraju da se tijekom isparavanja molekule vode raspadnu na atome vodika i kisika. Možemo reći kako im je uglavnom poznata veza između brzine čestica i temperature.

Iako rezultati ovog istraživanja pokazuju kako ispitivani hrvatski učenici i nisu imali prevelikih poteškoća vezanih uz čestičnu građu tvari, spomenute miskoncepcije se nikako ne smiju ignorirati u nastavi. Treba naglasiti da se ovdje nije radilo o reprezentativnom uzorku hrvatskih učenika, pa dobivene rezultate ne smijemo generalizirati na cijelu populaciju. Vrlo je vjerojatno da bi rezultati za reprezentativan uzorak bili puno bliži američkom prosjeku, nego što je ovdje bio slučaj. Potrebno je prije svega da nastavnici znaju kako razmišljaju njihovi učenici, te da su upoznati s postojanjem miskoncepcija, kako bi mogli uvesti promjene u nastavi fizike. Nije realno očekivati da će se pojedine miskoncepcije brzo i potpuno ukloniti, ali nastavnik može uvelike u tome pomoći. Prije svake nove cjeline nastavnik bi trebao istražiti i uzeti u obzir koje bi mogle biti učeničke pretkoncepcije i prema tome osmisliti interaktivne metode koje bi koristile za vođenje i usmjeravanje učenika u razmišljanju, te induciranje konceptualne promjene. Smatram kako je za to najbolje koristiti eksperiment, jer će se na taj način učenici najlakše konstruirati fizikalne modele, te će ih i lakše prihvatiti. Čestični model treba postupno izgrađivati s učenicima kroz vođeno istraživanje. Osnovni aspekti tog modela mogu se razviti koristeći npr. sljedeće istraživačke pokuse:

1) tvari se sastoje od sitnih nevidljivih čestica – otapanje šećera u vodi
2) između čestica postoji međuprostor – miješanje alkohola i vode
3) čestice su u stalnom nasumičnom gibanju – tinta u vodi

Također je važno vraćati se i provjeravati mentalne modele učenika, kako bi se vidjelo jesu li se razvili u pravome smjeru ili postoje neke poteškoće. Na taj način može se znatno smanjiti broj miskoncepcija koje se javljaju kod učenika.

Kako bi se evaluirali mentalni modeli učenika, važno je postavljati konceptualna pitanja i tražiti uz njih kompletna obrazloženja.

6. Zaključak

Rezultati provedenog istraživanja ukazuju na poteškoće u razumijevanju osnovnih koncepata vezanih uz čestičnu građu tvari, koje se javljaju kod hrvatskih učenika sedmih i osmih razreda osnovne škole. Oni upućuju na važnost ovakvog testiranja učenika, i ukazuju na probleme koje imaju učenici pri razvijanju osobnog načina razmišljanja, a koje bi trebalo biti u skladu sa znanstvenim.

Test je bio sastavljen od prevedenih zadataka iz američkog projekta Project 2061, koji su sadržavali brojne tipične miskoncepcije vezane uz čestičnu građu tvari, otkrivene u prijašnjim istraživanjima. Pokazalo se da se većina tih pogrešnih ideja javlja i u ispitivanom uzorku hrvatskih učenika osnovne škole, premda ne s velikom frekvencijom. Najzastupljenijom miskoncepcijom u testu pokazala se ona vezana uz stalno gibanje čestica. Naime, stalno gibanje čestica dobro je prihvaćeno kod plinova, ali učenici imaju velikih poteškoća sa stalnim gibanjem čestica kod čvrstih tvari. Više od 40% učenika smatra kako čestice kod čvrstih tvari miruju. Sljedeća vrlo izražena miskoncepcija jest ona vezana uz toplinsko širenje tvari, odnosno da do toplinskog širenja tvari dolazi jer se šire čestice, a ne zato što se povećava razmak među njima. Za otkrivanje ove miskoncepcije uvelike su pomogla i obrazloženja. Kroz obrazloženja se dobila prava slika koliko zapravo učenici razumiju određeni koncept.

Pri usporedbi rezultata točno zaokruženih odgovora sedmog i osmog razreda pokazalo se kako nema ststističke razlike između sedmog i osmog razreda. Također, pri usporedbi ukupno testiranih hrvatskih učenika s američkim učenicima pokazalo se kako su hrvatski učenici bili uspješniji za više od 20%.

Ako pogledamo test hrvatskih učenika, možemo vidjeti kako su obrazloženja dosta utjecala na smanjenje srednjeg postotka riješenosti testa, ali su dala i bolji uvid u načine razmišljanja i poteškoće učenika.

