

UNIVERZITET U SARAJEVU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
ODSJEK ZA FIZIKU

I CIKLUS STUDIJA - NASTAVNIČKI SMJER

**Ustaljene učeničke poteškoće u korištenju
raznovrsnih prikaza sadržaja fizike**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: doc. dr. Vanes Mešić

Studentica: Sabaheta Mahmutović

Sarajevo, 2016.

Zahvaljujem se svim profesorima i asistentima Prirodno-matematičkog fakulteta koji su mi predavali tokom studija, čiji je trud i veliko zalaganje da nam obezbijede što bolje znanje rezultiralo uspješnim završetkom studija.

Posebno se zahvaljujem mentoru doc.dr Vanesu Mešiću na izboru teme, na korisnim savjetima i na iznimnoj pomoći u pisanju svakog dijela ovog rada.

Rad želim posvetiti roditeljima koji su mi bili podrška tokom svih godina studiranja.

U Sarajevu, 2016. godine.

Sadržaj

1. UVOD	2
2. POJAM REPREZENTACIJE SADRŽAJA.....	3
2.1. Interne reprezentacije.....	4
2.2. Eksterne reprezentacije.....	5
3. ZNAČAJ I FUNKCIJA VIŠESTRUKIH REPREZENTACIJA	9
3.1. Funkcija dopunjavanja.....	11
3.2. Korištenje višestrukih reprezentacija radi prikazivanja komplementarnih informacija.....	11
3.3. Korištenje višestrukih reprezentacija radi ograničavanja spektra interpretacija.....	12
3.4. Korištenje poznate reprezentacije radi ograničavanja interpretacije manje poznate reprezentacije.....	12
3.5. Korištenje višestrukih reprezentacija tako da inherentna svojstva jedne reprezentacije ograničavaju interpretiranje druge reprezentacije	13
3.6. Korištenje višestrukih reprezentacija radi razvijanja dubljeg razumijevanja	13
3.7. Korištenje višestrukih reprezentacija radi podsticanja apstraktnog razmišljanja.....	13
3.8. Korištenje višestrukih reprezentacija radi unapređivanja procesa proširivanja znanja.....	14
3.9. Korištenje višestrukih reprezentacija radi uspostavljanja veza među reprezentacijama	15
4. VIŠESTRUKI REPREZENTACIJE I RAZLIKE U KOGNITIVNOM FUNKCIONISANJU UČENIKA	16
5. KORIŠTENJE REPREZENTACIJA I RJEŠAVANJE FIZIKALNIH ZADATAKA	18
6. USTALJENE UČENIČKE POTEŠKOĆE U KORIŠTENJU REPREZENTACIJA SADRŽAJA FIZIKE.....	19
6.1. Korištenje algebarske reprezentacije	19
6.2. Korištenje vektora	19
6.3. Korištenje grafikona	20
6.4. Korištenje verbalne reprezentacije	20
7. DIJAGRAMI SILA I INTERAKCIJSKI DIJAGRAMI	21
8. OPIS EMPIRIJSKOG DIJELA ISTRAŽIVANJA	23
8.1. Svrha i značaj istraživanja	23
8.2. Istraživačka pitanja	23
8.3. Nul-hipoteza	23
8.4. Alternativna hipoteza	23
8.5. Nezavisna varijabla	23
8.6. Zavisna varijabla	24
8.7. Mjerenje zavisne varijable.....	24

8.8. Ispitanici	28
8.9 . Relevantne karakteristike kurikuluma.....	28
9. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA.....	29
9.1. Međugrupna usporedba raspodjela test skorova	29
9.2. Rezultati analize kovarijanse	30
9.3. Međugrupna usporedba na individualnim zadacima.....	31
9.4. Korelacijske analize	32
10. REZIME I ZAKLJUČCI.....	34
11. IZVORI INFORMACIJA	36

1. UVOD

Općenito se pod prikazima (reprezentacijama) sadržaja fizike podrazumijevaju različiti vidovi komuniciranja ideja o fizikalnim pojmovima i situacijama.

Prema Lemkeu (kao što je citirano u Brookes, 2007), primarna učenička aktivnost u tipičnoj nastavi fizike svodi se na interpretiranje i kreiranje reprezentacija. Shodno tom gledištu, razumijevanje fizike se razvija asimiliranjem i koordiniranjem reprezentacija sadržaja fizike, te aktivnostima prevođenja jednih reprezentacija u druge. Imajući u vidu navedeno, vladanje raznovrsnim reprezentacijama sadržaja fizike smatra se jako bitnim aspektom kompetencije za fiziku. Osim što sposobnost korištenja raznovrsnih reprezentacija pozitivno utiče na razvoj konceptualnog razumijevanja fizike, također doprinosi razvijanju sposobnosti rješavanja fizikalnih zadataka.

Iz svega navedenog slijedi da je proučavanje teme razumijevanja i korištenja reprezentacija sadržaja fizike od ključnog značaja za kreiranje smjernica koje imaju za cilj unapređivanje kvaliteta obrazovanja iz fizike. To posebno vrijedi kada je u pitanju bosanskohercegovačka obrazovna praksa. Naime, pokazuje se da u bosanskohercegovačkoj nastavi fizike preovlađuju verbalna i analitička reprezentacija sadržaja fizike. Pri tome su učeničke aktivnosti u nastavi primarno usmjerene na generiranje značenja iz pomenutih reprezentacija, a premalo je aktivnosti usmjerenih na osposobljavanje učenika za neposredno korištenje reprezentacija sadržaja fizike, a samim time i razvijanje njihovog dubinskog razumijevanja. Pojedine reprezentacije, poput grafikona, se u aktualnoj bosanskohercegovačkoj praksi velikim dijelom zanemaruju, kako od strane nastavnika, tako i od strane učenika.

Imajući u vidu navedeno, cilj ovog rada je iz različitih perspektiva osvijetliti značaj uvažavanja potencijala različitih reprezentacija sadržaja fizike i ponuditi smjernice za njihovo što efikasnije korištenje u nastavi fizike.

U ovom radu najprije je opisan sam pojam reprezentacije sadržaja fizike i identificirane su vrste reprezentacija koje se često koriste u nastavi fizike. Nakon toga, ponuđen je pregled ustaljenih učeničkih poteškoća u korištenju najznačajnijih reprezentacija sadržaja fizike (formule, grafikoni, dijagrami, slike, riječi), i razmotreni su potencijalni načini prevazilaženja tih poteškoća. Najzad je prodiskutovana i uloga reprezentacija sadržaja fizike u razvijanju učeničkih sposobnosti za rješavanje fizikalnih problema.

2. POJAM REPREZENTACIJE SADRŽAJA

Meltzer (2002) reprezentacije definira kao raznovrsne prikaze koji olakšavaju shvatanje i izražavanje značenja fizikalnih pojmova.

Pojednostavljeno rečeno, reprezentacija je „nešto“ što stoji za „nešto drugo“ (Zou, 2000). U gotovo svim prirodosnanstvenim, ali i društvenim naučnim disciplinama, reprezentacije imaju široku primjenu. Njihova rasprostranjenost seže i u kontekst svakodnevnice. Tako npr. u stvarnom životu zeleno svjetlo na semaforu reprezentuje da je dozvoljeno kretanje, dok crveno svjetlo reprezentuje zabranu prelaska ulice. Također se u javnosti koriste simboli koji predstavljaju siluetu žene/muškarca, kako bi se npr. naznačilo da li je određeni prostor namijenjen ženama ili muškarcima. Općenito, bitno je u prethodno navedenim primjerima prepoznati da boja svjetlosti ili ikonički simbol predstavljaju primjere reprezentacija. Bitno je istaknuti da svaka reprezentacija sadrži (Zou, 2000):

1. Reprezentirani svijet – ono što se reprezentuje (npr. u fizici je to najčešće neki fizikalni sistem ili pojava)
2. Reprezentirajući svijet – skup simbola od kojih svaki predstavlja neki aspekt reprezentiranog svijeta
3. Odluku o tome koje aspekte reprezentiranog svijeta treba obuhvatiti
4. Odluku o tome koji aspekti reprezentirajućeg svijeta vrše predstavljanje
5. Korespondenciju između reprezentirajućeg i reprezentiranog svijeta.

U literaturi se sposobnost kompetentnog korištenja raznovrsnih reprezentacija nekog fizikalnog koncepta smatra preduslovom za razvoj ekspertskog nivoa razumijevanja, što je uvaženo i u najpoznatijim konceptualnim testovima za oblast opšte fizike u kojima se često koriste raznovrsne reprezentacije i od učenika se traži da prevode značenja pojmova iz jedne reprezentacije u drugu.

Reprezentacije se u osnovi dijele na interne i eksterne.

2.1. Interne reprezentacije

Moglo bi se reći da se učenje fizike najvećim dijelom svodi na razvijanje mentalnih modela o fizikalnim sistemima i fizikalnim pojavama. Shodno Ibrahimu i Rebellu (2012) učenje fizike podrazumijeva kreiranje mentalnih verzija odgovarajućih eksternih predstavljanja. Pri tome se te mentalne, interne reprezentacije kontinuirano kreiraju, evaluiraju i iterativno modificiraju, a manifestiraju se na različite načine koji sežu od neverbalne komunikacije, preko verbalnih predstavljanja, pa sve do vizualnih predstavljanja poput skica, dijagrama ili materijalnih artifakta.

