

Razumijevanje kontroliranih eksperimenata i modela u nastavi fizike

Luburić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:217:418504>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET
MATEMATIČKI ODSJEK

Ivana Luburić

RAZUMIJEVANJE KONTROLIRANIH
EKSPERIMENATA I MODELA U
NASTAVI FIZIKE

Diplomski rad

Voditelj rada:
dr.sc. Ana Sušac

Zagreb, rujan, 2017.

Ovaj diplomski rad obranjen je dana _____ pred ispitnim povjerenstvom u sastavu:

1. _____, predsjednik
2. _____, član
3. _____, član

Povjerenstvo je rad ocijenilo ocjenom _____.

Potpisi članova povjerenstva:

1. _____
2. _____
3. _____

Zahvaljujem se mentorici dr.sc. Ani Sušac na neizmjernoj podršci i stručnoj pomoći tijekom pisanja ovog diplomskog rada. Hvala roditeljima, braći i sestrama koji su tu bili uz mene i za mene unatoč tomu što su bili daleko tijekom mog studiranja. Hvala svim prijateljima koji su bili moja druga obitelj s kojom sam dijelila i smijeh i suze i koji su mi pomogli da izrastem u osobu kakva sam danas. Ponajviše se zahvaljujem Trojedinom Bogu na čudesnom vodstvu i providnosti u svom životu i što je moj štit i utjeha.

*”Duše Sveti napoj srce povjerenjem
gdje god zoveš daj da krenem
po morima da hodam.”*

Sadržaj

Sadržaj	iv
Uvod	2
1 Prijašnja istraživanja	3
2 Metode	6
2.1 Konstrukcija testa	6
2.2 Ispitanici	10
2.3 Obrada podataka	11
3 Rezultati i diskusija	13
3.1 Raspodjela po broju riješenih zadataka	13
3.2 Usporedba po konceptualnom području i dobi učenika	15
3.3 Obrada po pojedinim zadacima	17
3.3.1 Zadatak 1.	17
3.3.2 Zadatak 2.	20
3.3.3 Zadatak 3.	23
3.3.4 Zadatak 4.	26
3.3.5 Zadatak 5.	28
3.3.6 Zadatak 6.	30
3.3.7 Zadatak 7.	33
3.3.8 Zadatak 8.	35
3.3.9 Zadatak 9.	38
3.3.10 Zadatak 10.	41
3.3.11 Zadatak 11.	43
3.3.12 Zadatak 12.	46
3.3.13 Zadatak 13.	49
3.3.14 Zadatak 14.	51
3.3.15 Zadatak 15.	54

3.4	Usporedba zadataka po skupinama	57
3.4.1	Kontrola varijabli - skupina 3 (KV3)	57
3.4.2	Kontrola varijabli - skupina 4 (KV4)	58
3.4.3	Modeli - skupina 2 (M2)	60
3.4.4	Modeli - skupina 3 (M3)	61
3.4.5	Modeli - skupina 4 (M4)	64
4	Implikacije za nastavu	66
	Bibliografija	68

Uvod

Među školskim predmetima fizika danas ne zauzima visoko mjesto popularnosti jer je često neshvatljiva. To učenicima stvara stres pa zbog toga rezultati u fizici nisu baš najbolji. Ipak, to ne ovisi samo o učenicima, već i o njihovim nastavnicima fizike koji trebaju preuzeti svoj dio odgovornosti. Jedan od problema u nastavi fizike jest kako učenike navesti na kvalitetnije rješavanje zadataka (konceptualnih i numeričkih) i prihvaćanje modela prema kojem mogu postupiti pri rješavanju zadataka. Nadalje, od učenika se zahtjeva da planiraju i provode različite eksperimente te da razvijaju svoje hipotetsko-deduktivne vještine predviđajući i objašnjavajući ishod pojedinog eksperimenta.

Jedan od osnovnih ciljeva nastave matematike i fizike je razvoj formalnog znanstvenog razmišljanja i zaključivanja kod učenika. Prema švicarskom psihologu i filozofu Jeanu Piagetu, četvrti stadij kognitivnog razvoja jest stadij razvoja formalnih, odnosno apstraktnih operacija, [8]. Jedan od aspekata koje uključuje taj stadij jest identificiranje relevantnih varijabli (određivanje varijabli koje mogu utjecati na zavisnu varijablu) i kontrola varijabli. Kontrolirati varijablu znači osigurati da je ona stalna tijekom eksperimenta ili tijekom zaključivanja. Za vrijeme provođenja eksperimenta važno je i odrediti koje su varijable zavisne, a koje su nezavisne. Nezavisna varijabla je ona koju proizvoljno mijenjamo u eksperimentu dok je zavisna varijabla ona varijabla čiju ovisnost o nezavisnoj varijabli ispitujemo te se ona mijenja ovisno o promjeni nezavisne varijable. U nastavi fizike posebno se ističe to kontrolirano provođenje eksperimenata na osnovu kojih se konstruiraju modeli. Zbog toga je jako bitno da kod učenika razvijemo formalno mišljenje.

Jedan od elemenata prirodnoznastvene pismenosti je i korištenje modela (bilo koje pojednostavljene reprezentacije stvarnosti). Modeliranje u matematici i fizici započelo je s Reneom Descartesom. Osnovne ideje koje kod učenika treba razviti o modelima su:

- a) model je pojednostavljena verzija proučavanog objekta ili procesa - znanstvenik koji stvara model odlučuje koja će svojstva zanemariti
- b) model može opisivati ili objašnjavati, pri čemu se modeli koji objašnjavaju najčešće temelje na analogijama, povezujući objekt ili proces s nekim drugim, poznatijim objektom ili procesom

- c) model mora omogućiti neka predviđanja
- d) predviđanja modela imaju svoja ograničenja

Ovladavanje ovim idejama nije lako te je zbog toga važno da učenici razumiju smisao modela. Upotrebom zadataka koji proučavaju modele oni mogu postati vještiji u modeliranju, a također i promišljati i svrhu i rezultat procesa modeliranja. [4]

Kroz ovaj diplomski rad htjela sam istražiti učeničko razumijevanje kontroliranih eksperimenata i modela u nastavi fizike. Provedena su razna istraživanja i testiranja među učenicima kako bi se provjerilo učeničko razumijevanje tih koncepata u različitim područjima kao što su fizika i ostale prirodne znanosti. Tim istraživanjima ispitivale su se uobičajene učeničke pogreške, odnosno miskoncepcije, ali i ispravan način učeničkog razmišljanja. Jedna od organizacija koja se već više od desetljeća bavi istraživanjem i razvojem znanosti je i Američka udruga za napredak znanosti (AAAS Project 2061). Na njihovoj web stranici [1] nalaze se različiti zadaci u kojima se procjenjuje konceptualno razumijevanje učenika, a ne samo činjenice i definicije koje učenici znaju, te zadaci kojima se ispituju uobičajene pogreške i alternativne ideje koje učenici imaju zajedno s njihovim ispravnim idejama. Svaka stavka pojedinog zadatka prošla je kroz strogi razvojni proces te su uvedene potrebne izmjene pomoću povratnih informacija dobivenih u svakom koraku postupka. U konstrukciji testa koristila sam zadatke koju su razvijeni u području kontrole varijabli i modela.

Kroz ovaj rad htjela sam provjeriti postoje li tipične miskoncepcije i kod hrvatskih učenika, te ukoliko postoje, ukazati na važnost poznavanja tih miskoncepcija za poboljšanje nastave fizike u Hrvatskoj.

Poglavlje 1

Prijašnja istraživanja

Budući da prethodna znanja i koncepcije utječu na shvaćanje i razumijevanje novog znanja, važno je znati što učenici misle o određenom području i njihov način razmišljanja. Provedena su razna istraživanja među učenicima kako bi se ispitalo njihovo razumijevanje fizikalnih koncepata kontrole varijabli i modela.

Jedno takvo istraživanje o razumijevanju kontrole varijabli provela je grupa za edukaciju fiziku na Sveučilištu u Washingtonu, SAD, 2008. godine, [3]. U svojim istraživanjima kroz dugi niz godina, uočili su da i studenti i nastavnici fizike pokazuju brojne poteškoće s mnogim aspektima znanstvenog razmišljanja uključujući i kontrolu varijabli. Važan cilj tog istraživanja bio je prikupiti studentska obrazloženja vezana uz kontrolu varijabli kako bi se omogućilo nastavnicima da bolje razumiju učeničke i studentske poteškoće da bi mogli planirati i provoditi učinkovitu nastavu. Glavna tema istraživanja bila je sposobnost studenata da sami osmisle i objasne eksperimente te da na temelju toga donesu zaključak utječe li ili ne pojedina varijabla na ishod eksperimenta. Različite grupe studenata dobile su određeni fizički kontekst i upućene su da uzmu u obzir određeni skup varijabli (npr. jednostavno njihalo s duljinom niti, kut između niti i okomice u trenutku ispuštanja, masa kuglice). Zadatak im je bio da osmisle eksperiment koji bi se mogao upotrijebiti za testiranje utječe li ili ne određena varijabla, npr. kut ispuštanja, na ishod eksperimenta, npr. na broj njihanja u 10 sekundi. Također, studenti su trebali zapisati na koji način su koristili rezultate kako bi došli do zaključka. Rezultati su pokazali da su zadaci korišteni u ovom istraživanju bili izazovni i za studente i za nastavnike fizike. Iako većina njih prepoznaje potrebu za kontrolom varijabli, uglavnom imaju poteškoće u razumijevanju na koji je način treba provesti. Neki ispitanici nisu razlikovali zavisne i nezavisne varijable te su imali poteškoća s identificiranjem relevantnih varijabli. Rezultati ovog istraživanja ukazali su na ozbiljne nedostatke u obrazovanju budućih znanstvenika i nastavnika fizike.

Schwichow i suradnici, [11], proveli su 2015. godine meta-analizu 72 istraživanja u kojima je ispitan učinak različitih nastavnih pristupa u razvoju sposobnosti primjene kon-

trole varijabli kod učenika različite dobi. Oni su istraživali sposobnost učenika da procjene rezultate kontroliranih eksperimenata, a zatim povežu te dokaze s hipotezom ili teorijom. Samo su se dvije metode u poučavanju pokazale učinkovitima tj. bile pozitivno povezane s uspjehom učenika. To su metode kognitivnog konflikta i korištenje demonstracija. Koncept kontrole varijabli jedan je od temeljnih za nastavu prirodnoslovnih predmeta i razvoj znanstvene pismenosti, ali se ne razvija rutinski bez prakse ili uputa.

Gilbert naglašava središnju ulogu modela i modeliranja u razvoju kurikula iz prirodnoslovnih predmeta [5]. U tim kurikulumima trebaju biti teme vezane uz odabir modela i razvoj vještina modeliranja kod učenika. Nastavni planovi i programi trebaju uključivati:

- stjecanje razumijevanja što je model i kako se modeliranje odvija
- razvijanje sposobnosti za mentalnu vizualizaciju modela
- razumijevanje naravi analogija i metafora, procesa koji su ključni za modele i modeliranje.

Naglašena je potreba za razvijanje tih sposobnosti kod učenika kroz uporabu suvremenih metoda za poučavanje. Istaknuta je i važnost uključivanja tema o modeliranju i uporabi modela u nastavi u obrazovanje nastavnika. Zaključeno je da su potrebna brojna istraživanja i razvoj nastavnih materijala i metoda da bi se teme iz modeliranja na adekvatan način uključile unutar nastavnog plana i programa.

Koponen je istaknuo potrebu za razvojem teorijske i filozofske osnove za uključivanje modela i modeliranja u nastavu prirodoslovlja, [7]. On uočava napredak u tom području, ali i potrebu za daljnjim razvojem da bi se te ideje uspješno uključile u nastavu fizike. Nadalje, autor sugerira da u nastavi fizike treba obratiti pozornost na pojam empirijske pouzdanosti modela i modeliranja te na metodološko pitanje o tome kako se empirijska pouzdanost uspostavlja u procesu usklađivanja teorije i eksperimenta. Predloženi teorijski okvir razvijen u svrhu odgoja i obrazovanja nastavnika fizike zamjenjuje sadašnje ograničenije filozofske okvire koji se koriste u obrazovanju prirodoslovnih predmeta. Ovaj novi teorijski pristup modeliranju daje točniju sliku fizike kao prirodne znanosti koja uključuje modeliranje.

Schwarz i White, [10], također ističu da bi poučavanje o važnosti i upotrebi znanstvenih modela te sudjelovanje u procesu stvaranja i testiranja modela trebalo imati središnje mjesto u nastavi prirodoslovnih predmeta. Da bi ostvarili te zamisli, osmislile su kurikulum METT (*Model-Enhanced ThinkerTools*) koji je istraživački orijentirani program fizike za srednje škole u kojima se učenici upoznaju s naravi znanstvenih modela i sudjeluju u procesu modeliranja. Ključne komponente njihovog pristupa omogućuju učenicima da naprave računalne modele koji izražavaju njihove vlastite ideje o gibanjima i silama, procjenjuju svoje modele korištenjem kriterija kao što su točnost i vjerodostojnost te sudjeluju u raspravama o modelima i procesu modeliranja. Istraživanje provedeno u četiri razreda jedne srednje škole na nastavi prirodoslovlja upućuju na to da ovaj pristup može značajno

olakšati napredak učenika u razumijevanju modeliranja. Daljnje analize su pokazale da je njihov pristup bio osobito uspješan u razjašnjavanju i proširivanju razumijevanja učenika o naravi i svrsi modela.

Gobert i suradnici proveli su opsežno istraživanje o razumijevanju modela u prirodoslovlju na 736 učenika srednjih škola, [6]. Oni su istraživali razumijevanje učenika srednjih škola o prirodi modela i njihovoj interakciji sa softverom za modeliranje u tri znanstvena područja: biologiji, fizici i kemiji. Istraživanje je provedeno s tri istraživačka pitanja. Prvi cilj je bio ispitati postoje li razlike među učenicima u tri različita područja (biologiji, fizici, kemiji) u razumijevanju modela prije poučavanja o primjeni modela. Rezultati su pokazali da postoje značajne razlike u razumijevanju učenika o prirodi modela. Učenici koji su testirani o modelima na nastavi fizike i kemije pokazali su bolje razumijevanje nego učenici koji su testirani na nastavi biologije – oni su pokazali naivne ideje o upotrebi modela. Drugo istraživačko pitanje bilo je utječe li poučavanje učenika o modelima na njihovo razumijevanje o prirodi modela. Rezultati su pokazali da se razumijevanje učenika o modelima poboljšalo, a kod učenika testiranih na nastavi kemije je pokazano da se napredak učenika može povezati s brojem provedenih nastavnih aktivnosti iz područja modeliranja. Treći cilj istraživanja bio je odrediti utječe li učeničko razumijevanje modela na njihovo razumijevanje gradiva iz pojedinih predmeta. Rezultati su pokazali, u većini slučajeva, pozitivan učinak razumijevanja modeliranja na napredak u standardnim sadržajima prirodoslovnih predmeta. I ovo istraživanje je pokazalo važnost modela u nastavi, ali i potrebu za istraživački usmjerenom nastavom koja razvija učeničko razumijevanje modela.

Ovaj kratki pregled istraživanja ukazuje na to da postoje brojne učeničke konceptualne poteškoće vezane uz kontrolu varijabli i modele, koje su istraživane na učenicima i studentima raznih dobi i iz raznih zemalja.

Poglavlje 2

Metode

2.1 Konstrukcija testa

Pri konstrukciji testa koristila sam zadatke s web stranice projekta Američke udruge za napredak znanosti (AAAS – American Association for the Advancement of Science) Project 2061. koji su rezultat višegodišnjeg istraživanja i razvoja, [1]. Ti zadaci provjeravaju konceptualno razumijevanje različitih tema iz prirodoslovlja, a prikladni su za učenike osnovnih i srednjih škola. Svaki od tih zadataka provjeren je na uzorku više od 1000 američkih učenika što omogućuje usporedbu američkih i hrvatskih učenika.

Prije nego što sam izabrala zadatke, trebala sam razmisliti što točno želim ispitati ovim testom, odnosno koje obrazovne ishode želim provjeriti jesu li učenici usvojili. Učenici kroz nastavu fizike trebaju razvijati eksperimentalne vještine, između ostalog kontrolu varijabli. Učenici trebaju primijeniti osnovnu ideju da *ako se u eksperimentu istodobno mijenja više varijabli, ishod eksperimenta ne može se jasno pripisati jednoj pojedinoj varijabli*. Taj je obrazovni ishod ispitan pomoću četiri vrste zadataka u kojima su učenici trebali:

- KV1 objasniti zašto određene varijable trebaju biti stalne s obzirom na danu tvrdnju (hipotezu) koja se testira i eksperimentalni postav;
- KV2 izabrati eksperimentalni postav kako bi testirali učinak jedne varijable na ishod eksperimenta ako su dane sve relevantne varijable;
- KV3 odrediti varijable koje se ispituju u danom kontroliranom eksperimentalnom postavu;
- KV4 u danom eksperimentu u kojem se istodobno mijenjaju dvije varijable utvrditi da se ne može donijeti nikakav zaključak o učinku pojedine varijable.

Od svake vrste zadataka izabrala sam jedan do tri zadatka čiji je kontekst iz područja fizike ili svakodnevnog života. Eksperimenti u zadacima su bili s temama koje su učenicima

bliske tako da su mogli lako predložiti pojedini eksperiment. U nekim slučajevima sam birala zadatke gdje se ispituje isti koncept u različitim fizikalnim situacijama. Time sam htjela istražiti utjecaj konteksta zadatka na točnost rješavanja. Također sam iz pojedine grupe birala više zadataka sa sličnim kontekstom tako da su eksperimenti u nekima bili prikazani skicom, a u nekima ne. Time sam htjela usporediti rezultate takvih zadataka te istražiti koliko skica utječe na točnost učeničkih odgovora.

Kod zadataka s kontrolom varijabli od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

- Promjenom jedne varijable i istodobno držanjem konstantnim svih ostalih relevantnih varijabli moguće je utvrditi utječe li ta jedna varijabla na ishod eksperimenta.
- Ako se istodobno mijenja više od jedne varijable nije moguće utvrditi utječe li pojedina varijabla na ishod eksperimenta.
- Razlog za kontroliranje (držanje konstantnom) određene varijable u eksperimentu je taj što ona može utjecati na ono što se testira.
- Varijabla je veličina koja može imati različite vrijednosti, bilo kvantitativne bilo kvalitativne, a ne samo jednu određenu vrijednost. Na primjer, kada je "vrsta tekućine" definirana kao varijabla, onda su voda i sok "vrijednosti" varijable, a ne same varijable.

Pri rješavanju zadataka učenici ne moraju znati neke podatke o eksperimentalnim varijablama:

- Učenici ne moraju znati koje varijable, od svih mogućih varijabli, mogu utjecati na ishod eksperimenta.
- Možda nije moguće kontrolirati ili čak identificirati sve relevantne varijable u eksperimentu. Međutim, kada je dan skup varijabli, od učenika se očekuje da znaju da, kako bi se utvrdilo utječe li pojedina varijabla na ishod eksperimenta, sve ostale varijable u skupu moraju biti konstantne.
- Učenici ne moraju znati kada mogu ili ne mogu generalizirati ishode eksperimenta izvan zadanih eksperimentalnih i kontrolnih skupina.
- Od učenika se ne očekuje da poznaju pojmove "zavisne" i "nezavisne" varijable.

Nadalje, učenici kroz nastavu fizike moraju ovladati i modeliranjem. Iako često i sami sudjeluju u procesu modeliranja učenici ga nisu uvijek svjesni. Sam proces modeliranja bitno je osvijestiti učenicima kako bi razvili osjećaj za odabir modela za opis ili objašnjenje pojave koju se proučava. Važan ishod nastave fizike je *opisivati prirodne pojave pomoću*

osnovnih prirodosnanstvenih koncepata te koristiti se modelima u objašnjenju prirodnih pojava. Taj obrazovni ishod ispitan je pomoću četiri vrste zadataka u kojima su učenici trebali primijeniti sljedeće ideje o modelima:

M1 Model je sličan, ali ne sasvim, stvari koja se modelira.

M2 Modeli su korisni za razmišljanje o predmetima, događajima i procesima u stvarnom svijetu.

M3 Korisnost modela u razmišljanju o predmetima, događajima i procesima ovisi o tome koliko točno njegovo ponašanje odgovara važnim svojstvima onoga što se modelira.

M4 Nema sigurnosti u tome da su ideje utemeljene isključivo na modelu točne.

U temi modela/modeliranja također smo izabrali više zadataka od svake vrste. Birali smo zadatke iz područja fizike i svakodnevnog života koji su bliski učenicima.

Kod zadataka iz skupine M1 od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

- Model predstavlja (ili podsjeća na) jedan ili više svojstava stvari koja se modelira.
- Dok model predstavlja jedan ili više svojstava stvari koja se modelira, on ne predstavlja sva svojstva stvari koja se modelira.

Kod zadataka iz skupine M2 od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

- Netko može koristiti model za razmišljanje (tj. za vizualiziranje ili zamišljanje te za razumijevanje ili razmatranje) o predmetima, događajima i procesima (pojavama) u stvarnom svijetu. Na primjer:
 - Predmeti: Zemlja (koliko je pokrivena kopnom ili vodom); Mjesec (koliko ima kratera); Sunčev sustav, sustav Zemlja-Mjesec-Sunce (relativne veličine, relativne udaljenosti itd.)
 - Događaji: pomrčine, potresi, tsunamiji, automobilske nesreće, izbori, ratovi...
 - Proces: erozije, predsjedničke kampanje, kemijske reakcije, rast biljaka...
- Korištenje modela omogućuje razumijevanje pojava koje bi bilo teško ili nemoguće promatrati u stvarnom svijetu. Na primjer, pojava se može dogoditi vrlo brzo ili vrlo sporo te u vrlo malom ili velikom razmjeru. Pojava također može biti vrlo složena, previše skupa ili preopasna za izravno promatranje.

- Upotreba modela omogućuje prikazivanje apstraktnih svojstava pojave (na primjer, strelice koje predstavljaju sile).
- Upotreba modela omogućuje zanemarivanje nekih obilježja pojave koja se promatra. To omogućuje isključivanje obilježja za koje se vjeruje da su nevažni za ponašanje sustava (na primjer, točkaste mase u fizici ne prikazuju stvarne veličine i oblike objekata koje predstavljaju). Je li neka značajka nevažna ili ne, to ovisi o svrsi modela i koliko je dobro shvaćena pojava.
- Model se može mijenjati jer se upotrebljava na osnovu novih informacija o pojavi koju predstavlja ili se temelji na novom razmišljanju o tome koja su obilježja te pojave važna za predstavljanje u modelu.

Kod zadataka iz skupine M3 od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

- Prosudbe o korisnosti modela trebaju se temeljiti na tome koliko se njegovo ponašanje podudara s važnim svojstvima onoga što se modelira (a ne na tome koliko je atraktivan).
- Važna svojstva obilježja koje se mora točno prikazati u modelu ovise o svrsi modela.
- Jedini način da se procijeni korisnost modela jest da se usporedi njegovo ponašanje s ponašanjem predmeta, događaja ili procesa u stvarnom svijetu koji se modelira.

Kod zadataka iz skupine M4 od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

- Budući da model nije identičan predmetu, događaju ili procesu kojeg predstavlja, može izgledati ili se ponašati drugačije nego ono što predstavlja.
- Jedini način da se sazna koliko adekvatno model predstavlja ponašanje pojave u stvarnom svijetu jest da se provjeri i vidi ponaša li se pojava u stvarnom svijetu na način na koji model predviđa njezino ponašanje.
- Ako se model i pojava koju predstavlja ponašaju različito, onda jedno ili više svojstava te pojave nisu točno predstavljani ili nisu uopće predstavljani. Promjena svojstava koji su točno prikazani (i onih koji nisu) može dovesti to toga da se model ponaša sličnije pojavi koju predstavlja.