Smatram kako je izuzetno bitno da učenici dobro razumiju čestičnu građu tvari već u osnovnoj školi, jer se na čestičnoj građi tvari baziraju i neke druge nastavne cjeline u fizici. Zato je vrlo bitno da su profesori fizike upoznati s pretkoncepcijama i miskoncepcijama koje imaju učenici, kako bi mogli tome prilagoditi svoje metode poučavanja.

7. Literatura

[1] Project 2061, 2001, *Atlas of Scientific Literacy*, Washington: American Association for the Advancement of Science

[2] Gabel, D. (1998). Complexity of chemistry and implications for teaching. In B.J. Fraser & K. Tobin (Eds.), International Handbook of Science Education Research. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

[3] Beštak Kadić, Zumbulka; Brković, Nada; Pećina, Planinka. Fizika 7: udžbenik za 7. razred osnovne škole. Zagreb: Alfa element 2014.

[4] Paar, Vladimir. Fizika 7: udžbenik za 7. Razred. Zagreb: Školska knjiga 2005.

[5] Planinić, Maja; Krsnik, Rudolf; Pećina, Planinika. Usvojenost nekih temeljnih fizikalnih ideja kod gimnazijalaca i studenata fizike.

(http://nastava.hfd.hr/simpozij/2001/2001-Planinic,Krsnik,Pecina.pdf)

[6] Portal za učenje

(http://www.eduvizija.hr/portal/lekcija/7-razred-fizika-grada-tvari)

[7] (http://ahyco.uniri.hr/povijestfizike/stari_atomska.htm)

[8] t- test tablica

(https://ldap.zvu.hr/~oliverap/VjezbeIzStatistike/Tablica%20za%20t%20test.pdf)

[9] Johnson, P. (1998c). Progression in children's understanding of a "basic" particle theory: A longitudinal study. International Journal of Science Education, 20(4), 393–412

[10] Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. Science Education, 65(2), 187–196.

[11] Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A., Saglam, Y., & Duru, E. (2006). A cross-cultural study: Middle school students' beliefs about matter. Proceedings of the Annual Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), San Francisco, CA.

[12] (https://hr.wikipedia.org/wiki/Povijest_fizike)

[13] (https://en.wikipedia.org/wiki/Student%27s_t-test)

[14] Nakhleh, M. B., & Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. Journal of Research in Science Teaching, 36(7), 777–805.

[15] Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A., & Saglam, Y. (2005). Middle school students' beliefs about matter. Journal of Research in Science Teaching, 42(5), 581–612

Dodatak

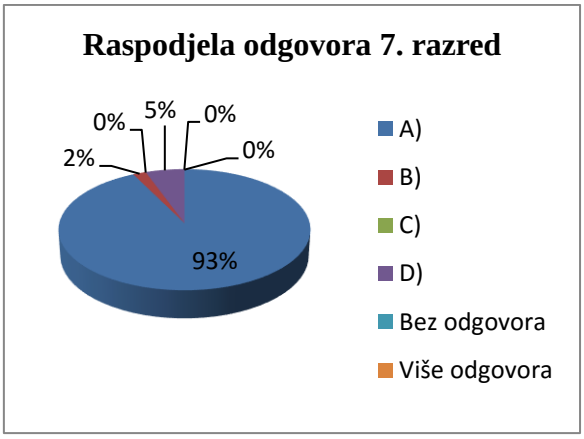
ČESTIČNA GRAĐA TVARI:

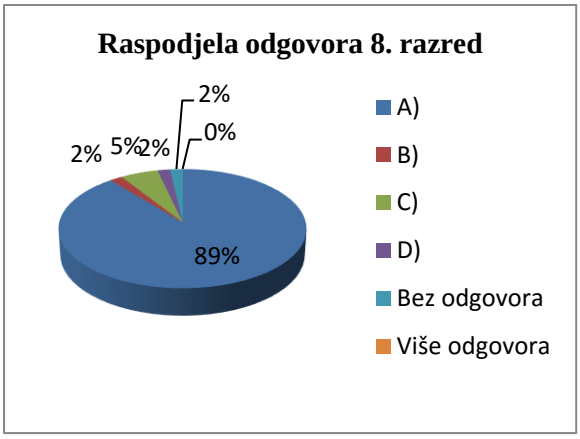
IME I PREZIME: ---------- RAZRED: .....

1. Zamisli da makneš sve atome iz stolice. Što preostaje?
   A) Ništa.
   B) Hrpa prašine.
   C) Ista stolica.
   D) Stolica manje mase.