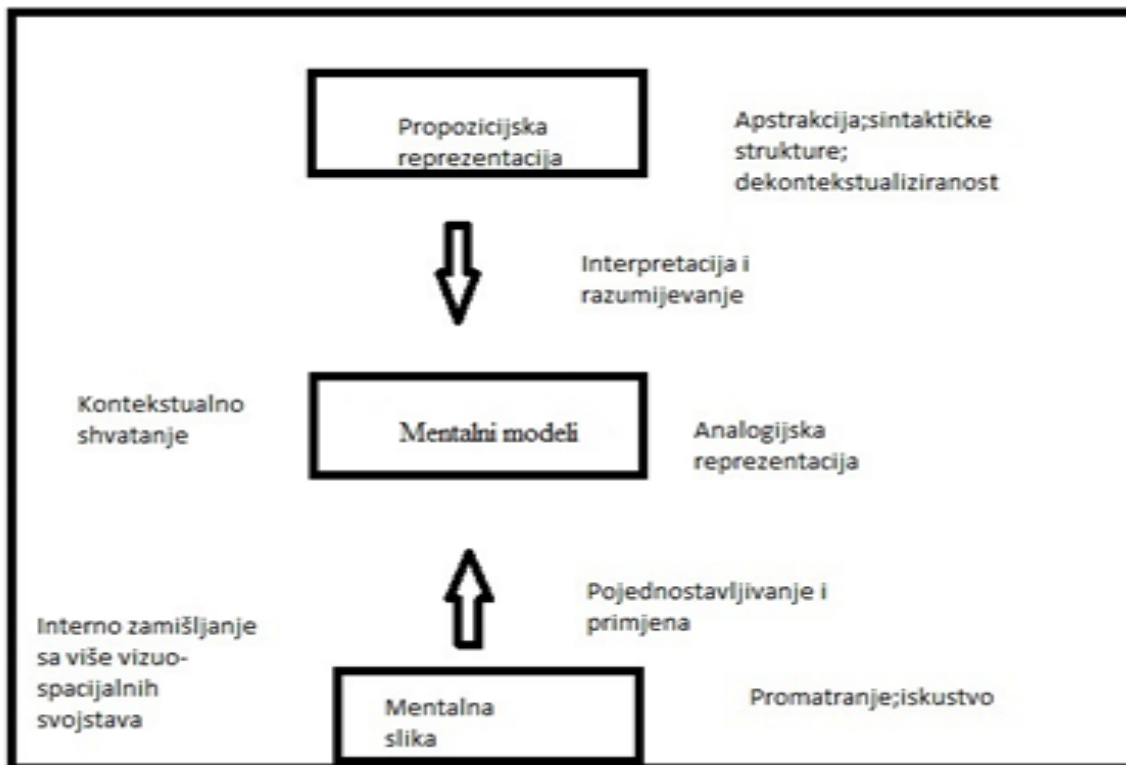
Prema Johnson-Lairdu (1983) osnovna podjela internih reprezentacija je na propozicijske reprezentacije, mentalne slike i mentalne modele, pri čemu mentalni modeli nastaju sintezom mentalnih slika i propozicijskih reprezentacija (v. Slika 1).

Propozicijske mentalne reprezentacije su sačinjene od skupova apstraktnih simbola, poput jednačina, formula, brojeva i definicija. Ti apstraktni simboli predstavljaju apstraktne sintaktičke strukture koje nemaju neko inherentno značenje sve dok se ne situiraju u neki konkretni kontekst.

Mentalni modeli se kreiraju kroz aktivnosti percipiranja i zamišljanja, te analogijski predstavljaju neke sisteme ili pojave iz stvarnog svijeta. Mentalni modeli su lična svojina osobe koja ih generira. Također je bitno naglasiti da su privremene prirode. Mogu se dakle odbaciti ili unaprijediti dodatnim prikupljanjem informacija o sistemu ili pojavi iz stvarnog svijeta koju reprezentuju.

Mentalne slike su direktno zasnovane na promatranjima i interakciji sa realnim svijetom. To su cjelovita i koherentna vizuelna predstavljanja nekog objekta ili pojave, promatrana iz određene perspektive. Ove reprezentacije su po svojoj prirodi nešto konkretnije od mentalnih modela.

Prema Greca i Moreira (2000) učenici koji se oslanjaju isključivo na propozicijske reprezentacije najčešće iskazuju samo površno razumijevanje gradiva fizike. Radi razvijanja istinskog razumijevanja poželjno je da se kod učenika razvijaju i vizualni aspekti mentalnih modela.



Slika 1: Vrste mentalnih reprezentacija prema Johnson-Laird, 1983

2.2. Eksterne reprezentacije


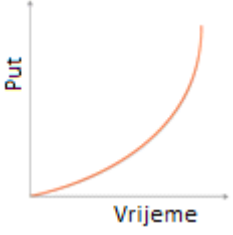
Osim što predstavljanja fizikalnih sistema i pojava mogu egzistirati kao dio naših kognitivnih struktura (interne reprezentacije), fizikalni sistemi i pojave mogu se predstavljati i pomoću različitih eksternih alatki (eksterne reprezentacije).

Smatra se da korištenje eksternih reprezentacija može da igra ključnu ulogu u procesu učenja fizike. Konkretno, eksterne reprezentacije olakšavaju proces učenja tako što učenicima eksplicitno nude mentalne slike nužne za shvatanje odgovarajućih fizikalnih principa i pojmova. Donald Norman (1983) smatra da eksterne reprezentacije smanjuju kognitivnu opterećenost i olakšavaju učenicima rješavanje fizikalnih zadataka. Ovakav stav je i u skladu sa idejama koje iznosi Nersessian (2008), koja smatra da se kognitivno procesiranje dešava u spregnutom sistemu internih i eksternih reprezentacija.

Postoji više različitih načina za kategoriziranje eksternih reprezentacija. Tako recimo možemo, s obzirom na modalitet, eksterne reprezentacije podijeliti na grafikonske, matematičke (analitičke i vektorske), verbalne, slikovne i/ili dijagramatske (v. Kohl, 2007).

Za učenje fizike je korisno različite aspekte jedne te iste pojave predstaviti pomoću različitih reprezentacija, jer se na taj način učeniku omogućuju potpunije spoznavanje reprezentirane pojave.

Tako npr. različite aspekte pojave ubrzavanja automobila, možemo predstaviti pomoću različitih reprezentacija (v. Slika 2) – npr. pomoću verbalne reprezentacije, dijagramatske reprezentacije (stroboskopskog snimka), analitičke reprezentacije i grafikonske reprezentacije.

	<p>Automobil se kreće jednakoubrzano pri čemu je pređeni put automobila proporcionalan kvadratu proteklog vremena.</p>
$x = \frac{1}{2} a \cdot t^2$	

Slika 2. Različite reprezentacije jednakoubrzanog kretanja automobila – adaptirano prema: Kohl, 2007

Moguća je također podjela reprezentacija na animirane i statične. Ova podjela posebno je bitna unutar konteksta razmatranja vizualnih reprezentacija.

Slika daje statičan uvid u pojavu, a animacija bolje prikazuje dinamiku pojave, tj. prostorno-vremenske promjene stanja sistema ili trodimenzionalni uvid u odvijanje odgovarajućeg fizikalnog procesa.

Između ova dva ekstrema je korištenje sekvence statičnih slika radi prikazivanja dinamike odvijanja neke pojave.

Smatra se da animirane reprezentacije potencijalno olakšavaju učenje ukoliko je za učenje gradiva jako bitno spoznavanje prostorno-vremenskih promjena stanja sistema. Općenito, rezultati psiholoških istraživanja o relativnoj efikasnosti statičkih i dinamičkih medija su kontradiktorni i čini se da je pristup u okviru kojeg se prikazuju sekvence statičnih slika često najkorisniji.

Još jedna korisna podjela reprezentacija je podjela na kvalitativne i kvantitativne reprezentacije. Obično se preporučuje da učenici u nastavi fizike pojave najprije spoznaju na fenomenološkom nivou (nivo kvalitativnih reprezentacija), a da onda tek u drugom koraku pređu na matematičko opisivanje uočenih zakonitosti (nivo kvantitativnih reprezentacija). Tako npr. može najprije biti korisno da se mjerenjem/promatranjem konstatuje (i verbalizira) da jačina struje u provodniku ovisi o naponu na krajevima provodnika, a da se tek onda u drugom koraku zakonitosti predstavljaju pomoću matematičkih modela, tj. da se konstatuje da je $I=U/R$.

Možemo zaključiti da se uopšteno gledano preporučuje slijediti tok učenja u kojem se polazi od manje apstraktnih reprezentacija, koje se postepeno uvode nakon što učenici ostvare odgovarajući napredak prilikom usvajanja znanja na nižim nivoima apstraktnosti. Jedna od kategorizacija reprezentacija s obzirom na nivo apstraktnosti predstavljena je Slikom 3.



Slika 3: Rezentacije različitih nivoa apstraktnosti - adaptirano prema: Leisen, 2011

3. ZNAČAJ I FUNKCIJA VIŠESTRUKIH REPREZENTACIJA

Preporučuje se da poučavanje iz fizike bude tako koncipirano da odražava prirodu aktivnosti u fizici. U tom smislu se od učenika očekuje da prilikom interpretiranja svog prirodnog okruženja koriste naučno zasnovana objašnjenja, te da u tu svrhu prikupljaju naučno validne dokaze i učestvuju u naučnim raspravama.

Jedan bitan aspekt naučnog rada fizičara sastoji se u kreiranju i korištenju fizikalnih reprezentacija putem kojih se koncepti, entiteti i pojave prevode u formate koji po nekom osnovu olakšavaju rezonovanje o odgovarajućim fizikalnim idejama. Fizičari se u svom radu oslanjaju na veliki broj reprezentacija, kao što su tekstualni materijali, grafičke reprezentacije, simulacije i eksperimenti. Osim korištenja raznovrsnih reprezentacija, bitan aspekt rada fizičara sastoji se i u uspostavljanju veza i odnosa između različitih reprezentacija, te u prevođenju jednih reprezentacija u druge (Kozma, Chin, Russell, & Marx, 2000; Roth & McGinn, 1998).

Višestruke eksterne reprezentacije se također naširoko koriste prilikom učenja i poučavanja fizike. Nastavnici se koriste slikama, simbolima i modelima kako bi prezentirali fizikalne ideje, a materijali za učenje sadrže tekst, slike i mnoge druge reprezentacije namijenjene ilustriranju fizikalnih sadržaja.