Test se sastoji od 15 pitanja višestrukog izbora u kojima je samo jedan odgovor potpuno točan. Ostali odgovori su, u manjoj ili većoj mjeri, nepotpuni ili pogrešni. Ovakvim tipom testa može se ispitati učenički način razmišljanja. Zadaci u testu koji ispituju kontrolu varijabli i modele su pomiješani te oni zadaci čiji je kontekst sličan nisu stavljeni blizu jedan drugom. Konstruirani test se nalazi u Prilogu 1.

2.2 Ispitanici

Istraživanje je provedeno tijekom svibnja 2017. godine u četiri osnovne i četiri srednje škole u Zagrebu. U osnovnim školama testiran je po jedan sedmi i jedan osmi razred, a u srednjim školama po jedan prvi i jedan drugi razred, osim u jednoj srednjoj školi gdje su testirana dva prva razreda. Ukupno je sudjelovalo 367 učenika od toga je bilo 171 učenika osnovnih škola te 196 učenika srednjih škola.

U sljedećoj tablici (Tablica 2.1) prikazan je broj testiranih učenika po školama. Iz tablice uočavamo da su u tehničkoj školi testirana dva prva razreda.

ŠKOLA	Sedmi razred	Osmi razred
Osnovna	83	87
Srednja	Prvi razred	Drugi razred
Prirodoslovna gimnazija	23	21
Tehnička škola	45	19
Opće gimnazije	48	40

Tablica 2.1: Prikaz broja učenika po školama i razredima

Sve osnovne škole imaju jednake programe i satnica fizike je dva sata u sedmom i osmom razredu. Testirane srednje škole bile su različitog profila i to jedna prirodoslovna gimnazija, dvije opće gimnazije i jedna tehnička škola. Program nastave fizike u tim srednjim školama dosta je sličan, ali satnica nije ista. Satnica fizike predviđena je nastavnim planom Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta. U općoj gimnaziji nastavnim planom predviđena su dva sata fizike tjedno dok su u prirodoslovnoj gimnaziji i tehničkoj školi predviđena tri sata fizike tjedno. U prirodoslovnoj gimnaziji i tehničkoj školi održavaju se praktične vježbe jedan sat tjedno koje učenici imaju u laboratorijima.

Predviđeno vrijeme za pisanje testa bilo je 20-30 minuta. Napravila sam dvije grupe testa s istim zadacima, ali njihovim drugačijim rasporedom kako bi se smanjilo učeničko prepisivanje jer su učenici za vrijeme testiranja sjedili u klupama jedan do drugog. Prije samog rješavanja testa zamoljeni su da se pokušaju maksimalno usredotočiti na samostalno rješavanje testa. Učenici su mogli pitati ako im je trebalo dodatno pojašnjenje u pojedinim zadacima. Test su potpisivali imenom i prezimenom te navodili ime škole i razred kako bi bili više motivirani na što kvalitetnije i ozbiljnije rješavanje. Istraživanje je za javnost anonimno što znači da u objavi rezultata neću navoditi imena učenika.

2.3 Obrada podataka

Bodovanje testa bilo je na sljedeći način. Svaki točno zaokruženi odgovor nosio je jedan bod. Ako su učenici u nekom zadatku zaokružili više ponuđenih odgovora od kojih je jedan bio točan ili ako nisu zaokružili ništa od ponuđenih odgovora, nisu dobili bod. Budući da je test imao 15 zadataka, učenici su mogli ostvariti najviše 15 bodova na testu. Testove sam ispravljala ručno. Sve podatke o školama i učenicima te odgovore koje su učenici zaokružili unijela sam u Excel tablicu kako bih napravila obradu i analizu rezultata. Analizom podataka dobiva se uvid u uspjeh na testu za osnovne i srednje škole te za svaki pojedini razred, postotak točnih odgovora pojedinog zadatka, ali i postotak najčešće izabranih pogrešnih odgovora iz čega dobivamo uvid u učeničke miskoncepcije.

Kako bih usporedila rezultate hrvatskih i američkih učenika uzela sam podatke o američkim učenicima s web stranice AAAS projekta 2061. Američki učenici testirani su od šestog do osmog razreda, što odgovara tim razredima u hrvatskim osnovnim školama, te od devetog do dvanaestog razreda, što odgovara prvom do četvrtom razredu hrvatskih srednjih škola. Testiranje u hrvatskim srednjim školama je obuhvaćalo sedme i osme razrede osnovne škole te prve i druge razrede srednje škole tako da su u prosjeku, testirani američki učenici u osnovnoj školi bili mlađi, a u srednjoj školi su, u prosjeku, testirani hrvatski učenici bili mlađi. Na web stranici AAAS projekta 2061, nisu navedene standardne devijacije uz srednje vrijednosti tako da nije mogla biti provedena statistička usporedba hrvatskih i američkih učenika. Napravljena je vizualna usporedba na temelju intervala pouzdanosti (eng. confidence interval, CI). Intervale pouzdanosti smo mogli odrediti samo za hrvatske učenike, a za američke smo pretpostavili da su barem dva puta manji jer je broj testiranih učenika bio oko 1000 (i u osnovnoj i srednjoj školi). Ako se intervali pouzdanosti ne preklapaju, razlika je statistički značajna, a ako se preklapaju ne može se odrediti postoji li statistički značajna razlika.

Za statističku obradu podataka koristila sam i jednu od poznatih statističkih metoda koja se zove Analiza varijance (ANOVA). Tu metodu prvi je razvio i dao joj ime (eng. analysis of variance) poznati engleski statističar R. A. Fisher (1890-1962). To je metoda kojom se uspoređuju aritmetičke sredine više uzoraka i donosi se zaključak o postojanju (ili ne) razlika između sredina više populacija. Na taj se način analizira utjecaj jedne ili više kategorijalnih (nezavisnih) varijabli na jednu numeričku kontinuiranu (zavisnu) varijablu. Metoda ANOVA je specijalni slučaj linearne regresije, [2].

Također, u obradi podataka koristila sam t-test. T-test je statistički postupak za određivanje statističke značajnosti razlike između dva uzorka, odnosno između dvije aritmetičke sredine. T-razdiobu, odnosno t-test uveo je 1908. godine kemičar William Sealy Gosset tražeći jeftin način za kontrolu proizvodnje piva. Ukoliko je p vrijednost, odnosno vjerojatnost odbacivanja istinite nulte hipoteze, manja od razine značajnosti koja se standardno uzima da je jednaka 0.05, tada odbacujemo nultu hipotezu, prihvaćamo alternativnu hi-

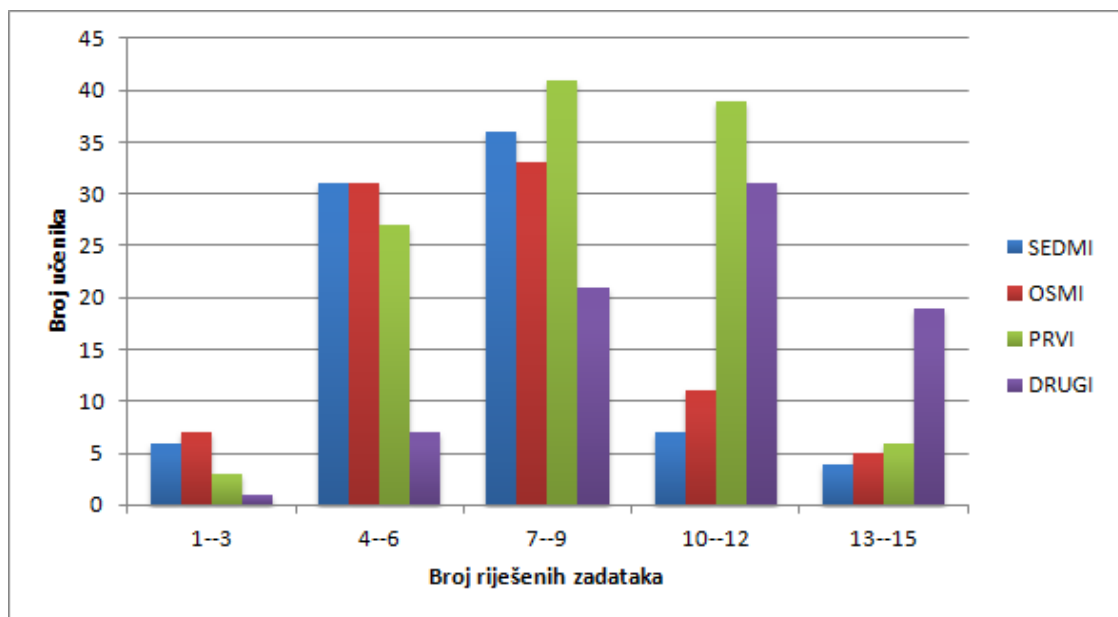
potezu te zaključujemo da postoji statistički značajna razlika između uzoraka. Ako je p vrijednost veća od razine značajnosti, odnosno 0.05, tada prihvaćamo nultu hipotezu i zaključujemo da ne postoji značajna razlika između promatranih uzoraka, [9].

Poglavlje 3

Rezultati i diskusija

3.1 Raspodjela po broju riješenih zadataka

Na sljedećem grafu (Slika 3.1) prikazana je raspodjela učenika po broju riješenih zadataka za sedmi i osmi razred osnovne škole, te prvi i drugi razred srednje škole.



Slika 3.1: Raspodjela učenika po broju riješenih zadataka

Iz grafa (Slika 3.1) uočavamo da u svim razredima imamo približno normalne raspodjele. Sredine raspodjela se ne preklapaju što ukazuje na to da su točke prosjeka različite.

Uočavamo da su sedmi razredi, očekivano, najlošije riješili test te da su drugi razredi najbolje riješili test. Osmi razredi su približno jednako riješili test kao i sedmi razredi. Budući da smo prilikom testiranja učenika imali jedan prvi razred više od ostalih, to uočavamo na "visini" zvonolike raspodjele, odnosno po broju učenika koji se nalaze u točki prosjeka (Slika 3.1).

Slične zaključke možemo donijeti i iz Tablice 3.1 u kojoj su navedene srednje vrijednosti broja bodova koje su učenici ostvarili na testu te standardna devijacija, odnosno prosječno odstupanje od srednje vrijednosti.

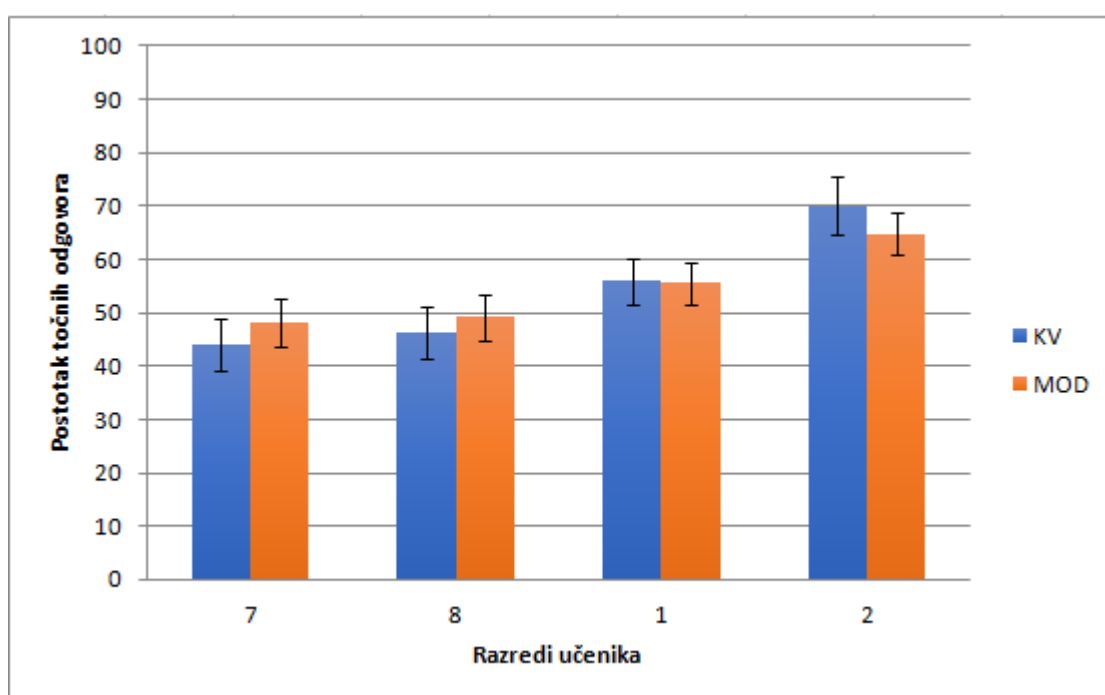
RAZRED	SREDNJA VRIJEDNOST I STANDARDNA DEVIJACIJA BROJA OSTVARENIH BODOVA
SEDMI	7 ± 2
OSMI	7 ± 3
PRVI	8 ± 3
DRUGI	10 ± 3

Tablica 3.1: Srednja vrijednost broja postignutih bodova i standardna devijacija

3.2 Usporedba po konceptualnom području i dobi učenika

U provedenom testu imala sam dva konceptualna područja, kontrolu varijabli i modele, koja sam ispitivala kod učenika. Na temelju toga sam napravila usporedbu rezultata učenika u ta dva područja u ovisnosti o dobi učenika.

Na sljedećem grafu (Slika 3.2) prikazane su srednje vrijednosti riješenosti zadataka iz kontrole varijabli i modela u postotcima kod učenika pojedinih razreda. Na grafu uočavamo vertikalne crtice (engl.: error bars) koje predstavljaju intervale pouzdanosti.



Slika 3.2: Postotak točnih odgovora u zadacima iz kontrole varijabli i modela

Provela sam analizu varijance s dva faktora – *konceptualno područje* (kontrola varijabli i modeli) i *dob učenika* (sedmi i osmi razred osnovne škole te prvi i drugi razred srednje škole), s ponovljenim mjerenjem na faktoru *konceptualno područje*. Rezultati su prikazani u sljedećoj tablici (Tablica 3.2):

FAKTOR	<i>F</i>	<i>p</i>
Konceptualno područje	0	1.000
Dob učenika	25.83	<0.0001
Interakcija konceptualnog područja i dobi učenika	2.33	0.074

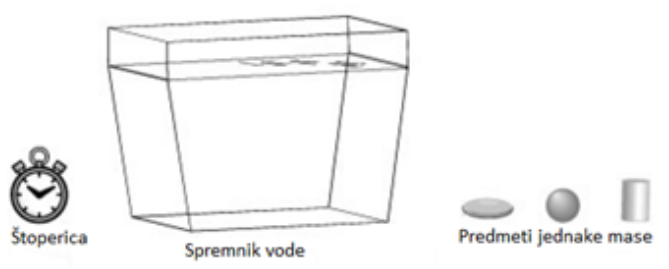
Tablica 3.2: Rezultati analize varijance za usporedbu po konceptualnom području i dobi učenika

Rezultati analize varijance pokazuju da su u prosjeku učenici podjednako dobro rješavali zadatke iz oba konceptualna područja (kontrola varijabli i modeli). Dob učenika je značajno utjecala na njihove rezultate ($p < 0.0001$), dok interakcija ta dva faktora (*konceptualnog područja i dobi učenika*) nije bila statistički značajna ($p = 0.074$), ali je ukazivala na mogući trend da stariji učenici bolje rješavaju zadatke s kontrolom varijabli. Da bih to detaljnije ispitala, napravila sam usporedbe između uspjeha učenika na zadacima s kontrolom varijabli i modelima za svaki pojedini razred. T-test za zavisne uzorke pokazao je da su učenici 2. razreda bolje rješavali zadatke s kontrolom varijabli nego s modelima ($p = 0.048$), no ta razlika nije bila statistički značajna ako se uvela korekcija za višestruke usporedbe. Rezultati ukazuju na veći napredak učenika u razumijevanju kontrole varijabli nego modela. Vjerojatno je to rezultat toga što se u nastavi fizike manja pažnja posvećuje modelima nego kontroli varijabli.

3.3 Obrada po pojedinim zadacima

3.3.1 Zadatak 1.

Na satu fizike učenici žele saznati utječu li oblik i masa predmeta izrađenih od istog metala na to koliko brzo ti predmeti tonu u vodi. Jedna grupa ispituje učinak oblika, a druga grupa ispituje učinak mase. Učenici koji ispituju učinak oblika koriste tri predmeta koja imaju jednake mase, ali različite oblike. Učenici ispuštaju svaki predmet u veliki spremnik vode te mjere vrijeme koje je svakom predmetu potrebno da dođe do dna spremnika.

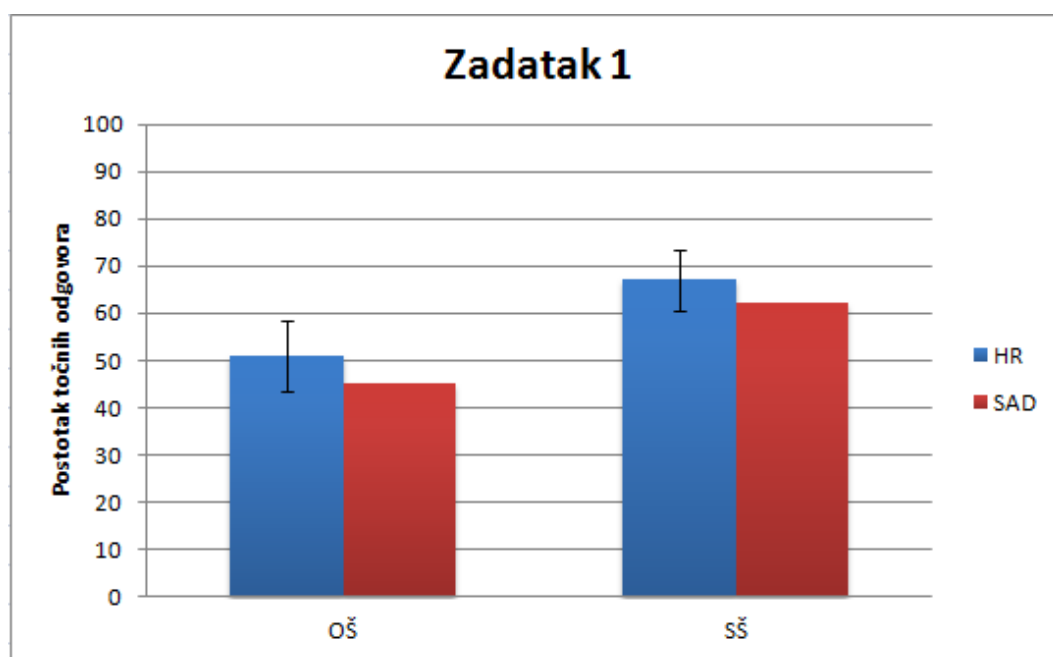


Zbog čega je važno da učenici koriste predmete jednakih masa?

- a) *Koristeći predmete jednakih masa učenici mogu saznati oba učinka: učinak mase i učinak oblika predmeta.*
- b) *Koristeći predmete jednakih masa učenici mogu saznati učinak mase.*
- c) *Ako ne koriste predmete jednakih masa, učenici ne mogu saznati učinak oblika predmeta.*
- d) *Nije važno da svi predmeti budu jednakih masa zato što učenici ne ispituju učinak mase.*

Ovim zadatkom ispituje se primjenjuju li učenici osnovnu ideju da "ako se u eksperimentu istodobno mijenja više varijabli, ishod eksperimenta ne može se jasno pripisati jednoj pojedinoj varijabli." Učenici su u zadatku trebali objasniti zašto određene varijable trebaju biti stalne s obzirom na danu tvrdnju (hipotezu) koja se testira i eksperimentalni postav. Dakle, da bi se utvrdilo utječe li oblik predmeta na to koliko brzo predmeti tonu u vodi, važno je da svi testirani predmeti imaju jednaku masu jer ako predmeti nemaju jednaku masu, nije moguće saznati utječe li oblik predmeta na to koliko brzo predmeti tonu u vodi. Točan odgovor prvog zadatka je odgovor C.

Kako bih napravila usporedbu hrvatskih i američkih učenika uzela sam podatke testiranih učenika od šestog do osmog razreda, što bi odgovaralo razini našeg osnovnoškolskog obrazovanja te od devetog do dvanaestog razreda, što bi odgovaralo razini našeg srednjoškolskog obrazovanja. Na sljedećem grafu (Slika 3.3) prikazan je postotak točnih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD, po razredima, s pripadnim intervalima pouzdanosti za hrvatske učenike.



Slika 3.3: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 1

Iz grafa (Slika 3.3) je vidljivo da je na prvi zadatak točno odgovorilo oko 50% učenika osnovnih škola i oko 60% učenika srednjih škola u Hrvatskoj. Uočavamo da su učenici u srednjim školama u Hrvatskoj i SAD imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u osnovnim školama u Hrvatskoj i SAD. Također, uočavamo da su učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj imali nešto veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika u osnovnim i srednjim školama u SAD, no nije jasno je li ta razlika statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.3) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su testirani učenici u osnovnim i srednjim školama zaokruživali. Također, u tablici se nalazi postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u SAD. Ispravljajući testove učenika uočila sam da je nekolicina učenika u pojedinim za-

dacima zaokružila više odgovora te da neki učenici nisu zaokružili niti jedan ponuđeni odgovor. Postotak takvih učenika u tablici se nalazi u retku *OSTALO*.

ZADATAK 1	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	31	21	32	23
B	11	6	17	11
C	51	67	45	62
D	5	5	6	4
OSTALO	2	1	/	/

Tablica 3.3: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 1

Iz Tablice 3.3 vidimo da je 51% učenika osnovnih i 67% učenika srednjih škola odgovorilo točno na prvi zadatak. Vidljiv je napredak razumijevanja tog zadatka kod učenika srednjih škola u odnosu na učenike osnovnih škola. Raspršenost postotaka netočnih odgovora ukazuje na to da su kod većine učenika prisutne različite miskoncepcije. Najčešće zaokruživani pogrešan odgovor je odgovor A kojeg je zaokružilo 31% učenika osnovnih i 21% učenika srednjih škola. Učenici koji su zaokružili taj odgovor smatraju da koristeći predmete jednakih masa u eksperimentu učenici mogu saznati oba učinka: učinak mase i učinak oblika predmeta. Taj odgovor upućuje na sljedeće učeničke miskoncepcije:

- U danom eksperimentu ispituje se učinak SVIH povezanih varijabli, bez obzira na to je li dopušteno njihovo mijenjanje ili se drže konstantnim.
- Eksperiment može ispitati učinke svega što je uključeno u istraživanje, bez obzira na to mijenjaju li se te varijable ili se drže konstantnim.

Nadalje, 11% učenika osnovnih i 6% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor B, odnosno da koristeći predmete jednakih masa učenici mogu saznati učinak mase. Taj zaokruženi odgovor upućuje na sljedeću učeničku miskoncepciju:

- Eksperiment ispituje učinke varijabli koje su konstantne dok se druge varijable mijenjaju.

Odgovor kojeg su učenici najmanje zaokruživali je odgovor D kojeg je zaokružilo 5% učenika osnovnih i srednjih škola. Učenici koji su zaokružili taj odgovor smatraju da nije važno da svi predmeti u eksperimentu budu jednakih masa zato što učenici ne ispituju učinak mase. Kod učenika koji su zaokružili taj odgovor prisutne su sljedeće miskoncepcije:

- Prilikom ispitivanja učinka varijable na ishod eksperimenta, nije važno da li se druge relevantne varijable istodobno mijenjaju.