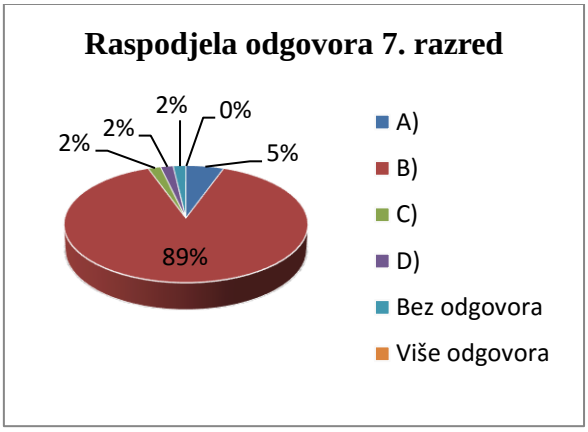
   Obrazložite svoj odgovor!

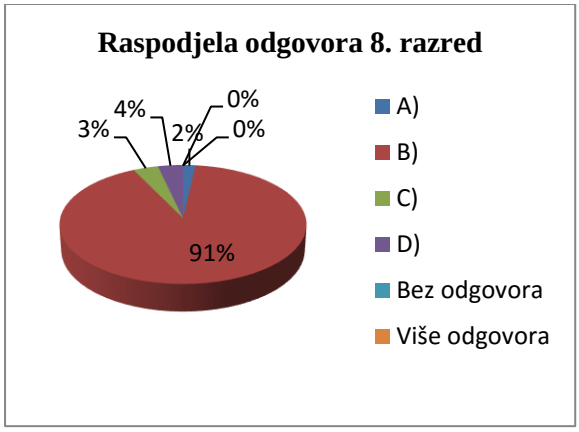
   _____



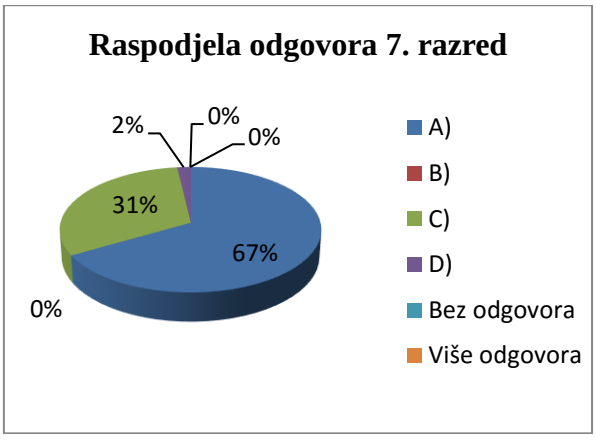


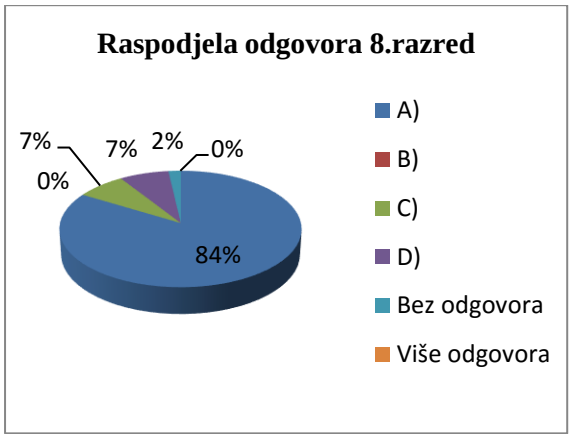
2. Je li zrak tvar? Zašto je ili zašto nije?
A) Da, jer zrak nije živ.
B) Da, jer je građen od atoma.
C) Ne, jer ga ne vidimo.
D) Ne, jer ne zauzima prostor.



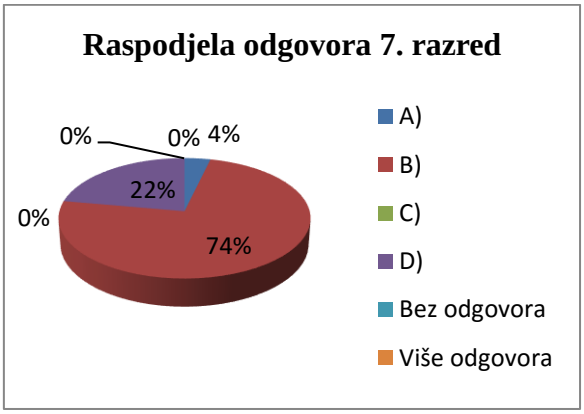


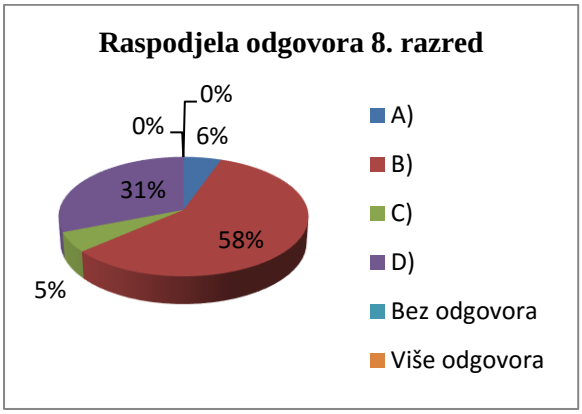
3. Što od navedenoga nije građeno od atoma?
A) Toplina.
B) Plin.
C) Stanica.
D) Krutina.