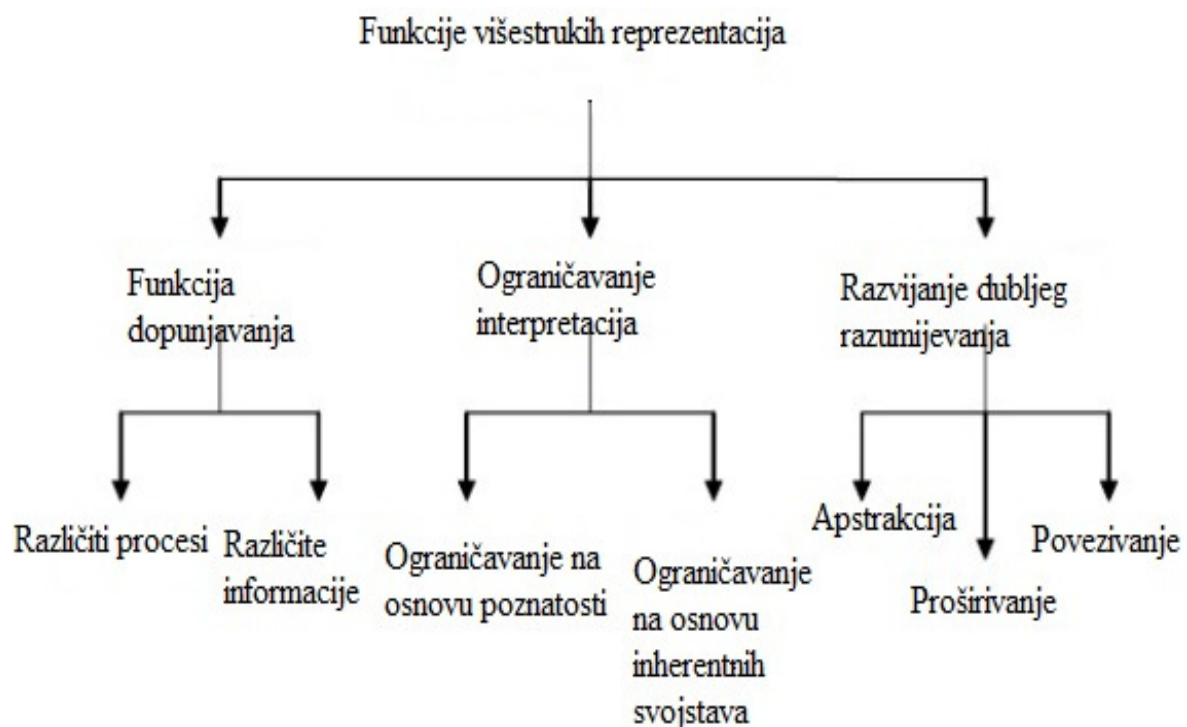
Osim toga, smatra se da učeničke aktivnosti interpretiranja reprezentacija i rezonovanja o sadržajima tih reprezentacija podstiču nelinearno, sistematsko razmišljanje o fizikalnim pojavama (Brookes, 2007).

Inkorporiranjem reprezentacija u svoje kognitivne strukture učenici stiču „alatke“ koje im omogućuju kreiranje novog znanja, te efikasniju komunikaciju svog razumijevanja o fizikalnim pojavama.

Ustaljeni argument koji govori u prilog korištenju većeg broja reprezentacija sastoji se tome da se na taj način povećava vjerovatnoća privlačenja učeničke pažnje i interesa, čime se obezbjeđuju neophodni preduslovi za uspješno učenje.

Konceptualne analize nastavnih okruženja koja koriste višestruke reprezentacije pokazuju da se tri glavne funkcije višestrukih reprezentacija svode na dopunjavanje, ograničavanje i kreiranje (Ainsworth, 2008).

Prva funkcija sastoji se u korištenju reprezentacija koje sadrže komplementarne informacije ili olakšavaju komplementarne kognitivne procese. Druga funkcija sastoji se u tome da korištenjem jedne reprezentacije ograničavamo spektar mogućih (mis)interpretacija druge reprezentacije. Najzad, višestruke reprezentacije se mogu koristiti i kako bi se učenici podstakli u razvijanju dubljeg razumijevanja sadržaja fizike. Svaka od pomenute tri funkcije višestrukih reprezentacija može se podijeliti u dodatne podkategorije (v. Slika 4).



Slika 4. Funkcije višestrukih reprezentacija – adaptirano prema: Ainsworth, 2008

3.1. Funkcija dopunjavanja

Korištenje višestrukih reprezentacija radi podsticanja komplementarnih procesa

Najbitniji motiv za korištenje višestrukih reprezentacija sastoji se u činjenici da različite reprezentacije aktiviraju različite vrste misaonih procesa koji se u konačnici mogu međusobno dopunjavati. Ovaj stav je snažno utemeljen na rezultatima brojnih istraživanja. Tako se npr. pokazuje da tekstualne reprezentacije omogućuju linearno, sekvencijalno rezonovanje koje je pogodno za predstavljanje linearnih uzročno-posljedičnih veza. S druge strane, dijagrami predstavljaju informacije holistički i u većoj mjeri pogoduju razvijanju nelinearnog, sistemskog razmišljanja. Osim toga za dijagrame se smatra da u većoj mjeri iskorištavaju perceptualne procese, na način da se u relativno maloj oblasti prostora nude sve najbitnije informacije nužne za rezonovanje o odgovarajućim sadržajima, čime se olakšavaju procesi traganja i prepoznavanja relevantnih informacija.

Kada su u pitanju tabele, smatra se da one na puno efikasniji način od ostalih reprezentacija predstavljaju specifične vrijednosti veličina, ukazuju na nedostajuće informacije (kroz prazne ćelije), te olakšavaju očitavanje, kao i vizualno isticanje određenih vrijednosti i uzoraka pravilnosti. Primjer podsticanja različitih misaonih procesa imamo i u slučaju analitičkog i grafičkog predstavljanja funkcija. Tako recimo analitičko predstavljanje funkcije $y=x^2+3x-3$ ne ističe u prvi plan razmišljanje o variranju zavisne i nezavisne varijable. To razmišljanje se puno lakše podstiče pomoću odgovarajućeg grafikona.

3.2. Korištenje višestrukih reprezentacija radi prikazivanja komplementarnih informacija

Dodatni razlog za korištenje višestrukih reprezentacija sastoji se u iskorištavanju razlika u informacijama koje se prikazuju pomoću svake od tih reprezentacija. Radi ispunjavanja ove svrhe koristimo veći broj reprezentacija u slučajevima kada je pomoću samo jedne reprezentacije nemoguće iskazati sve ideje o nekom fizikalnom sadržaju ili pak u slučajevima kada bi uključivanje svih relevantnih informacija u jednu reprezentaciju moglo dovesti do kognitivnog preopterećenja učenika. Korisno je razlikovati dva slučaja: a) svaka od reprezentacija sadrži unikatne informacije o sadržaju učenja b) u određenoj mjeri postoji preklapanje u informacijama koje dobijamo od različitih reprezentacija, ali ipak postoji i nešto

unikatno u svakoj od tih informacija (npr. dijagrami sila i interakcijski dijagrami u nastavi mehanike).

3.3. Korištenje višestrukih reprezentacija radi ograničavanja spektra interpretacija

Drugi vid korištenja višestrukih reprezentacija sastoji se u tome da se učenicima pomaže da razviju bolje razumijevanje nekog sadržaja učenja na način da se koristi jedna reprezentacija kako bi se ograničio spektar interpretacija druge reprezentacije. Ovo se može postići na dva načina: a) korištenjem reprezentacije koja je učeniku puno pristupačnija (jednostavnija) radi podsticanja interpretacije reprezentacije koju učenici percipiraju kao zahtijevniju i apstraktniju b) iskorištavanjem inherentnih svojstava jedne reprezentacije radi ograničavanja interpretacije druge reprezentacije.

3.4. Korištenje poznate reprezentacije radi ograničavanja interpretacije manje poznate reprezentacije

Prilikom tumačenja manje poznate reprezentacije zasnovanog na učeničkom shvatanju reprezentacije koja im je bliska od ranije, nastavnik ima mogućnost da učenicima olakša učenje kroz identificiranje miskoncepcija i olakšano vođenje procesa konceptualne promjene.

Tako npr. istovremenim prikazivanjem video-zapisa realnog kretanja osobe koja koristi *skateboard* i odgovarajućeg grafikona ovisnosti brzine o vremenu, možemo relativno jednostavno organizirati proces konceptualne promjene vezan za činjenicu da učenici često (pogrešno) misle kako iz nagiba koji je jednak nuli slijedi da tijelo miruje, te da iz negativnog nagiba slijedi da se tijelo kreće u negativnom smjeru x-ose. Istovremenim prikazivanjem realnog kretanja i v-t grafikona (tzv. *real-time graphing*) učenici se lako mogu suočiti sa neodrživošću svojih miskoncepcija. Ovdje cilj prikazivanja video-zapisa realnog kretanja (reprezentacije kojom učenici dobro vladaju) nije u nuđenju novih informacija, nego u lakšem svladavanju nekih zahtijevnijih reprezentacija (v-t grafikon).

Korištenje tzv. dinamičkog uspostavljanja veza (*dynamic linking*) koje se ogleda u tome da korisnik softvera svjesno mijenja prirodu jedne reprezentacije pri čemu se automatski mijenja druga reprezentacija, može značajno unaprijediti proces konceptualizacije u nastavi fizike

3.5. Korištenje višestrukih reprezentacija tako da inherentna svojstva jedne reprezentacije ograničavaju interpretiranje druge reprezentacije

Kako bismo shvatili ovu funkciju višestrukih reprezentacija, možemo npr. uporediti inherentna svojstva grafičkih i tekstualnih reprezentacija. U tom smislu vrijedi istaknuti da su grafičke (slikovne) reprezentacije inherentno konkretnije (manje apstraktne) u odnosu na tekstualne reprezentacije, tako da se u nastavi fizike mogu koristiti između ostalog i za konkretizaciju teksta. Primjerice ako kažemo da se zavojnica nalazi pored žarulje, mi ne možemo znati s koje strane žarulje se zavojnica nalazi. S druge strane, ukoliko za pomenutu situaciju koristimo slikovno predstavljane ono mora biti inherentno specifičnije – nemoguće je da u slikovnom predstavljanju ostane prostora za dodatnu interpretaciju.

Možemo zaključiti da se korištenjem većeg broja reprezentacija smanjuje mogućnost proizvoljnog interpretiranja sadržaja učenja, tj. sadržaj učenja postaje preciznije definiran.

3.6. Korištenje višestrukih reprezentacija radi razvijanja dubljeg razumijevanja

Uvriježen je stav da korištenje višestrukih reprezentacija potencijalno vodi do dubljeg razumijevanja sadržaja fizike. Tako npr. Kaput (1989) ističe da kognitivno uvezivanje različitih reprezentacija kreira jednu cjelovitu mrežu znanja koja ima potpunije značenje od prostog zbira njenih elemenata, čime se učeniku omogućava da kompleksne ideje vidi u jednom novom svjetlu i da ih efikasnije rješava. Konkretno, pomoću višestrukih reprezentacija moguće je podstaknuti procese apstrakcije, generalizacije i uspostavljanja veza i odnosa između reprezentacija.