- Nije važno držati varijablu stalnom u eksperimentu, ako svrha istraživanja nije saznati učinak te varijable na ishod eksperimenta.

3.3.2 Zadatak 2.

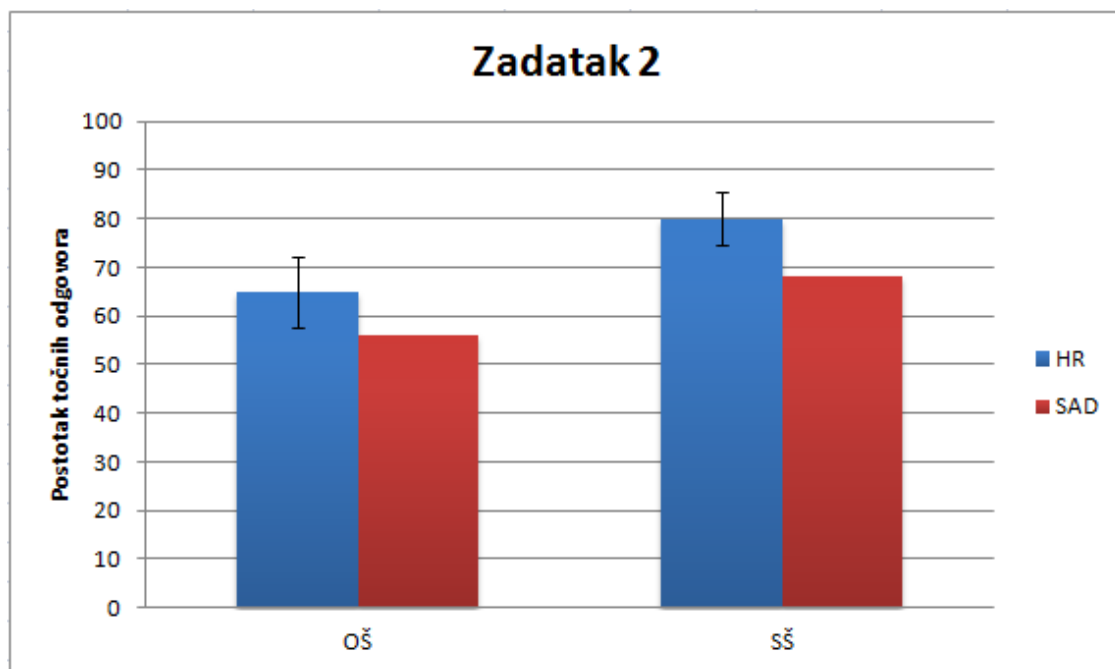
Plivačka momčad želi odabrati jednu od tri tkanine za svoja nova plivačka odijela. Svaka tkanina napravljena je od različitog materijala. Momčad je odlučila provesti sljedeći pokus: Od svake su tkanine odrezali komadiće jednakih veličina i svaki su komadić namočili jednakom količinom vode. Zatim su ih sve objesili na suncu te su svake dvije minute provjeravali je li se ijedan komadić osušio.

Što plivačka momčad može saznati o različitim tkaninama provodeći ovaj pokus?

- a) Utječe li količina vode na vrijeme sušenja komadića tkanine.*
- b) Utječe li vrsta tkanine na vrijeme sušenja komadića tkanine.*
- c) Utječu li količina vode i svjetlost na vrijeme sušenja komadića tkanine.*
- d) Utječu li vrsta tkanine, količina vode i svjetlost na vrijeme sušenja komadića tkanine.*

Ovim zadatkom ispituje se razumijevanje kontrole varijabli. Učenici su u zadatku trebali odrediti varijable koje se ispituju u danom kontroliranom eksperimentalnom postavu. Dakle, kontrolirani eksperiment koji uključuje sušenje tkanine za kupaće kostime, u kojem se mijenja vrsta tkanine dok su veličina komadića tkanine i količina vode kojom smo namočili svaki komadić tkanine konstantni, može nam reći utječe li vrsta tkanine na vrijeme sušenja komadića tkanine. Točan odgovor drugog zadatka je odgovor B.

Na sljedećem grafu (Slika 3.4) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD, po razredima, s pripadnim intervalima pouzdanosti za hrvatske učenike.



Slika 3.4: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 2

Vidimo da je preko 60% učenika osnovnih škola i 80% učenika srednjih škola u Hrvatskoj točno odgovorilo na drugi zadatak. Iz grafa (Slika 3.4) je vidljiv napredak razumijevanja ovog zadatka kod učenika srednjih škola što zaključujemo iz postotaka točnih odgovora koje su imali učenici u srednjim školama. Također, uočavamo da su učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj imali veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika u osnovnim i srednjim školama u SAD. Intervali pouzdanosti ukazuju da je ta razlika vjerojatno statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.4) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD.

ZADATAK 2	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	2	2	10	5
B	65	80	56	68
C	2	3	12	9
D	29	15	22	18
OSTALO	1	1	/	/

Tablica 3.4: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 2

Iz Tablice 3.4 vidimo da je 65% učenika osnovnih i 80% učenika srednjih škola odgovorilo točno na drugi zadatak. Slično kao i kod američkih učenika, najčešće zaokruživani pogrešan odgovor kod hrvatskih učenika je odgovor D kojeg je zaokružilo 29% učenika osnovnih i 15% učenika srednjih škola. Učenici koji su zaokružili taj odgovor smatraju da plivačka momčad provodeći ovaj eksperiment može saznati utječu li vrsta tkanine, količina vode i svjetlost na vrijeme sušenja komadića tkanine. Taj odgovor upućuje na sljedeće učeničke miskonceptije:

- U danom eksperimentu ispituje se učinak SVIH povezanih varijabli, bez obzira na to je li dopušteno njihovo mijenjanje ili se drže konstantnim.
- Dani eksperiment može ispitati učinke svega što je uključeno u istraživanje, bez obzira na to mijenjaju li se te varijable ili se drže konstantnim.

Odgovor A zaokružilo je 2% učenika osnovnih i srednjih škola, odnosno da plivačka momčad provodeći ovaj eksperiment može saznati utječe li količina vode na vrijeme sušenja komadića tkanine. Odgovor C zaokružilo je 2% učenika osnovnih i 3% učenika srednjih škola, odnosno da plivačka momčad provodeći ovaj eksperiment može saznati utječu li količina vode i svjetlost na vrijeme sušenja komadića tkanine. Kod učenika koji su zaokružili te odgovore (A i C) prisutna je sljedeća miskonceptija:

- Kontrolirani eksperiment ispituje učinke varijabli koje se drže konstantnim, a ne varijabli koje se mijenjaju.

Uočavamo da se prisutnost miskonceptija smanjila kod učenika srednjih škola u odnosu na učenike osnovnih škola. Netočni odgovori kod učenika u osnovnim i srednjim školama u SAD su raspodijeljeni na odgovore A, C i D dok je kod učenika osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj najveći udio netočnih odgovora D.

3.3.3 Zadatak 3.

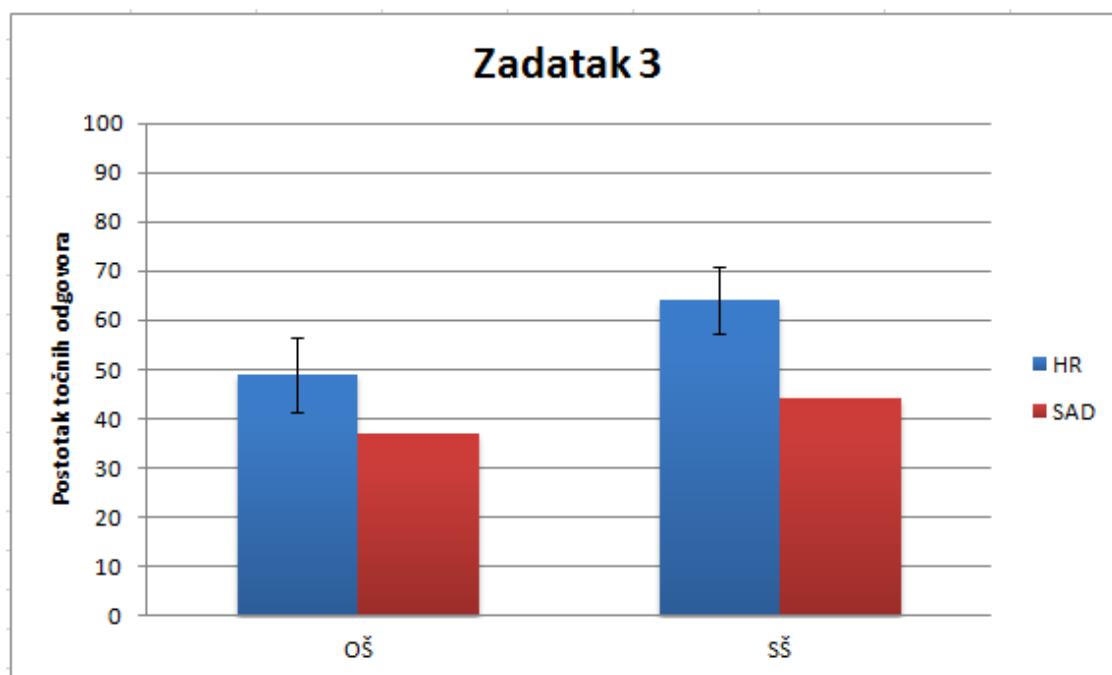
Inženjer je napravio model broda da bi mu pomogao razmišljati o tome kako radi brod. Napravio je model tako da su neka svojstva broda točno predstavljena, ali u taj model nije uključio sva svojstva broda.

Je li u redu to što je zanemario neka svojstva broda u svom modelu?

- a) To je u redu, ali samo ako je predstavio svojstva koja utječu na to kako radi brod, zato što model treba uključivati svojstva koja su bitna za ono što se proučava.*
- b) To je u redu, ali samo ako je predstavio svojstva koja utječu na to da model izgleda kao brod, zato što bi modeli trebali izgledati kao stvari koje predstavljaju.*
- c) To je u redu, ali samo ako je predstavio svojstva koja će ljudima biti zanimljiva, zbog toga što se modeli koriste samo radi prenošenja podataka drugima.*
- d) Nije u redu to što je zanemario neka svojstva broda. Model bi trebao u svakom pogledu biti kao predmet kojeg predstavlja.*

Ovim zadatkom ispituje se *opisuju li učenici prirodne pojave pomoću osnovnih prirodno-znanstvenih koncepata te koriste li se modelima u objašnjenju prirodnih pojava*. Učenici su u ovom zadatku trebali primijeniti ideju da su modeli korisni za razmišljanje o predmetima, događajima i procesima u stvarnom svijetu. Dakle, prihvatljivo je, a ponekad je i korisno da modelu nedostaju obilježja stvarnog predmeta koja nisu relevantna za ono što se proučava. Točan odgovor trećeg zadatka je odgovor A.

Na sljedećem grafu (Slika 3.5) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD, po razredima, s pripadnim intervalima pouzdanosti za hrvatske učenike.



Slika 3.5: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 3

Iz grafa (Slika 3.5) je vidljivo da je na zadatak točno odgovorilo oko 50% učenika osnovnih i preko 60% učenika srednjih škola u Hrvatskoj. Uočavamo da su učenici u srednjim školama imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u osnovnim školama te da su učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj imali veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika u osnovnim i srednjim školama u SAD. Intervali pouzdanosti pokazuju da su te razlike vjerojatno statistički značajne.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.5) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali testirani učenici u osnovnim i srednjim školama. Također, u tablici se nalazi postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u SAD.

ZADATAK 3	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	49	64	37	44
B	9	8	14	13
C	7	2	15	15
D	33	25	33	28
OSTALO	1	1	/	/

Tablica 3.5: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 3

Iz Tablice 3.5 vidimo da je 49% učenika osnovnih i 64% učenika srednjih škola odgovorilo točno na treći zadatak. Vidljiv je napredak razumijevanja tog zadatka kod učenika srednjih škola u odnosu na učenike osnovnih škola. Među ponuđenim odgovorima koji su pogrešni, učenici su najčešće zaokruživali odgovor D i u Hrvatskoj i u SAD. Taj odgovor je zaokružilo 33% hrvatskih učenika osnovnih i 25% učenika srednjih škola te oni smatraju da nije u redu to što je inženjer zanemario neka svojstva broda jer bi model trebao biti u svakom pogledu kao predmet kojeg predstavlja. Nadalje, 9% učenika osnovnih i 8% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor B, odnosno da je u redu što je inženjer zanemario neka svojstva broda u svom modelu, ali samo ako je predstavio svojstva koja utječu na to da model izgleda kao brod, zato što bi modeli trebali izgledati kao stvari koje predstavljaju. Odgovori B i D upućuju na prisutnost sljedeće miskoncepcije:

- Model bi trebao izgledati kao predmet, događaj ili proces koji se modelira (uz mogući izuzetak da može biti manji). Stoga se dijagram ili grafikon može smatrati modelom samo ako ima fizičku sličnost s onim što se predstavlja.

Odgovor C zaokružilo je 7% učenika osnovnih i 2% učenika srednjih škola te oni smatraju da je u redu što je inženjer u svom modelu zanemario neka svojstva broda, ali samo ako je predstavio svojstva koja će ljudima biti zanimljiva, zbog toga što se modeli koriste samo radi prenošenja podataka drugima. Kod učenika koji su zaokružili taj odgovor prisutna je sljedeća miskoncepcija:

- Model može predstavljati samo već poznata svojstva neke pojave; ne može se koristiti za shvaćanje novih stvari (na primjer, za točno predviđanje) o toj pojavi. To i dalje omogućuje da jedna osoba koristi model kako bi drugima predstavila svojstva koja ona već zna čak i ako drugi to ne znaju.

3.3.4 Zadatak 4.

Učenik je napravio jednostavan model Sunčevog sustava koristeći košarkašku loptu da predstavi Sunce. Zatim je postavio niz ping pong loptica po pravcu da predstavi pojedine planete. Ping pong loptice su međusobno jednako udaljene.



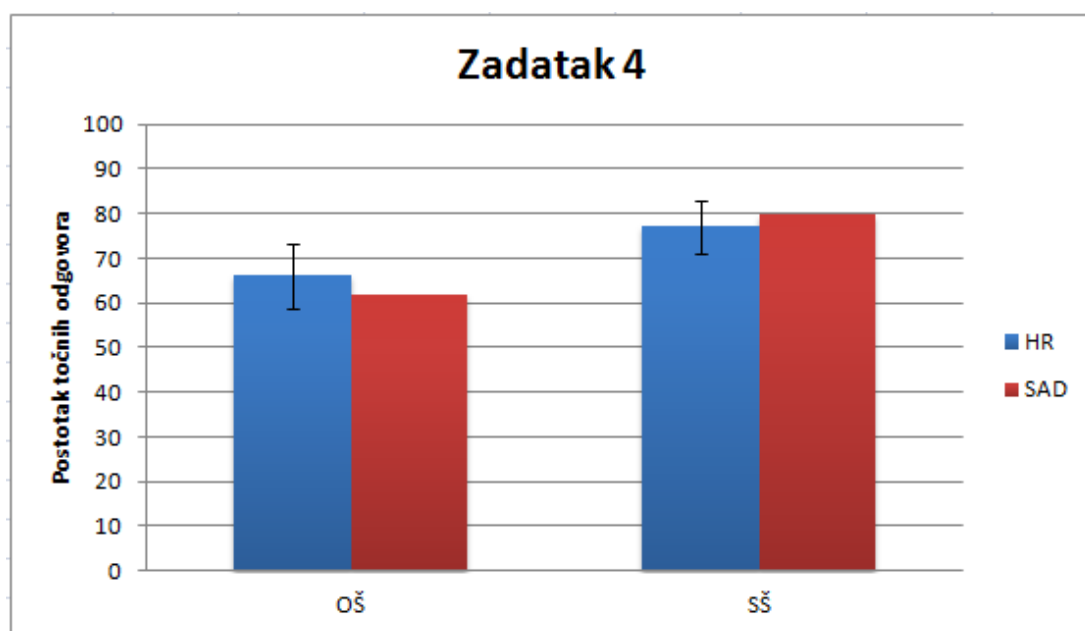
On želi koristiti model kako bi usporedio vremena potrebna svemirskom brodu za putovanje između različitih planeta.

Na koji bi način učenik trebao promijeniti svoj model da bi mu pomogao ispravno zaključiti?

- Trebao bi obojati loptice tako da svaka izgleda kao planet kojeg predstavlja.*
- Trebao bi dodati svemirski brod u svoj model da predstavlja svemirski brod koji putuje između planeta.*
- Trebao bi koristiti loptice različitih veličina tako da predstavi relativnu veličinu planeta.*
- Trebao bi loptice rasporediti na različitoj udaljenosti tako da predstavi relativnu udaljenost između planeta.*

Ovim zadatkom ispituje se opisuju li učenici prirodne pojave pomoću osnovnih prirodoslovnih koncepata te koriste li se modelima u objašnjenju prirodnih pojava. Učenici su u ovom zadatku trebali primijeniti ideju da korisnost modela u razmišljanju o predmetima, događajima i procesima ovisi o tome koliko točno njegovo ponašanje odgovara važnim svojstvima onoga što se modelira. Dakle, ako učenik proučava koliko je vremena potrebno za putovanje između različitih planeta u Sunčevom sustavu, njegov model treba točno prikazati relativne udaljenosti između planeta, ali ne mora točno predstaviti druga svojstva Sunčevog sustava. Točan odgovor četvrtog zadatka je odgovor D.

Na sljedećem grafu (Slika 3.6) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD, po razredima, s pripadnim intervalima pouzdanosti za učenike u Hrvatskoj.



Slika 3.6: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 4

Vidimo da je na četvrti zadatak točno odgovorilo preko 60% učenika u osnovnim i preko 70% učenika u srednjim školama u Hrvatskoj. Iz grafa (Slika 3.6) uočavamo da su učenici u srednjim školama imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u osnovnim školama iz čega zaključujemo da je vidljiv napredak razumijevanja tog zadatka kod učenika srednjih škola. Također, uočavamo da nije bilo statistički značajne razlike između hrvatskih i američkih učenika.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.6) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD.

ZADATAK 4	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	4	1	6	4
B	4	4	12	5
C	24	11	20	10
D	66	77	62	80
OSTALO	4	7	/	/

Tablica 3.6: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 4

Iz Tablice 3.6 je vidljivo da je 66% učenika osnovnih i 77% učenika srednjih škola

odgovorilo točno na četvrti zadatak. Najčešće zaokruživani pogrešan odgovor je odgovor C kojeg je zaokružilo 24% učenika osnovnih i 11% učenika srednjih škola. Oni smatraju da bi učenik trebao u svom modelu Sunčevog sustava koristiti loptice različitih veličina tako da predstavi relativnu veličinu planeta. Nadalje, 4% učenika osnovnih i 1% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor A, odnosno da bi učenik u svom modelu Sunčevog sustava trebao obojati loptice tako da svaka izgleda kao planet kojeg predstavlja. 4% učenika osnovnih i srednjih škola zaokružilo je odgovor B, odnosno da bi učenik u svom modelu Sunčevog sustava trebao dodati svemirski brod da predstavlja svemirski brod koji putuje između planeta. Kod učenika koji su zaokružili te odgovore A, B i C prisutna je sljedeća miskoncepcija:

- Što je model sličniji onome što se modelira (osobito s obzirom na fizičke sličnosti), to je bolji model.

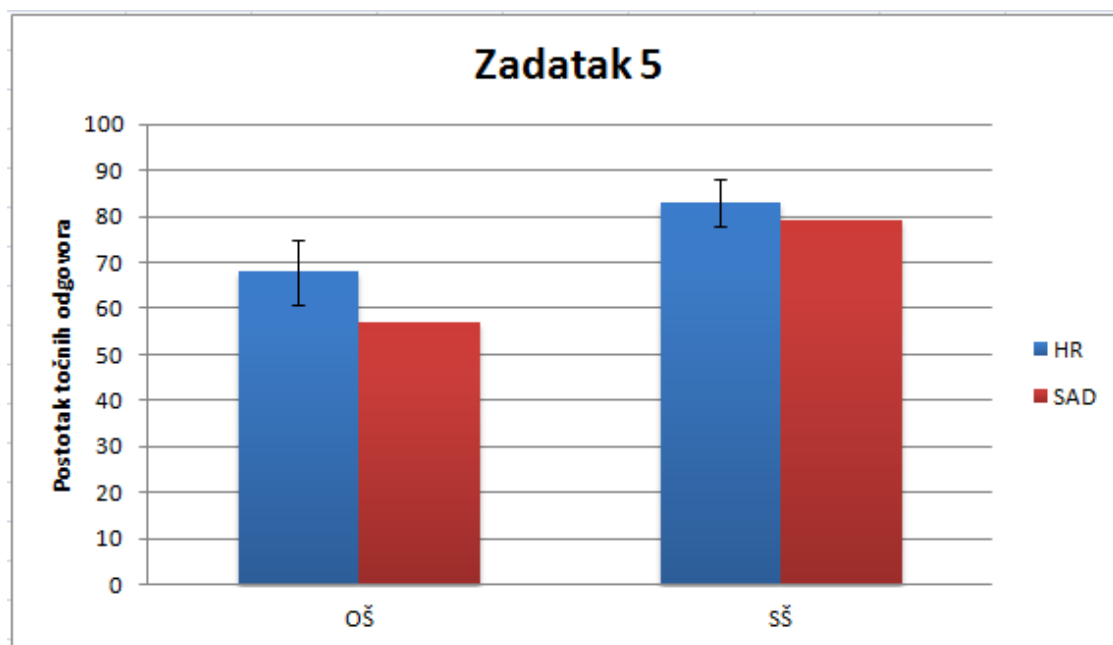
3.3.5 Zadatak 5.

Učenica pretpostavlja da tri varijable (X, Y i Z) mogu utjecati na rezultate njezinog pokusa. Odlučila je mijenjati samo varijablu X, a varijable Y i Z držati stalnima. Što učenica pokušava saznati ovim pokusom?

- a) *Utječe li varijabla X na rezultate njezinog pokusa.*
- b) *Utječu li varijable X i Y na rezultate njezinog pokusa.*
- c) *Utječu li varijable Y i Z na rezultate njezinog pokusa.*
- d) *Utječu li varijable X, Y i Z na rezultate njezinog pokusa.*

Ovim zadatkom ispituje se primjenjuju li učenici osnovnu ideju da "ako se u eksperimentu istodobno mijenja više varijabli, ishod eksperimenta ne može se jasno pripisati jednoj pojedinoj varijabli." Učenici su u zadatku trebali odrediti varijable koje se ispituju u danom kontroliranom eksperimentalnom postavu. Dakle, u eksperimentu koji uključuje tri varijable (X, Y i Z) koje mogu utjecati na ishod eksperimenta, promjena varijable X te držanje varijabli Y i Z konstantnim, omogućuje otkrivanje učinka varijable X na ishod eksperimenta. Točan odgovor petog zadatka je odgovor A.

Na sljedećem grafu (Slika 3.7) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD. Na grafu su prikazani i intervali pouzdanosti, po razredima, za učenike u hrvatskim školama.



Slika 3.7: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 5

Iz grafa (Slika 3.7) je vidljivo da je skoro 70% učenika osnovnih i preko 80% učenika srednjih škola u Hrvatskoj točno odgovorilo na peti zadatak. Uočavamo da su učenici u srednjim školama u Hrvatskoj i SAD imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u osnovnim školama u Hrvatskoj i SAD iz čega zaključujemo da je vidljiv napredak u razumijevanju tog zadatka kod učenika srednjih škola. Također, uočavamo da su učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj imali veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika u osnovnim i srednjim školama u SAD. Ta razlika mogla bi biti statistički značajna za učenike osnovnih škola, dok razlika kod učenika srednjih škola nije statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.7) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD.