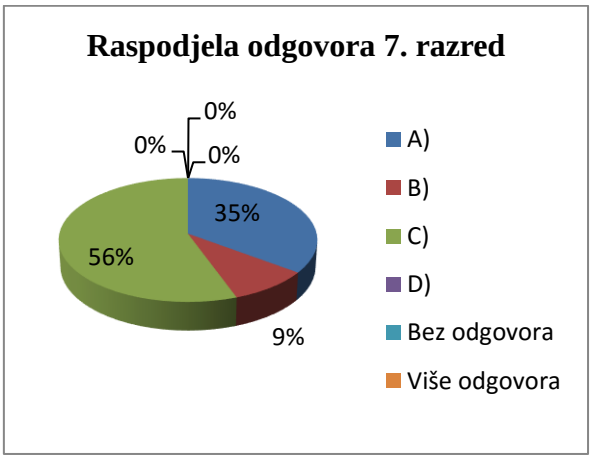
4. Što je veće, atom ili stanica u tijelu?
   A) Atom.
   B) Stanica.
   C) Jednake su veličine.
   D) Ovisi o vrsti atoma.

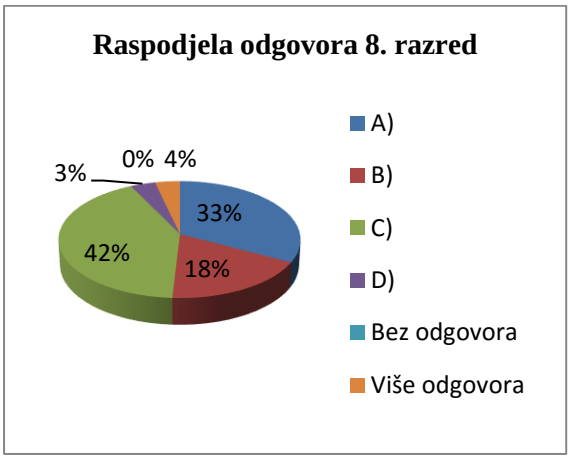




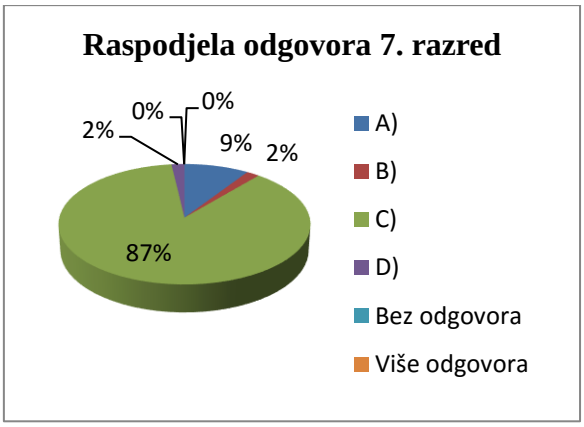
5. Lopta napunjena zrakom stavljena je na stolicu. Koja je od ponuđenih tvrdnji o atomima i molekulama stolice, te atomima i molekulama zraka u lopti točna?
   A) Atomi i molekule stolice, te atomi i molekule zraka u lopti se gibaju.
   B) Atomi i molekule stolice, te atomi i molekule zraka u lopti miruju.
   C) Atomi i molekule stolice miruju, a atomi i molekule zraka u lopti se gibaju.
   D) Atomi i molekule stolice se gibaju, a atomi i molekule zraka u lopti miruju.

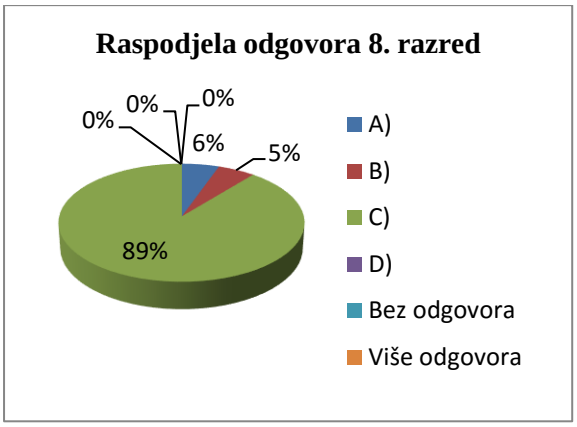
   Obrazložite svoj odgovor!