3.7. Korištenje višestrukih reprezentacija radi podsticanja apstraktnog razmišljanja

U ovom radu se pod apstrakcijom podrazumijeva kognitivni proces koji u svojoj srži ima identificiranje i izdvajanje podskupa svojstava iz neke početne reprezentacije. Drugim riječima, apstraktno razmišljanje obično odlikuje odbacivanje specifičnih detalja.

U nastavi zasnovanoj na višestrukim reprezentacijama od učenika se očekuje da povezuju različite reprezentacije, prevode ih jedne u druge, te da na osnovu uspostavljanja veza i odnosa među reprezentacijama kreiraju mentalni model odgovarajućeg sadržaja učenja. Dienes (1973) ističe da perceptualna varijabilnost (prikazivanje jednog koncepta na raznovrsne načine) podstiče apstraktno razmišljanje. Smatra se da pri tome učenici imaju priliku identificirati invarijantna svojstva sadržaja učenja, na način da se suoče sa konceptualno irelevantnim perceptualnim različitostima između pojedinačnih prikaza sadržaja učenja.

U istraživanju koje je proveo Schwartz (1995) pokazalo se da je reprezentacija neke pojave (npr. rotaciono kretanje zamišljenog točka) apstraktnija ukoliko ju kreiraju učenici u paru, nego u slučaju da ju kreira svaki od učenika pojedinačno. Objašnjenje ove pojave moglo bi se naći u činjenici da je prilikom rada u paru postojala potreba da se učenici usaglase oko jedne jedinstvene reprezentacije koja bi predstavljala kompromis između reprezentacija svakog od učenika pojedinačno. Pri tome je došlo do odbacivanja detalja specifičnih za pojedinačne reprezentacije.

3.8. Korištenje višestrukih reprezentacija radi unapređivanja procesa proširivanja znanja

Proširivanje se ovdje odnosi na ekstenziju primjenjivosti znanja, koje pojedinac već ima, u nove situacije, bez da se pri tome značajnije mijenja priroda znanja. Za razliku od apstrakcije, prošireno znanje ne zahtijeva aktivnosti re-organizacije strukture znanja na višem nivou. Ainsworth (2008) pojam proširivanja znanja izjednačava sa generalizacijom i ukazuje na to da se uslijed proširivanja znanja u produkcijskim mrežama znanja umjesto specifičnih pojmova pojavljuju varijable, ali se struktura samih mreža ne mijenja.

Reprezentacije mogu doprinijeti procesima proširivanja/generaliziranja znanja na dva načina: a) primjena izvan domene unutar koje je prvobitno uvedena b) proširivanje načina predstavljanja sadržaja učenja radi usklađivanja sa višestrukim reprezentacijama.

Primjenu u drugim domenama imamo npr. kada činjenicu da smo grafikone uveli u oblasti matematike ili u oblasti kinematike, iskoristimo za lakše interpretiranje relacija između različitih veličina iz drugih oblasti, pri čemu su te relacije predstavljene grafikonima.

Proširivanje znanja o određenom objektu učenja moguće je ostvariti i kroz raznovrsno prikazivanje tog objekta učenja pomoću većeg broja reprezentacija. Tako je npr. moguće tumačenje v-t grafikona radi zaključivanja o ubrzanju tijela transferirati u kontekste drugačijih

reprezentacija kao što su tabelarna ili stroboskopska reprezentacija. Ovo se shvata kao reprezentacijska ekstenzija ukoliko učenikovo razumijevanje jednog načina reprezentiranja koncepta olakšava njegovo razumijevanje nekog drugog načina reprezentiranja koncepta.

3.9. Korištenje višestrukih reprezentacija radi uspostavljanja veza među reprezentacijama

Ova funkcija se samo blago razlikuje u odnosu na one koje smo prethodno prodiskutovali. Slično kao i kod funkcije proširivanja znanja, cilj je eksplicitno učiti učenike da prevode jedne reprezentacije u druge. Međutim, u ovom slučaju poučavanje se ne odvija tako da se vrši ekstenzija znanja od jedne reprezentacije koje učenici dobro razumiju, ka drugoj koju manje dobro razumiju, nego se reprezentacije uvode simultano, pri čemu je proces prevođenja reprezentacija jednih u druge bi-direkcionalne prirode.

Kada je u pitanju nivo samostalnosti u učeničkom korištenju reprezentacija, preporučuje se da u situacijama koje za učenike predstavljaju nova iskustva, nastavnik modelira kreiranje, korištenje i uspostavljanje veza između reprezentacija. Ipak, poželjno je da se kontrola nad korištenjem reprezentacija vremenom (nakon što učenici razviju neki minimalni nivo razumijevanja reprezentacija) prepušta učenicima.

4. VIŠESTRUKI REPREZENTACIJE I RAZLIKE U KOGNITIVNOM FUNKCIONISANJU UČENIKA

Jedan od argumenata koji ide u prilog korištenju višestrukih reprezentacija sadržan je u činjenici da se učenici međusobno razlikuju s obzirom na veliki broj različitih svojstava, tako da kvalitet nastave umnogome može ovisiti o prilagođavanju karakteristika nastave raznovrsnim potrebama različitih učenika. U tom smislu korištenje raznovrsnih reprezentacija može pomoći diferenciranju nastave fizike. Međutim, kako bi se raznovrsne reprezentacije kvalitetno implementirale i zaista uskladile sa potrebama učenika, korisno je detaljnije se upoznati sa individualnim razlikama u kognitivnom funkcioniranju učenika. Naročito se to odnosi na razmatranje međuučeničkih razlika kada su u pitanju razlike u njihovim kognitivnim stilovima.

Pod kognitivnim stilovima podrazumijevaju se preferencije pojedinca s obzirom na načine organiziranja stimulusa i generiranja značenja iz iskustava (Witkin i suradnici, 1977). To su tipični obrasci razmišljanja, prisjećanja ili rješavanja problema.

Za fiziku su naročito značajni (Muratović & Mešić, 2009):

- analitički kognitivni stil (podrazumijeva proces sistematičnog i postupnog raščlanjivanja stimulusa koji dolaze iz okoline u posebne dijelove, a zatim uključivanje tih dijelova kao posebnih jedinica u kognitivni proces; ličnosti koje posjeduju ovaj stil ispoljavaju nezavisnije i snalažljivije ponašanje, imaju razvijeniju sposobnost deduktivnog rezonovanja, korištenja matematikom i saznanjem putem eksperimenta; nasuprot analitičkom kognitivnom stilu je holistički kognitivni stil koji podrazumijeva cjelovito sagledavanje pojava),
- intuitivni kognitivni stil (trenutno sagledavanje rješenja nekog problema; takav stil posjeduju pojedinci koji ispoljavaju maštovitiju usmjerenost mišljenja i originalnost),
- divergentni kognitivni stil (ličnosti koje posjeduju ovaj stil karakteriše generisanje različitih, originalnih i novih ideja, skloni su istraživanjima i otvoreni prema predviđanjima),
- konvergentni kognitivni stil (karakterišu aktivnosti kod kojih se zahtijeva strog i precizan način mišljenja, gdje su odgovori u velikoj mjeri uslovljeni datim podacima).

Osim toga, značajno je spomenuti da se učenici dalje razlikuju i s obzirom na (Andrilović & Čudina, 1996; Marzano & Kendall, 2007):

- intenzitet usmjerenja pažnje i njeno trajanje,
- težnju da se prilikom zapamćivanja informacija slični događaji „spajaju“ ili da se drže odvojenim,
- brzinu i adekvatnost postavljanja alternativnih hipoteza i pružanja odgovora,
- težnju kategoriziranja sličnih i različitih stimulusa radi diferenciranja pojmova.

Svaki pojedinac posjeduje specifičan kognitivni stil po kojemu se razlikuje od ostalih. Odavde slijedi spoznaja da ne postoji univerzalni pristup poučavanju fizike nego je potrebno koristiti raznovrsne metode i reprezentacije. Pri tome treba uzimati u obzir da (Redish, 2003):

- introspekcija često ne daje prikladan odgovor vezano za optimalne metode poučavanja,
- učenike treba uključiti u kreiranje nastavnog procesa.

Dok se pojam kognitivnog stila odnosi općenito na karakteristike kognitivnog procesiranja, stil učenja označava načine na koje učenik interagira sa situacijama učenja.

S obzirom na modalitet prijema informacija koje pojedinac preferira razlikujemo (Fleming, 2001):

- Vizuelni stil učenja (učenici koje karakteriše ovaj stil najefikasnije uče ukoliko su nastavni sadržaji predstavljeni u vizuelnoj formi – poželjno je koristiti ilustracije, dijagrame, simulacije i video-snimke),
- Auditorni stil učenja (učenici koje karakteriše ovaj stil najefikasnije uče ukoliko su nastavni sadržaji predstavljeni u audio formi – ovi učenici uče kroz razgovor, slušanje predavanja i pisanim riječima uglavnom pridaju pažnju tek kada se one izgovore),
- Kinestezički stil učenja (učenici koje karakteriše ovaj stil najefikasnije uče fizičkim sučeljavanjem sa sadržajima učenja – poželjno je u što većoj mjeri izvoditi eksperimente i koristiti senzore u nastavi fizike).

Iz činjenice da postoje razlike u preferiranom modalitetu prijema informacija iz vanjske okoline, također slijedi da bi bilo poželjno u nastavi koristiti reprezentacije koje se razlikuju s obzirom na modalitet predstavljenih informacija.

5. KORIŠTENJE REPREZENTACIJA I RJEŠAVANJE FIZIKALNIH ZADATAKA

Efikasno rješavanje fizikalnih zadataka u pravilu zahtijeva kombiniranje većeg broja reprezentacija. Iako se smatra da i iskusni fizičari i početnici nastoje da koriste višestruke reprezentacije prilikom rješavanja zadataka, kod iskusnih fizičara je korištenje tih reprezentacija mnogo produktivnije.

Tako npr. iskusni fizičari često koriste višestruke reprezentacije prilikom samog početnog koncipiranja fizikalnog problema, dok početnici u velikom broju slučajeva nastoje odmah pristupiti matematičkom rješavanju problema.