ZADATAK 5	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	68	83	57	79
B	6	2	10	6
C	12	9	19	11
D	12	6	13	4
OSTALO	2	/	/	/

Tablica 3.7: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 5

Iz Tablice 3.7 vidimo da je 68% učenika osnovnih i 83% učenika srednjih škola u Hrvatskoj odgovorilo točno na peti zadatak. Najčešće zaokruživani pogrešni odgovori su odgovori C i D. 12% učenika osnovnih i 9% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor C, odnosno da učenica ovim eksperimentom može saznati utječu li varijable Y i Z na rezultate njezinog eksperimenta. Taj zaokruženi odgovor upućuje na sljedeću miskoncepciju:

- Kontrolirani eksperiment ispituje učinke varijabli koje se drže konstantnim, a ne varijabli koje se mijenjaju.

12% učenika osnovnih i 6% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor D, odnosno da učenica ovim eksperimentom može saznati utječu li varijable X, Y i Z na rezultate njezinog eksperimenta. Kod učenika koji su zaokružili taj odgovor prisutna je sljedeća miskoncepcija:

- U danom eksperimentu ispituje se učinak SVIH povezanih varijabli, bez obzira na to je li dopušteno njihovo mijenjanje ili se drže konstantnim.

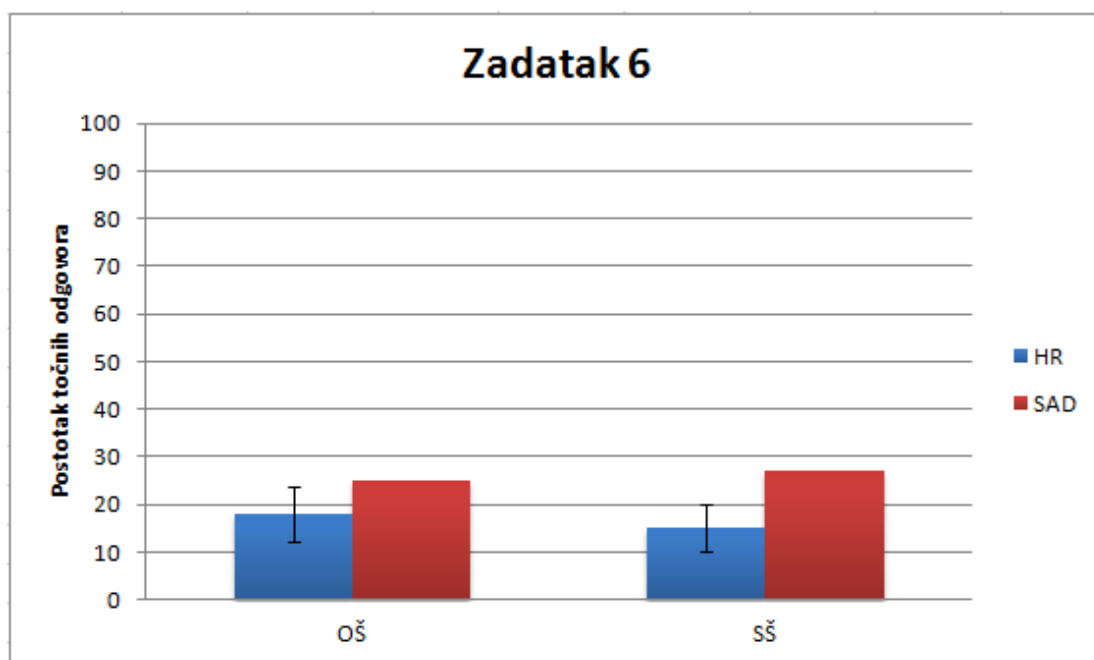
3.3.6 Zadatak 6.

Na koji se način model može razlikovati od stvari koju predstavlja?

- Model može biti različitog oblika i boje od stvari koju predstavlja.*
- Model može biti različitog oblika od stvari koju predstavlja, ali mora biti jednake boje.*
- Model može biti različite boje od stvari koju predstavlja, ali mora biti jednakog oblika.*
- Model mora biti jednakog oblika i boje kao stvar koju predstavlja.*

Ovim zadatkom ispituje se *opisuju li učenici prirodne pojave pomoću osnovnih prirodno-znanstvenih koncepata te koriste li se modelima u objašnjenju prirodnih pojava*. Učenici su u ovom zadatku trebali primijeniti ideju da je model sličan, ali ne sasvim stvari koja se modelira. Dakle, model može biti različitog oblika od stvari koju predstavlja, ali može biti i različite boje. Točan odgovor šestog zadatka je odgovor A.

Na sljedećem grafu (Slika 3.8) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD, po razredima, s pripadnim intervalima pouzdanosti za učenike u Hrvatskoj.



Slika 3.8: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 6

Iz grafa (Slika 3.8) je vidljivo da je manje od 20% učenika osnovnih i srednjih škola točno odgovorilo na ovaj zadatak. Ovo je zadatak koji je u cijelom testu najslabije riješen. Uočavamo da su učenici u osnovnim i srednjim školama u SAD imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i da je ta razlika vjerojatno statistički značajna. Zanimljiva je činjenica da su u ovom zadatku nešto veći postotak točno zaokruženih odgovora imali učenici u osnovnim školama nego učenici u srednjim školama u Hrvatskoj, ali ta razlika vjerojatno nije statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.8) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su testirani učenici u osnovnim i srednjim školama zaokruživali. Također, u tablici se nalazi

postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u SAD.

ZADATAK 6	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	18	15	25	27
B	5	3	13	10
C	51	67	41	45
D	25	15	21	18
OSTALO	1	1	/	/

Tablica 3.8: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 6

Iz Tablice 3.8 vidimo da je samo 18% učenika osnovnih i 15% učenika srednjih škola odgovorilo točno na šesti zadatak. I hrvatski i američki učenici su najčešće zaokruživali odgovor C kojeg je zaokružilo 51% hrvatskih učenika osnovnih i 67% učenika srednjih škola. Oni smatraju da model može biti različite boje od stvari koju predstavlja, ali mora biti jednakog oblika. Nadalje, 25% učenika osnovnih i 15% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor D, odnosno da model mora biti jednakog oblika i boje kao stvar koju predstavlja. Odgovor B zaokružilo je 5% učenika osnovnih i 3% učenika srednjih škola koji smatraju da model može biti različitog oblika od stvari koju predstavlja, ali da mora biti jednake boje.

3.3.7 Zadatak 7.

Učenik želi kupiti novi skejtbord. Želi saznati utječe li veličina kotača na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu. Također, želi saznati utječe li materijal od kojega je daska napravljena na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu. Odlučio je usporediti dva skejtborda koji su jednake veličine, ali su napravljeni od različitih materijala i imaju različite veličine kotača.



Odguruje se najjače što može i stoji na skejtbordu sve dok se skejtbord ne zaustavi. Svaki skejtbord isprobava pet puta kako bi vidio koliko daleko može ići. U svakom je pokušaju koristio isti pločnik i istu početnu točku. Saznao je da se Modelom 1 može dalje kotrljati.

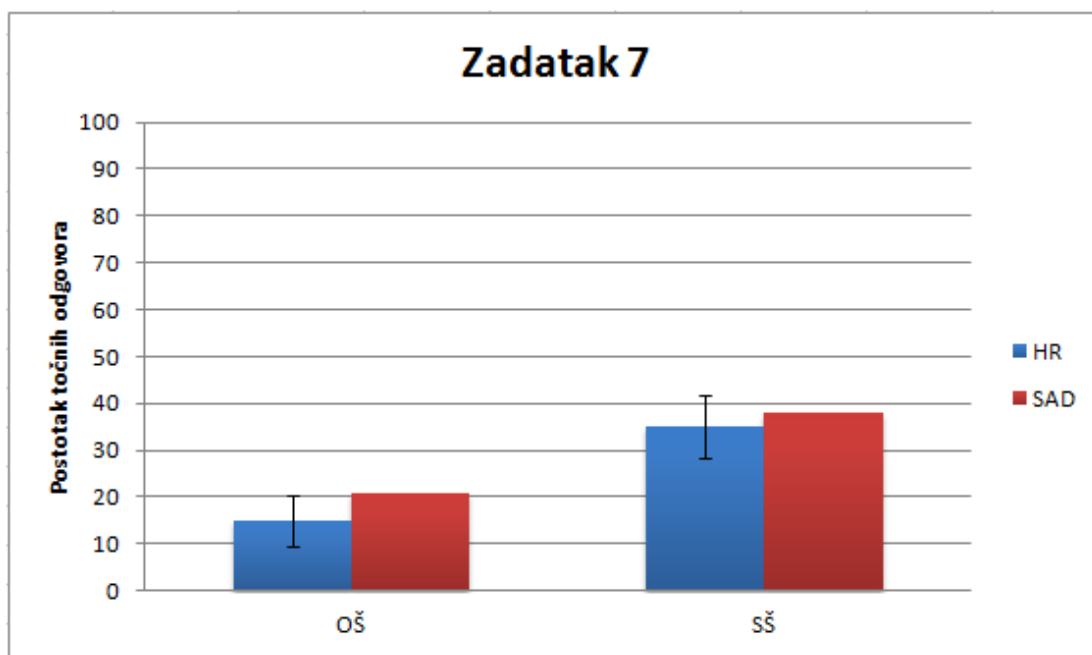
Što učenik može zaključiti iz ovog pokusa?

- a) Može zaključiti da veličina kotača utječe na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu.
- b) Može zaključiti da materijal od kojeg je napravljena daska utječe na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu.
- c) Može zaključiti da i materijal od kojeg je napravljena daska i veličina kotača utječu na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu.
- d) Iz ovog pokusa nije moguće donijeti zaključak o tome utječu li veličina kotača i materijal od kojeg je napravljena daska na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu.

Ovim zadatkom ispituje se razumijevanje kontrole varijabli. Učenici su u zadatku trebali u danom eksperimentu u kojem se istodobno mijenjaju dvije varijable utvrditi da se ne može donijeti nikakav zaključak o učinku pojedine varijable na ishod eksperimenta. Dakle, u eksperimentu sa skejtbordima, u kojima se veličina kotača i materijal od kojeg je daska napravljena istodobno mijenjaju, nije moguće saznati utječe li neka od tih varijabli na to

koliko se daleko učenik može kotrljati na skejtbordu. Točan odgovor sedmog zadatka je odgovor D.

Na sljedećem grafu (Slika 3.9) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD, po razredima, s pripadnim intervalima pouzdanosti za učenike u Hrvatskoj.



Slika 3.9: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 7

Vidljivo je da je preko 10% učenika osnovnih i preko 30% učenika srednjih škola u Hrvatskoj točno odgovorilo na sedmi zadatak. Vidljiv je napredak u razumijevanju ovog zadatka kod učenika srednjih škola u odnosu na učenike osnovnih škola. Iz grafa (Slika 3.9) uočavamo da su učenici u osnovnim i srednjim školama u SAD imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj. Ta razlika vjerojatno nije bila statistički značajna za učenike srednjih škola, dok se za učenike osnovnih škola ne može procijeniti je li razlika značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.9) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD.

ZADATAK 7	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	31	23	22	14
B	6	4	13	8
C	46	38	44	40
D	15	35	21	38
OSTALO	1	/	/	/

Tablica 3.9: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 7

Iz Tablice 3.9 vidimo da je samo 15% hrvatskih učenika osnovnih i 35% učenika srednjih škola odgovorilo točno na sedmi zadatak. Vidljiv je napredak razumijevanja tog zadatka kod učenika srednjih škola u odnosu na učenike osnovnih škola. Najčešće zaokruživani odgovor i kod hrvatskih i kod američkih učenika je odgovor C. Odgovor C zaokružilo je 46% hrvatskih učenika osnovnih i 38% učenika srednjih škola. Oni smatraju da učenik u ovom eksperimentu može zaključiti da i materijal od kojeg je napravljena daska i veličina kotača utječu na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu. Kod učenika koji su zaokružili taj odgovor prisutna je sljedeća miskoncepcija:

- Ako se u eksperimentu istodobno mijenjaju dvije varijable, može se saznati učinak svake varijable na ishod eksperimenta.

Nadalje, 31% učenika osnovnih i 23% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor A, odnosno da učenik u ovom eksperimentu može zaključiti da veličina kotača utječe na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu. Odgovor B zaokružilo je 6% učenika osnovnih i 4% učenika srednjih škola te oni smatraju da učenik u ovom eksperimentu može zaključiti da materijal od kojeg je napravljena daska utječe na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu. Ti zaokruženi odgovori (A i B) upućuju na sljedeću miskoncepciju:

- Ako se u eksperimentu istodobno mijenjaju dvije varijable, može se saznati utječe li barem jedna od varijabli na ishod eksperimenta.

3.3.8 Zadatak 8.

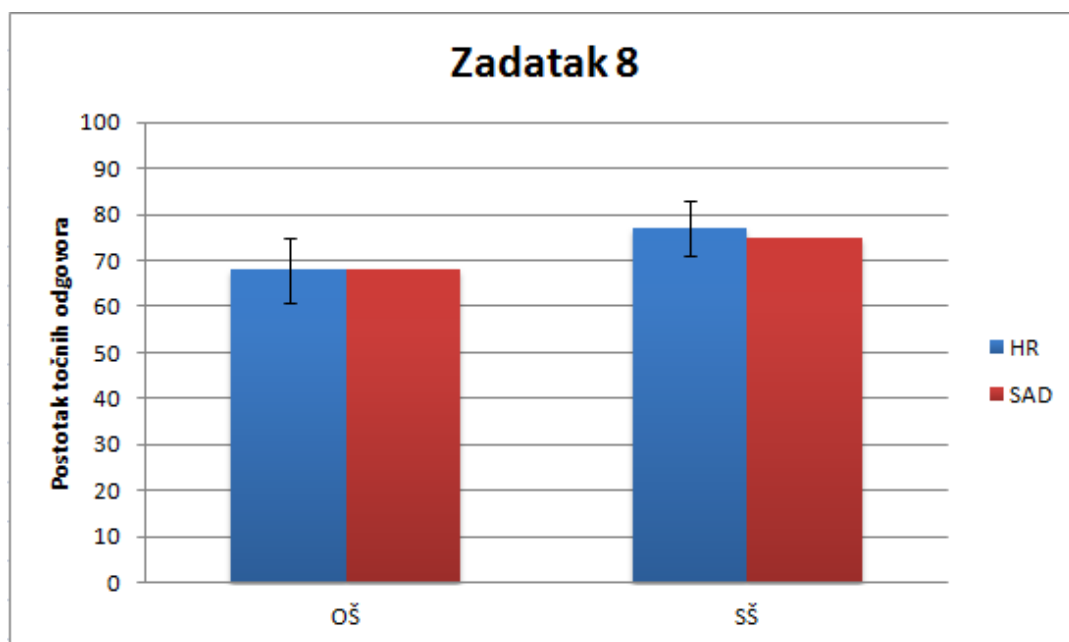
Koja od sljedećih izjava opisuje zašto inženjer može koristiti model stroja?

- Kako bi pokazao drugima kakav je stroj ili kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja.*

- b) *Kako bi pokazao drugima kakav je stroj, ali ne kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja.*
- c) *Kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja, a ne kako bi pokazao drugima kakav je stroj.*
- d) *Niti kako bi pokazao drugima kakav je stroj, niti kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja.*

Ovim zadatkom ispituje se *opisuju li učenici prirodne pojave pomoću osnovnih prirodno-znanstvenih koncepata te koriste li se modelima u objašnjenju prirodnih pojava*. Učenici su u ovom zadatku trebali primijeniti ideju da su modeli korisni za razmišljanje o predmetima, događajima i procesima u stvarnom svijetu. Dakle, inženjer može koristiti model broda kako bi drugima pokazao kakav je stroj ili kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja. Točan odgovor trećeg zadatka je odgovor A.

Na sljedećem grafu (Slika 3.10) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD. Na grafu su označeni i intervali pouzdanosti po razredima za učenike u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj.



Slika 3.10: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 8

Iz grafa (Slika 3.10) je vidljivo da je skoro 70% učenika u osnovnim i skoro 80% učenika u srednjim školama u Hrvatskoj točno odgovorilo na ovaj zadatak. Uočavamo da su hrvatski i američki učenici u osnovnim školama imali podjednak postotak točno zaokruženih odgovora. Vidi se mali napredak u razumijevanju ovog zadatka kod učenika srednjih škola u odnosu na učenike osnovnih škola, ali nije jasno je li ta razlika statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.10) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD zaokruživali.

ZADATAK 8	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	68	77	68	75
B	9	6	12	10
C	22	14	14	9
D	1	2	6	6
OSTALO	/	2	/	/

Tablica 3.10: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali

Iz Tablice 3.10 vidimo da je 68% učenika osnovnih i 77% učenika srednjih škola odgovorilo točno na osmi zadatak. Među pogrešnim odgovorima odgovor C zaokružilo je 22% učenika osnovnih i 14% učenika srednjih škola. Oni smatraju da inženjer koristi model stroja kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja, a ne kako bi pokazao drugima kakav je stroj. Nadalje, 9% učenika osnovnih i 6% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor B, odnosno da inženjer koristi model stroja kako bi drugima pokazao kakav je stroj, ali ne kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja. Samo 1% učenika osnovnih i 2% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor D, odnosno da inženjer ne koristi model stroja kako bi drugima pokazao kakav je stroj, niti kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja. Kod učenika koji su zaokružili odgovore B i D prisutna je sljedeća miskoncepcija:

- Model može predstavljati samo već poznata svojstva neke pojave; ne može se koristiti za shvaćanje novih stvari (na primjer, za točno predviđanje) o toj pojavi. To i dalje omogućuje da jedna osoba koristi model kako bi drugima predstavila svojstva koja ona već zna čak i ako drugi to ne znaju.

3.3.9 Zadatak 9.

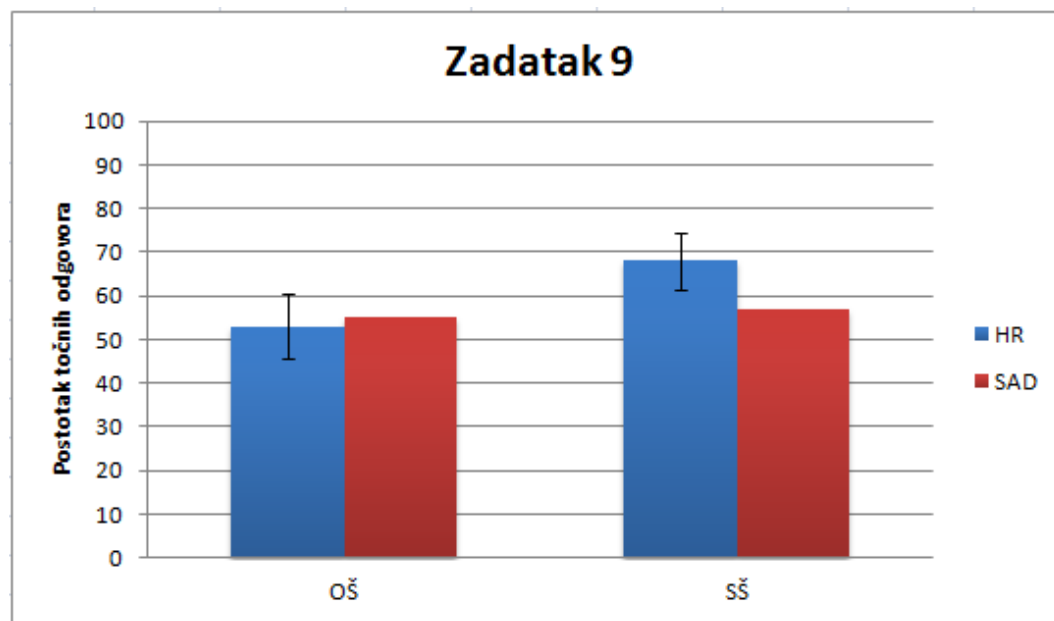
Učenik skicira dijagram koji prikazuje kako voda isparava iz vlažnog ručnika zatvorenog u plastičnu vrećicu. Na temelju svoje skice on predviđa: Ako se vlažan ručnik ostavi zatvoren nekoliko sati u plastičnoj vrećici, voda će ispariti i ručnik će se osušiti. No, kada je izveo ovaj pokus s pravim ručnikom, ispostavilo se da je njegovo predviđanje bilo netočno te je ručnik ostao mokar.

Što bi učenik trebao napraviti sa svojom skicom?

- a) Budući da njegova skica nije bila korisna u donošenju točnog predviđanja, on bi je trebao odbaciti i ne koristiti više skice za predviđanja.*
- b) Budući da njegova skica točno ne predstavlja što se stvarno događa, on bi trebao napraviti novu verziju skice koja bolje predviđa ono što je zaista opazio s pravim ručnikom.*
- c) Budući da njegova skica predstavlja njegovo mišljenje o tome kako svijet funkcionira, on je ne bi trebao mijenjati, nego treba biti siguran da je može koristiti za donošenje točnih predviđanja.*
- d) Budući da njegova skica predstavlja njegovo mišljenje o tome kako svijet funkcionira, on bi je trebao koristiti za donošenje drugih predviđanja i nastaviti ih provjeravati sve dok jedno od predviđanja ne bude točno.*

Ovim zadatkom ispituje se *opisuju li učenici prirodne pojave pomoću osnovnih prirodno-znanstvenih koncepata te koriste li se modelima u objašnjenju prirodnih pojava*. Učenici su u ovom zadatku trebali primijeniti ideju da nema sigurnosti u tome da su ideje utemeljene isključivo na modelu točne. Dakle, ako je učenik skicirao dijagram koji prikazuje njegovo mišljenje kako voda isparava iz vlažnog ručnika i ako je njegova skica netočna, on bi trebao napraviti novu verziju skice koja preciznije predstavlja ono što on zna o isparavanju. Točan odgovor devetog zadatka je odgovor B.

Na sljedećem grafu (Slika 3.11) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD, po razredima, s pripadnim intervalima pouzdanosti za učenike u Hrvatskoj.



Slika 3.11: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 9

Iz grafa (Slika 3.11) je vidljivo da je preko 50% učenika u osnovnim i skoro 70% učenika srednjih škola točno odgovorilo za deveti zadatak. Uočavamo da su učenici u srednjim školama u Hrvatskoj imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u osnovnim školama i taj napredak je statistički značajan. Također, uočavamo da su učenici u osnovnim školama u Hrvatskoj i SAD imali podjednak postotak točno zaokruženih odgovora dok su učenici u srednjim školama u Hrvatskoj imali veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika u srednjim školama u SAD. Ta razlika je vjerojatno bila statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.11) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD.

ZADATAK 9	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	6	5	11	11
B	53	68	55	57
C	8	6	19	15
D	31	18	16	16
OSTALO	2	3	/	/

Tablica 3.11: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 9

Iz Tablice 3.11 vidimo da je 53% učenika osnovnih i 68% učenika srednjih škola odgovorilo točno na deveti zadatak. Najčešće zaokruživani pogrešan odgovor je odgovor D kojeg je zaokružilo 31% učenika osnovnih i 18% učenika srednjih škola. Oni smatraju da budući da učenikova skica predstavlja njegovo mišljenje o tome kako svijet funkcionira, on bi je trebao koristiti za donošenje drugih predviđanja i nastaviti ih provjeravati sve dok jedno od predviđanja ne bude točno. Nadalje, 6% učenika osnovnih i 5% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor A, odnosno budući da učenikova skica nije bila korisna u donošenju točnog predviđanja, on bi je trebao odbaciti i ne koristiti više skice za predviđanja. Taj zaokruženi odgovor upućuje na prisutnost sljedeće miskoncepcije:

- Model može predstavljati samo već poznata svojstva neke pojave; ne može se koristiti za shvaćanje novih stvari (na primjer, za točno predviđanje) o toj pojavi. To i dalje omogućuje da jedna osoba koristi model kako bi drugima predstavila svojstva koja ona već zna čak i ako drugi to ne znaju.