6. U kojem su agregacijskom stanju materije veze između molekula najjače?
   A) U plinu.
   B) U tekućini.
   C) U krutini.
   D) U svima jednako.

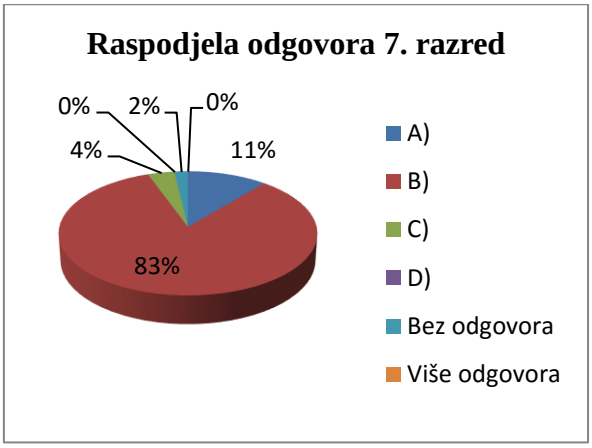


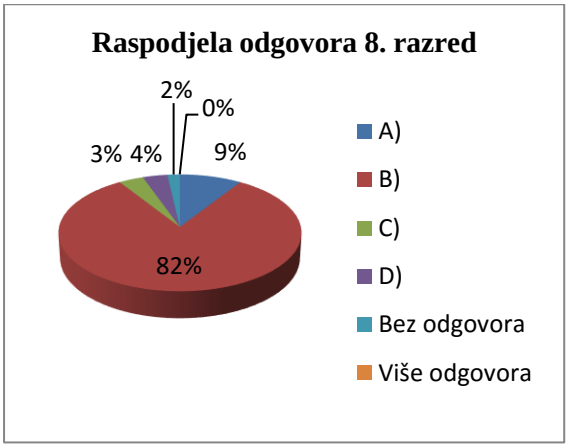


7. Koja tvrdnja točno opisuje položaj molekula plina u zatvorenom spremniku?
   A) Molekule su gusto raspoređene u cijelom spremniku.
   B) Molekule su raspršene (daleko jedna od druge) po cijelom spremniku.
   C) Gotovo sve molekule su na vrhu spremnika.
   D) Gotovo sve molekule su na dnu spremnika.

   Obrazložite svoj odgovor!

   _____





8. Popijemo svu vodu iz plastične boce. Stavimo poklopac i zatvorimo je. Nakon toga stavimo bocu u hladnjak. Sat vremena kasnije uočimo da je boca udubljena. Zašto je boca udubljena nakon što je bila zatvorena u hladnjaku?