Drugim riječima, eksperti puno više vremena utroše na planiranje i analiziranje procesa rješavanja problema, dok početnici dobar dio vremena utroše na rješavanje jednačina.

Jako je bitno primijetiti da početnici, za razliku od iskusnih fizičara, mnogo češće mehanički ili algoritamski pristupaju rješavanju zadataka, te nerijetko kreiraju višestruke reprezentacije bez da su u stanju da ih efikasno iskoriste. Iskusni fizičari su puno fleksibilniji i u većoj mjeri reflektivno promišljaju o procesu rješavanja problema.

Smatra se da se učenicima može pomoći u podizanju nivoa efikasnosti korištenja reprezentacija prilikom rješavanja zadataka iz fizike, tako što se kod njih stvara navika da konzistentno koriste oprobane metodičke strategije za rješavanje zadataka iz fizike, kao što je npr.:

1. Vizualiziranje problemske situacije
2. Verbaliziranje problemske situacije
3. Planiranje rješavanja izraženo jezikom fizike i jezikom matematike
4. Izvršavanje plana (izvršavanje kalkulacija)
5. Provjera rješenja i reflektivno promišljanje

Pokazuje se da su učenici kod kojih se razvije navika korištenja opisane strategije rješavanja zadataka iz fizike uspješniji prilikom rješavanja zadataka koji zahtijevaju primjenu višestrukih reprezentacija.

6. USTALJENE UČENIČKE POTEŠKOĆE U KORIŠTENJU REPREZENTACIJA SADRŽAJA FIZIKE

Rezultati ranijih istraživanja pokazuju da kod studenata fizike često postoje značajne poteškoće, kako po pitanju korištenja tradicionalnih reprezentacija tako i po pitanju koordinirane primjene višestrukih reprezentacija. Također se u okviru studija o razlikama između početnika i iskusnih fizičara pokazalo da su neke od razlika u pristupima rješavanju fizikalnih zadataka povezane sa razlikama u korištenju reprezentacija sadržaja fizike.

Zbog toga se smatra da je vladanje višestrukim reprezentacijama jedan od aspekata kompetencije za fiziku. Drugim riječima, moderna nastava fizike mora voditi računa o učeničkom razumijevanju i korištenju reprezentacija.

U tom smislu korisno je da se najprije upoznamo sa ustaljenim učeničkim poteškoćama u korištenju različitih reprezentacija sadržaja fizike.

6.1. Korištenje algebarske reprezentacije

Matematičke reprezentacije uopšteno gledano, a analitičke posebno, su od fundamentalnog značaja za učenje fizike. Tako se matematičko predznanje smatra jednim od bitnijih prediktora učeničkih postignuća iz fizike. To se posebno odnosi na kompetenciju prevođenja verbalne reprezentacije u algebarske formule (Tuminaro, 2004). Tako se recimo pokazalo da učenici imaju velikih poteškoća sa prevođenjem iskaza „na jednog nastavnika ide šest učenika“. Uobičajena je pogreška da učenici taj iskaz prevode kao $N=6U$, umjesto $6N=U$. Shodno rezultatima ranijih istraživanja učenički uspjeh u prevođenju verbalnih reprezentacija u algebarske reprezentacije značajno utiče na učenički uspjeh iz opšte fizike.

6.2. Korištenje vektora

Opis fizikalnih pojava u mnogim slučajevima uključuje i fizikalna svojstva koja se odlikuju ne samo brojnom vrijednošću, nego i pravcem i smjerom. Odgovarajuće fizikalne veličine predstavljaju se pomoću vektora.

Ranija istraživanja provedena u kontekstu uvodnih kurseva opšte fizike pokazala su da studenti iskazuju značajne poteškoće u provođenju najosnovnijih manipulacija sa vektorima (npr. sabiranje dva vektora).

Vjerovatno se jedan od najizraženijih problema kada su u pitanju vektori sastoji u činjenici da učenici/studenti vektorske veličine najčešće tretiraju kao skalare, tj. uopšte ne uvažavaju njihovu vektorsku prirodu.

6.3. Korištenje grafikona

Kada su u pitanju grafikoni u kontekstu kinematike, učenici iskazuju poteškoće u prevođenju grafikona koji prikazuje ovisnost jedne veličine o vremenu, u grafikon koji pokazuje ovisnost druge veličine o vremenu (npr. $v(t)$ u $a(t)$). Osim toga, uopšteno gledano postoje poteškoće prilikom prevođenja grafikonske reprezentacije u verbalnu reprezentaciju. Najpoznatija ustaljena učenička miskoncepcija u radu sa grafikonima odnosi se na percipiranje grafikona kao slike odgovarajuće fizikalne situacije (tzv. ikonička miskoncepcija). Tako npr. graf u obliku parabole za mnoge učenike po automatizmu znači da je trajektorija objekta parabola.

Učenici značajne poteškoće iskazuju i kada je u pitanju fizikalno interpretiranje predznaka zavisne varijable predstavljene grafikonom, kao i kada je u pitanju interpretiranje konceptualnog značenja nagiba krivulje.

6.4. Korištenje verbalne reprezentacije

Jezik fizike je dobrim dijelom nastao iz jezika svakodnevnice kroz procese diferencijacije i preciziranja značenja (v. Muratović & Mešić, 2009). To je jedan od razloga za postojanje jezičkih miskoncepcija, kao što je slučaj kod učeničkog poimanja pojmova rada, snage i pritiska. Ovo ima za rezultat da ponekada u nastavi fizike nastavnici i učenici koriste iste riječi, ali te riječi imaju različita značenja.

Učenici relativno često koriste izraze jezika fizike, bez da ih jasno vežu za odgovarajuće fizikalne situacije iz kojih su proistekli i nisu dovoljno precizni prilikom njihovog korištenja (npr. „jačina struje je proporcionalna naponu“ umjesto „jačina struje kroz provodnik je proporcionalna naponu između krajeva provodnika“).

7. DIJAGRAMI SILA I INTERAKCIJSKI DIJAGRAMI

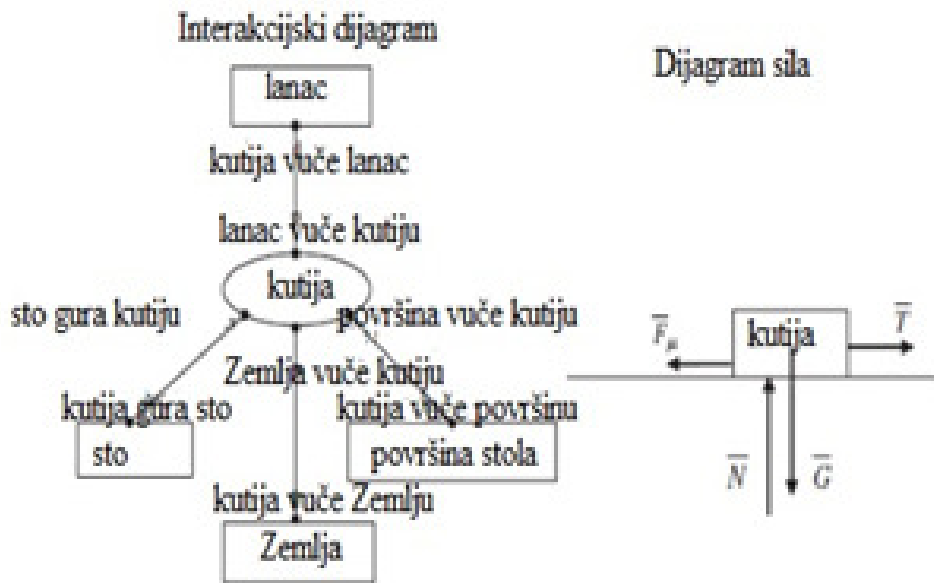
Osim opštih vidova reprezentiranja fizikalnih sadržaja relevantnih za gotovo sve oblasti fizike, postoje i reprezentacije koje su specifične za pojedine oblasti.

U oblasti mehanike su npr. izrazito zastupljeni dijagrami sila, a u novije vrijeme se zagovara i korištenje tzv. interakcijskih dijagrama (Savinainen i suradnici, 2013).

Rosengrant, van Heuvelen & Etkina (2009) definiraju dijagrame sila kao “dijagramatske reprezentacije koje se fokusiraju samo na promatrano tijelo i sile kojima drugi objekti djeluju na to tijelo“. Većina nastavnika fizike slaže se da dijagrami sila imaju izrazito visok didaktički potencijal (Wendel, 2011). Ova intuitivna promišljanja nastavnika fizike potkrijepljena su rezultatima empirijskih istraživanja shodno kojima su učenici koji korektno crtaju dijagrame sila ujedno i uspješniji kada je u pitanju rješavanje fizikalnih zadataka (Rosengrant, van Heuvelen, & Etkina, 2009). Međutim, čini se da stepen učeničke primjene dijagrama sila ovisi o karakteristikama same nastave fizike koju ti učenici pohađaju. Naime, čini se da se kroz tradicionalnu nastavu kod učenika nedovoljno razvija svijest o korisnosti dijagrama sila.

Kada je u pitanju sam proces crtanja dijagrama sila, ranija istraživanja pokazuju da učenici često odmah ucrtavaju komponente sila i pamte značenja tih komponenti, umjesto da ih izvode iz geometrije problema (Flores-Garcia i suradnici, 2008). Prema Kondratyev & Sperry (1994) razlaganje sila na komponente samo bespotrebno uvodi dodatne entitete i komplikuje problem, te se stoga preporučuje crtanje i korištenje dijagrama sila kroz manipulaciju sa vektorima. Pokazuje se da učenike često zbunjuje i veliki broj strelica koje se crtaju unutar dijagrama sila, što dodatno govori u prilog činjenici da se sile u mnogim slučajevima ne bi trebale rastavljati u komponente. Pri tome je jedan od ključnih problema taj što učenici komponente sila poistovjećuju sa realnim silama, tako da npr. često misle da na tijelo u isto vrijeme djeluje sila teže i jedna od njenih komponenti.

Jedno od rješenja koje dijelom olakšava korištenje dijagrama sila sastoji se u njihovom kombinovanom korištenju sa tzv. interakcijskim dijagramima. Primjer interakcijskog dijagrama dat je na Slici 5.