Odgovor C zaokružilo je 8% učenika osnovnih i 6% učenika srednjih škola koji smatraju da budući da učenikova skica predstavlja njegovo mišljenje o tome kako svijet funkcionira, on je ne bi trebao mijenjati, nego treba biti siguran da je može koristiti za donošenje točnih predviđanja. Uočavamo da se prisutnost miskoncepcija smanjila kod učenika srednjih škola u Hrvatskoj. Iz tablice je vidljivo kako je najveći postotak pogrešno zaokruženih odgovora kod hrvatskih učenika za odgovor D dok su kod američkih učenika pogrešni odgovori raspršeni na odgovore A, C i D.

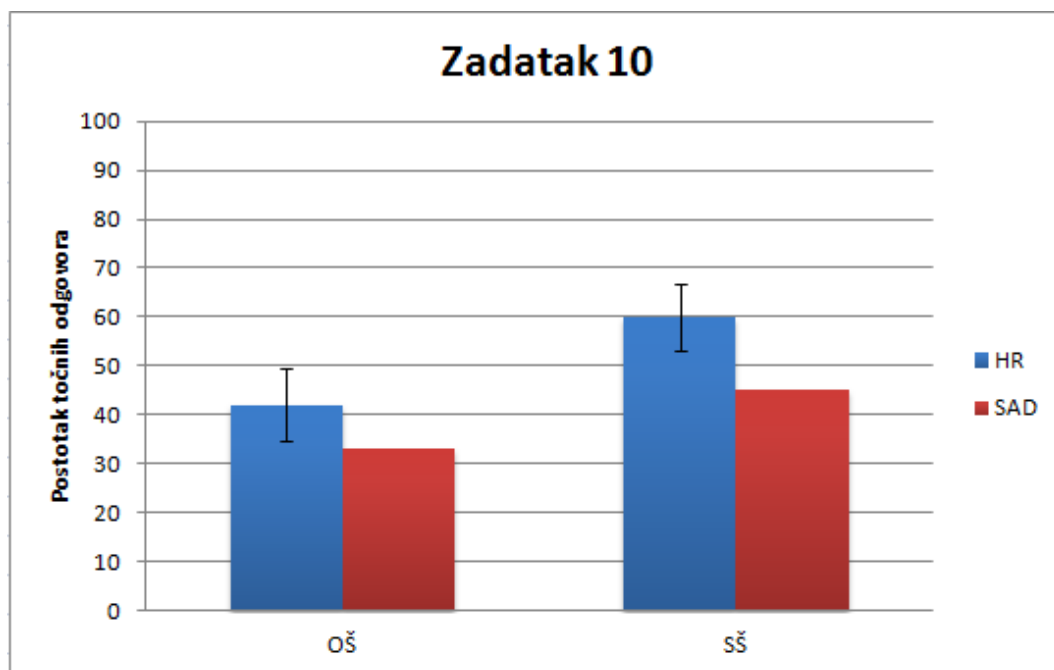
3.3.10 Zadatak 10.

Učenik želi napraviti jednostavan model Sunčevog sustava kako bi mu pomogao usporediti vremena potrebna svemirskom brodu za putovanje između različitih planeta. Koja je od sljedećih stvari nužna kako bi mogao razmišljati o vremenu putovanja?

- a) Mora točno predstaviti relativnu udaljenost između planeta i, također, mora biti siguran da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja.*
- b) Mora biti siguran da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja, ali ne mora točno predstaviti relativnu udaljenost između planeta.*
- c) Mora točno predstaviti relativnu udaljenost između planeta, ali ne mora biti siguran da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja.*
- d) Niti mora točno predstaviti relativnu udaljenost između planeta, niti mora biti siguran da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja.*

Ovim zadatkom ispituje se opisuju li učenici prirodne pojave pomoću osnovnih prirodno-znanstvenih koncepata te koriste li se modelima u objašnjenju prirodnih pojava. Učenici su u ovom zadatku trebali primijeniti ideju da korisnost modela u razmišljanju o predmetima, događajima i procesima ovisi o tome koliko točno njegovo ponašanje odgovara važnim svojstvima onoga što se modelira. Dakle, ako učenik napravi model Sunčevog sustava kako bi mogao razmišljati o vremenu putovanja svemirskog broda između različitih planeta, nužno je da točno predstavi relativne veličine i udaljenosti između planeta, ali nije potrebno da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja. Točan odgovor desetog zadatka je odgovor C.

Na sljedećem grafu (Slika 3.12) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD. Na grafu su prikazani i intervali pouzdanosti po razredima učenika u Hrvatskoj.



Slika 3.12: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 10

Iz grafa (Slika 3.12) vidimo da je preko 40% učenika osnovnih i 60% učenika srednjih škola točno odgovorilo na deseti zadatak. Vidljiv je napredak razumijevanja ovog zadatka kod učenika srednjih škola u odnosu na učenike osnovnih škola. Uočavamo da su učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u osnovnim i srednjim školama u SAD. Ta razlika je vrlo vjerojatno statistički značajna za učenike srednjih škola, dok nije jasno je li razlika statistički značajna za učenike osnovnih škola.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.12) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD.

ZADATAK 10	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	49	31	40	36
B	6	5	18	13
C	42	60	33	45
D	3	4	8	6
OSTALO	/	1	/	/

Tablica 3.12: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 10

Iz Tablice 3.12 vidimo da je 42% učenika osnovnih i 60% učenika srednjih škola točno odgovorilo na deseti zadatak. Najčešće zaokruživani pogrešan odgovor je odgovor A kojeg je zaokružilo 49% učenika osnovnih i 31% učenika srednjih škola. Oni smatraju da učenik mora točno predstaviti relativnu udaljenost između planeta i, također, mora biti siguran da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja. Nadalje, 6% učenika osnovnih i 5% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor B, odnosno da učenik mora biti siguran da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja, ali ne mora točno predstaviti relativnu udaljenost između planeta. Kod učenika koji su zaokružili te odgovore prisutna je sljedeća miskoncepcija:

- Što je model sličniji onome što se modelira (osobito s obzirom na fizičke sličnosti), to je bolji model.

Odgovor D zaokružilo je 3% učenika osnovnih i 4% učenika srednjih škola smatrajući da učenik ne mora točno predstaviti relativnu udaljenost između planeta, niti mora biti siguran da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja. Uočavamo da je postotak pogrešno zaokruženih odgovora najveći za odgovor A i kod hrvatskih i kod američkih učenika, ali američki učenici su često birali i odgovor B.

3.3.11 Zadatak 11.

Inženjerka želi saznati koliko će dobro avion letjeti po kiši. Napravila je model aviona i saznala je da model aviona može letjeti po kiši.

Koji zaključak može donijeti?

- Može biti potpuno sigurna da će pravi avion dobro letjeti po kiši zato što je model aviona dobro letio dok je padala kiša.*

- b) *Može biti potpuno sigurna da će pravi avion dobro letjeti po kiši, ali samo ako njezin model sadrži sve stvari koje bi, po njezinom mišljenju, mogle utjecati na to kako pravi avion leti po kiši.*
- c) *Ne može biti potpuno sigurna da će pravi avion letjeti dobro po kiši sve dok zaista ne poleti pravim avionom po kiši.*
- d) *Ne može biti potpuno sigurna da će pravi avion dobro letjeti po kiši zato što predviđanja donesena koristeći modele nikada nisu točna.*

Ovim zadatkom ispituje se *opisuju li učenici prirodne pojave pomoću osnovnih prirodno-znanstvenih koncepata te koriste li se modelima u objašnjenju prirodnih pojava*. Učenici su u ovom zadatku trebali primijeniti ideju da nema sigurnosti u tome da su ideje utemeljene isključivo na modelu točne. Dakle, čak i ako je inženjerka napravila dobar model aviona i saznala da je avion dobro letio dok je padala kiša, još uvijek ne može biti potpuno sigurna da će pravi avion letjeti dobro po kiši sve dok zaista ne poleti pravim avionom po kiši. Točan odgovor jedanaestog zadatka je odgovor C.

Na sljedećem grafu (Slika 3.13) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD. Na grafu su prikazani i intervali pouzdanosti po razredima za učenike u Hrvatskoj.

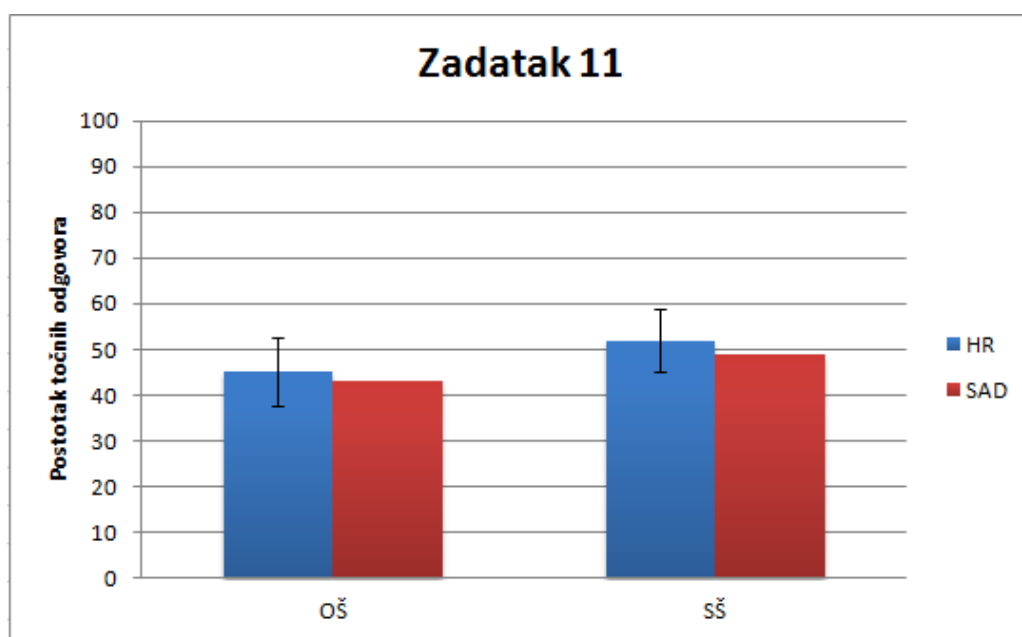
Iz grafa (Slika 3.13) je vidljivo da je preko 40% učenika osnovnih i preko 50% učenika srednjih škola točno odgovorilo na ovaj zadatak. Uočavamo da su učenici u srednjim školama imali veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika u osnovnim školama, ali nije jasno je li ta razlika statistički značajna. Hrvatski i američki učenici su podjednako riješili ovaj zadatak.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.13) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su učenici u osnovnim i srednjim školama zaokruživali. Također, u tablici se nalazi postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u SAD.

ZADATAK 11	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	8	7	12	8
B	37	35	31	31
C	45	52	43	49
D	8	6	13	12
OSTALO	1	1	/	/

Tablica 3.13: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 11

Iz Tablice 3.13 vidimo da je 45% učenika osnovnih i 52% učenika srednjih škola u Hrvatskoj točno odgovorilo na jedanaesti zadatak. Pogrešni odgovor kojeg su učenici najčešće



Slika 3.13: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 11

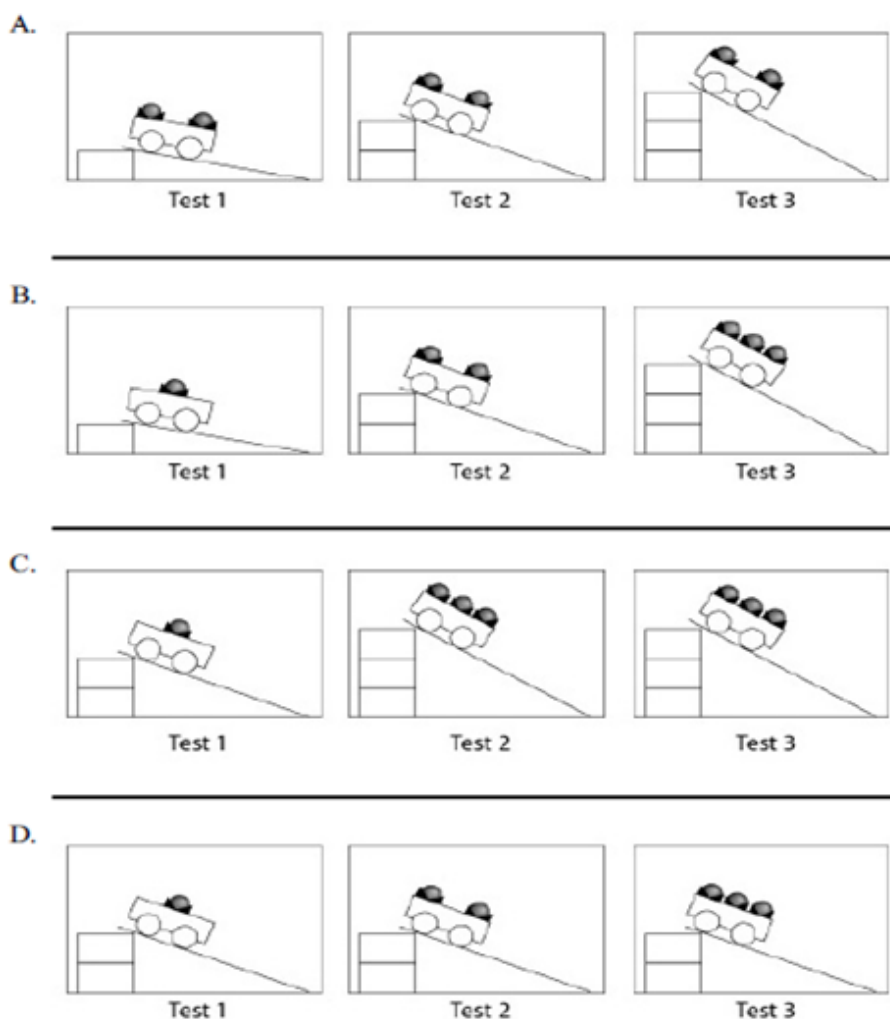
zaokruživali je odgovor B kojeg je zaokružilo 37% učenika osnovnih i 35% učenika srednjih škola. Oni smatraju da inženjerka provodeći ovaj eksperiment može biti potpuno sigurna da će pravi avion dobro letjeti po kiši, ali samo ako njezin model sadrži sve stvari koje bi, po njezinom mišljenju, mogle utjecati na to kako pravi avion leti po kiši. Nadalje, 8% učenika osnovnih i 7% učenika srednjih škola zaokružilo je odgovor A, odnosno da inženjerka može biti potpuno sigurna da će pravi avion dobro letjeti po kiši zato što je model aviona dobro letio dok je padala kiša. Odgovor D zaokružilo je 8% učenika osnovnih i 6% učenika srednjih škola. Smatraju da inženjerka ne može biti potpuno sigurna da će pravi avion dobro letjeti po kiši zato što predviđanja donesena koristeći modele nikada nisu točna. Taj odgovor upućuje na prisutnost sljedeće miskoncepcije:

- Model može predstavljati samo već poznata svojstva neke pojave; ne može se koristiti za shvaćanje novih stvari (na primjer, za točno predviđanje) o toj pojavi. To i dalje omogućuje da jedna osoba koristi model kako bi drugima predstavila svojstva koja ona već zna čak i ako drugi to ne znaju.

3.3.12 Zadatak 12.

Učenik želi saznati utječe li masa kolica na njihovu brzinu na dnu kosine. Može mijenjati masu kolica dodajući različit broj kuglica, a visinu kosine može mijenjati koristeći različit broj drvenih kvadara.

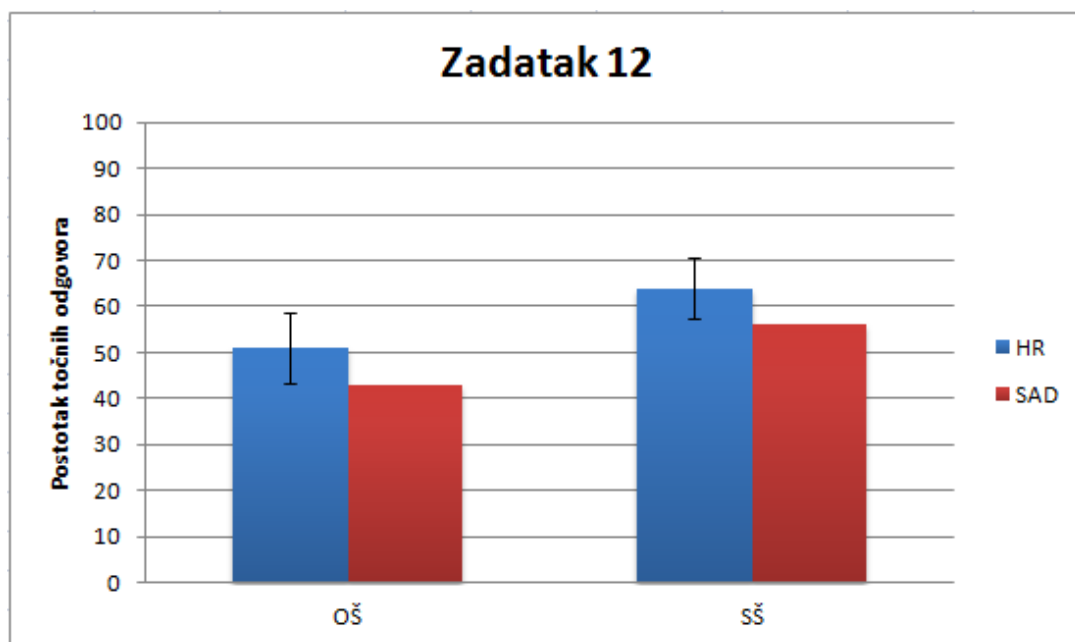
Koju skupinu testova bi trebao usporediti (skupinu A, B, C ili D)?



Ovim zadatkom ispituje se razumijevanje kontrole varijabli. Učenici su trebali izabrati eksperimentalni postav kako bi testirali učinak jedne varijable na ishod eksperimenta ako su dane sve relevantne varijable. Dakle, eksperiment s kolicima i kosinom u kojem se

masa kolica mijenja, a visina kosine drži konstantnom može nam reći učinak mase kolica na njihovu brzinu na dnu kosine. Točan odgovor dvanaestog zadatka je odgovor D.

Na sljedećem grafu (Slika 3.14) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD, po razredima, s pripadnim intervalima pouzdanosti za hrvatske učenike..



Slika 3.14: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 12

Iz grafa (Slika 3.14) je vidljivo da je oko 50% učenika osnovnih i preko 60% učenika srednjih škola u Hrvatskoj točno odgovorilo na dvanaesti zadatak. Uočavamo da su učenici u srednjim školama imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u osnovnim školama te da su učenici u Hrvatskoj imali veći postotak točnih odgovora od učenika u SAD. Nije jasno jesu li razlike između hrvatskih i američkih učenika statistički značajne.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.14) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD.

ZADATAK 12	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	17	8	20	17
B	19	19	31	21
C	4	4	7	6
D	51	64	43	56
OSTALO	9	5	/	/

Tablica 3.14: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 12

Iz Tablice 3.14 je vidljivo da je 51% učenika osnovnih škola i 64% učenika srednjih škola točno odgovorilo na ovaj zadatak. Od pogrešnih ponuđenih odgovora učenici su najčešće zaokruživali odgovore B i A. Odgovor B zaokružilo je 19% učenika osnovnih i srednjih škola dok je odgovor A zaokružilo 17% učenika osnovnih i 8% učenika srednjih škola. Kod učenika koji su zaokružili odgovor A prisutna je sljedeća miskoncepcija:

- Kako bi se utvrdilo ima li određena varijabla učinak na ishod eksperimenta, ta varijabla se mora držati konstantnom dok se druge povezane varijable mijenjaju.

Kod učenika koji su zaokružili odgovor B prisutne su sljedeće miskoncepcije:

- Kako bi se utvrdilo ima li određena varijabla učinak na ishod eksperimenta, istodobno se moraju mijenjati SVE varijable.
- Prilikom ispitivanja učinka varijable na ishod eksperimenta, nije važno ako se istodobno mijenjaju druge povezane varijable.

Nadalje, 4% učenika osnovnih i srednjih škola zaokružilo je odgovor C. Taj zaokruženi odgovor upućuje na prisutnost sljedeće miskoncepcije:

- Prilikom ispitivanja učinka varijable na ishod eksperimenta, nije važno ako se istodobno mijenjaju druge povezane varijable.

Iz tablice uočavamo da je visok postotak učenika, odnosno 9% učenika osnovnih i 5% učenika srednjih škola, koji su u ovom zadatku zaokružili više odgovora smatrajući ih točnim.

3.3.13 Zadatak 13.

Učenica misli da dvije varijable (X i Y) mogu utjecati na rezultate njezinog pokusa. Odlučila je mijenjati varijablu X, a varijablu Y držati stalnom. Što učenica može saznati o učincima varijabli X i Y?

- a) *Utječe li varijabla X na rezultate njezinog pokusa.*
- b) *Utječe li varijabla Y na rezultate njezinog pokusa.*
- c) *Utječu li obje varijable X i Y na rezultate njezinog pokusa.*
- d) *Ona ne može saznati utječe li ijedna od varijabli X i Y na rezultate njezinog pokusa.*

Ovim zadatkom ispituje se razumijevanje kontrole varijabli. Učenici su trebali odrediti varijable koje se ispituju u danom kontroliranom eksperimentalnom postavu. Dakle, u eksperimentu koji uključuje dvije varijable (X i Y) koje bi mogle utjecati na ishod eksperimenta, mijenjanje varijable X i držanje konstantnom varijable Y, omogućuje otkrivanje učinka varijable X na ishod eksperimenta. Točan odgovor trinaestog zadatka je odgovor A.

Na sljedećem grafu (Slika 3.15) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD, po razredima, s pripadnim intervalima pouzdanosti za učenike u Hrvatskoj.

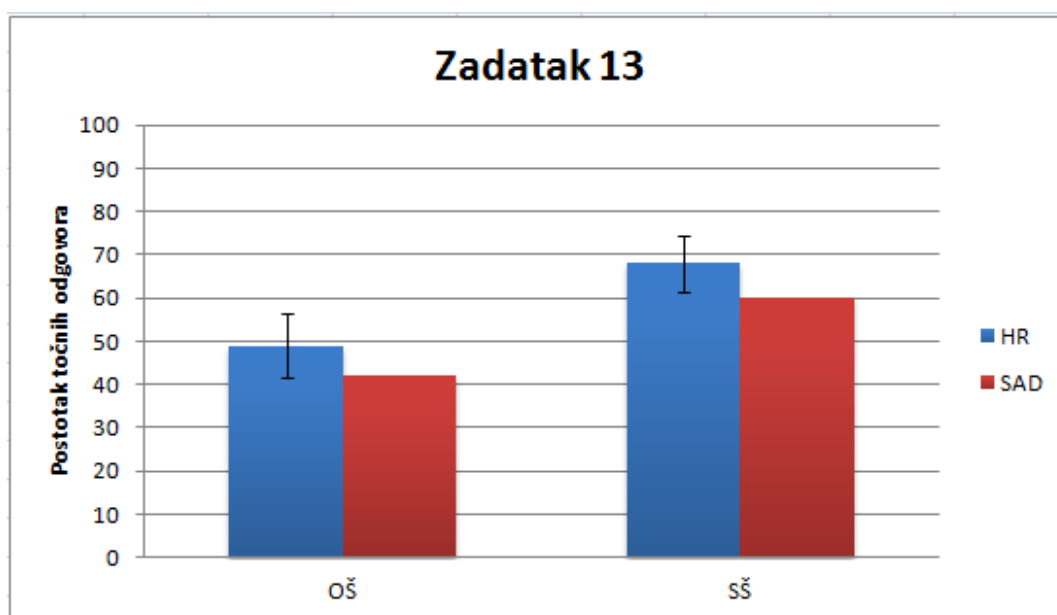
Iz grafa (Slika 3.15) je vidljivo da je skoro 50% učenika osnovnih i skoro 70% učenika srednjih škola u Hrvatskoj točno odgovorilo na trinaesti zadatak. Uočavamo napredak razumijevanja ovog zadatka kod učenika srednjih škola u odnosu na učenike osnovnih škola. Također, uočavamo da su učenici u školama u Hrvatskoj imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u školama u SAD. Međutim, nije jasno je li ta razlika statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.15) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD.