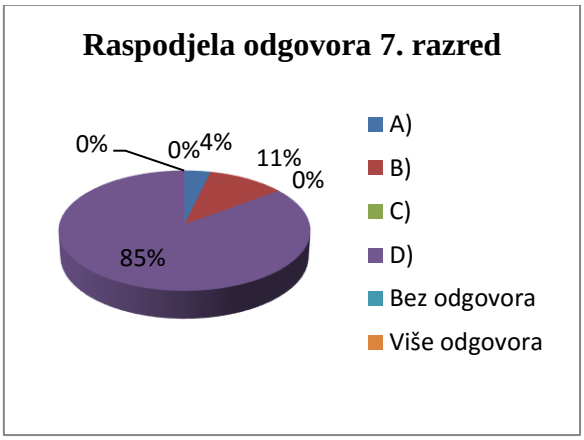
Prije hlađenja

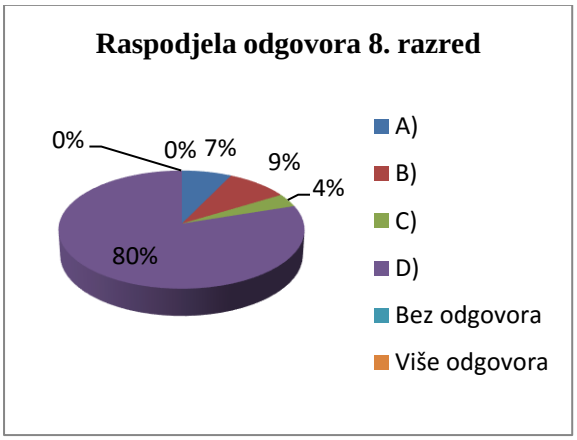


Nakon hlađenja

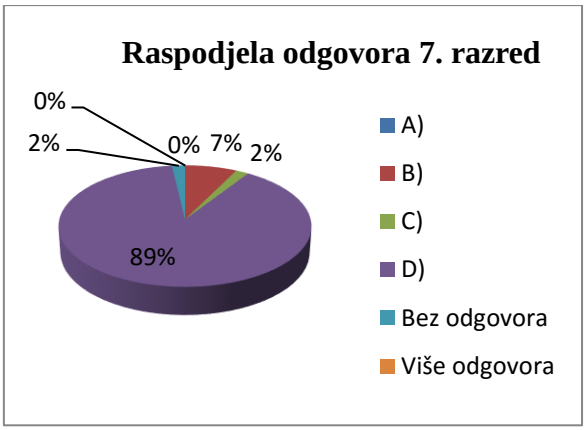
A) Sve su molekule zraka izišle iz boce.
B) Molekule topline u boci su uništene.
C) Molekule zraka u boci su se raspale.
D) Molekule zraka u boci su se približile jedne drugima.

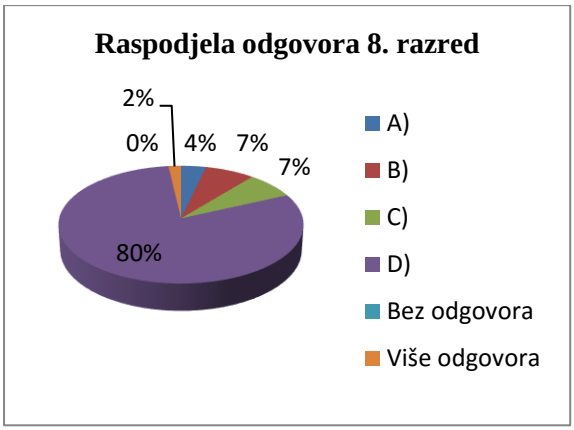
Obrazložite svoj odgovor!



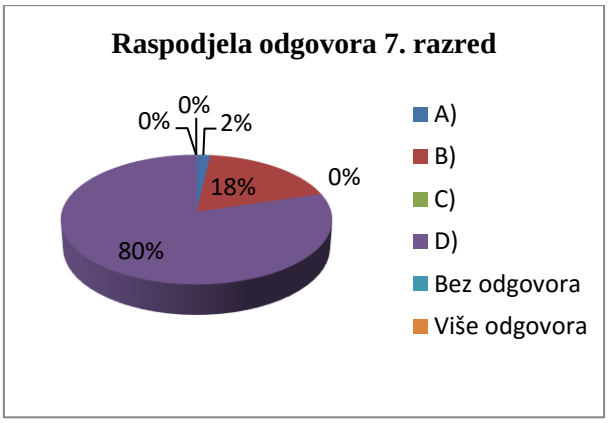


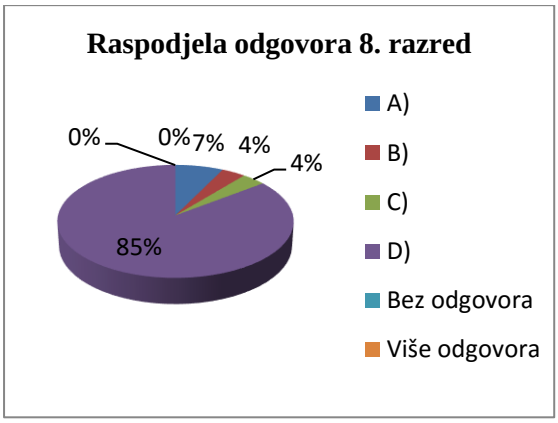
9. Kako se molekule hladne vode razlikuju od molekula tople vode?
A) Molekule hladne vode su veće od molekula tople vode.
B) Molekule hladne vode imaju manje molekula topline pomiješanih s njima.
C) Molekule hladne vode imaju veću masu od molekula tople vode.
D) Molekule hladne vode su bliže jedne drugima, nego molekule tople vode.



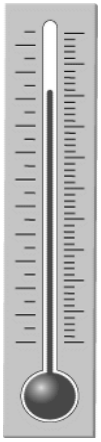


10. Nakon kuhanja doručka kuhar odlaže željeznu tavu na pult da se ohladi. Što se događa dok se željezna tava hladi?
A) Atomi željeza se povećavaju.
B) Masa atoma željeza se smanjuje.
C) Broj atoma željeza se povećava.
D) Razmak između atoma željeza se smanjuje.