Slika 5. Kombinacija interakcijskog dijagrama sa dijagramom sila – adaptirano prema: Savinainen i suradnici, 2013

Možemo primijetiti da se unutar interakcijskog dijagrama specificiraju interakcije između svih tijela odgovornih za kinematičko stanje sistema. Svakoj sili iz dijagrama sila odgovara tačno jedna interakcija u interakcijskom dijagramu, čime se snižava vjerovatnoća da učenici u dijagram sila ucrtavaju neke nepostojeće sile koje nisu plod interakcija.

Smatra se da zadavanje interakcijskih dijagrama posebno korisno utiče na prevazilaženje miskoncepcija vezanih za Treći Newtonov zakon.

8. OPIS EMPIRIJSKOG DIJELA ISTRAŽIVANJA

8.1. Svrha i značaj istraživanja

Svrha ovog istraživanja sastoji se u ispitivanju uticaja prikazivanja dijagrama sila uz postavku zadataka iz mehanike na uspješnost rješavanja tih zadataka. Značaj ovog istraživanja sastoji se u tome da ono nudi dodatni uvid u faktore o kojima ovisi sposobnost rješavanja zadataka iz mehanike, a posebno se to odnosi na uslove u kojima dijagrami sila mogu pospješiti rješavanje zadataka.

8.2. Istraživačka pitanja

Da li zadavanje „gotovih“ dijagrama sila uz postavke zadataka iz mehanike značajno utiče na uspješnost rješavanja tih zadataka od strane studenata prve godine studija fizike?

8.3. Nul-hipoteza

Zadavanje „gotovih“ dijagrama sila uz postavke zadataka iz mehanike ne utiče značajno na uspješnost rješavanja tih zadataka od strane studenata prve godine studija fizike.

8.4. Alternativna hipoteza

Zadavanje „gotovih“ dijagrama sila uz postavke zadataka iz mehanike utiče značajno na uspješnost rješavanja tih zadataka od strane studenata prve godine studija fizike.

8.5. Nezavisna varijabla

U okviru ovog istraživanja, nezavisna varijabla opisuje izloženost studenata gotovim dijagramima sila u okviru samog testiranja. Varijabla uključuje dva nivoa (pristupa). Pomenuta dva nivoa označavaju prisustvo (eksperimentalni pristup), odnosno odsustvo (kontrolni pristup) dijagrama sila u postavkama test-zadataka iz mehanike.

8.6. Zavisna varijabla

U istraživanju je ispitivan uticaj zadavanja gotovih dijagrama sila na uspješnost rješavanja zadataka iz mehanike. Drugim riječima, zavisna varijabla je uspješnost rješavanja zadataka iz mehanike i može se smatrati indikatorom sposobnosti rješavanja zadataka iz mehanike. Detaljniji uvid u prirodu zavisne varijable može se steći analizom testa koji je kreiran radi njenog mjerenja.

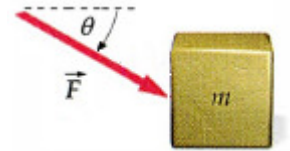
8.7. Mjerenje zavisne varijable

Radi mjerenja zavisne varijable kreiran je test koji je sadržavao pet zadataka iz mehanike. Kada je u pitanju uzorkovana domena, ona se odnosi na sposobnost primjene Newtonovih zakona, pri čemu su za rješavanja zadataka bile relevantne sljedeće sile: sila Zemljine teže, sila trenja, sila zatezanja, sila reakcije podloge. Zadaci su se isključivo odnosili na translatorna kretanja.

U nastavku je dat test za eksperimentalnu grupu, a kontrolna grupa je radila isti test, uz razliku da studentima u toj grupi nisu dati gotovi dijagrami sila uz postavke zadataka.

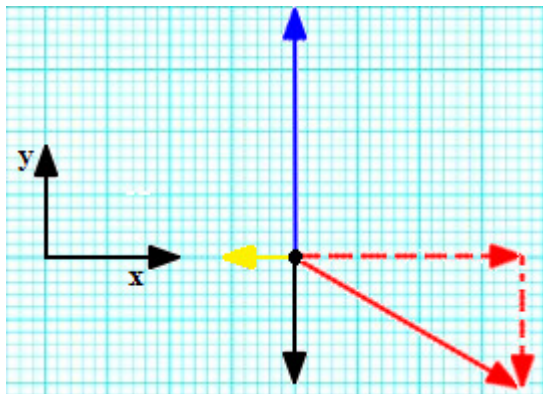
Za izradu zadataka studenti su na raspolaganju imali dva školska časa, a testiranje je obavljeno u okviru redovnih auditornih vježbi iz predmeta Mehanika.

Zadatak 1



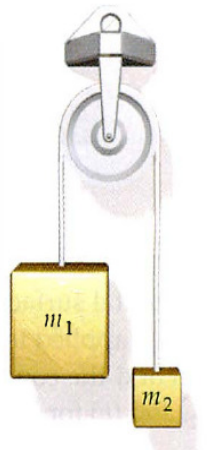
Na tijelo mase $m=2$ kg djeluje sila intenziteta $F=40$ N pod uglom $\theta=30^\circ$ kao što je prikazano na slici. Odrediti ubrzanje tijela ako je koeficijent trenja između tijela i podloge 0,1.

Naniže je prikazan dijagram sila za dato tijelo:

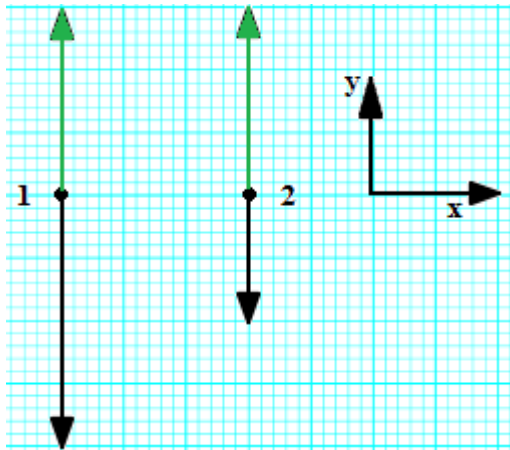


Zadatak 2

Na slici su prikazana dva tijela masa $m_1=4$ kg i $m_2=2$ kg povezana neistegljivim užetom zanemarive mase. Uže je prebačeno preko nepomičnog kotura i sva trenja se zanemaruju. Naći sile zatezanja užeta koje djeluju na tijela masa m_1 i m_2 .



Naniže su prikazani dijagrami sila za data tijela:

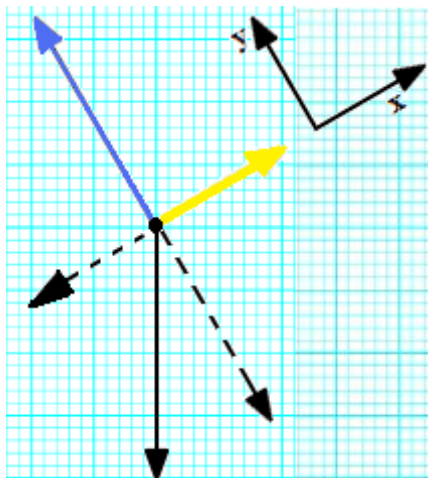


Zadatak 3

Tijelo mase $m=12\text{ kg}$ klizi niz strmu ravan konstantnom brzinom. Naći intenzitet sile trenja koja djeluje na tijelo ako je ugao strme ravni $\theta=30^\circ$.

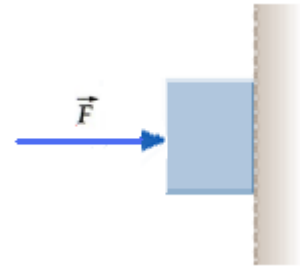


Naniže je prikazan dijagram sila za dato tijelo:

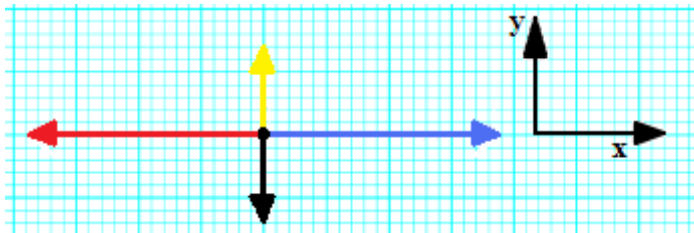


Zadatak 4

Sila F pritišće tijelo mase $m=1$ kg uz zid tako da tijelo miruje (slika). Odrediti minimalni intenzitet sile F kojim je potrebno djelovati na dato tijelo tako da ono ostane u stanju mirovanja. Koeficijent trenja između tijela i zida iznosi 0,4.

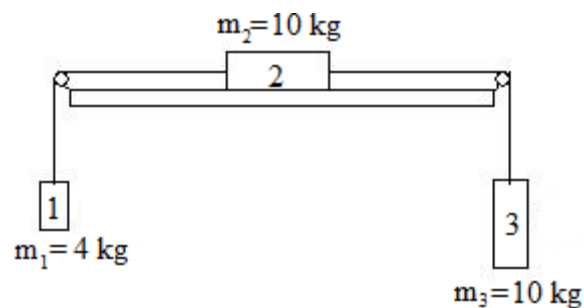


Naniže je prikazan dijagram sila za dato tijelo:

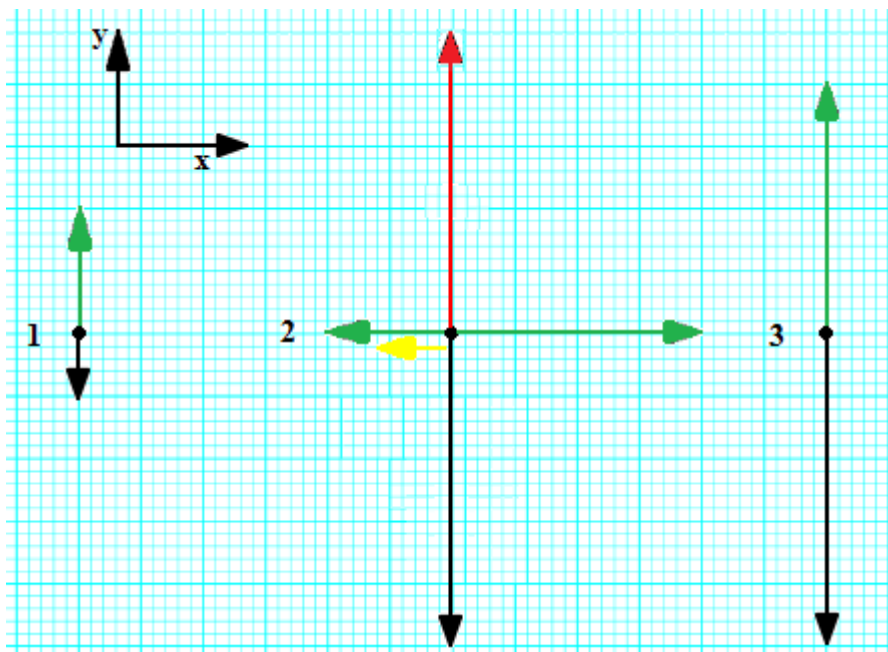


Zadatak 5

Odrediti ubrzanje sistema predstavljenog na slici, kao i vrijednost sila zatezanja u užadima. Koeficijent trenja između tijela i horizontalne ravni iznosi $\mu=0,2$. Trenja u koturovima i sa vazduhom se zanemaruju.