ZADATAK 13	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	49	68	42	60
B	13	11	15	14
C	26	16	33	21
D	8	4	10	5
OSTALO	4	2	/	/

Tablica 3.15: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 13

Iz Tablice 3.15 vidimo da je 49% učenika osnovnih i 68% učenika srednjih škola točno odgovorilo na trinaesti zadatak. Najčešće zaokruženi pogrešan odgovor je odgovor C kojeg je zaokružilo 26% učenika osnovnih i 16% učenika srednjih škola. Oni smatraju da u



Slika 3.15: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 13

danom eksperimentu učenica može saznati utječu li obje varijable X i Y na rezultate njezinog pokusa. I američki učenici su najčešće zaokruživali taj pogrešni odgovor. Taj odgovor upućuje na prisutnost sljedećih miskoncepcija:

- U danom eksperimentu ispituje se učinak SVIH povezanih varijabli, bez obzira na to je li dopušteno njihovo mijenjanje ili se drže konstantnim.
- Eksperiment može ispitati učinke svega što je uključeno u istraživanje, bez obzira na to mijenjaju li se te varijable ili se drže konstantnim.

Odgovor B, odnosno da učenica u ovom eksperimentu može saznati utječe li varijabla Y na rezultate njezinog pokusa, smatra točnim 13% učenika osnovnih i 11% učenika srednjih škola. Kod učenika koji su zaokružili taj odgovor prisutna je sljedeća miskoncepcija:

- Kontrolirani eksperiment ispituje učinke varijabli koje se drže konstantnim, a ne onih varijabli kojima je dopušteno mijenjanje.

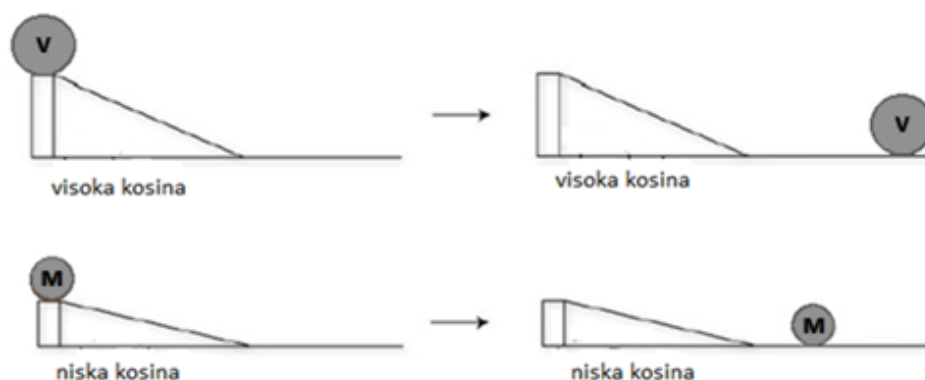
Odgovor D, odnosno da učenica u ovom eksperimentu ne može saznati utječe li ijedna od varijabli X i Y na rezultate njezinog pokusa, smatra točnim 8% učenika osnovnih i 4% učenika srednjih škola.

3.3.14 Zadatak 14.

Učenici imaju malu i veliku čeličnu kuglicu te nisku i visoku kosinu.



Učenici žele saznati utječe li veličina kuglice na to koliko se daleko kuglica otkotrlja. Također, žele saznati utječe li visina kosine na to koliko se daleko kuglica otkotrlja. Učenici su proveli sljedeći pokus:

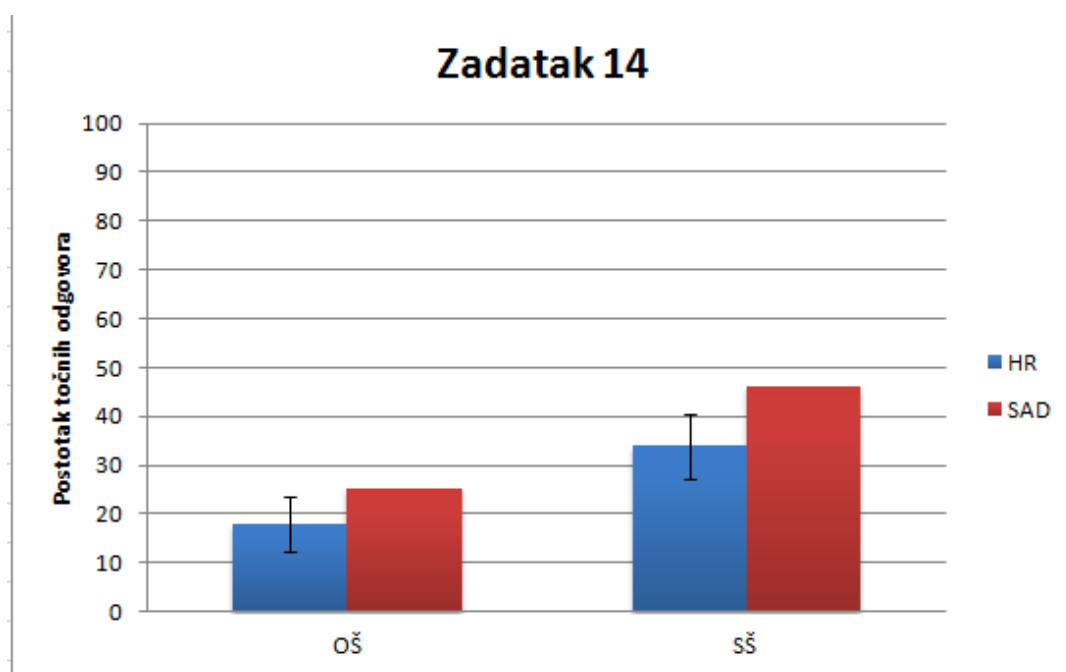


Što mogu zaključiti iz ovog pokusa?

- Mogu zaključiti da veličina kuglice utječe na to koliko se daleko kuglica otkotrlja.*
- Mogu zaključiti da visina kosine utječe na to koliko se daleko kuglica otkotrlja.*
- Mogu zaključiti da veličina kuglice i visina kosine utječu na to koliko se daleko kuglica otkotrlja.*
- Iz ovog pokusa nije moguće zaključiti utječu li veličina kuglice ili visina kosine na to koliko se daleko kuglica otkotrlja.*

Ovim zadatkom ispituje se primjenjuju li učenici ideju da *ako se u eksperimentu istodobno mijenja više varijabli, ishod eksperimenta ne može se jasno pripisati jednoj pojedinoj varijabli*. Učenici su u danom eksperimentu u kojem se istodobno mijenjaju dvije varijable utvrditi da se ne može donijeti nikakav zaključak o učinku pojedine varijable. Dakle, u danom eksperimentu s kuglicama i kosinom, ako se istodobno mijenjaju i visina kosine i veličina kuglice, ne može se zaključiti o učinku bilo koje pojedine varijable na to koliko se daleko kuglica otkotrlja. Točan odgovor ovog zadatka je odgovor D.

Na sljedećem grafu (Slika 3.16) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD. Na grafu su prikazani i intervali pouzdanosti po razredima za učenike u Hrvatskoj.



Slika 3.16: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 14

Iz grafa (Slika 3.16) je vidljivo da je nešto manje od 20% učenika osnovnih i preko 30% učenika srednjih škola u Hrvatskoj točno odgovorilo na ovaj zadatak. Vidljiv je napredak razumijevanja ovog zadatka kod učenika u srednjim školama u odnosu na učenike u osnovnim školama. Uočavamo da su učenici u školama u SAD imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u školama u Hrvatskoj. Ta razlika je vjerojatno statistički značajna za učenike srednjih škola, dok za učenike osnovne škole nije jasno je li razlika statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.16) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD.

ZADATAK 14	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	9	6	14	8
B	16	16	18	11
C	55	42	43	35
D	18	34	25	46
OSTALO	2	2	/	/

Tablica 3.16: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 14

Iz Tablice 3.16 vidimo da je samo 18% učenika osnovnih i 34% učenika srednjih škola točno odgovorilo na ovaj zadatak. Uočavamo da odgovor C većina učenika, odnosno 55% učenika osnovnih i 42% učenika srednjih škola, smatrala točnim. Učenici koji su zaokružili taj odgovor misle da učenici u ovom eksperimentu mogu zaključiti da veličina kuglice i visina kosine utječu na to koliko se daleko kuglica otkotrlja te je kod njih prisutna miskoncepcija:

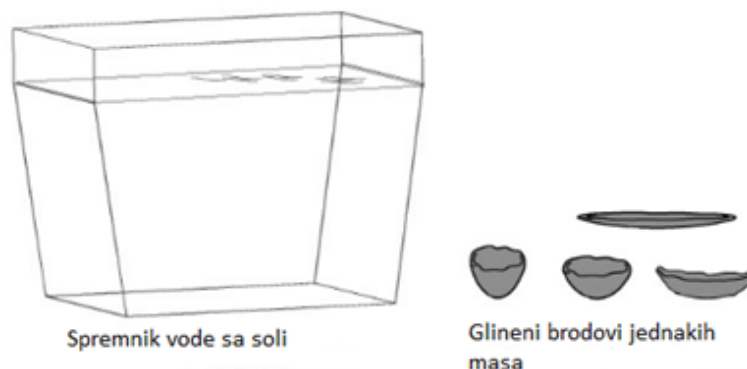
- Ako se u eksperimentu istodobno mijenjaju dvije varijable, može se saznati učinak svake varijable na ishod eksperimenta.

Odgovor B, odnosno da učenici u ovom eksperimentu mogu zaključiti da visina kosine utječe na to koliko se daleko kuglica otkotrlja, zaokružilo je 16% učenika osnovnih i srednjih škola. Odgovor A zaokružilo je 9% učenika osnovnih i 6% učenika srednjih škola smatrajući da učenici u ovom eksperimentu mogu zaključiti da veličina kuglice utječe na to koliko se daleko kuglica otkotrlja. Kod učenika koji su zaokružili te odgovore prisutna je sljedeća miskoncepcija:

- Ako se u eksperimentu istodobno mijenjaju dvije varijable, može se saznati učinak barem jedne od varijabli na ishod eksperimenta.

3.3.15 Zadatak 15.

Grupa učenika od gline je izradila brodove različitih oblika. Svi brodovi koje su napravili imaju jednaku masu. Učenici su u spremnik vode dodali četiri žlice soli te su je promiješali. Zatim stavljaju brodove u spremnik s vodom i gledaju hoće li plutati ili potonuti.

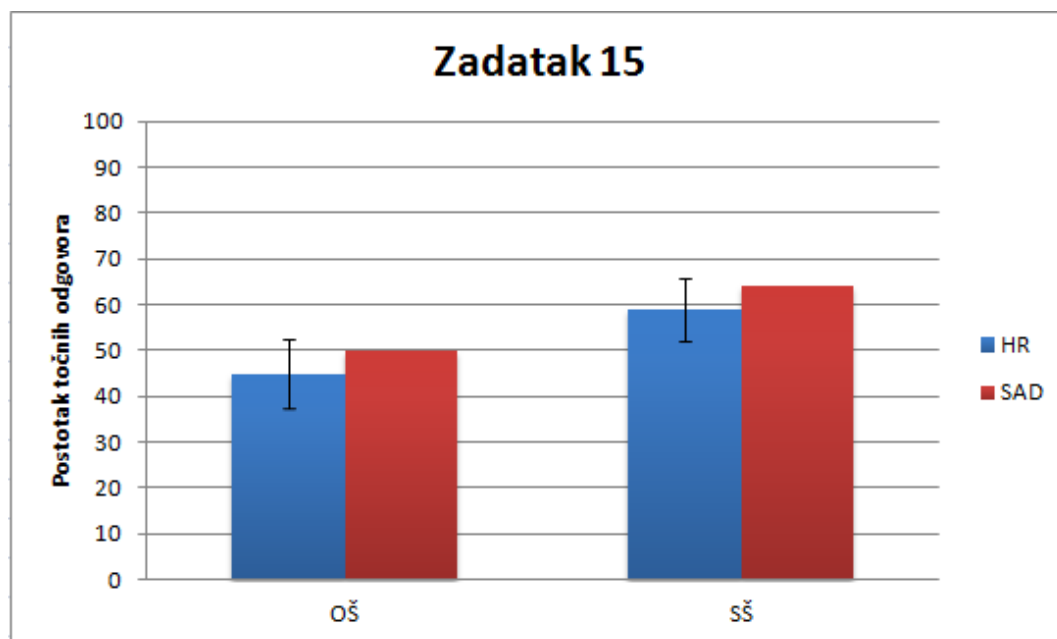


Što učenici mogu saznati radeći ovaj pokus?

- a) Utječe li oblik broda na to hoće li brod plutati ili potonuti.*
- b) Utječe li masa broda na to hoće li brod plutati ili potonuti.*
- c) Utječu li masa broda i količina soli u vodi na to hoće li brod plutati ili potonuti.*
- d) Utječu li oblik, masa broda i količina soli u vodi na to hoće li brod plutati ili potonuti.*

U ovom zadatku ispituje se razumijevanje kontrole varijabli. Učenici trebaju odrediti varijable koje se ispituju u danom kontroliranom eksperimentalnom postavu. Dakle, kontrolirani eksperiment s glinenim brodovima u kojem se mijenja oblik brodova, a masa brodova ostaje ista, može nam reći utječe li oblik broda na to hoće li brod plutati ili potonuti. Točan odgovor petnaestog zadatka je odgovor A.

Na sljedećem grafu (Slika 3.17) prikazan je postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD, po razredima, s pripadnim intervalima pouzdanosti za hrvatske učenike.



Slika 3.17: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD u zadatku 15

Iz grafa (Slika 3.17) je vidljivo da je preko 40% učenika osnovnih i skoro 60% učenika srednjih škola točno odgovorilo na ovaj zadatak. Uočavamo da su učenici u srednjim školama imali veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika u osnovnim školama te da su učenici u SAD imali veći postotak točno zaokruženih odgovora nego učenici u Hrvatskoj. Ta razlika između američkih i hrvatskih učenika vjerojatno nije statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.17) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su učenici u osnovnim i srednjim školama zaokruživali. Također, u tablici se nalazi postotak pojedinih odgovora koje su zaokruživali učenici u osnovnim i srednjim školama u SAD.

ZADATAK 15	OŠ HRV	SŠ HRV	OŠ SAD	SŠ SAD
A	45	59	50	64
B	4	6	11	8
C	20	9	11	8
D	29	23	28	20
OSTALO	2	3	/	/

Tablica 3.17: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokruživali u zadatku 15

Iz Tablice 3.17 je vidljivo da je 45% učenika osnovnih i 59% učenika srednjih škola u Hrvatskoj točno odgovorilo na petnaesti zadatak. Od ostalih ponuđenih odgovora učenici su najviše zaokruživali odgovor D kojeg je zaokružilo 29% učenika osnovnih i 23% učenika srednjih škola smatrajući da učenici u ovom eksperimentu mogu saznati utječu li oblik, masa broda i količina soli u vodi na to hoće li brod plutati ili potonuti. Taj zaokruženi odgovor upućuje na prisutnost sljedećih miskoncepcija:

- U danom eksperimentu ispituje se učinak SVIH povezanih varijabli, bez obzira na to je li dopušteno njihovo mijenjanje ili se drže konstantnim.
- Eksperiment može ispitati učinke svega što je uključeno u istraživanje, bez obzira na to mijenjaju li se te varijable ili se drže konstantnim.

Odgovor C zaokružilo je 20% učenika osnovnih i 9% učenika srednjih škola smatrajući da učenici u ovom eksperimentu mogu saznati utječu li masa broda i količina soli u vodi na to hoće li brod plutati ili potonuti. Odgovor B, odnosno da učenici u ovom eksperimentu mogu saznati utječe li masa broda na to hoće li brod plutati ili potonuti, zaokružilo je 4% učenika osnovnih i 6% učenika srednjih škola. Kod učenika koji su zaokružili te odgovore (B i C) prisutna je sljedeća miskoncepcija:

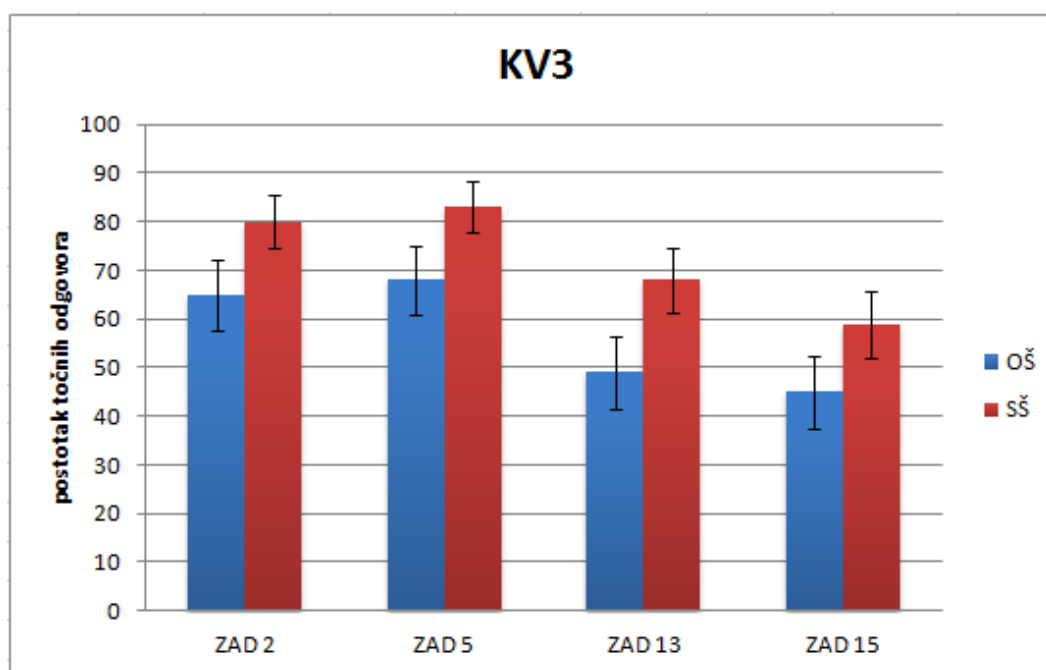
- Kontrolirani eksperiment ispituje učinke varijabli koje se drže konstantnim, a ne onih varijabli kojima je dopušteno mijenjanje.

3.4 Usporedba zadataka po skupinama

Konceptualna područja kontrola varijabli i modeli ispitani su svaki pomoću četiri vrste zadataka u kojima su učenici trebali primijeniti i objasniti različite ideje vezane za eksperimentalni postav i varijable u eksperimentu te za modele u fizici. Iz pojedinih skupina birala sam više zadataka u kojima se ispituje isti koncept u različitim fizikalnim situacijama jer sam htjela istražiti utjecaj konteksta zadatka na točnost rješavanja.

3.4.1 Kontrola varijabli - skupina 3 (KV3)

Iz grupe zadataka u kojima su učenici trebali odrediti varijable koje se ispituju u danom kontroliranom eksperimentalnom postavu (KV3) izabrala sam drugi, peti, trinaesti i petnaesti zadatak. Na sljedećem grafu prikazan je postotak točnih odgovora izabranih zadataka s pripadnim intervalima pouzdanosti po razredima (Slika 3.18).



Slika 3.18: Postotak točnih odgovora u zadacima iz skupine KV3 u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Provela sam analizu varijance s dva faktora - *kontekst zadatka* i *dob učenika* (osnovna i srednja škola) s ponovljenim mjerenjem na faktoru *kontekst zadatka*. Rezultati su prikazani u sljedećoj tablici (Tablica 3.18):

FAKTOR	<i>F</i>	<i>p</i>
Kontekst zadatka	26.53	<0.0001
Dob učenika	26.76	<0.0001
Interakcija konteksta zadatka i dobi učenika	0.12	0.948

Tablica 3.18: Rezultati analize varijance u zadacima iz skupine KV3

Rezultati analize varijance pokazuju da su i dob učenika i kontekst zadatka značajno utjecali na rezultate ($p < 0.0001$) učenika pri rješavanju testa dok interakcija ta dva faktora (*kontekst zadatka* i *dob učenika*) nije bila statistički značajna ($p = 0.948$).

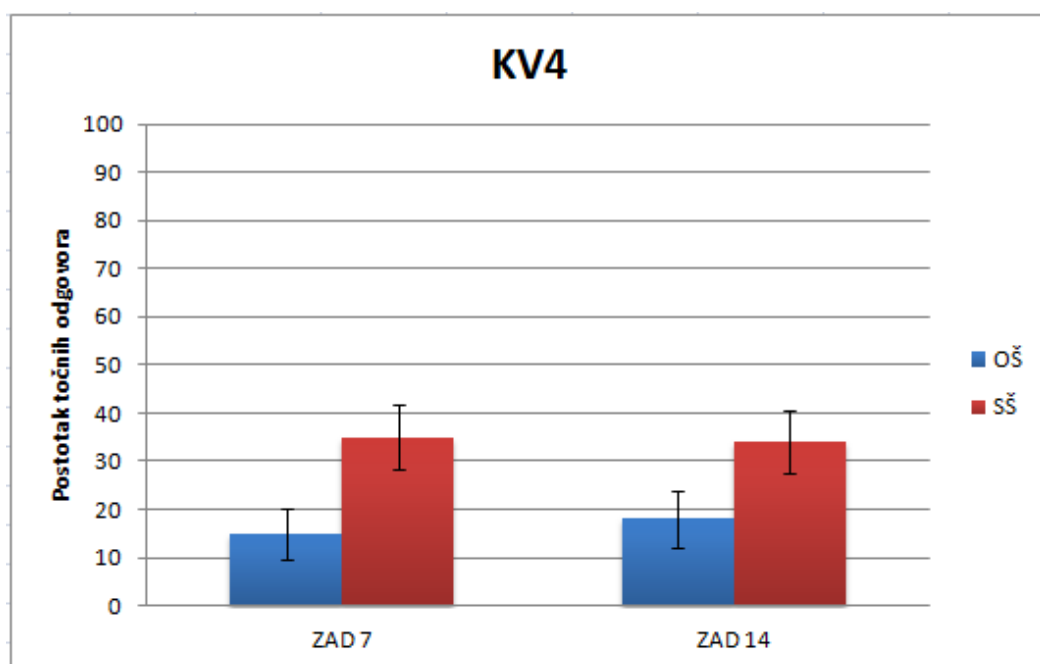
Intervali pouzdanosti na grafu na Slici 3.18 pokazuju da su učenici i osnovnih i srednjih škola bolje riješili drugi i peti zadatak nego trinaesti i petnaesti zadatak.