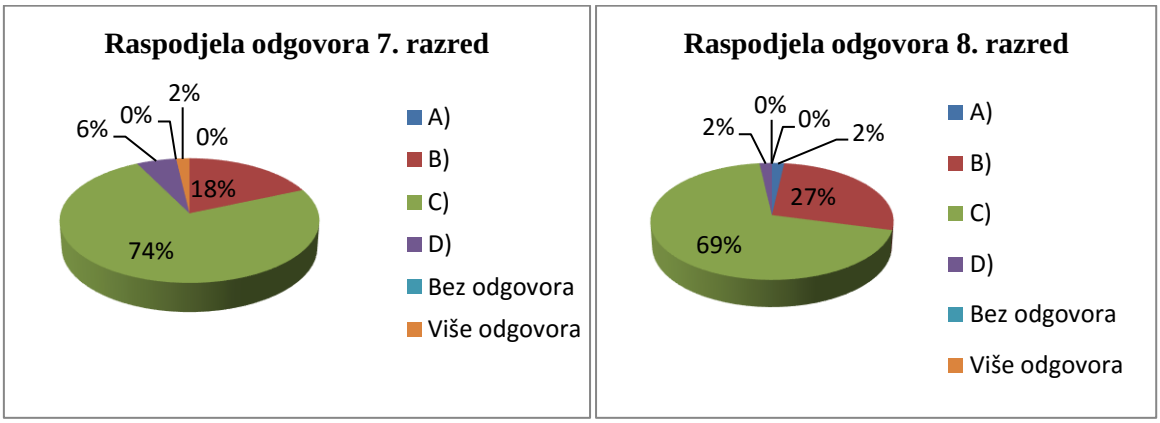




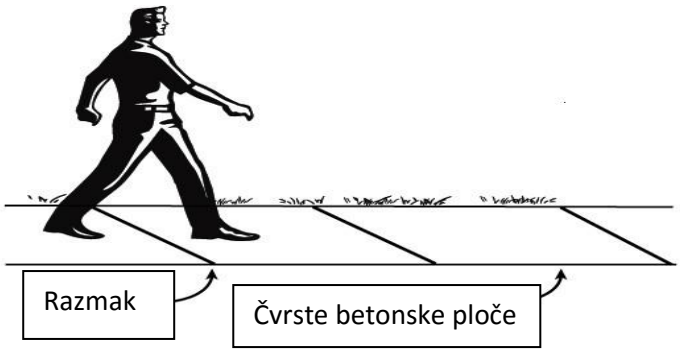
11. Stakleni termometar ima u sebi obojenu tekućinu. Razina obojene tekućine raste kada termometar stavimo u vruću vodu. Zašto razina tekućine raste?



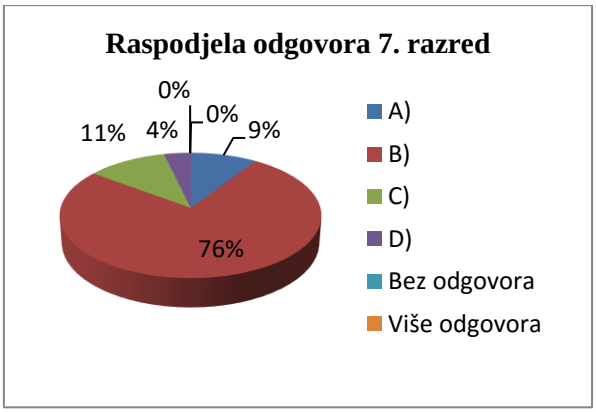
A) Molekule vode su ušle u termometar.
B) Molekule topline guraju molekule obojene tekućine gore.
C) <u>Zagrijavanje uzrokuje da se poveća razmak između molekula obojene tekućine.</u>
D) Molekule obojene tekućine razdvajaju se na atome i zauzimaju više prostora.

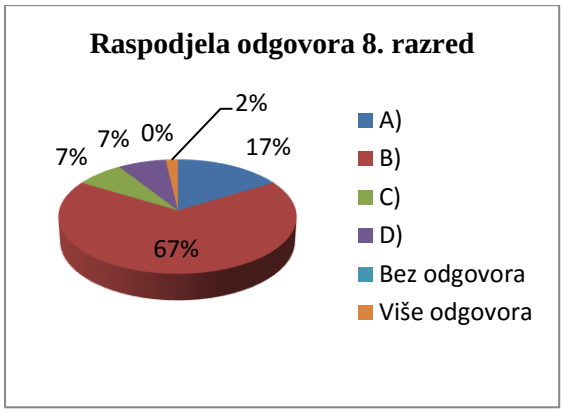


12. Većina nogostupa je izgrađena od čvrstih betonskih ploča. Između njih postoji razmak. Što će se dogoditi s tim razmakom između betonskih ploča tijekom vrućeg ljetnog dana i zašto?