Naniže su prikazani dijagrami sila za data tijela:



8.8. Ispitanici

Istraživanjem je obuhvaćeno 36 studenata prve godine studija na Odsjeku za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta u Sarajevu. Obuhvaćeni su svi studenti koji su na dan testiranja prisustvovali auditornim vježbama iz mehanike.

Prethodno su studenti, na osnovu spiska svih studenata koji pohađaju nastavu iz predmeta Mehanika, nasumično raspoređeni u dvije grupe (kontrolnu i eksperimentalnu).

U konačnici je testu pristupilo 18 studenata koji su prvobitno uzorkovani u kontrolnu grupu i 18 studenata koji su prvobitno uzorkovani u eksperimentalnu grupu. Kontrolnu grupu je sačinjavalo četvero studenata muškog spola i 14 studenata ženskog spola. Eksperimentalnu grupu je sačinjavalo petero studenata muškog spola i 13 studenata ženskog spola

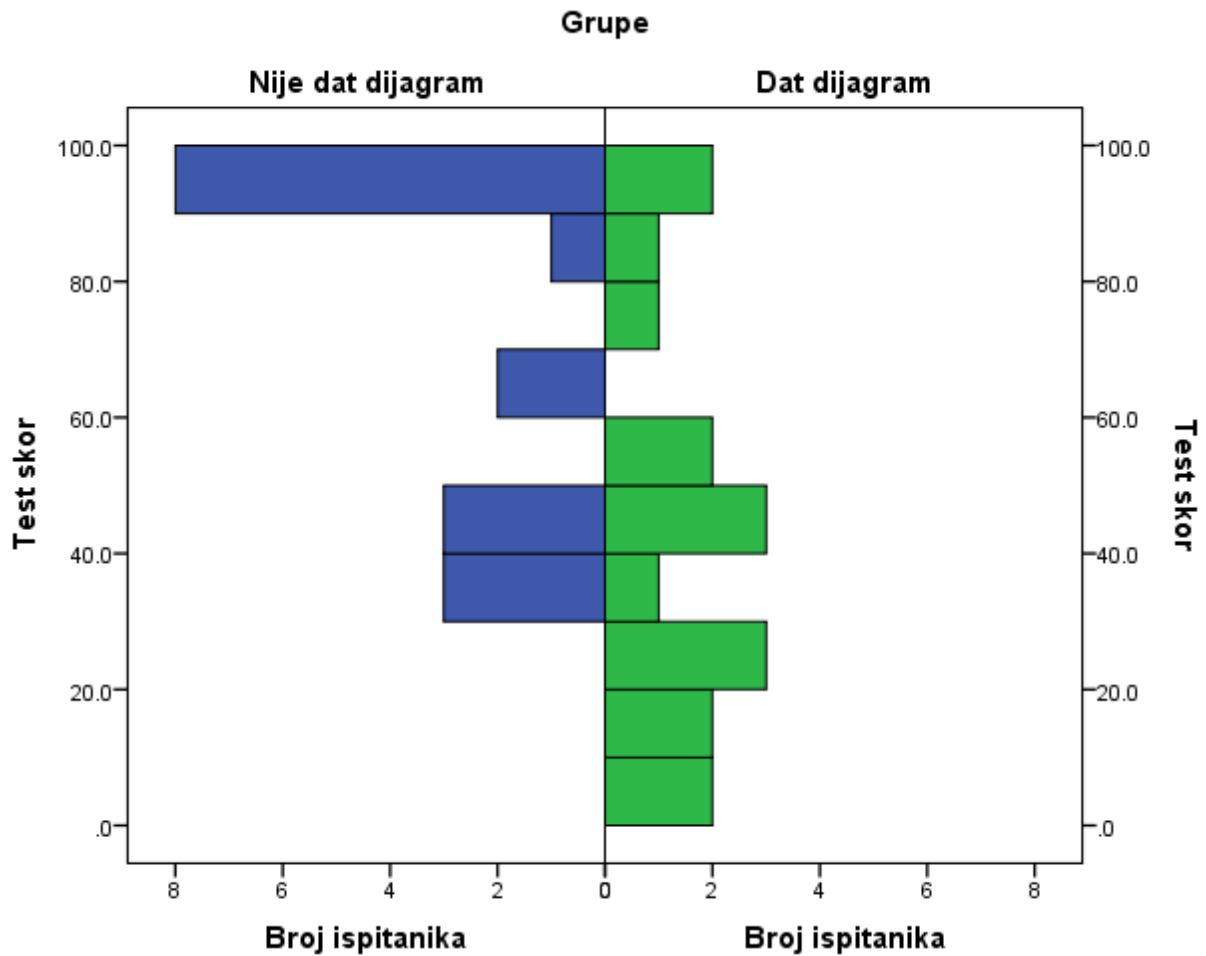
8.9 . Relevantne karakteristike kurikuluma

Prije provođenja testiranja, učenici su u okviru predmeta Mehanika obradili sve relevantne sadržaje koji su obuhvaćeni testom. Sadržaji predmeta Mehanika odgovaraju tipičnim sadržajima uvodnih kurseva opšte fizike, a fond sati predavanja i auditornih vježbi iznosi 3+3. U okviru predavanja i vježbi iz Mehanike konzistentno su korišteni dijagrami sila.

9. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

9.1. Međugrupna usporedba raspodjela test skorova

Dijagram sa Slike 6. omogućava međugrupnu usporedbu raspodjela test skorova (teorijski, skala seže od 0 do 100 bodova):



Slika 6: Međugrupna usporedba raspodjela test skorova

Vidimo da se raspodjele test skorova značajno razlikuju. Konkretno, u grupi kojoj nisu unaprijed dati dijagrami sila, raspodjela test skorova je takva da u njoj ima mnogo više skorova koji su blizu teoretski maksimalno mogućem skoru, dok u grupi koja je unaprijed dobila dijagrame ima znatno više skorova koji su bliže teorijskom minimumu skale test skorova.

Dodatni deskriptivno-statistički pokazatelji o međugrupnim razlikama dati su u Tabeli 1.

Tabela 1: Međugrupna usporedba postignuća na testu – deskriptivna statistika						
Grupe		N	Minimalni Skor	Maksimalni skor	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Nije dat dijagram	Test skor	18	33.0	100.0	73.47	25.26
Dat dijagram	Test skor	18	1.0	100.0	47.42	31.39

Iz Tabele 1 je jasno da su međugrupne razlike na testu značajno izražene. Korisno je provjeriti da li su te razlike značajne i kada kontroliramo ulazne međugrupne razlike, uzimajući ranija postignuća iz predmeta Mehanika kao kovarijatu.

9.2. Rezultati analize kovarijanse

Rezultati analize kovarijanse dati su u Tabeli 2.

Tabela 2: rezultati analize kovarijanse					
Zavisna varijabla: Test skor (zadaci)					
	Tip III suma kvadrata	df	Srednja suma kvadrata	F	Signifikantnost
Korigovani model	28252.40 ^a	2	14126.20	85.33	.000
Odsječak	8485.67	1	8485.67	51.26	.000
Postignuća iz mehanike	22142.37	1	22142.37	133.75	.000
Grupa	4291.05	1	4291.05	25.92	.000
Reziduali	5462.99	33	165.54		
Ukupno	165242.50	36			
Korigovano ukupno	33715.39	35			

a. $R^2 = .838$ (prilagođeno $R^2 = .83$)

Iz Tabele 2 se jasno može uočiti da zadavanje dijagrama statistički značajno utiče na studentske test skorove, čak i nakon što se uvažavaju ulazne međugrupne razlike predstavljene postignućima iz predmeta Mehanika.

Inače, razlike u postignućima koja su studenti ranije ostvarili u okviru predmeta Mehanika date su u Tabeli 3.

Tabela 3: Međugrupna usporedba postignuća iz predmeta Mehanika – deskriptivna statistika						
Grupe		N	Minimalni skor	Maksimalni skor	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Nije dat dijagram	Postignuća-Mehanika	18	1	25.00	10.47	6.29
Dat dijagram	Postignuća-Mehanika	18	0	25.00	9.28	8.29

Imajući u vidu da je teorijski maksimum skale postignuća iz predmeta Mehanika 25 bodova, slijedi da uočene razlike u broju bodova odgovaraju procentualnom omjeru 42% : 37% u korist grupe kojoj nisu zadati dijagrami.

9.3. Međugrupna usporedba na individualnim zadacima

Usporedbu postignuća na pojedinačnim zadacima moguće je izvršiti na osnovu podataka iz Tabele 4.