U drugom zadatku učenici su trebali odrediti koje se varijable mijenjaju, a koje su stalne dok su u petom zadatku to imali određeno u tekstu zadatka. U oba zadatka imali su tri varijable koje su mogle utjecati na ishod eksperimenta. U drugom zadatku varijabla "vrsta tkanine" se mijenjala dok su varijable "veličina tkanine" i "količina vode" bile stalne, a u petom zadatku varijabla X se mijenjala dok su varijable Y i Z bile stalne. Trinaesti zadatak je sličan petom zadatku; učenici su u tekstu zadatka imali zadano koja varijabla se mijenja, a koja je stalna. Učenici su značajno bolje riješili peti zadatak (u kojem su tri varijable mogle utjecati na ishod eksperimenta) nego trinaesti zadatak (u kojem su dvije varijable mogle utjecati na ishod eksperimenta). Čini se da učenicima pomaže imati više varijabli koje se mogu mijenjati da bi zaključili da se smije mijenjati samo jedna varijabla dok se druge drže stalnima.

Petnaesti zadatak je sličan drugom zadatku; učenici su sami trebali identificirati varijable koje su važne za eksperiment i odrediti koja varijabla se mijenja, a koje su stalne. U petnaestom zadatku se varijabla "oblik broda" mijenjala dok su varijable "masa broda" i "količina soli" bile stalne. Iako su zadaci bili vrlo slični, samo s različitim kontekstom (fizičkom situacijom), učenici su značajno bolje riješili drugi zadatak nego petnaesti zadatak. To pokazuje da kontekst zadatka značajno utječe na to kako učenici razumiju problem i mogu li primijeniti određeni koncept (npr. kontrolu varijabli) u danoj fizikalnoj situaciji.

3.4.2 Kontrola varijabli - skupina 4 (KV4)

Iz grupe zadataka KV4, u kojima su učenici u danom eksperimentu u kojem se istodobno mijenjaju dvije varijable trebali utvrditi da se ne može donijeti nikakav zaključak o učinku pojedine varijable na ishod eksperimenta, izabrala sam sedmi i četrnaesti zadatak. Na sljedećem grafu prikazan je postotak točnih odgovora sedmog i četrnaestog zadatka s pripadnim intervalima pouzdanosti po razredima (Slika 3.19).



Slika 3.19: Postotak točnih odgovora u zadacima iz skupine KV4 u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Provela sam analizu varijance s dva faktora - *kontekst zadatka* i *dob učenika* (osnovna i srednja škola) s ponovljenim mjerenjem na faktoru *kontekst zadatka*. U sljedećoj tablici prikazani su dobiveni rezultati (Tablica 3.19):

FAKTOR	<i>F</i>	<i>p</i>
Kontekst zadatka	0.18	0.672
Dob učenika	23.35	<0.0001
Interakcija konteksta zadatka i dobi učenika	0.45	0.503

Tablica 3.19: Rezultati analize varijance u zadacima iz skupine KV4

Rezultati analize varijance pokazuju da je dob učenika faktor koji je značajno utjecao na rezultate ($p < 0.0001$) učenika pri rješavanju testa dok u ovoj skupini zadataka kontekst zadatka i interakcija dvaju faktora (*kontekst zadatka* i *dob učenika*) nisu značajno utjecali na rezultate ($p = 0.672$, $p = 0.503$).

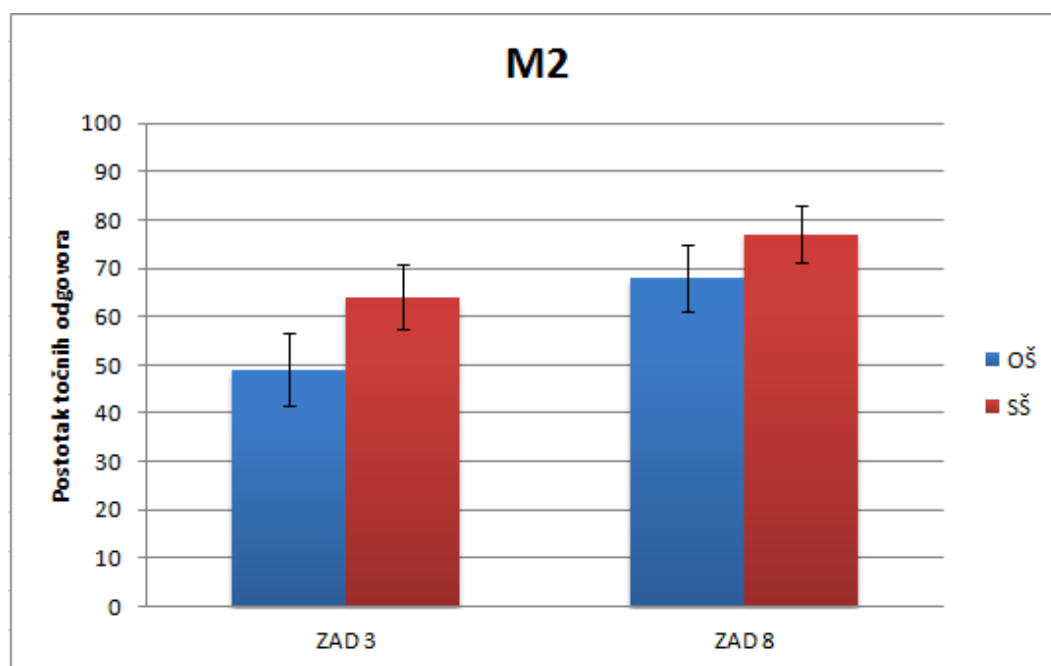
Iz grafa na Slici 3.19 je vidljivo da su učenici općenito (i u osnovnim i srednjim školama) u zadacima iz ove skupine ostvarili jako mali postotak riješenosti, ali kod učenika

u srednjim školama uočavamo napredak u razumijevanju ovih zadataka. Također je vidljivo da su učenici i osnovnih i srednjih škola podjednako riješili ova dva zadatka.

U oba zadatka istodobno se mijenjaju dvije varijable koje mogu utjecati na ishod eksperimenta. U sedmom zadatku to su varijable "veličina kotača" i "materijal daske skejtborda", a u četrnaestom zadatku to su varijable "veličina kuglice" i "visina kosine". U oba zadatka dana je skica modela, ali je u četrnaestom zadatku dana skica i pokusa koji su učenici proveli. Rezultati pokazuju da kontekst nije utjecao na postotak točnih odgovora u ova dva zadatka.

3.4.3 Modeli - skupina 2 (M2)

Iz grupe zadataka, u kojima su učenici trebali primijeniti ideju da su modeli korisni za razmišljanje o predmetima, događajima i procesima u stvarnom svijetu, izabrala sam treći i osmi zadatak. Na sljedećem grafu je prikazan postotak točnih odgovora trećeg i osmog zadatka s pripadnim intervalima pouzdanosti po razredima (Slika 3.20).



Slika 3.20: Postotak točnih odgovora u zadacima iz skupine M2 u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Provela sam analizu varijance s dva faktora - *kontekst zadatka* i *dob učenika* s ponovljenim mjerenjem na faktoru *kontekst zadatka*. Dobiveni rezultati su prikazani u sljedećoj tablici (Tablica 3.20):

FAKTOR	<i>F</i>	<i>p</i>
Kontekst zadatka	22.53	<0.0001
Dob učenika	10.72	0.001
Interakcija konteksta zadatka i dobi učenika	0.74	0.390

Tablica 3.20: Rezultati analize varijance u zadacima iz skupine M2

Rezultati analize varijance pokazuju da su i kontekst zadatka i dob učenika značajno utjecali na učeničke rezultate ($p < 0.0001$, $p = 0.001$). U ovoj skupini zadataka interakcija tih dvaju faktora (*kontekst zadatka* i *dob učenika*) nije značajno utjecala na rezultate učenika pri rješavanju testa ($p = 0.390$).

Iz grafa na Slici 3.20 vidimo da su učenici u osnovnim i srednjim školama ostvarili veći postotak riješenosti u osmom zadatku nego u trećem zadatku. Na temelju prikaza intervala pouzdanosti zaključujemo da su te razlike u uspjehu, odnosno u razumijevanju konteksta zadataka statistički značajne.

U trećem zadatku učenici su trebali primijeniti činjenicu da je prihvatljivo, a ponekad je i korisno da modelu nedostaju obilježja stvarnog predmeta koja nisu relevantna za ono što se proučava dok su u osmom zadatku trebali primijeniti činjenicu da se modeli mogu koristiti kako bi inženjeri drugima pokazali kako stroj radi ili kako bi pomogli sebi u razmišljanju o načinu rada stroja. Zaključujemo da je kod većine učenika prisutna miskoncepcija da bi modeli trebali izgledati i imati sva ista obilježja kao predmet kojeg model predstavlja.

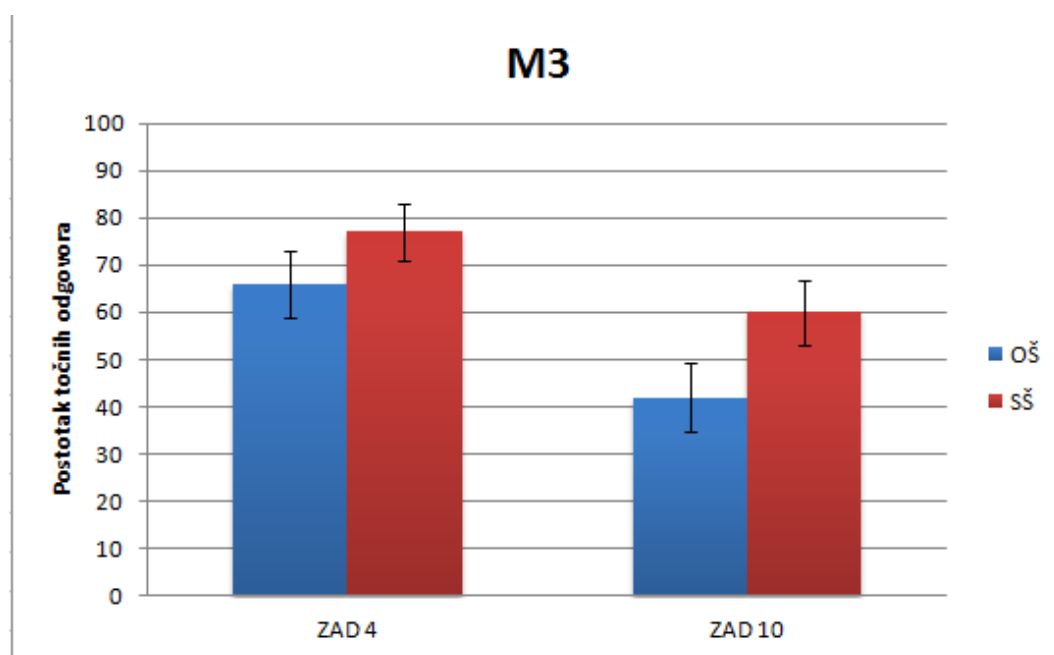
3.4.4 Modeli - skupina 3 (M3)

Iz skupine zadataka, u kojima su učenici trebali primijeniti ideju da korisnost modela u razmišljanju o predmetima, događajima i procesima ovisi o tome koliko točno njegovo ponašanje odgovara važnim svojstvima onoga što se modelira, izabrala sam četvrti i deseti zadatak. Iz ove skupine zadataka birala sam dva zadataka sa sličnim kontekstom tako da je model u jednom zadatku bio prikazan skicom, a u drugom zadatku ne. Htjela sam usporediti rezultate tih zadataka te istražiti koliko skica utječe na točnost učeničkih odgovora.

U četvrtom zadatku model je prikazan skicom dok u desetom zadatku prikaza modela skicom nije bilo. Prednost u vizualizaciji trebali bi imati učenici koji su rješavali zadatak u kojem je eksperiment bio prikazan skicom. Dakle, početna pretpostavka je da će učenici

imati veći postotak točnih odgovora u četvrtom zadatku, što bi značilo da je dana skica u zadatku imala pozitivan utjecaj na uspješnost pri rješavanju tog zadatka.

Na sljedećem grafu prikazan je postotak točnih odgovora izabranih zadataka iz skupine M3 s pripadnim intervalima pouzdanosti po razredima (Slika 3.21).



Slika 3.21: Postotak točnih odgovora u zadacima iz skupine M3 u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Provela sam analizu varijance s dva faktora - *skica eksperimenta* i *dob učenika* (osnovna i srednja škola), s ponovljenim mjerenjem na faktoru *skica eksperimenta*. Rezultati su prikazani u sljedećoj tablici (Tablica 3.21):

FAKTOR	<i>F</i>	<i>p</i>
Skica eksperimenta	48	<0.0001
Dob učenika	13.75	0.0002
Interakcija skice eksperimenta i dobi učenika	1.31	0.253

Tablica 3.21: Rezultati analize varijance u zadacima iz skupine M3

Rezultati analize varijance pokazuju da su i skica eksperimenta i dob učenika značajno utjecale na rezultate ($p < 0.0001$, $p = 0.0002$) učenika pri rješavanju testa dok interakcija

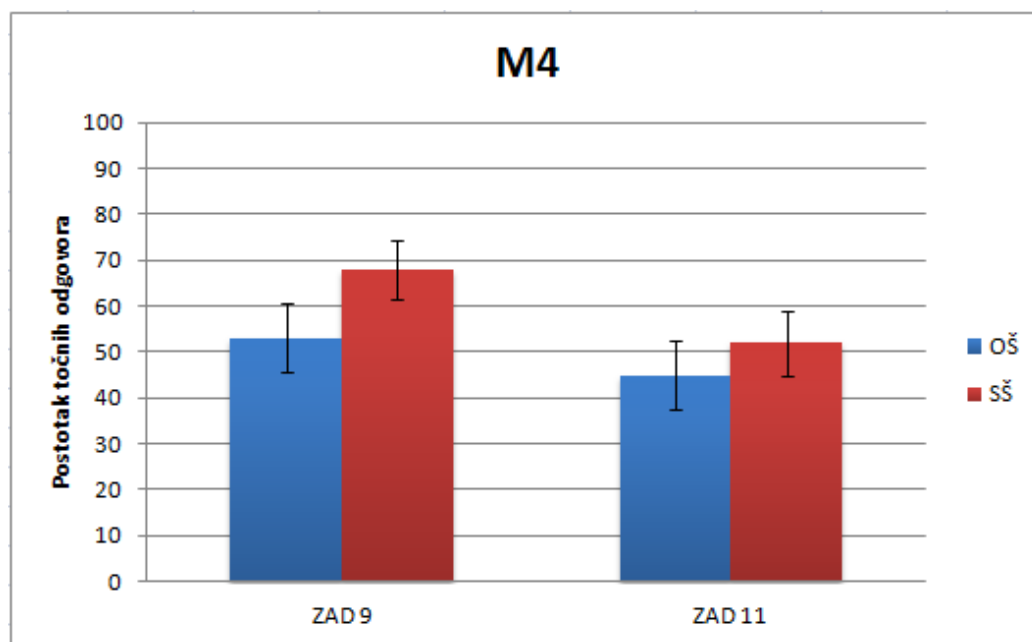
dvaju faktora (*skica eksperimenta* i *dob učenika*) nije imala značajnog utjecaja na učeničke rezultate ($p = 0.253$).

Iz grafa (Slika 3.21) uočavamo da su učenici i u osnovnim i u srednjim školama ostvarili znatno veći postotak riješenosti u četvrtom zadatku u kojem je model bio prikazan skicom u odnosu na deseti zadatak u kojem model nije bio prikazan skicom.

U oba zadatka učenici su trebali primijeniti ideju da korisnost modela u razmišljanju o predmetima, događajima i procesima ovisi o tome koliko točno njegovo ponašanje odgovara važnim aspektima onoga što se modelira. Također, u oba zadatka učenik proučava koliko je vremena potrebno za putovanje svemirskog broda između različitih planeta u Sunčevom sustavu te zbog toga njegov model treba točno prikazati relativne udaljenosti između različitih planeta. Iako je kontekst zadataka bio isti, samo je razlika u skici modela, učenici su značajno bolje riješili četvrti zadatak nego deseti zadatak. To pokazuje da je dana skica u zadatku imala pozitivan utjecaj na uspješnost pri rješavanju i razumijevanju problema u tim zadacima.

3.4.5 Modeli - skupina 4 (M4)

Iz skupine zadataka, u kojima su učenici trebali primijeniti ideju da nema sigurnosti u tome da su ideje utemeljene isključivo na modelu točne, izabrala sam deveti i jedanaesti zadatak. Na sljedećem grafu (Slika 3.22) prikazan je postotak točnih odgovora devetog i jedanaestog zadatka s pripadnim intervalima pouzdanosti po razredima.



Slika 3.22: Postotak točnih odgovora u zadacima iz skupine M4 u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Provela sam analizu varijance s dva faktora - *kontekst zadatka* i *dob učenika* s ponovljenim mjerenjem na faktoru *kontekst zadatka*. Dobiveni rezultati su prikazani u sljedećoj tablici (Tablica 3.22):

FAKTOR	<i>F</i>	<i>p</i>
Kontekst zadatka	11.08	0.001
Dob učenika	9.38	0.002
Interakcija konteksta zadatka i dobi učenika	1.76	0.185

Tablica 3.22: Rezultati analize varijance u zadacima iz skupine M4

Rezultati analize varijance pokazuju da su i kontekst zadatka i dob učenika značajno utjecali na rezultate ($p = 0.001$, $p = 0.002$) učenika pri rješavanju testa dok interakcija tih dvaju faktora nije imala značajnog utjecaja na učeničke rezultate ($p = 0.185$).

Iz grafa na Slici 3.22 je vidljivo da su učenici u osnovnim i srednjim školama imali veći postotak točno zaokruženih odgovora u devetom zadatku u odnosu na jedanaesti zadatak. Kod učenika osnovnih škola razlike u postocima riješenosti zadataka su male dok su kod učenika srednjih škola statistički značajne.

U devetom zadatku učenik je skicirao dijagram koji prikazuje njegovo mišljenje kako voda isparava iz vlažnog ručnika i njegova skica je netočna dok je u jedanaestom zadatku inženjerka napravila dobar model aviona i saznala je da model aviona može letjeti po kiši. U oba zadatka nemamo sigurnost da su ideje utemeljene na modelu točne iako smo u jedanaestom zadatku dobili točno predviđanje, a u devetom ne. Iako su zadaci bili slični, samo s različitim kontekstom, odnosno fizikalnom situacijom, učenici su značajno bolje riješili deveti zadatak nego jedanaesti. To pokazuje da kontekst zadatka značajno utječe na to kako učenici razumiju problem i mogu li primijeniti određeni koncept u danoj fizikalnoj situaciji.

Poglavlje 4

Implikacije za nastavu

Često smo u školi suočeni s predavačkim stilom poučavanja i "šablonskim" rješavanjem zadataka. Takav proces učenja često se zasniva na skupu standardiziranih procedura koje treba zapamtiti i primijeniti. Kako bi proces učenja bio što efikasniji i produktivniji važno je da se predavački stil nastave zamijeni interaktivnom istraživački usmjerenom nastavom. 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. Pojedine miskoncepcije kod učenika neće se brzo i potpuno ukloniti, ali nastavnik uvelike može pomoći u njihovom smanjivanju. Interaktivnost u nastavi omogućava nastavniku uvid u stupanj razvijenosti učeničkih koncepata (npr. kontrole varijabli i modela) i prisutnih miskoncepcija te omogućuje interveniranje nastavnika u razvoj učeničkog razumijevanja još tijekom nastave.

U nastavnom planu i programu za osnovne i srednje škole kontrola varijabli i modeli ne obrađuju se kao zasebne nastavne jedinice. Provodeći ovo istraživanje uočila sam da su učenici većinom imali poteškoća u identificiranju varijabli koje mogu utjecati na zavisnu varijablu te njihovo povezivanje s ishodima eksperimenta. Također, učenici su imali poteškoća pri provođenju kontrole varijabli, odnosno određivanju koja varijabla mora biti stalna tijekom eksperimenta ili tijekom zaključivanja. Kako bi se učenicima pomoglo da nauče primijeniti kontrolu varijabli, potrebno ih je voditi, korak po korak, kroz razmišljanja i obrazloženja u različitim kontekstima. Na taj način kod učenika možemo razviti sposobnost formalnog mišljenja i produbiti njihovo konceptualno razumijevanje povezanih nastavnih sadržaja. Proces prolaska kroz obrazloženja potrebna za donošenje zaključaka iz eksperimentalnih podataka, pomaže učenicima da prepoznaju razliku između onoga što znaju jer su im to drugi rekli i onoga što razumiju.

Iz provedenog istraživanja pokazalo se da učenici više miskoncepcija imaju kod modela nego kod kontrole varijabli. Prisutnost miskoncepcija o modelima kod učenika dijelimo na tri razine. Učenici koji su na prvoj razini razumijevanja modela razmišljaju o modelima

kao igračkama ili kopijama stvarnosti. Učenici s druge razine razmišljaju o modelima koji su napravljeni za svrhu, s naglaskom da neke komponente modela mogu biti izmijenjene, ali i kod njih prevladava predložak stvarnosti. Na kraju, učenici s treće razine su "stručnjaci" u razumijevanju modela. Oni smatraju da je model napravljen za testiranje ideja (ne kao kopija stvarnosti) te da se može testirati i mijenjati kako bi nam pomogao u razvoju samih ideja. Učenike koji pripadaju tim različitim razinama uočila sam i prilikom svog istraživanja. Učenici bi trebali naučiti svrhu modela, a to je da modeli služe za istraživanje znanstvenih pojava. Trebali bi znati revidirati model s novim dokazom ili povratnom informacijom. Kako bi se unaprijedilo razumijevanje i svrhe modela u nastavi fizike, potrebno je vježbati modeliranje uključujući izrađivanje, opisivanje i testiranje modela. Na taj način možemo smanjiti prisutnost miskoncepcija kod učenika.

Tijekom učeničkog testiranja većinom sam bila prisutna te sam stekla različite dojmove o tome na koji način učenici rješavaju zadatke u testu. U nekim razredima su učenici pokazali oduševljenje zadacima, htjeli su znati svoj postignuti rezultat, te su me tražili da s njima prokomentiram zadatke te da neke od njih i obrazložim detaljnije. S druge strane, neki učenici nisu bili zainteresirani za testiranje pa zbog tog nisu pridavali važnost onome što su rješavali. Kako bi rezultati nastavnog procesa bili što bolji, potrebno je učenike dodatno motivirati i zainteresirati za rad. To možemo postići na različite načine, a jedan od njih je da im na početku sata damo neki problem iz svakodnevnog života povezan s onim što taj sat proučavamo. Na taj način učenici će shvatiti da fizika i matematika nisu samo nabranje definicija i formula nego da imaju primjenu u svakodnevnom životu.

Bibliografija

- [1] AAAS Project 2061 Science Assessment Website, <http://assessment.aaas.org/pages/home>, kolovoz 2017.
- [2] J. Arnerić, *Analiza varijance (ANOVA)*, http://web.efzg.hr/dok/sta/jarneric//SMEA_predavanja_%201.pdf, kolovoz 2017.
- [3] A. Boudreaux, P. S. Shaffer, P. R.L. Heron i L. C. McDermott, *Student understanding of control of variables: Deciding whether or not a variable influences the behavior of a system*, Am. J. Phys. **76** (2008), 163–170.
- [4] E. Etkina, A. Warren i M. Gentile, *The role of models in physics instruction*, Phys. Teach. **44** (2006), 34–39.
- [5] J. K. Gilbert, *Models and modelling: Routes to more authentic science education*, Int. J. Sci. Math. Educ. **2** (2004), 115–130.
- [6] J. D. Gobert, L. O'Dwyer, P. Horwitz, B. C. Buckley, S. T. Levy i U. Wilensky, *Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual learning in biology, physics, and chemistry*, Int. J. Sci. Mth. Educ. **33** (2011), 653–684.
- [7] I. T. Koponen, *Models and modelling in physics education: A critical re-analysis of philosophical underpinnings and suggestions for revisions*, Sci. Educ. **16** (2007), 751–773.
- [8] R. Krsnik, *Uloga modela i modeliranja u suvremenoj nastavi fizike*, 2005.
- [9] O. Petrak, *Metode prikupljanja i analiziranja podataka*, https://ldap.zvu.hr/~oliverap/MetodeIstrazivanjaFT/9_T-test.pdf, kolovoz 2017.
- [10] C. V. Schwarz i B. Y. White, *Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling*, Cogn. Instr. **23** (2005), 165–205.