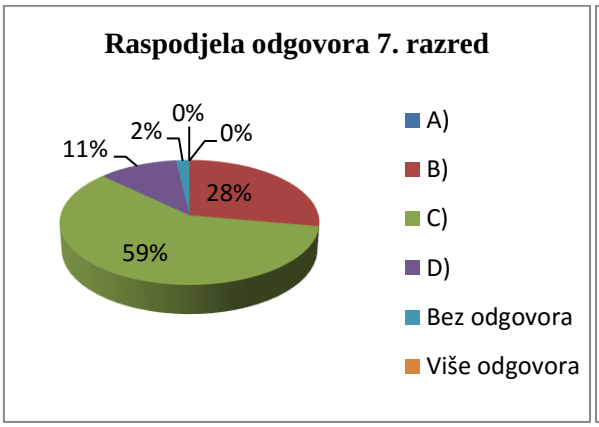
A) Razmak će postati širi, jer će se betonske ploče skupiti.
B) <u>Razmak će postati uži, jer će se betonske ploče širiti.</u>
C) Razmak će ostati isti, jer se betonske ploče neće niti skupiti, niti širiti.
D) Neki će razmaci biti širi, neki uži, a neki će ostati isti, jer se svaka betonska ploča ponaša drugačije tijekom vrućeg ljetnog dana.

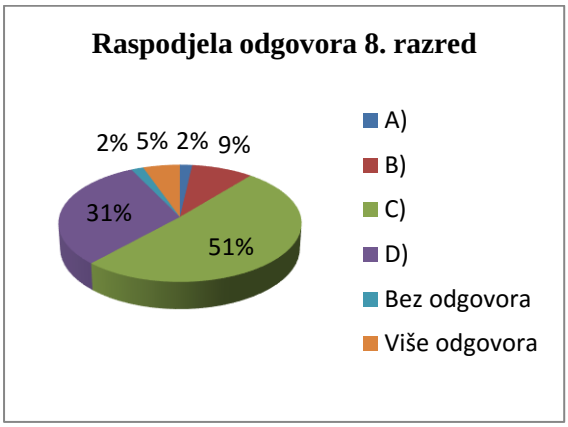




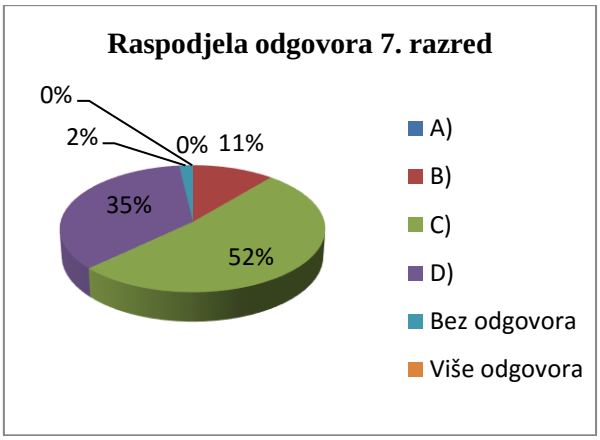
13. Razlijemo malo vode na pločice, ali nemamo vremena to obrisati. Nekoliko sati kasnije većina vode je nestala. Što se dogodilo s vodom?
   A) Molekule vode su uništene.
   B) Molekule vode su se smanjile i sada zauzimaju manje prostora.
   C) Molekule vode su postale plin i sada su dio zraka.
   D) Molekule vode su se raspale na atome vodika i kisika, koji su sada u zraku.

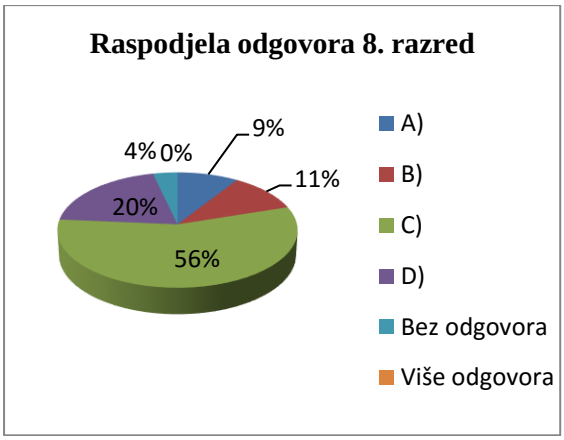
   Obrazložite svoj odgovor!





14. Što se dogodi kada voda uzavre?
   A) Molekule vode su uništene.
   B) Molekule vode se smanjuju.
   C) Molekule vode postaju udaljenije jedne od drugih.
   D) Molekule vode se raspadnu na atome vodika i kisika.





15. Kako se molekule toplog zraka razlikuju od molekula hladnog zraka?

A) Molekule toplog zraka se gibaju brže od molekula hladnog zraka.
B) Molekule toplog zraka se gibaju sporije od molekula hladnog zraka.
C) Molekule toplog zraka se gibaju jednako kao molekule hladnog zraka.
D) Ne možemo govoriti o razlici bez dodatnih informacija.