Tabela 4: Postignuća na pojedinačnim zadacima (skala na svakom zadatku seže od 0 do 20 bodova)

Grupe		N	Minimalni skor	Maksimalni skor	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Nije dat dijagram	1. zadatak	18	0	20	15.17	7.23
	2. zadatak	18	0	20	13.22	8.79
	3. zadatak	18	0	20	16.53	6.20
	4. zadatak	18	0	20	15.83	7.65
	5. zadatak	18	0	20	12.72	5.28
Dat dijagram	1. zadatak	18	0	20	9.36	6.90
	2. zadatak	18	0	20	9.75	8.37
	3. zadatak	18	0	20	9.31	8.40
	4. zadatak	18	0	20	10.42	9.97
	5. zadatak	18	0	20	8.58	7.03

Najmanje razlike su dakle dobijene za Zadatak 2, a najveće za Zadatak 3 i Zadatak 1. Interesantno je primijetiti da su upravo u zadacima 3 i 1 korišteni takvi dijagrami u kojima su figurirale i komponente sila. **Drugim riječima, čini se da dijagrami u kojima figuriraju komponente sila dodatno zbunjuju studente.** Činjenica da su međugrupne razlike najmanje izražene na Zadatku 2 mogla bi se objasniti time što su dijagrami koji su korišteni u tom zadatku

ujedno i najjednostavniji. Općenito, se nameće zaključak da bi jedan od bitnijih faktora koji je uticao na međugrupne razlike u ovom istraživanju mogao biti faktor kognitivnog opterećenja koji proističe iz korištenja dijagrama sila u kojima figuriraju komponente sila. Moglo bi se zaključiti da je za učenike zahtijevno koristiti reprezentacije koje nisu sami kreirali. Naime, trinaestero od osamnaest studenata iz kontrolne grupe (postavke bez dijagrama) pristupilo je crtanju dijagrama sila u svih pet zadatih zadataka, dok samo jedan student iz kontrolne grupe uopšte nije crtao dijagrame sila. U prosjeku je u kontrolnoj grupi dijagram crtan za „4.2 zadatak“.

9.4. Korelacijske analize

9.4.1. Povezanost postignuća iz predmeta Mehanika sa test skorom

Za povezanost ranijih postignuća iz predmeta Mehanika i test skorova pokazalo se da je statistički značajna i da izražena preko Pearsonovog koeficijenta korelacije iznosi 0.87, što označava izazito snažnu povezanost. Ovakav rezultat govori u prilog visokoj predikcijskoj validnosti korištenog testa, tj. skupa zadataka.

9.4.2. Povezanost crtanja dijagrama sila i test skorova

Za povezanost crtanja dijagrama sila i test skorova pokazalo se da je statistički značajna i da izražena preko Spearmanovog koeficijenta korelacije iznosi 0.75, što označava snažnu povezanost. Ovako visok koeficijent korelacije dobijen je i pored činjenice što je varijabilnost unutar varijable „broj nacrtanih dijagrama“ bila relativno niska.

9.4.3. Povezanost crtanja dijagrama sila i postignuća iz predmeta Mehanika

Za povezanost crtanja dijagrama sila i ranijih postignuća iz predmeta Mehanika pokazalo se da je statistički značajna i da izražena preko Spearmanovog koeficijenta korelacije iznosi 0.78, što označava snažnu povezanost.

10. REZIME I ZAKLJUČCI

U ovom radu, je iz različitih perspektiva sagledana tematika reprezentacija fizikalnih sadržaja. Najprije je prodiskutovano značenje pojma „reprezentacija“, a nakon toga su opisane različite vrste reprezentacija. Posebna pažnja posvećena je pojmovnom razgraničavanju internih i eksternih reprezentacija, te analiziranju poteškoća koje učenici često imaju prilikom korištenja različitih vrsta eksternih reprezentacija.

Za didaktiku fizike, naročito je bitna diskusija didaktičkih potencijala fizikalnih reprezentacija. Višestruke reprezentacije korisno je primjenjivati radi komplementarnosti pojedinačnih reprezentacija, kao i radi ograničavanja mogućeg spektra interpretacija pojedinačnih reprezentacija, te razvijanja dubljeg razumijevanja fizikalnih pojava.

Preporuka korištenja višestrukih reprezentacija u metodici, posebno je izražena u situacijama kada je nastavno okruženje takvo da zahtijeva diferencijaciju nastavnog rada, što je direktno povezano sa raznovrsnošću kognitivnog funkcioniranja kod učenika. Također je opisan i značaj višestrukih reprezentacija za razvijanje sposobnosti rješavanja fizikalnih zadataka.

Najzad je konstatovano da se neki vidovi reprezentiranja sadržaja fizike koriste u svim oblastima fizike, dok su neke druge reprezentacije oblasno-specifične. Tako se npr. dijagrami sila primarno primjenjuju u mehanici. Za crtanje i korištenje dijagrama se u ranijim istraživanjima pokazalo da povoljno utiču na učenje mehanike u cjelini.

Kada je u pitanju teorijski dio rada, korisno je spomenuti i sljedeće zaključke:

- U nastavi fizike preporučivo je da učenici fizikalne pojave spoznaju najprije na fenomenološkom nivou, a zatim na nivou ikoničkih i simboličkih reprezentacija.
- Uključivanjem raznovrsnih reprezentacija u materijale za učenje podstiče se i nelinearno, sistemsko razmišljanje kod učenika.
- Preporučuje se konzistentno korištenje dijagrama sila i interakcijskih dijagrama u nastavi mehanike.

U ovom radu provedeno je empirijsko istraživanje kako bi se ispitao uticaj zadavanja dijagrama sila u postavci zadatka na studentsku sposobnost rješavanja fizikalnih zadataka. U istraživanju je učestvovalo 36 studenata prve godine studija Odsjeka za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta Sarajevo. Studenti iz obje grupe rješavali su istih pet računskih zadataka iz mehanike,

pri čemu su studentima eksperimentalne grupe uz postavku zadataka dati i gotovi dijagrami sila.

Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvući sljedeći zaključci:

- puko zadavanje gotovih dijagrama sila u postavke zadataka čak može i da oteža rješavanje fizikalnih zadataka,
- istinski pozitivni efekti dijagrama sila povezani su sa aktivnim angažiranjem studenata u aktivnostima kreiranja dijagrama sila – studenti koji crtaju dijagrame sila su uspješniji u rješavanju zadataka iz mehanike od studenata koji te dijagrame ne crtaju (ili ih crtaju manje konzistentno),
- postoji značajna veza između uspjeha iz predmeta Mehanika i mjere u kojoj student koristi dijagrame sila.

Zaključci su dobijeni na uzorku ispitanika koji su prethodno konzistentno koristili dijagrame sila u nastavi mehanike. Dizajn istraživanja je prije svega ograničen relativno malim uzorcima studenata koji su činili kontrolnu i eksperimentalnu grupu. U nekim budućim istraživanjima bilo bi korisno uključiti veće uzorke studenata i koristiti zadatke većeg raspona zahtijevnosti. Također bi bilo zanimljivo istraživanje ponoviti i na uzorku ispitanika koji u okviru mehanike nisu konzistentno koristili dijagrame sila.

11. IZVORI INFORMACIJA

1. Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 191-208). Springer Netherlands.
2. Andrilović, V., & Čudina, M. (1996). *Psihologija učenja i nastave*. Zagreb: Školska knjiga.
3. Brookes, D. T., & Etkina, E. (2007). Using conceptual metaphor and functional grammar to explore how language used in physics affects student learning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3, 010105.
4. Dienes, Z. (1973). *The six stages in the process of learning mathematics*. Slough: NFER-Nelson.
5. Fleming, N.D. (2001). *Teaching and Learning Styles: VARK Strategies*. Honolulu: Honolulu Community College.
6. Flores-García, S., Alfaro-Avena, L. L., Dena-Ornelas, O., & González-Quezada, M. D. (2008). Students' understanding of vectors in the context of forces. *Revista mexicana de física E*, 54, 7-14.
7. Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22, 1-11.
8. Ibrahim, B., & Rebello, N. S. (2012). Representational task formats and problem solving strategies in kinematics and work. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 8, 010126.
9. Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge: Harvard University Press.
10. Kaput, J. J. (1989). Linking representations in the symbol systems of algebra. U: S. Wagner & C. Kieran (urednici), *Research issues in the learning and teaching of algebra* (pp. 167–194). Hillsdale, NJ: LEA.
11. Kohl, P. B. (2007). *Towards an understanding of how students use representations in physics problem solving*. Ph.D. thesis, Western Washington University.
12. Kondratyev, A. S., & Sperry, W. (1994). Direct use of vectors in mechanics problems. *The Physics Teacher*, 32, 416-418.
13. Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105–143.
14. Leisen, J. (2011). Der sprachensible Fachunterricht. *BLUS*, 8, 6-16.

15. Marzano, R., & Kendall, J.S. (2007). *New Taxonomy of Educational Objectives*. Thousand Oaks: Corwin Press.
16. Meltzer, D. (2002). Student learning of physics concepts: efficacy of verbal and written forms of expression in comparison to other representational modes. Online: <<http://www.physics.iastate.edu/per/articles/index.html>>.
17. Muratović, H., & Mešić, V. (2009). *Didaktičko-metodički prilozi nastavi fizike*. Sarajevo: Prirodno-matematički fakultet Sarajevo.
18. Nersessian, N. (2008). *Creating Scientific Concepts*. Cambridge, MA: MIT Press.
19. Norman, D. (1983). Some observations on mental models. U: D. Gentner & A. Stevens (urednici), *Mental models* (pp. 6-14). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
20. Redish, E.F., (2003). *Teaching Physics with the Physics Suite*. NJ: John Wiley & Sons.
21. Rosengrant, D., Van Heuvelen, A., & Etkina, E. (2009). Do students use and understand free-body diagrams?. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 5, 010108.
22. Roth, W. M., & McGinn, M. K. (1998). Inscriptions: Toward a theory of representing as social practice. *Review of educational research*, 68, 35-59.
23. Savinainen, A., Mäkynen, A., Nieminen, P., & Viiri, J. (2013). Does using a visual-representation tool foster students' ability to identify forces and construct free-body diagrams?. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 9, 010104.
24. Schwartz, D. L. (1995). The emergence of abstract representations in dyad problem solving. *The Journal of the Learning Sciences*, 4, 321-354.
25. Tuminaro, J. (2004). *A cognitive framework for analyzing and describing introductory students' use and understanding of mathematics in physics*. Ph.D. thesis, University of Maryland.
26. Wendel, P. (2011). Adding value to force diagrams: Representing relative force magnitudes. *The Physics Teacher*, 49, 308-311.
27. Witkin, H.A., Moore, C.A., Goodenough, D.R., & Cox, P.W. (1977). Field dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications. *Review of Educational Research*, 47, 1 - 64.
28. Zou, B.S.X. (2000). *The use of multiple representations and visualizations in student learning of introductory physics: an example from work and energy*. Ph.D. thesis, The Ohio State University.