- [11] M. Schwichow, S. Croker, C. Zimmerman, T. Höffler i H. Härtig, *Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis*, Dev. Rev. **39** (2016), 37–63.

Sažetak

Ovim diplomskim radom željela sam istražiti koliko su učenici u osnovnim i srednjim školama upoznati s konceptima kontrole varijabli i modela te kako ih primjenjuju u različitim kontekstima. Pri konstrukciji testa koristila sam zadatke s web stranice projekta Američke udruge za napredak znanosti (AAAS- American Association for the Advancement of Science) Project 2061. Test se sastojao od 15 pitanja višestrukog izbora u kojima su učenici trebali primijeniti različite ideje vezane za kontrolu varijabli i modele. Istraživanje sam provela u Zagrebu na 171 učeniku sedmog i osmog razreda osnovne škole te 196 učenika prvog i drugog razreda srednje škole. Analizom podataka dobila sam uvid u uspjeh na testu za osnovne i srednje škole te za svaki pojedini razred, postotak točnih odgovora pojedinog zadatka, ali i postotak najčešće izabranih pogrešnih odgovora iz čega dobivamo uvid u učeničke miskoncepcije. Nadalje, usporedila sam rezultate hrvatskih i američkih učenika čije sam podatke uzela s web stranice AAAS projekta 2061. Rezultati su pokazali da su učenici osnovne škole lošije riješili test od srednjoškolaca te da su učenici drugog razreda najbolje riješili test. Također, rezultati su pokazali da su učenici imali veći napredak u razumijevanju kontrole varijabli nego modela te da postoje poteškoće u razumijevanju nekih osnovnih fizikalnih koncepata koje se javljaju među učenicima neovisno radi li se o učenicima u osnovne ili srednje škole. U prosjeku su hrvatski učenici nešto bolje rješavali zadatke iz testa od američkih učenika, ali ta razlika je bila prisutna samo u nekim zadacima. Iako se danas nastavnici trude postići aktivno sudjelovanje učenika u nastavi, miskoncepcije nije lako i jednostavno promijeniti. Rezultati ovog diplomskog rada ukazuju da je u nastavi potrebno više pažnje posvetiti značenju i upotrebi modela te boljem razumijevanju kontroli varijabli.

Summary

With this graduate thesis, I wanted to explore how familiar the elementary and high school students are with the concepts of the control of variables and models and how they apply these concepts in different contexts. In the test construction, I used test items from Project 2061 from the American Association for the Advancement of Science (AAAS) project website. The test consisted of 15 multiple choice questions where students had to apply different ideas related to control of variables and models. I conducted the research in Zagreb on 171 seventh and eighth grade elementary school students and 196 first and second grade high school students. By analyzing the data, I gained an insight into the test results for both elementary and high school, for each particular grade, the percentage of correct answers for each given task, and also the percentage of the most commonly chosen wrong answers which give an insight into the student misconceptions. Furthermore, I compared the results of Croatian and American students whose data I took from the AAAS Project 2061 website. The results showed that the students from elementary school scored lower than the student from high school, and that the second-grade students had the best test results. Additionally, the results showed that the students had greater progress in understanding control of variables than understanding of models, and that there are difficulties in understanding of some basic physics concepts that occur among students irrespective of whether they are in elementary or high school. On average, the Croatian students had somewhat better test results than the American students, however, this difference was apparent only for some test items. While teachers today are struggling to achieve active participation of students in classes, it is not easy or simple to change the misconceptions. The results of this graduate thesis suggest that more attention in teaching should be devoted to the meaning and use of models, and better understanding control of variables.

Životopis

Zovem se Ivana Luburić. Rođena sam 05.05.1993. godine u Splitu. Pohađala sam Osnovnu školu Ivane Brlić - Mažuranić u Ljubuškom (BiH), a nakon toga upisala sam u Gimnaziju Ljubuški. Svoje školovanje nastavila sam na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu gdje završavam studij matematike i fizike, nastavnički smjer.

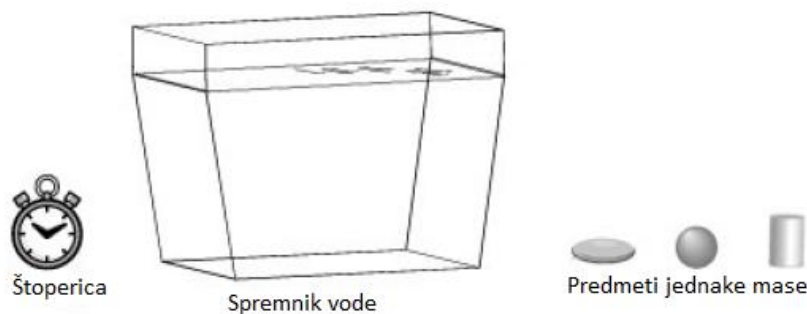
IME I PREZIME:

DATUM:

RAZRED I ŠKOLA:

GRUPA A

1. Na satu fizike učenici žele saznati utječu li oblik i masa predmeta izrađenih od istog metala na to koliko brzo ti predmeti tonu u vodi. Jedna grupa ispituje učinak oblika, a druga grupa ispituje učinak mase. Učenici koji ispituju učinak oblika koriste tri predmeta koja imaju jednake mase, ali različite oblike. Učenici ispuštaju svaki predmet u veliki spremnik vode te mjere vrijeme koje je svakom predmetu potrebno da dođe do dna spremnika.



Zbog čega je važno da učenici koriste predmete jednakih masa?

- a) Koristeći predmete jednakih masa učenici mogu saznati oba učinka: učinak mase i učinak oblika predmeta.
- b) Koristeći predmete jednakih masa učenici mogu saznati učinak mase.
- c) Ako ne koriste predmete jednakih masa, učenici ne mogu saznati učinak oblika predmeta.
- d) Nije važno da svi predmeti budu jednakih masa zato što učenici ne ispituju učinak mase.

2. Plivačka momčad želi odabrati jednu od tri tkanine za svoja nova plivačka odijela. Svaka tkanina napravljena je od različitog materijala. Momčad je odlučila provesti sljedeći pokus: Od svake su tkanine odrezali komadiće jednakih veličina i svaki su komadić namočili jednakom količinom vode. Zatim su ih sve objesili na suncu te su svake dvije minute provjeravali je li se i jedan komadić osušio.

Što plivačka momčad može saznati o različitim tkaninama provodeći ovaj pokus?

- a) Utječe li količina vode na vrijeme sušenja komadića tkanine.
- b) Utječe li vrsta tkanine na vrijeme sušenja komadića tkanine.
- c) Utječu li količina vode i svjetlost na vrijeme sušenja komadića tkanine.
- d) Utječu li vrsta tkanine, količina vode i svjetlost na vrijeme sušenja komadića tkanine.



3. Inženjer je napravio model broda da bi mu pomogao razmišljati o tome kako radi brod. Napravio je model tako da su neka svojstva broda točno predstavljena, ali u taj model nije uključio sva svojstva broda.

Je li u redu to što je zanemario neka svojstva broda u svom modelu?

- a) To je u redu, ali samo ako je predstavio svojstva koja utječu na to kako radi brod, zato što model treba uključivati svojstva koja su bitna za ono što se proučava.
- b) To je u redu, ali samo ako je predstavio svojstva koja utječu na to da model izgleda kao brod, zato što bi modeli trebali izgledati kao stvari koje predstavljaju.
- c) To je u redu, ali samo ako je predstavio svojstva koja će ljudima biti zanimljiva, zbog toga što se modeli koriste samo radi prenošenja podataka drugima.
- d) Nije u redu to što je zanemario neka svojstva broda. Model bi trebao u svakom pogledu biti kao predmet kojeg predstavlja.

4. Učenik je napravio jednostavan model Sunčevog sustava koristeći košarkašku loptu da predstavi Sunce. Zatim je postavio niz ping pong loptica po pravcu da predstavi pojedine planete. Ping pong loptice su međusobno jednako udaljene.



On želi koristiti model kako bi usporedio vremena potrebna svemirskom brodu za putovanje između različitih planeta.

Na koji bi način učenik trebao promijeniti svoj model da bi mu pomogao ispravno zaključiti?

- a) Trebao bi obojati loptice tako da svaka izgleda kao planet kojeg predstavlja.
- b) Trebao bi dodati svemirski brod u svoj model da predstavlja svemirski brod koji putuje između planeta.
- c) Trebao bi koristiti loptice različitih veličina tako da predstavi relativnu veličinu planeta.
- d) Trebao bi loptice rasporediti na različitoj udaljenosti tako da predstavi relativnu udaljenost između planeta.

5. Učenica pretpostavlja da tri varijable (X, Y i Z) mogu utjecati na rezultate njezinog pokusa. Odlučila je mijenjati samo varijablu X, a varijable Y i Z držati stalnima.

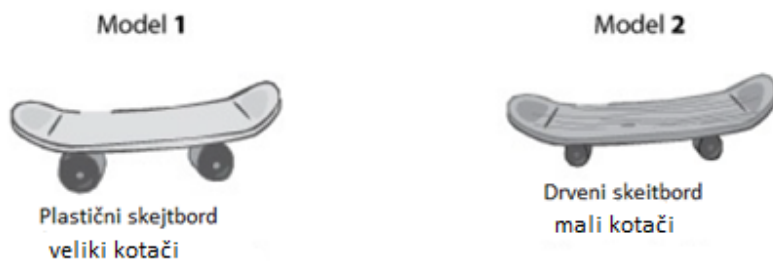
Što učenica pokušava saznati ovim pokusom?

- a) Utječe li varijabla X na rezultate njezinog pokusa.
- b) Utječu li varijable X i Y na rezultate njezinog pokusa.
- c) Utječu li varijable Y i Z na rezultate njezinog pokusa.
- d) Utječu li varijable X, Y i Z na rezultate njezinog pokusa.

6. Na koji se način model može razlikovati od stvari koju predstavlja?

- a) Model može biti različitog oblika i boje od stvari koju predstavlja.
- b) Model može biti različitog oblika od stvari koju predstavlja, ali mora biti jednake boje.
- c) Model može biti različite boje od stvari koju predstavlja, ali mora biti jednakog oblika.
- d) Model mora biti jednakog oblika i boje kao stvar koju predstavlja.

7. Učenik želi kupiti novi skejtbord. Želi saznati utječe li veličina kotača na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu. Također, želi saznati utječe li materijal od kojega je daska napravljena na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu. Odlučio je usporediti dva skejtborda koji su jednake veličine, ali su napravljeni od različitih materijala i imaju različite veličine kotača.



Odguruje se najjače što može i stoji na skejtbordu sve dok se skejtbord ne zaustavi. Svaki skejtbord isprobava pet puta kako bi vidio koliko daleko može ići. U svakom je pokušaju koristio isti pločnik i istu početnu točku. Saznao je da se Modelom 1 može dalje kotrljati.

Što učenik može zaključiti iz ovog pokusa?

- a) Može zaključiti da veličina kotača utječe na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu.
- b) Može zaključiti da materijal od kojeg je napravljena daska utječe na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu.
- c) Može zaključiti da i materijal od kojeg je napravljena daska i veličina kotača utječu na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu.
- d) Iz ovog pokusa nije moguće donijeti zaključak o tome utječu li veličina kotača i materijal od kojeg je napravljena daska na to koliko se daleko može kotrljati na skejtbordu.

8. Koja od sljedećih izjava opisuje zašto inženjer može koristiti model stroja?

- a) Kako bi pokazao drugima kakav je stroj ili kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja.
- b) Kako bi pokazao drugima kakav je stroj, ali ne kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja.
- c) Kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja, a ne kako bi pokazao drugima kakav je stroj.
- d) Niti kako bi pokazao drugima kakav je stroj, niti kako bi pomogao sebi u razmišljanju o načinu rada stroja.

9. Učenik skicira dijagram koji prikazuje kako voda isparava iz vlažnog ručnika zatvorenog u plastičnu vrećicu. Na temelju svoje skice on predviđa: Ako se vlažan ručnik ostavi zatvoren nekoliko sati u plastičnoj vrećici, voda će ispariti i ručnik će se osušiti. No, kada je izveo ovaj pokus s pravim ručnikom, ispostavilo se da je njegovo predviđanje bilo netočno te je ručnik ostao mokar.

Što bi učenik trebao napraviti sa svojom skicom?

- a) Budući da njegova skica nije bila korisna u donošenju točnog predviđanja, on bi je trebao odbaciti i ne koristiti više skice za predviđanja.
- b) Budući da njegova skica točno ne predstavlja što se stvarno događa, on bi trebao napraviti novu verziju skice koja bolje predviđa ono što je zaista opazio s pravim ručnikom.
- c) Budući da njegova skica predstavlja njegovo mišljenje o tome kako svijet funkcionira, on je ne bi trebao mijenjati, nego treba biti siguran da je može koristiti za donošenje točnih predviđanja.
- d) Budući da njegova skica predstavlja njegovo mišljenje o tome kako svijet funkcionira, on bi je trebao koristiti za donošenje drugih predviđanja i nastaviti ih provjeravati sve dok jedno od predviđanja ne bude točno.

10. Učenik želi napraviti jednostavan model Sunčevog sustava kako bi mu pomogao usporediti vremena potrebna svemirskom brodu za putovanje između različitih planeta.

Koja je od sljedećih stvari nužna kako bi mogao razmišljati o vremenu putovanja?

- a) Mora točno predstaviti relativnu udaljenost između planeta i, također, mora biti siguran da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja.
- b) Mora biti siguran da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja, ali ne mora točno predstaviti relativnu udaljenost između planeta.
- c) Mora točno predstaviti relativnu udaljenost između planeta, ali ne mora biti siguran da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja.
- d) Niti mora točno predstaviti relativnu udaljenost između planeta, niti mora biti siguran da model svakog planeta izgleda kao planet kojeg predstavlja.

11. Inženjerka želi saznati koliko će dobro avion letjeti po kiši. Napravila je model aviona i saznala je da model aviona može letjeti po kiši.

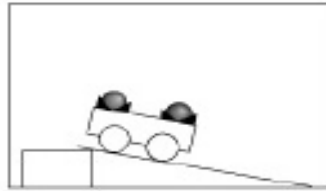
Koji zaključak može donijeti?

- a) Može biti potpuno sigurna da će pravi avion dobro letjeti po kiši zato što je model aviona dobro letio dok je padala kiša.
- b) Može biti potpuno sigurna da će pravi avion dobro letjeti po kiši, ali samo ako njezin model sadrži sve stvari koje bi, po njezinom mišljenju, mogle utjecati na to kako pravi avion leti po kiši.
- c) Ne može biti potpuno sigurna da će pravi avion letjeti dobro po kiši sve dok zaista ne poleti pravim avionom po kiši.
- d) Ne može biti potpuno sigurna da će pravi avion dobro letjeti po kiši zato što predviđanja donesena koristeći modele nikada nisu točna.

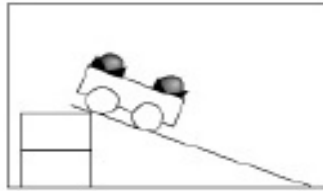
12. Učenik želi saznati utječe li masa kolica na njihovu brzinu na dnu kosine. Može mijenjati masu kolica dodavajući različit broj kuglica, a visinu kosine može mijenjati koristeći različit broj drvenih kvadara.

Koju skupinu testova bi trebao usporediti (skupinu A, B, C ili D)?

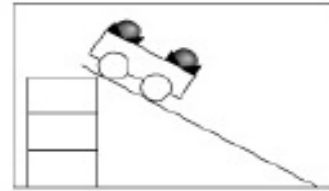
A.



Test 1

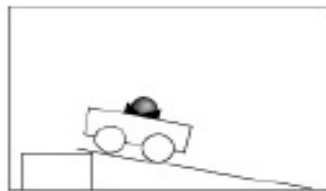


Test 2

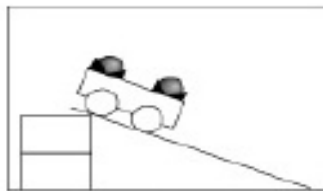


Test 3

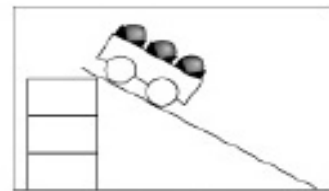
B.



Test 1

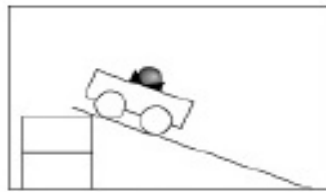


Test 2

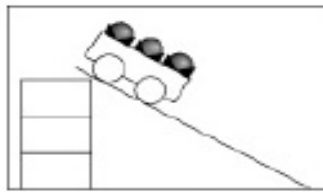


Test 3

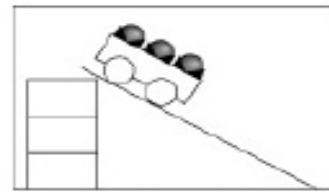
C.



Test 1

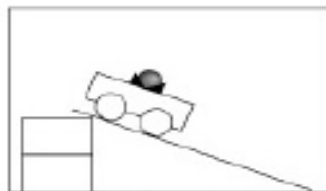


Test 2

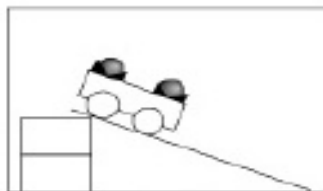


Test 3

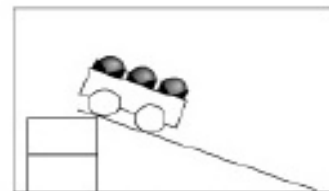
D.



Test 1



Test 2



Test 3

13. Učenica misli da dvije varijable (X i Y) mogu utjecati na rezultate njezinog pokusa. Odlučila je mijenjati varijablu X, a varijablu Y držati stalnom.

Što učenica može saznati o učincima varijabli X i Y?

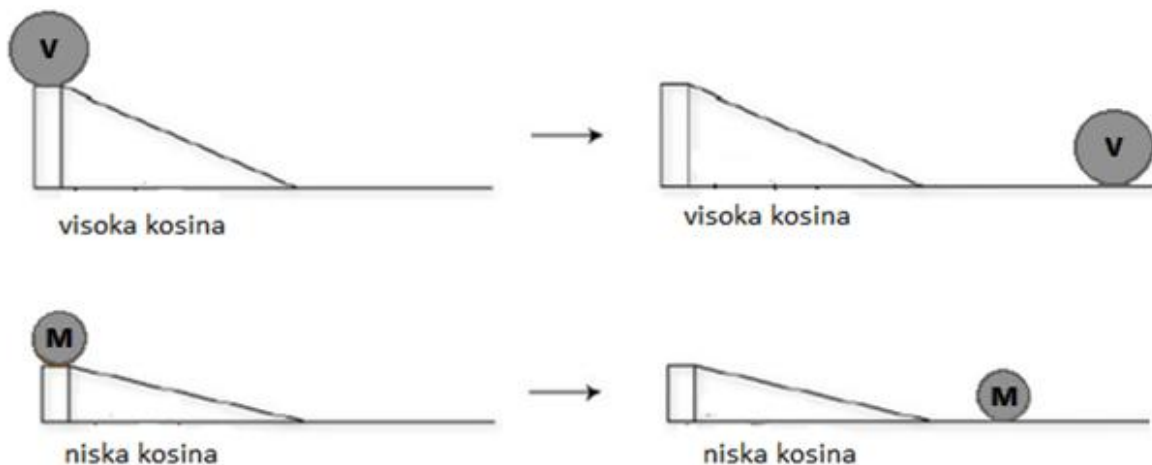
- a) Utječe li varijabla X na rezultate njezinog pokusa.
- b) Utječe li varijabla Y na rezultate njezinog pokusa.
- c) Utječu li obje varijable X i Y na rezultate njezinog pokusa.
- d) Ona ne može saznati utječe li ijedna od varijabli X i Y na rezultate njezinog pokusa.

14. Učenici imaju malu i veliku čeličnu kuglicu te nisku i visoku kosinu



Učenici žele saznati utječe li veličina kuglice na to koliko se daleko kuglica otkotrlja. Također, žele saznati utječe li visina kosine na to koliko se daleko kuglica otkotrlja.

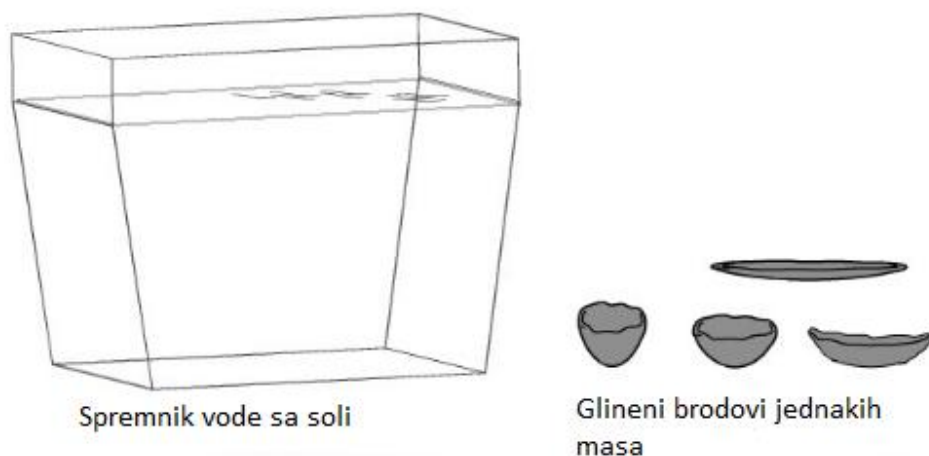
Učenici su proveli sljedeći pokus:



Što mogu zaključiti iz ovog pokusa?

- a) Mogu zaključiti da veličina kuglice utječe na to koliko se daleko kuglica otkotrlja.
- b) Mogu zaključiti da visina kosine utječe na to koliko se daleko kuglica otkotrlja.
- c) Mogu zaključiti da veličina kuglice i visina kosine utječu na to koliko se daleko kuglica otkotrlja.
- d) Iz ovog pokusa nije moguće zaključiti utječu li veličina kuglice ili visina kosine na to koliko se daleko kuglica otkotrlja.

15. Grupa učenika od gline je izradila brodove različitih oblika. Svi brodovi koje su napravili imaju jednaku masu. Učenici su u spremnik vode dodali četiri žlice soli te su je promiješali. Zatim stavljaju brodove u spremnik s vodom i gledaju hoće li plutati ili potonuti.



Što učenici mogu saznati radeći ovaj pokus?

- a) Utječe li oblik broda na to hoće li brod plutati ili potonuti.
- b) Utječe li masa broda na to hoće li brod plutati ili potonuti.
- c) Utječu li masa broda i količina soli u vodi na to hoće li brod plutati ili potonuti.
- d) Utječu li oblik, masa broda i količina soli u vodi na to hoće li brod plutati ili potonuti.